

**Razionalizzazione e sviluppo della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) nella media valle del Piave**

**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 15/09/2010	PRIMA EMISSIONE
---------	----------------	-----------------

Elaborato		Verificato		Approvato
F. Carraretto TEPD UPRI Lin	C. Scorccaro TEPD UPRI STZ	G. Montagner TEPD UPRI Lin	C. Genovese TEPD UPRI STZ	N. Ferracin TEPD UPRI

**INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
1.1	Richiami normativi.....	3
<b>2</b>	<b>STAZIONI ELETTRICHE.....</b>	<b>4</b>
2.1	Generalità - Campo elettrico e magnetico generato dalla stazione.....	4
2.2	S.E. di Polpet – Valore dei campi magnetici attesi per il nuovo impianto.....	6
2.3	S.E. di Gardona – Valore dei campi magnetici attesi per il nuovo impianto.....	10
2.4	S.E. di Soverzene – Valore dei campi magnetici attesi per il nuovo impianto.....	14
<b>3</b>	<b>LINEE ELETTRICHE.....</b>	<b>19</b>
3.1	Premessa .....	19
3.2	Corrente di calcolo .....	20
3.3	Linee elettriche aeree.....	24
3.4	Linee elettriche in cavo interrato.....	34
3.5	Calcolo del campo elettrico .....	44

## 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 ( $\mu\text{T}$ ) per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico; ha stabilito il valore di attenzione di 10  $\mu\text{T}$ , 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  $3 \mu\text{T}$ . 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 stazione<sup>1</sup>

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

In prossimità delle parti AT che compongono la stazione elettrica (s.e.) sono presenti radiazioni non ionizzanti, costituite da campi magnetici (CM) a bassa frequenza (50 Hz), prodotti dalla corrente in circolo sulle apparecchiature e i collegamenti di potenza.

Per quanto riguarda il campo elettrico, nel caso della S.E., la presenza di diverse parti metalliche determinano un'azione schermante che di fatto rende il campo elettrico trascurabile. L'utilizzo di moduli compatti o impianti GIS di fatto azzerano il campo elettrico già a pochi centimetri di distanza dalle parti in tensione attorno ad essi, questo grazie al tipo di involucro esterno che è costituito da tubi metallici.

Per quanto riguarda invece il valore dell'induzione magnetica si rileva che la relativa mutua vicinanza dei conduttori delle tre fasi tra di loro rende il campo trascurabile già a pochi metri dall'impianto.

#### <sup>1</sup>Riferimenti 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

	<b>Razionalizzazione e sviluppo della RTN nella media valle del Piave</b> <b>PIANO TECNICO DELLE OPERE</b> <b>Relazione di calcolo delle fasce di rispetto</b>	Codifica <b>RU22215A1BCX14051</b>	
		Rev. 00 del 15/09/2010	Pag. <b>5</b> di 49

Le stazioni AT possono essere realizzate:

- 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;
- con apparecchiature con involucro metallico isolate in gas (Gas-insulated-substations – GIS) nelle quali il circuito principale è isolato rispetto ad un involucro metallico dal gas esafluoruro di zolfo (SF6) ad una pressione di 0,3÷0,6 MPa.

Rispetto alle stazioni isolate in aria le stazioni di tipo GIS presentano le seguenti caratteristiche:

- Una notevole riduzione delle superfici impegnate conseguenti alla possibilità di ridurre le distanze di isolamento dato che tali distanze si riducono a circa un decimo rispetto a quelle con isolamento in aria (il dimensionamento è determinato principalmente da aspetti costruttivi e di manutenzione).
- Una minore emissione di campi elettrici e magnetici dovuti agli effetti schermanti dei condotti.
- Un maggior costo di installazione sia proprie delle apparecchiature che delle strutture destinate a contenerle.
- Una maggiore difficoltà di eseguire le manutenzioni.

La valutazione dei valori dei valori dei C.M. è stata eseguita, utilizzando il 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.

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

La nuova sezione 220 kV, per motivi di spazio sarà realizzata con isolamento in aria, per il sistema di sbarre, ed in gas SF6 (Moduli Compatti Integrati) per i montanti. Per quanto riguarda la sezione 132 kV, già presente ed isolata in aria, è prevista una razionalizzazione con una modifica e riduzione degli attuali stalli.

La presente relazione illustra i valori di campo magnetico attesi per tale soluzione impiantistica.

### 2.2.1 Criteri di valutazione

Per la s.e. di Polpet la valutazione dei valori dei valori dei C.M. è stata eseguita considerando tutta la stazione elettrica in aria, gli stalli linea 220 kV che saranno costruiti con tecnologia MCI, sono stati calcolati in via cautelativa come fossero stalli in aria, in quanto l'azione schermante dell'involucro metallico degli stessi attenua di molto il campo magnetico.

### 2.2.2 Schema di impianto

Lo schema di impianto utilizzato considera, oltre al ricollegamento delle linee, anche i possibili sviluppi futuri di entrambe le sezione 220 e 132 kV.

Nello specifico per la simulazione l'assetto della stazione è stato il seguente:

- sezione 220 kV: 4 stalli linea Lienz, Soverzene, Scorzè, Vellai(cavo);
- sezione 132 kV: 4 stalli linea Belluno C.P., Forno di Zoldo, Desedan(cavo), Nove la Secca(cavo).

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

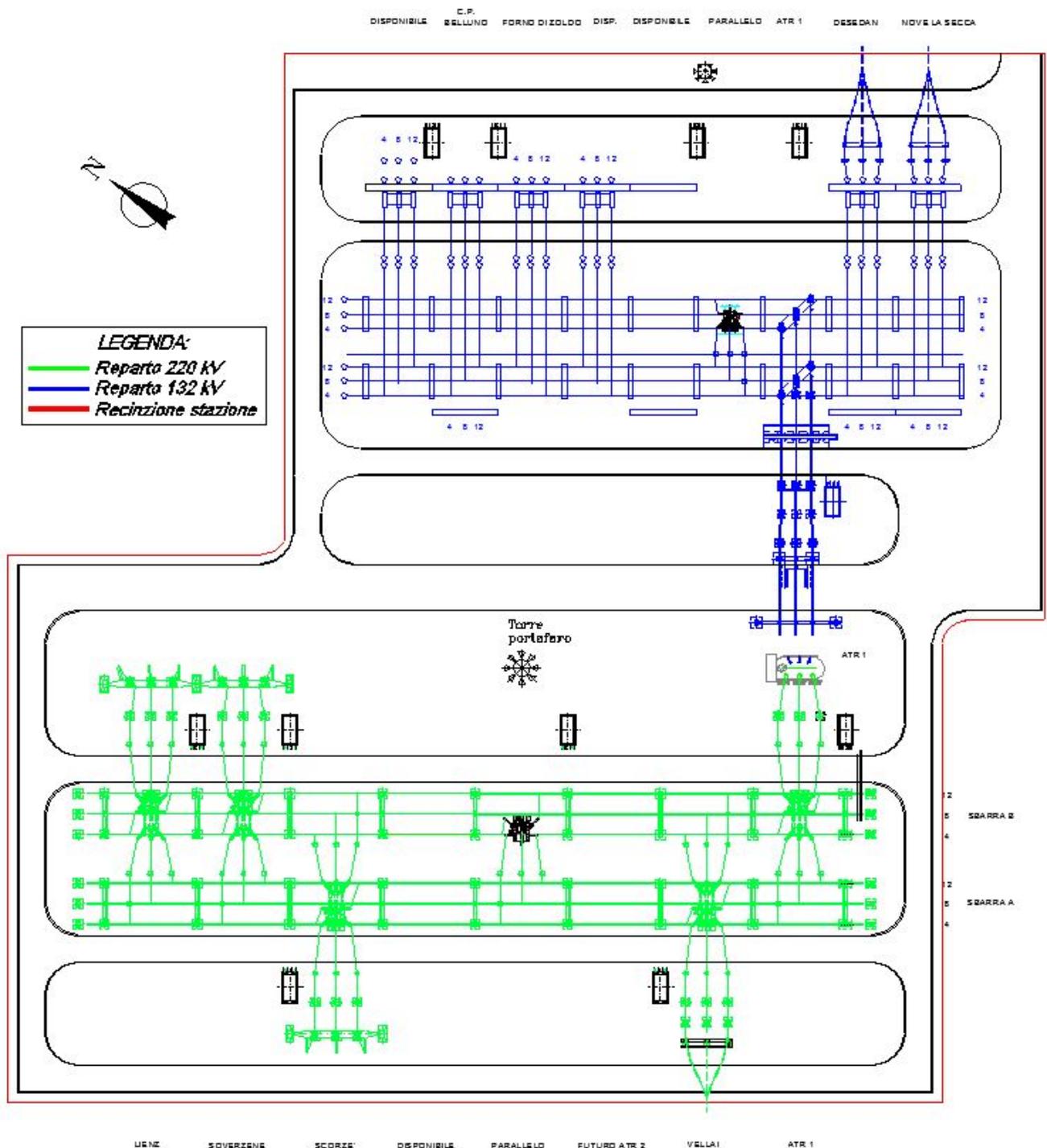


Fig. 1 S.e. di Polpet – Planimetria impianto

### 2.2.3 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.

Tali valori sono stati definiti assumendo:

- il valore di corrente dettato dalle CEI 11-60 per le linee aeree;
- il limite termico del cavo per le linee costruite con questa tecnologia;

per la linea Soverzene il valore della corrente è dato dalla somma delle correnti dei 4 gruppi, a pieno carico, collegati ad essa.

I valori di CM sono stati calcolati per i sistemi di sbarre in servizio alla corrente nominale.

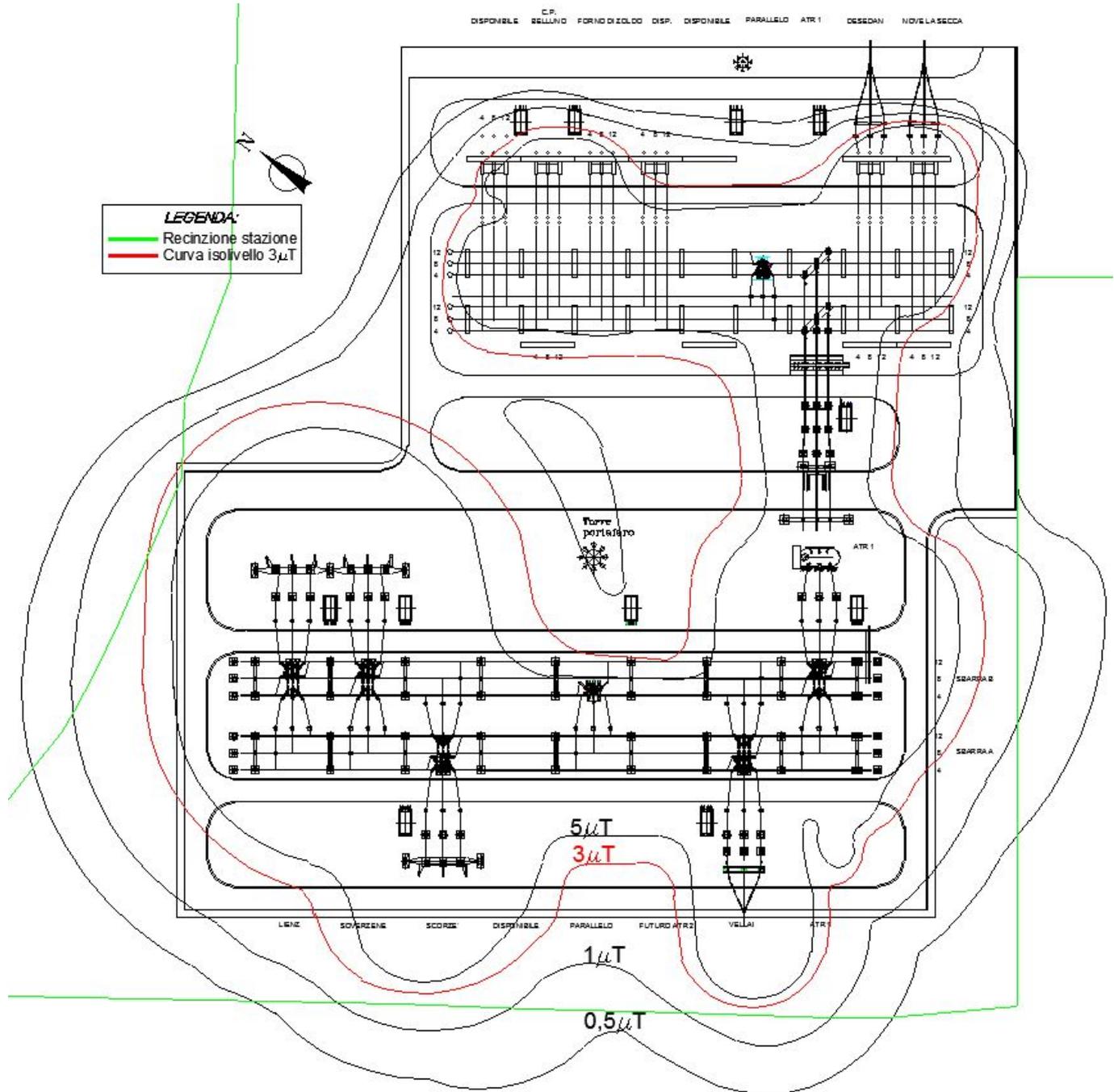
Le correnti, indipendentemente dal verso, sono state considerate sempre concordi, e ciò in via cautelativa, indipendentemente dal soddisfacimento della condizione  $\sum I=0$ .

<b>Tensione (kV)</b>	<b>Collegamento</b>	<b>Corrente di calcolo (A)</b>	<b>Criteri di definizione della reale corrente di funzionamento</b>
220	Lienz	<b>2434</b>	CEI 11-60 - Servizio Normale - Zona B - periodo F
	Soverzene	<b>1300</b>	
	Scorzè	<b>2434</b>	
	Vellai	<b>710</b>	
132	Belluno C.P.	<b>675</b>	CEI 11-60 - Servizio Normale - Zona B - periodo F
	Forno di Zoldo	<b>441</b>	
	Desedan	<b>1000</b>	
	Nove - La Secca	<b>675</b>	

Tabella 1 : Correnti di calcolo

## 2.2.4 Risultati dei calcoli

### 2.2.4.1 CM in prossimità dei collegamenti in aria



### **2.2.5 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  $\mu$ 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  $\mu$ T nei luoghi con permanenza prolungata di persone, considerato che nelle peggiori condizioni di esercizio dell'impianto, la curva dei 3  $\mu$ T risulta sempre posizionata all'interno dell'area di pertinenza della stazione elettrica come riportato nella figura al punto 2.2.4.1..

### **2.3 S.E. di Gardona – Valore dei campi magnetici attesi per il nuovo impianto**

Data la limitazione degli spazi disponibili la stazione elettrica 132 kV di Gardona sarà costruita in tecnologia GIS, mentre gli stalli delle linee saranno realizzati in aria.

La presente relazione illustra i valori di campo magnetico attesi per tale soluzione impiantistica.

#### **2.3.1 Criteri di valutazione**

Per la s.e. di Gardona la valutazione dei valori dei valori dei C.M. è stata eseguita considerando sia la stazione elettrica GIS che i relativi stalli in aria; in particolare sono stati utilizzati i modelli di calcolo per le uscite degli stalli in aria e, mancando uno specifico modello per i GIS, quello relativo ai GIL (Gas-insulated-lines) che ai GIS stessi possono essere assimilati.

I risultati dei calcoli, con particolare riferimento al GIS, sono stati confermati con reali misure in campo presso l'analoga stazione elettrica di Fusina (Ve).

#### **2.3.2 Schema di impianto**

Lo schema di impianto utilizzato considera, oltre al ricollegamento delle linee, anche i possibili sviluppi futuri della sezione 132 kV.

Nello specifico per la simulazione l'assetto della stazione 132 kV è stato il seguente:

- 4 stalli linea: Desedan, Ospitale, Pelos e Centrale Gardona;

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

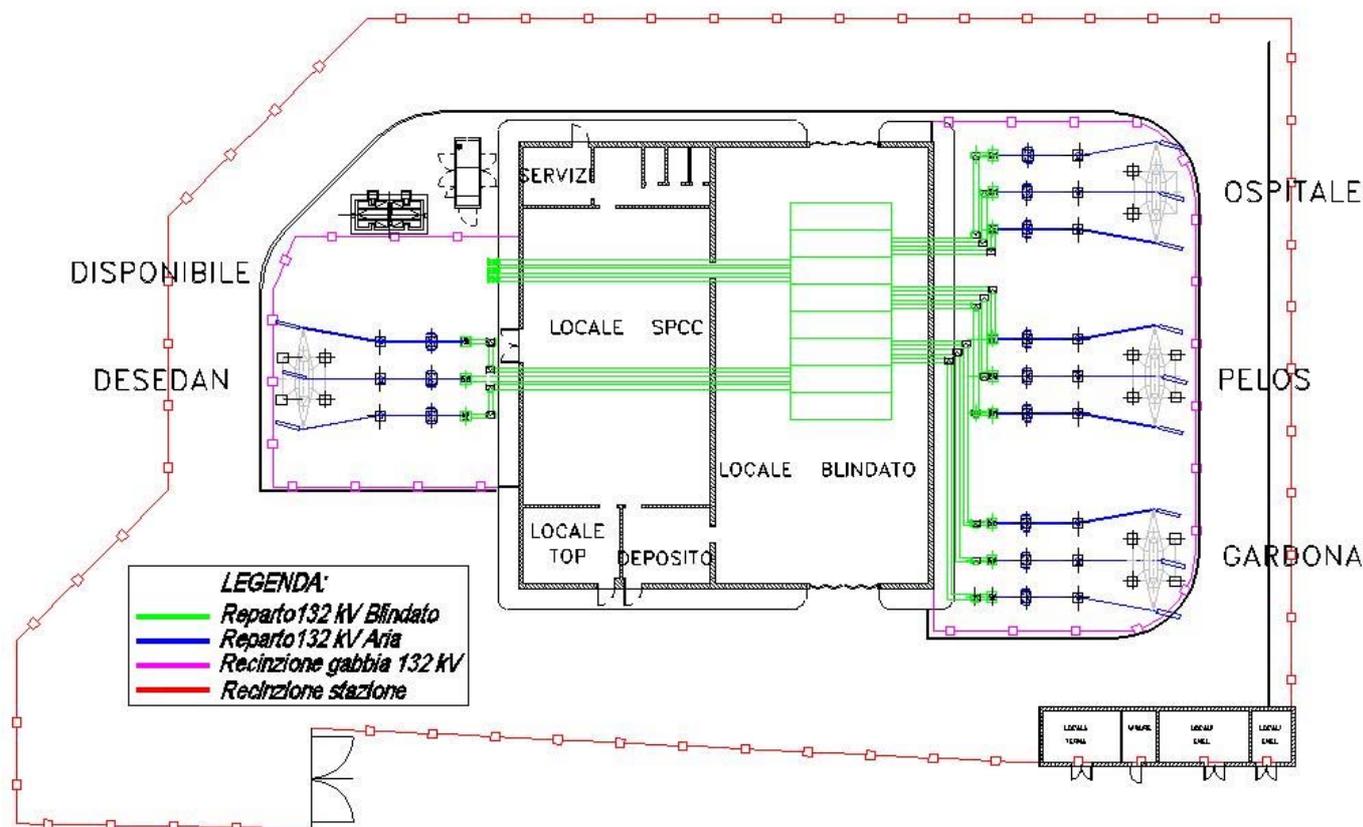


Fig. 1 S.e. di Gardona – Planimetria impianto

### 2.3.3 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. Tali valori sono stati definiti assumendo:

- il valore di corrente nominale per i sistemi di sbarre dell'impianto GIS;
- effettuata per la condizione di carico delle linee riportate nella tabella seguente.

I valori di CM sono stati calcolati per i sistemi di sbarra con una sbarra in servizio alla corrente nominale per ogni livello di tensione. Le correnti, indipendentemente dal verso, sono state considerate sempre concordi, e ciò in via cautelativa, indipendentemente dal soddisfacimento della condizione  $\sum I=0$ .

Tensione (kV)	Collegamento	Corrente di calcolo (A)	Criteri di definizione della reale corrente di funzionamento
132	Desedan	675	CEI 11-60 - Servizio Normale - Zona B - periodo F (*) Corrente massima prodotta dalla centrale di Gardona con sovraccarico del 20%
	Ospitale	441	
	Pelos	675	
	Gardona C.le	95 <sup>(*)</sup>	

Tabella 1 : Correnti di calcolo

### 2.3.4 Risultati dei calcoli

#### 2.3.4.1 CM in prossimità dei sistema di sbarre

La simulazione è stata eseguita riportando la reale dimensione delle sezioni GIS poste tra loro ad un'interasse di 0,5 m (fig.2) e calcolata a 1 m dal suolo e a 4 m dal suolo ovvero alla quota delle sbarre.

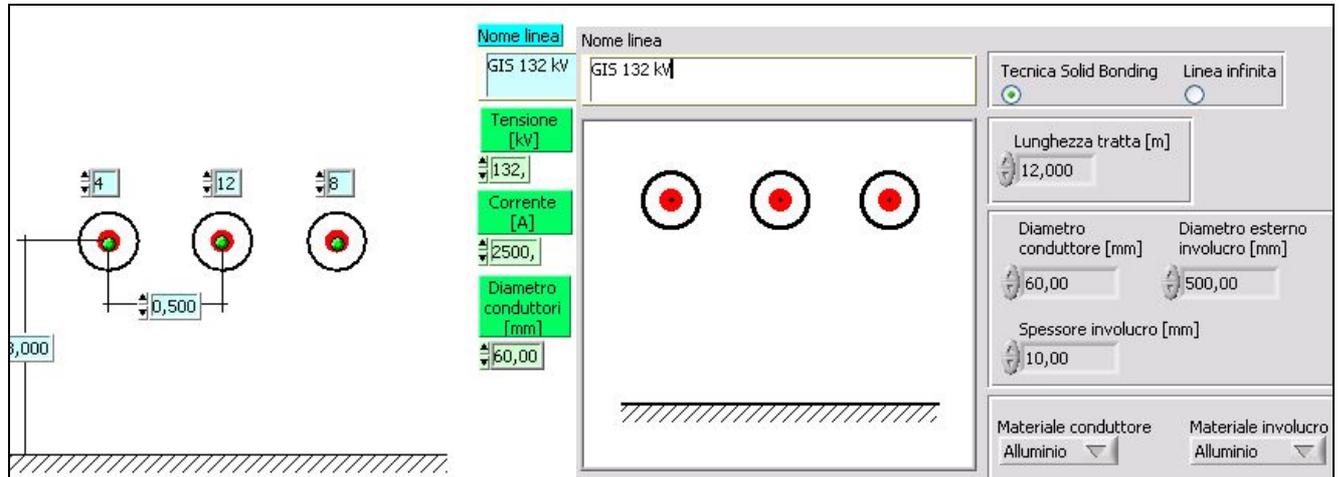


Figura 2 – Modello di calcolo CM in prossimità dei GIS

I valori di CM calcolati rispettivamente a 1 m dal suolo e a 4 m dal suolo, sono riportati rispettivamente nella figura 3.

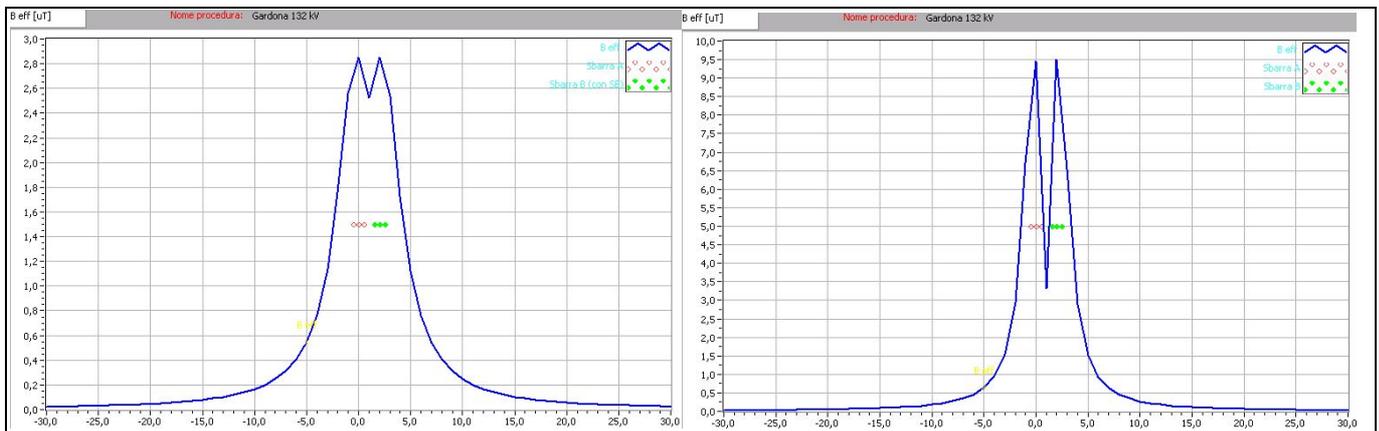
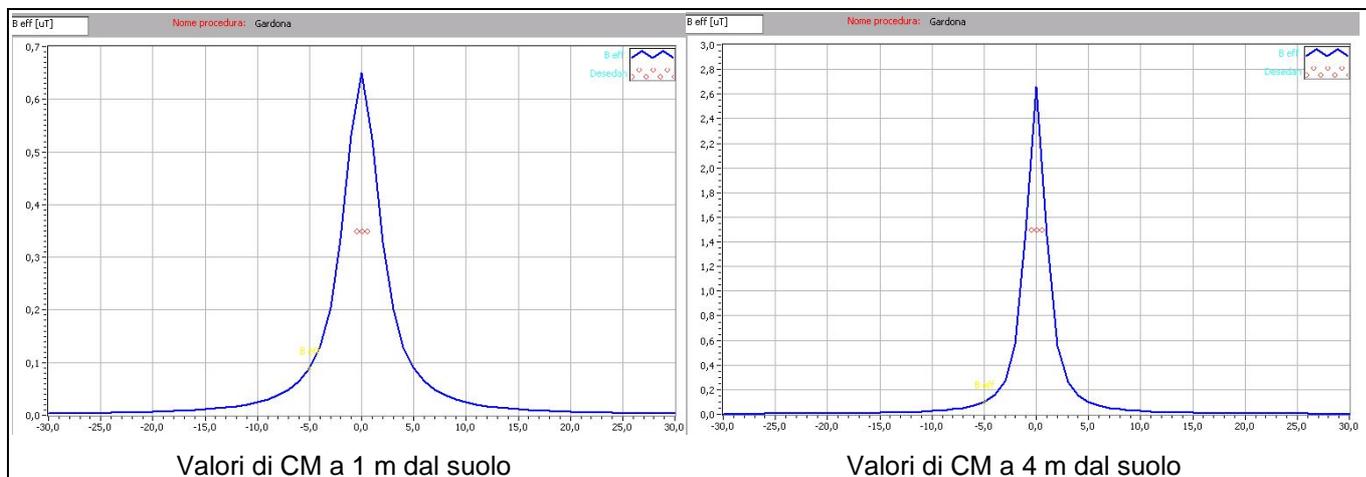


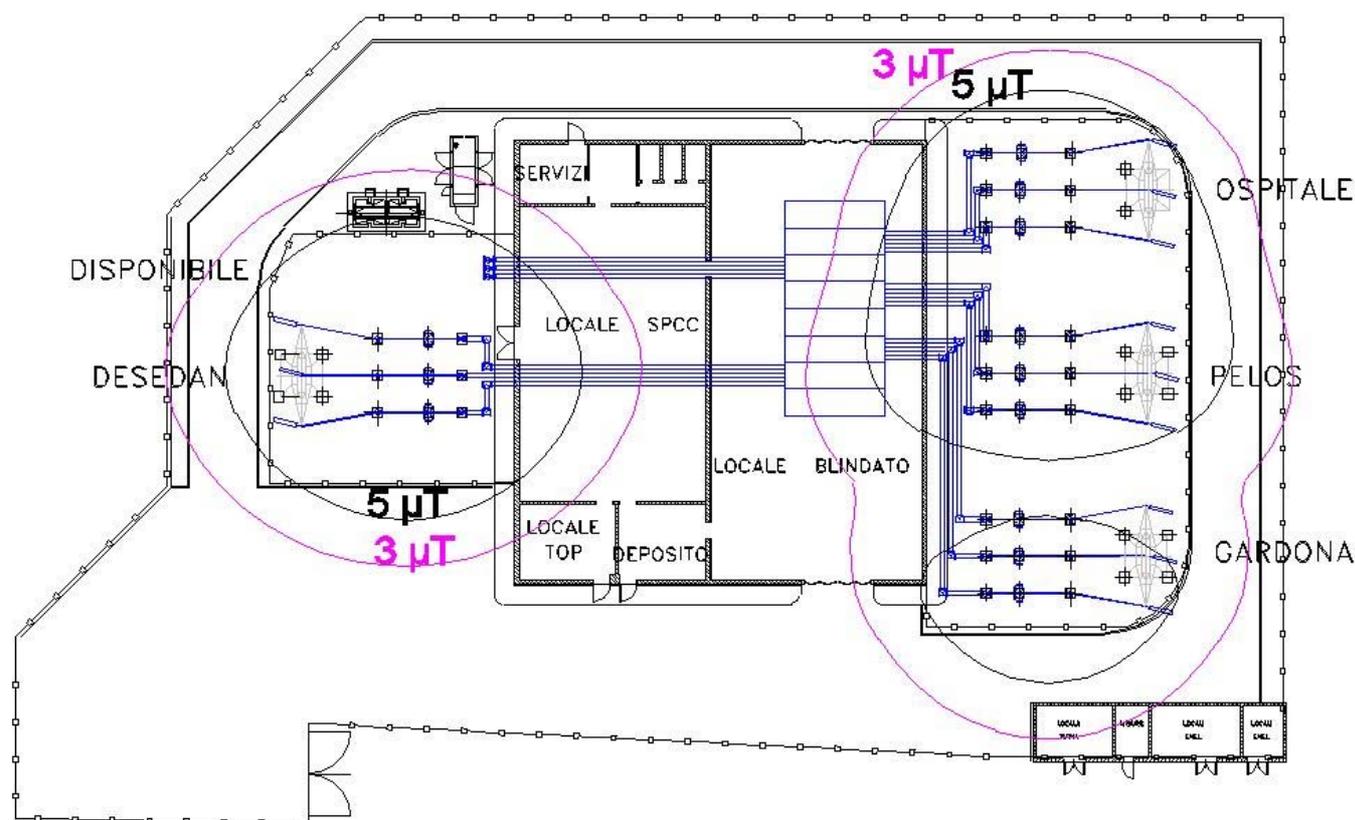
Fig. 3 Valori di CM in prossimità dei GIS a 1 m dal suolo Valori di CM in prossimità dei GIS a 4 m dal suolo

#### 2.3.4.2 CM in prossimità delle uscite in blindato delle linee

La simulazione è stata eseguita per un collegamento in blindato di uno stallo linea, assumendo il valore massima della corrente di calcolo (675 A)



### 2.3.4.3 CM in prossimità delle uscite in aria delle linee



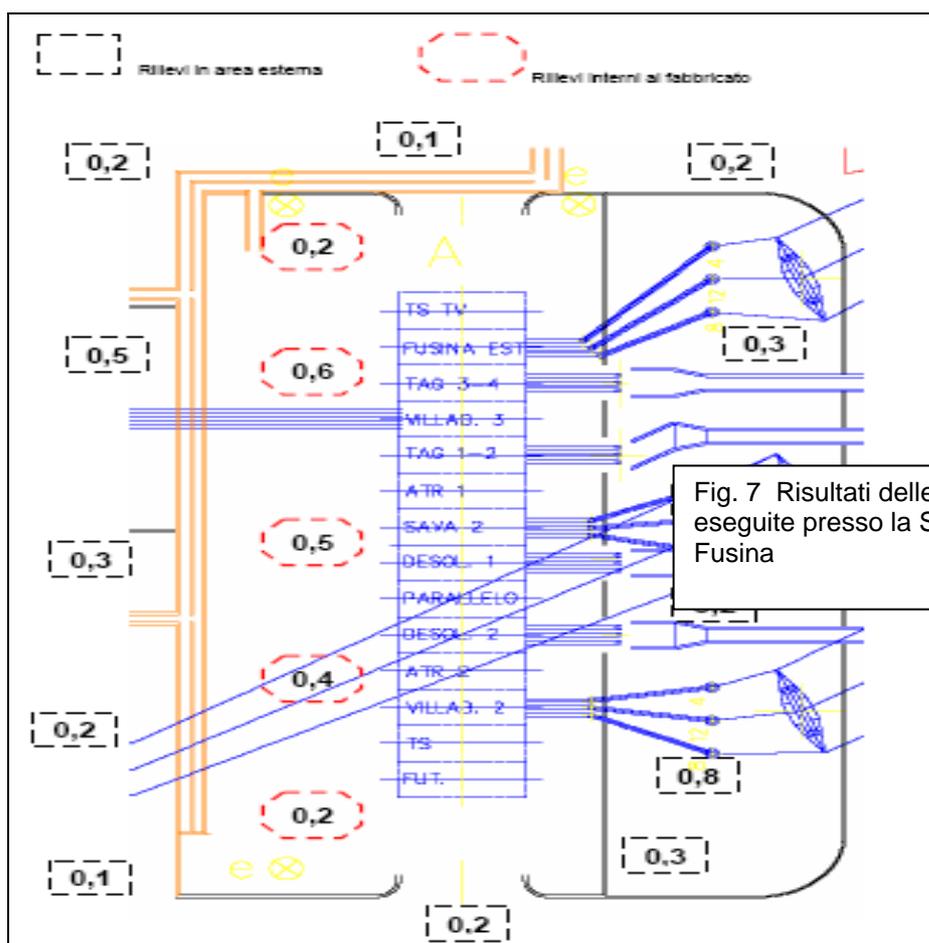
### 2.3.5 Conclusioni

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  $\mu\text{T}$  ( $B_{\text{max}} = 9,5 \mu\text{T}$  sulla verticale dei GIS), quest'ultimo valore decade nel giro di pochi metri; i valori riscontrati in prossimità delle uscite in blindato delle linee risultano inferiori ai valori di 3  $\mu\text{T}$  come dimostrato nella simulazione tipo di cui al punto 2.3.4.2.

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  $\mu$ T nei luoghi con permanenza prolungata di persone, considerato che nelle peggiori condizioni di esercizio dell'impianto, la curva dei 3  $\mu$ T risulta sempre posizionata all'interno dell'area di pertinenza della stazione elettrica come riportato nella figura al punto 2.3.4.3.

### 2.3.6 Confronto delle simulazioni con rilievi in campo

Allo scopo di validare i risultati dei calcoli di CM generati dai GIS a titolo di riferimento sono state eseguite specifiche misure nell'analogo impianto 132 kV di Fusina (Ve). I risultati delle misure sono riportati nella figura 7 ed evidenziano, pur con nelle diversità determinate dalle specifiche caratteristiche geometriche e dalle correnti in gioco, notevolmente inferiori rispetto ai valori nominali (circa 1/10), il minimo valore dei CM generati dai GIS; tale caratteristica è del resto riportata nella letteratura tecnica disponibile sull'argomento.



## 2.4 S.E. di Soverzene – Valore dei campi magnetici attesi per il nuovo impianto

La stazione elettrica 220 kV di Soverzene è costruita completamente in aria.

La presente relazione illustra sia i valori di campo magnetico attuali, sia i nuovi valori per la nuova soluzione impiantistica che andremo di seguito a descrivere.

### 2.4.1 Criteri di valutazione

Per la s.e. di Soverzene la valutazione dei valori dei valori dei C.M. è stata eseguita considerando sia la stazione elettrica in aria che i relativi stalli in aria.

### 2.4.2 Schema di impianto

I due diversi schemi di impianto utilizzati considerano, l'uno la situazione attuale dell'impianto, l'altro il nuovo assetto che prevede, in sostanza, solamente la modifica degli ingressi delle linee.

Nello specifico, l'assetto della stazione nei 2 casi è il seguente:

#### Situazione attuale:

- stalli linea: Linea Lienz(T.215), Linea Vellai(T.218), Linea Scorzè(T.217), Linea Fadalto(T.289);
- stallo gruppo: Gruppi 1, 2 e 3.

#### Situazione futura:

- stalli linea: Polpet(attuale T.689 132kV) e Fadalto(T.289);
- 2 stalli gruppo: Gruppi 1,2 e Gruppi 3,4.

Le due diverse sistemazioni planimetriche, dell'impianto sono riportate in fig.1 e 1bis.

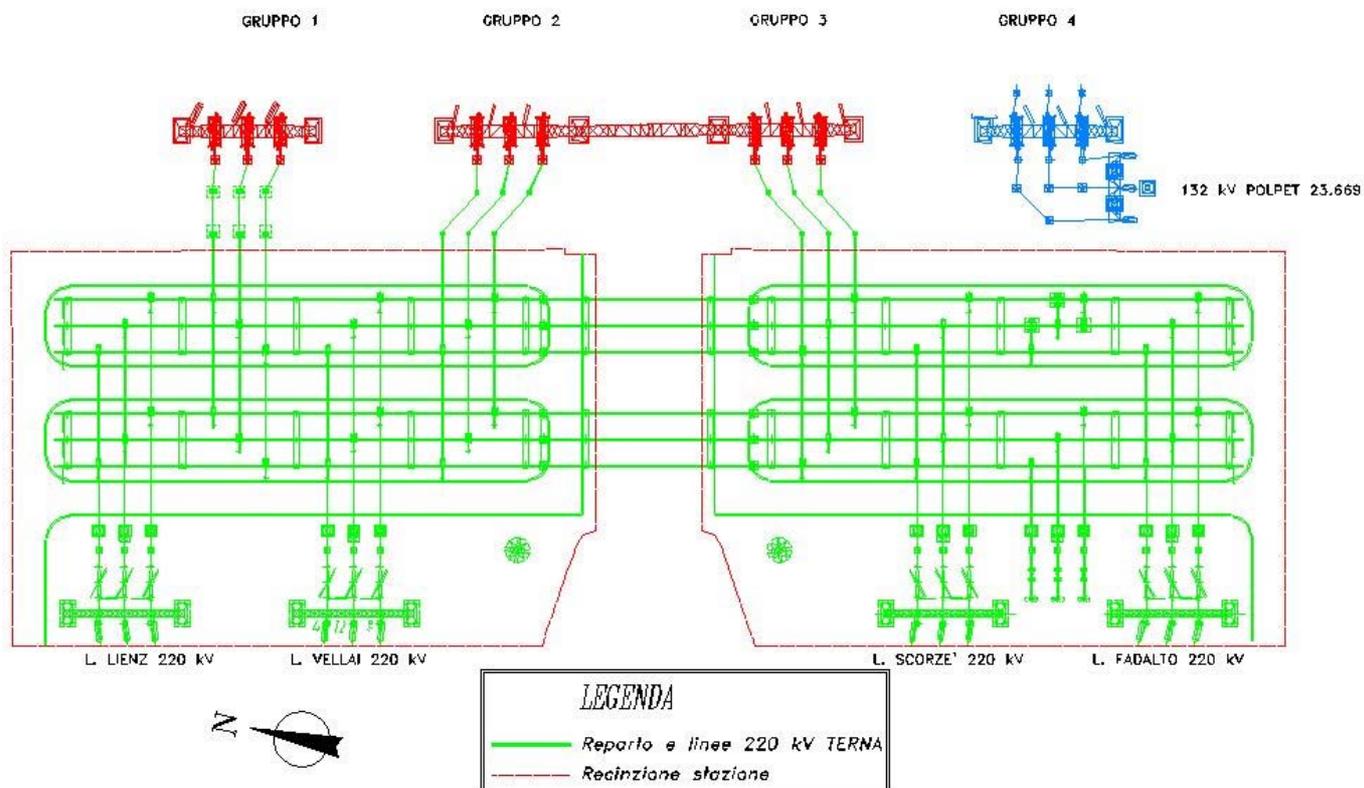


Fig. 1 S.e. di Soverzene – Planimetria impianto attuale

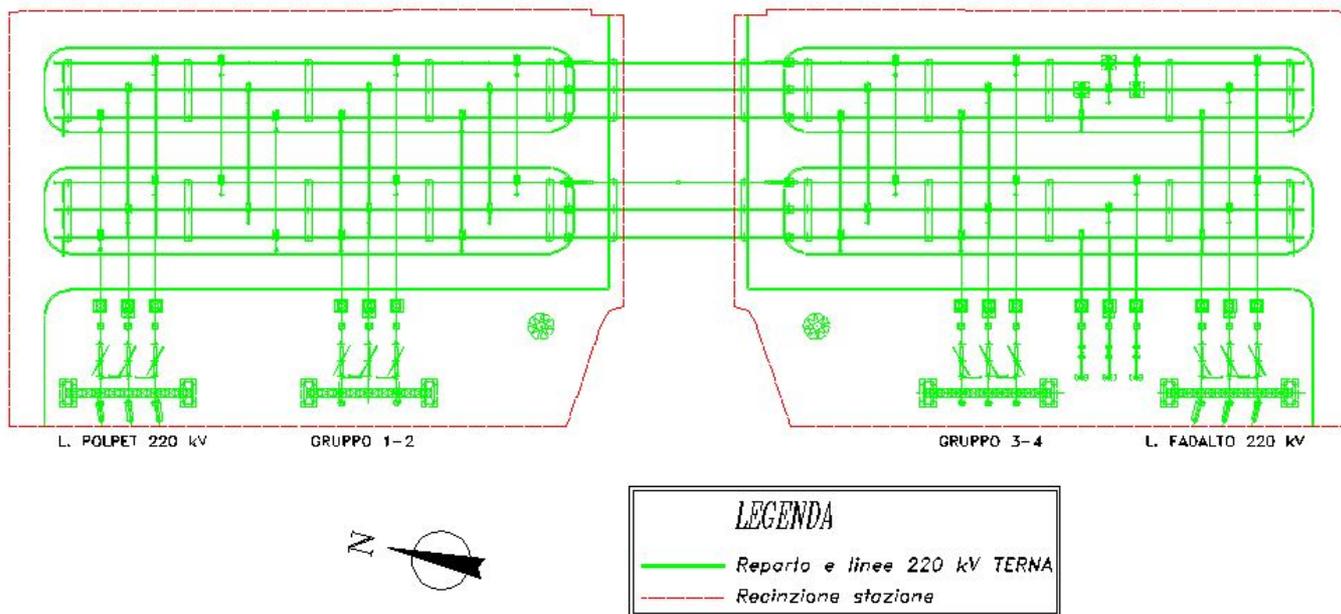


Fig. 1bis S.e. di Soverzene – Planimetria impianto futuro

### 2.4.3 Condizioni di carico e criteri di calcolo

La valutazione del campo magnetico è stata eseguita con i valori di corrente riportati nelle tabelle 1 e 2 che seguono, che determinano i due diversi tipi di assetto della stazione.

Tali valori sono stati definiti assumendo:

- per le linee, la condizione di carico riportata nella tabella seguente.
- per lo stallo gruppo, la possibilità dello stesso di essere sovraccaricato, anche se per un tempo limitato, del 20%.

Le correnti, indipendentemente dal verso, sono state considerate sempre concordi, e ciò in via cautelativa, indipendentemente dal soddisfacimento della condizione  $\sum I=0$ .

Tensione (kV)	Collegamento	Corrente di calcolo (A)	Criteri di definizione della reale corrente di funzionamento
220	Lienz(T.215)	<b>900</b>	Valori considerati attualmente dalla tabella allegato 1 del Codice di Rete
	Vellai(T.218)	<b>720</b>	
	Scorzè(T.217)	<b>720</b>	
	Fadalto(T.289)	<b>1130</b>	
	Gruppo 1	<b>190</b>	Gruppi in sovraccarico del 20%
	Gruppo 2	<b>190</b>	
	Gruppo 3	<b>190</b>	

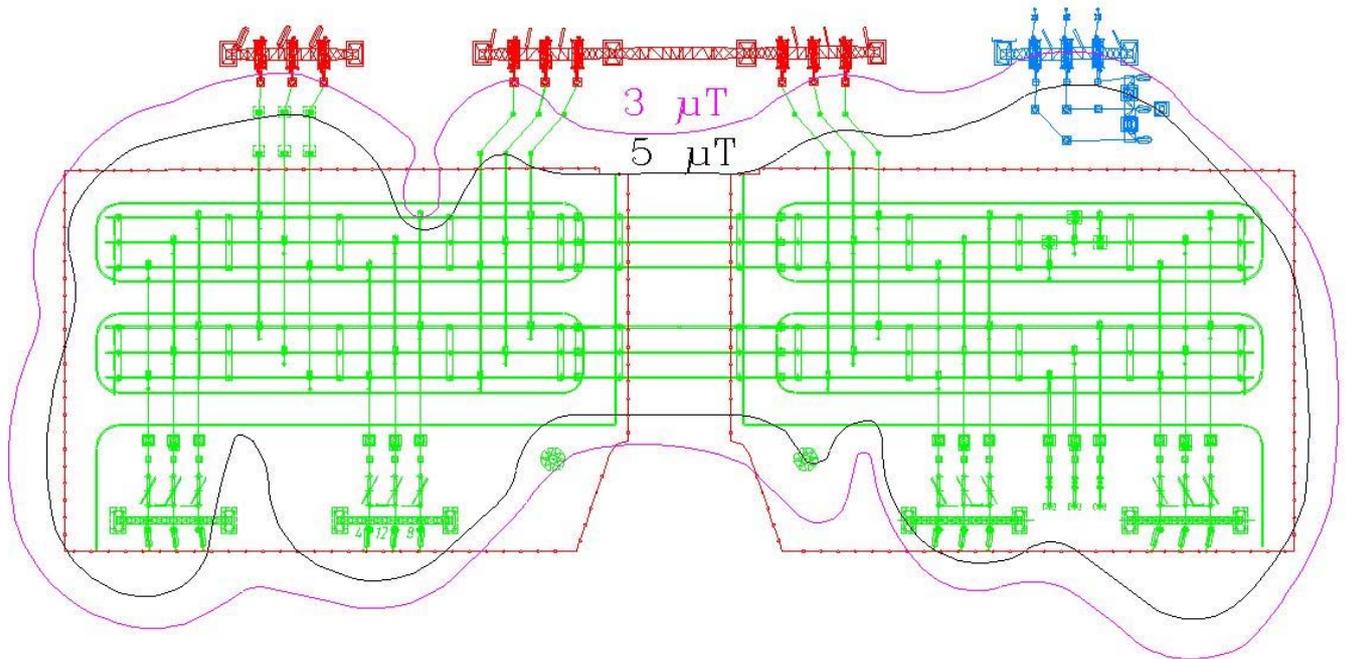
Tabella 1: Correnti di calcolo situazione d'impianto attuale.

Tensione (kV)	Collegamento	Corrente di calcolo (A)	Criteri di definizione della reale corrente di funzionamento
220	Polpet (t.669)	<b>1300</b>	CEI 11-60 - Servizio Normale - Zona B - periodo F
	Fadalto (t.289)	<b>710</b>	
	Gruppo 1-2	<b>380</b>	Gruppi in sovraccarico del 20%
	Gruppo 3-4	<b>380</b>	

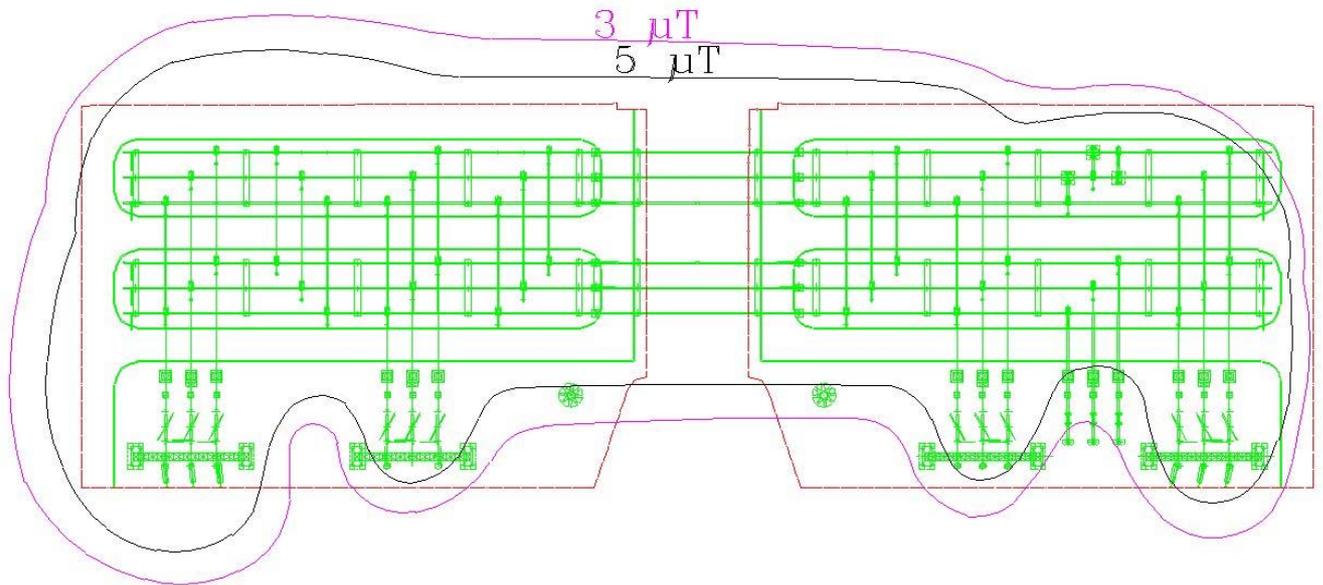
Tabella 2: Correnti di calcolo situazione d'impianto futura.

## 2.4.4 Risultati dei calcoli

### 2.4.4.1 CM nella configurazione d'impianto attuale



#### 2.4.4.2 CM nella configurazione d'impianto futura



#### 2.4.5 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  $\mu\text{T}$ .

I valori di CM decadono già nel giro di pochi metri; inoltre, come si vede dal confronto delle curve isolivello, il nuovo assetto togliendo parte del carico della stazione ridimensiona leggermente i valori di CM prodotto.

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  $\mu\text{T}$  nei luoghi con permanenza prolungata di persone.

### 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 microtesla, 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 riferimento<sup>2</sup>.

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.

Per ogni direttrice, come definite nel progetto, vengono quindi determinate le correnti di calcolo specifiche in funzione del tipo di conduttore impiegato e dei parametri di progetto.

Nei caso dei conduttori ad alta capacità esclusi dalla norma CEI 11-60 si fa riferimento alla massima corrente transitabile in funzione delle effettive condizioni di esercizio.

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 le singole direttrici:

#### Direttrici 220KV Polpet-Lienz e Polpet-Scorzè

Per questi collegamenti viene utilizzato per ogni fase un fascio binato di conduttori in alluminio-acciaio del diametro di 40.50mm formazione 54X4.50mm+19X2.70mm. 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 3.3.1 Portate in corrente in funzione del parametro di posa:
- Punto 3.3.3 Portate in corrente in caso di franchi maggiorati

<sup>2</sup> Il conduttore di riferimento è un conduttore in corda di alluminio-acciaio del diametro D=31.50mm, sezione 585,30mm<sup>2</sup> e formazione 54X3.50mm+19X2.10mm.

Dai calcoli effettuati per il conduttore del diametro di 40.5mm considerato il parametro di posa effettivo di 1450m e un extrafranco di 1.5m sul terreno e sulle opere attraversate ne risulta per ogni singolo conduttore una corrente per il periodo freddo di 1217A.

Per ogni fase binata avremo una corrente da impiegare nelle simulazioni di **2434 A**.

#### Diretrice 220KV Polpet – Soverzene

Per questo collegamento viene impiegato un conduttore ad alta capacità a corda di lega di alluminio (KTAL) – e lega Fe-Ni rivestito di alluminio (ACI) del diametro di 31.25mm e formazione 38X3.75mm+19X3.25mm .

Tali conduttori non sono contemplati nelle norme CEI 11-60 perciò la corrente mediana nelle 24 ore in condizioni di normale esercizio è quella dichiarata dal costruttore.

Nel caso specifico la corrente dichiarata è quella massima transitante in condizioni di emergenza nell'ipotesi di indisponibilità del collegamento a valle della centrale di Fadalto (linea 220KV Fadalto-Conegliano) con contemporanea massima producibilità delle centrali di Fadalto (250MVA) e Soverzene (240MVA).

In questa condizione di esercizio tutta la produzione delle due centrali si riversa su questo collegamento e la corrente risultante è di **1300 A**.

#### Diretrice 220KV Polpet-Vellai

Il raccordo aereo utilizza il conduttore di riferimento (corda di alluminio-acciaio D=31.50mm) ne consegue che la corrente considerata nelle simulazioni è quella definita nella norma (**710 A**) .

N.B. Tale corrente è stata utilizzata anche per il tratto in cavo interrato.

#### Diretrice 132KV Polpet-Belluno

La linea 132KV Polpet – Belluno per il tratto ricostruito (da Polpet al sostegno n° 101b) verrà impiegato il conduttore di riferimento. Nel tratto in ingresso alla cabina primaria di Belluno in doppia terna con la futura linea 132KV Sospirolo-Belluno) verrà sostituito l'attuale conduttore con un conduttore ad alta capacità in lega di alluminio (ZTAL) – lega Fe-Ni rivestito di alluminio (ACI) D=22.75mm. formazione 30X3.25mm+7X3.25mm.

La corrente considerata per l'intero collegamento è la corrente del conduttore di riferimento (**675 A**).

Anche per il raccordo alla cabina primaria di Belluno della linea 132KV Belluno-Sedico viene impiegato il conduttore di riferimento perciò la corrente è di **675 A**.

Il raccordo alla cabina primaria di Belluno della linea 132KV Sospirolo-Belluno viene riutilizzato il conduttore in essere e cioè un conduttore in rame del diametro di 13.00mm formazione .19X2.60mm.

Applicando i seguenti coefficienti:

- Punto 3.1.2 Effetto delle dimensioni del conduttore
- Punto 3.1.6 in corrente dei conduttori in rame
- Punto 3.3.1 Portate in funzione del parametro di posa

Ne risulta una corrente di **317 A**.

Direttrice 132KV Polpet – Nove cd La Secca

Il raccordo aereo utilizza il conduttore di riferimento (**675 A**).

N.B. Tale corrente viene utilizzata anche per il tratto in cavo interrato.

Direttrice 132KV Pelos-Gardona-Desedan

La direttrice impiega il conduttore di riferimento. (**675 A**).

La variante al tracciato della linea 132KV Ospitale – Gardona ed il collegamento Gardona-Gardona centrale impiegheranno il conduttore in alluminio-acciaio del diametro  $D=22.80\text{mm}$  e formazione  $26X3.60\text{mm}+7X2.80\text{mm}$

Applicando i seguenti coefficienti:

- Punto 3.1.2 Effetto delle dimensioni del conduttore
- Punto 3.1.3 Portate in corrente dei conduttori bimetallici alluminio-acciaio

Ne risulta una corrente di **441 A**.

Direttrice Forno di Zoldo – Desedan

Per questo collegamento viene impiegato un conduttore in alluminio-acciaio del diametro  $D=22.80\text{mm}$  e formazione  $26X3.60+7X2.80$ .

Applicando i seguenti fattori della norma CEI 11-60:

- Punto 3.1.2 Effetto delle dimensioni del conduttore
- Punto 3.1.3 Portate in corrente dei conduttori bimetallici alluminio-acciaio

Ne risulta una corrente di **441 A**.

Direttrice 132KV Polpet-Desedan

Per questo collegamento interamente in cavo le correnti utilizzate nel calcolo sono quelle pari alla portata in regime permanente così come definita nella norma CEI 11-17.

Per questo collegamento viene utilizzata una terna di cavi unipolari in alluminio avente una sezione di  $1600\text{ mm}^2$  con isolamento in XLPE per la quale si è considerata una corrente di calcolo pari a **1000 A**.

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

	Conduttori		Corrente	Note
	n°	Tipo	A	
<b>Collegamenti 220KV</b>				
220KV Polpet - Soverzene	1	KTAL/ACI I31.25	1300	Corrente dichiarata
220KV Polpet - Lienz	2	ACSR 40.50	2434	
220KV Polpet - Scorzè	2	ACSR 40.50	2434	
220KV Polpet - Vellai	1	XPLE Cu 1500	710	Tratto in cavo
	1	ACSR 31.50		Tratto aereo
<b>Collegamenti 132KV</b>				
Polpet-Belluno (tratto in semplice terna)	1	ACSR 31.50	675	
Polpet-Belluno Sospirolo-Belluno (Tratto in doppia terna)	1	ZTAL/ACI 22.75	675	(Polpet-Belluno)
		CU 13.00	317	(Sospirolo-Belluno)
Belluno-Sedico	1	ACSR 31.5	675	
Belluno-Sospirolo	1	CU 13.00	317	
Polpet – Nove cd La Secca	1	XPLE Al 1600	675	Tratto in cavo
		ACSR 31.50		Tratto aereo di raccordo
Pelos – Gardona Garzona - Desedan	1	ACSR 31.50	675	
Gardona - Gardona C.le	1	ACSR 22.80	441	
Variante Gardona-Ospitale	1	ACSR 22.80	441	
Polpet - Forno di Zoldo	1	ACSR 22.80	441	
Polpet - Desedan		XLPE Al 1600mm <sup>2</sup>	1000	CEI 11-17

### 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”*.

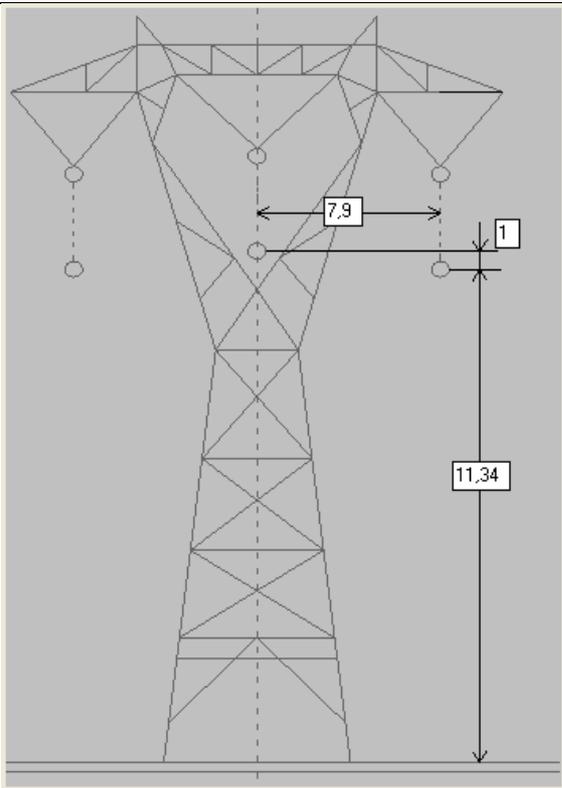
Tale decreto prevede per il calcolo della Dpa l'utilizzo della configurazione spaziale dei conduttori, geometrica e di fase che forniscono il risultato più cautelativo; a tal proposito si riporta di seguito per ciascuna tipologia di sostegno utilizzato il calcolo della Distanza di prima approssimazione 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  $3uT$  dalla quale tracciando le tangenti verticali si determina la DPA.

**Direttrice 220KV Polpet-Lienz e Polpet-Scorzè**



I sostegni impiegati sono quelli della serie unificata 380KV semplice terna

La geometria impiegata per il calcolo della DPA è quella del sostegno tipo VV, VL

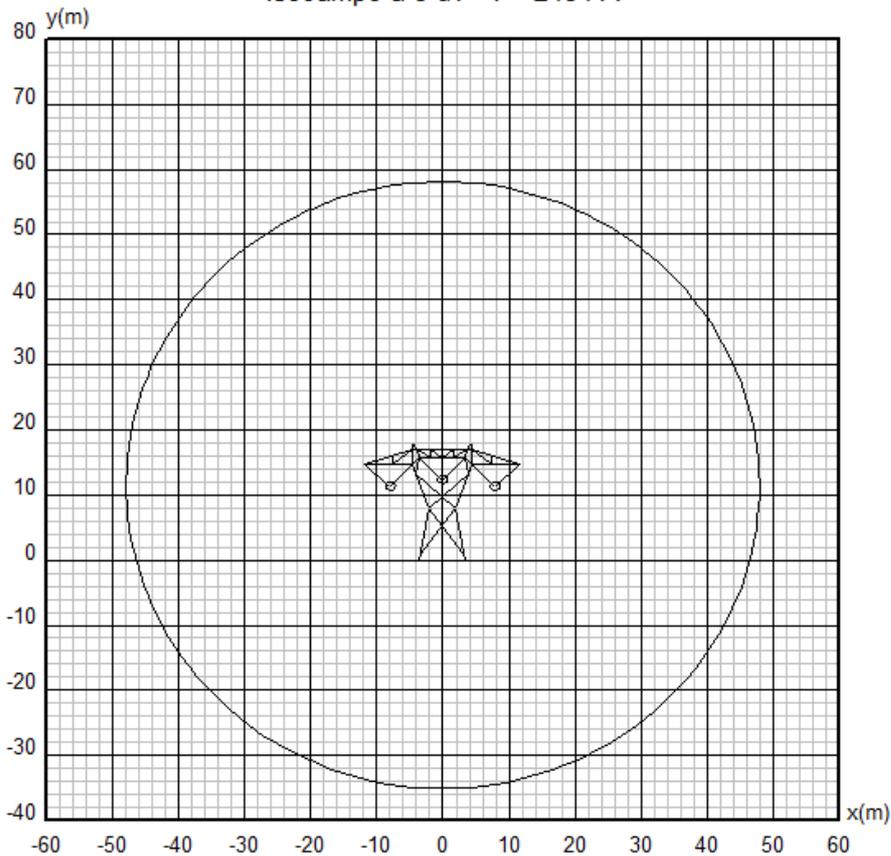
Conduttore impiegato:

Fascio binato

Corda di alluminio-acciaio, D= 40.50mm  
formazione 54X4.50mm+19X2.70mm

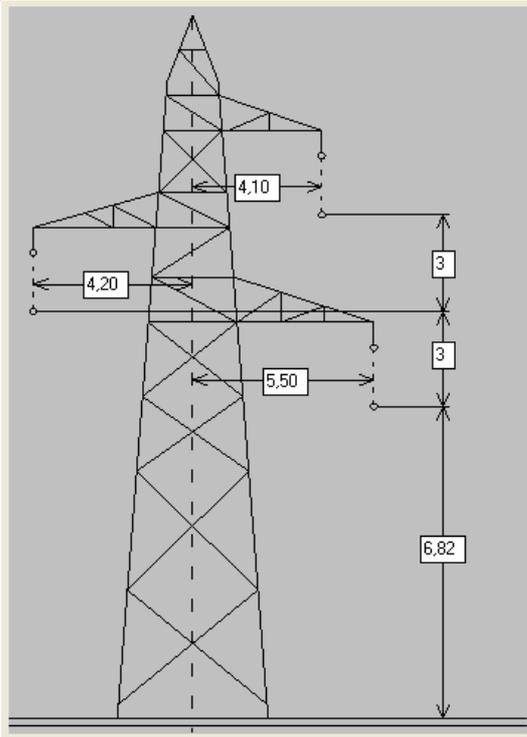
Corrente di riferimento: 2434 A

Isocampo a 3 uT - I = 2434 A



DPA = 48m

**Direttrice 220KV Polpet – Soverzene**

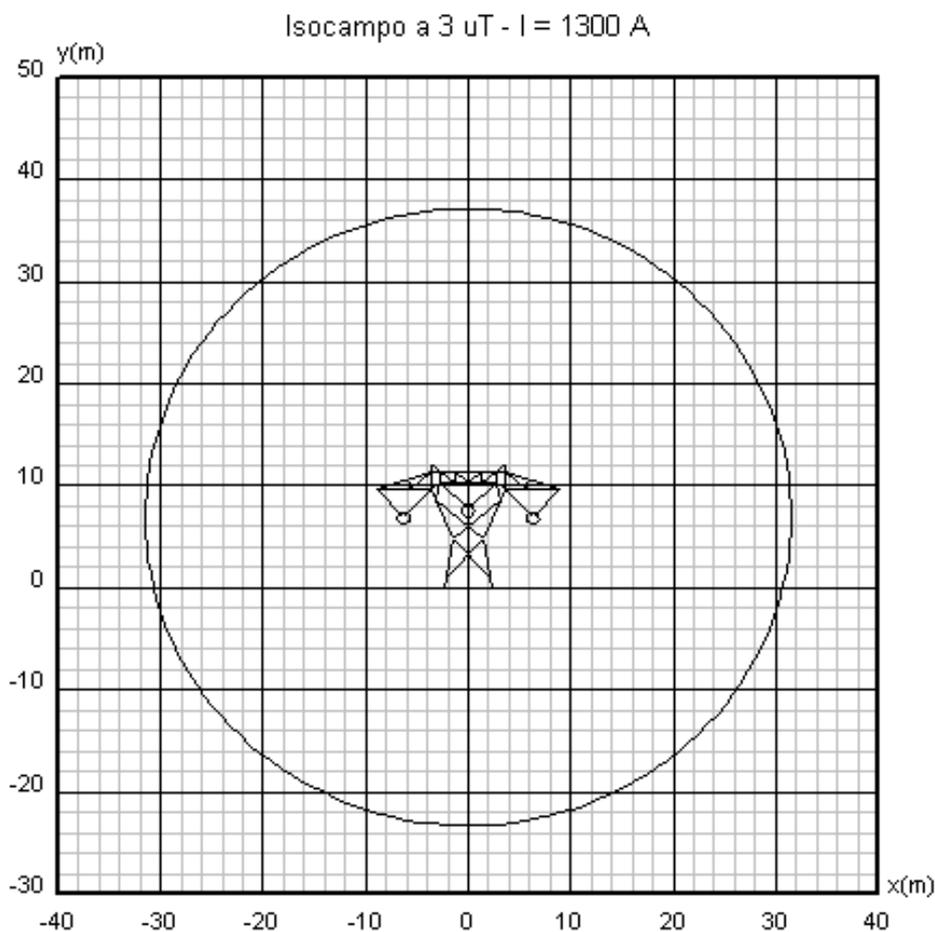


I sostegni impiegati sono quelli della serie unificata 220KV semplice terna

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

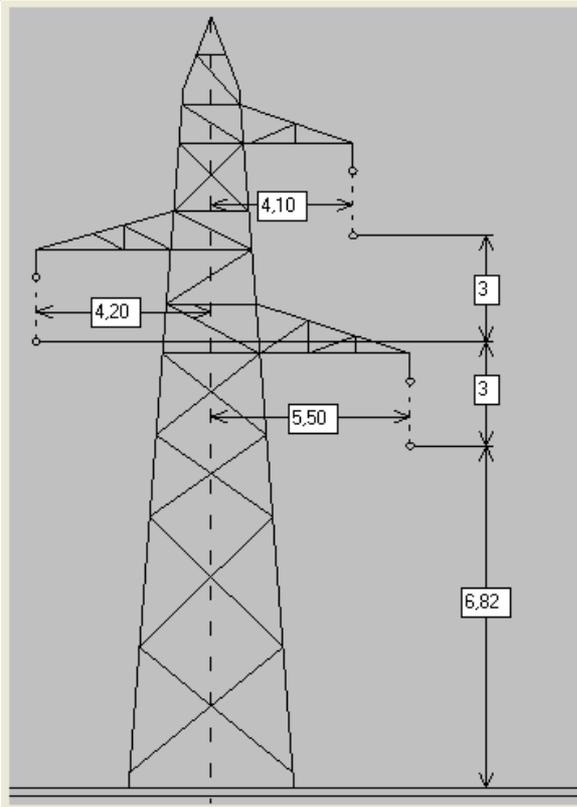
Conduttore impiegato:  
Conduttore singolo  
KTAL/ACI; D=31.25mm,  
Formazione 38X3.75mm+19X3.25mm

Corrente di riferimento: 1300 A



DPA = 32m

**Direttrice 220KV Polpet – Vellai (tratto aereo)**

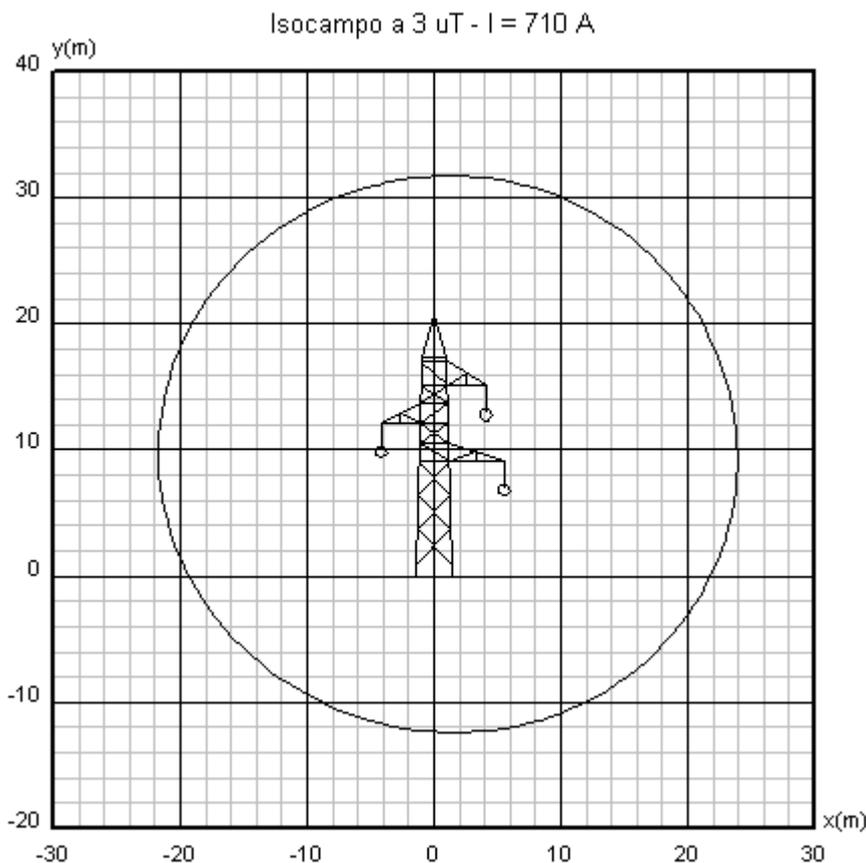


I sostegni impiegati sono quelli della serie unificata 220KV semplice terna

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

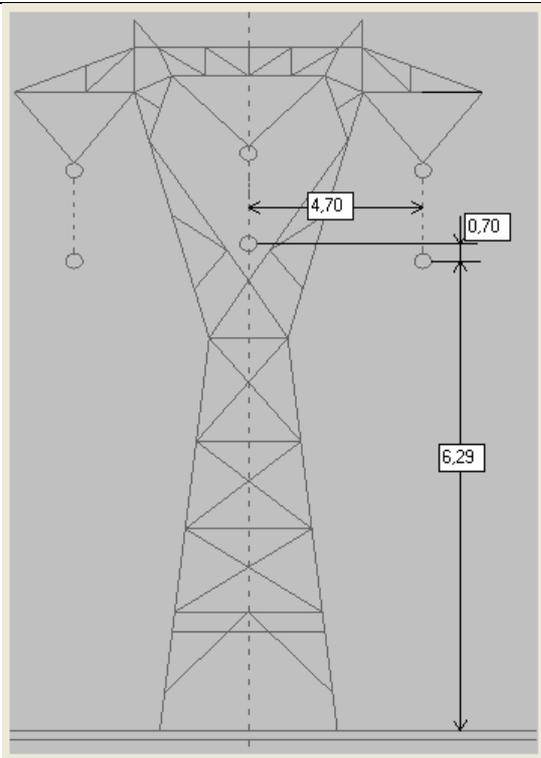
Conduttore impiegato:  
Conduttore singolo  
ACSR D=31.50mm  
Formazione 54X3.50mm+19X2.10mm

Corrente di riferimento: 710 A



DPA = 24m

**Direttrice 132KV Polpet – Belluno (tratto in semplice terna), raccordo 132KV Sedico-Belluno e direttrice 132KV Pelos-Gardona-Desedan**

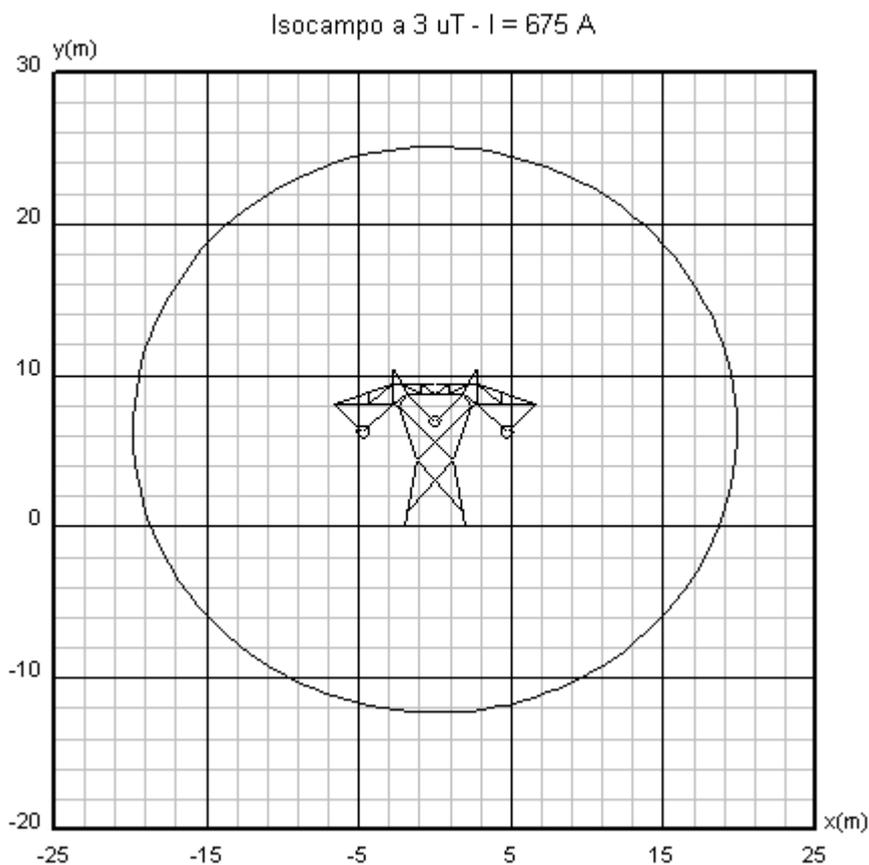


I sostegni impiegati sono tronco piramidali con testa a delta rovesciato.

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

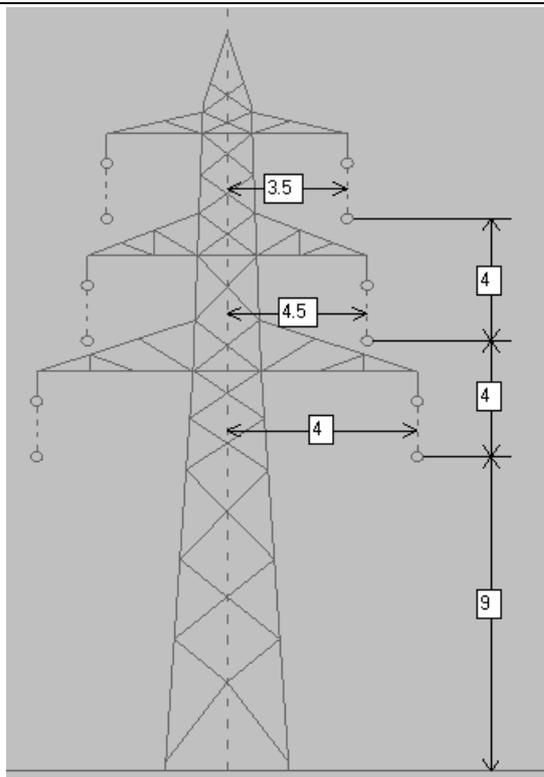
Conduttore impiegato:  
 Conduttore singolo  
 ACSR D=31.50mm  
 Formazione 54X3.50mm+19X2.10mm

Corrente di riferimento: 675 A



DPA = 20m

**Linea doppia terna 132KV Polpet – Belluno e Sospirolo-Belluno (in ingresso a Belluno).**



I sostegni sono quelli esistenti nel tratto in doppia terna in ingresso alla cabina primaria di Belluno.

La geometria impiegata per il calcolo della DPA è quella del sostegno tipo T6AE.

Conduttore impiegato:

ZTAL/ACI D=22.75mm

Formazione 30X3.25mm+7X3.25mm (Polpet-Belluno)

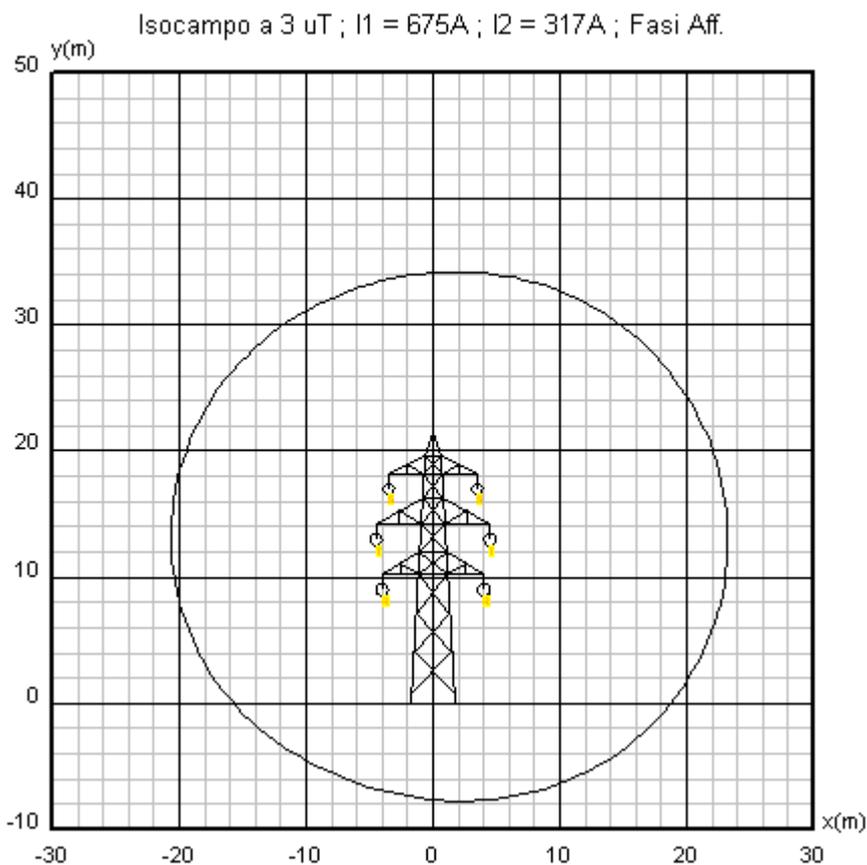
Corda di rame, D=13.00mm

formazione 19X2.60mm (Sospirolo-Belluno)

Corrente di riferimento:

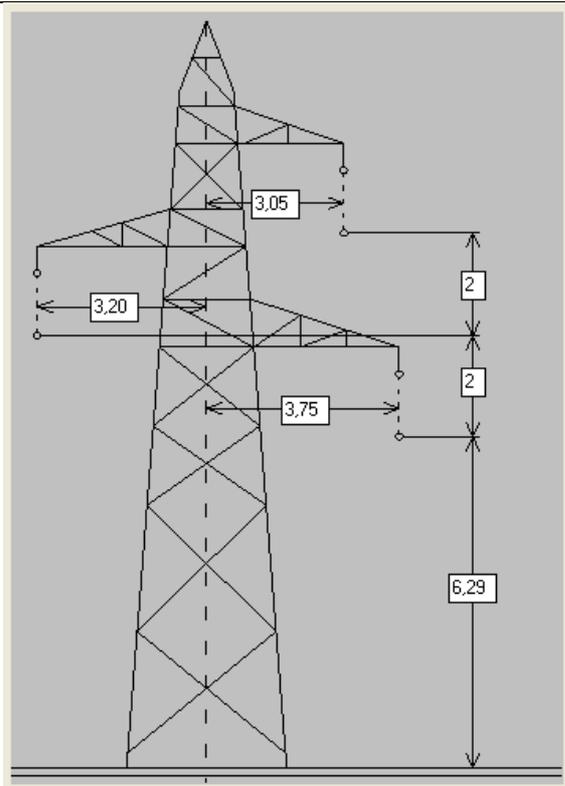
675 A (Polpet-Belluno)

317 A (Sospirolo – Belluno)



DPA = 23m

**Direttrice 132KV Forno di Zoldo – Polpet (tratto esistente in comune di Forno di Zoldo)**

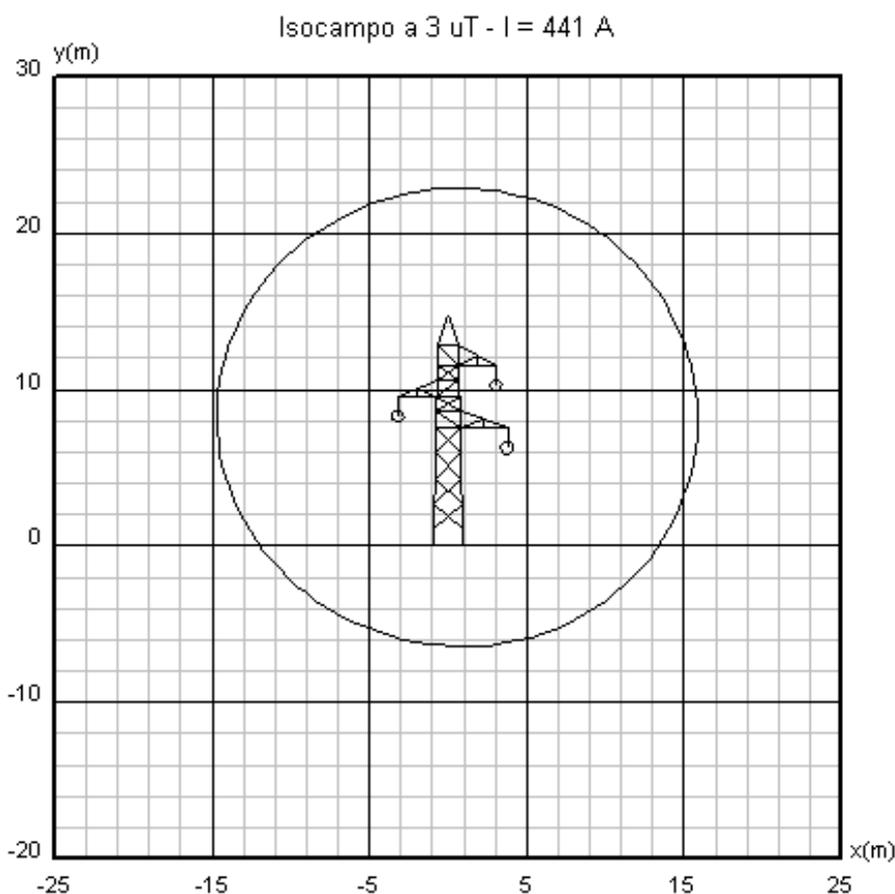


I sostegni esistenti appartengono alla serie unificata semplice terna

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

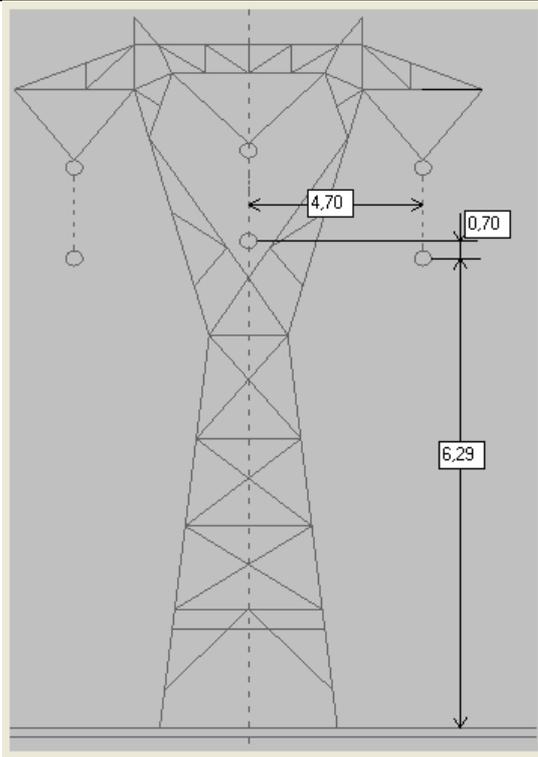
Conduttore impiegato:  
Conduttore singolo  
ACSR, D=22.80mm,  
formazione 6X3.60mm+7X2.80mm

Corrente di riferimento: 441 A



DPA = 16m

**Direttrice 132KV Forno di Zoldo – Polpet (nuovo tratto in comune di Longarone), variante linea 132KV Ospitale-Gardona E COLLEGAMENTO Gardona-Gardona centrale**

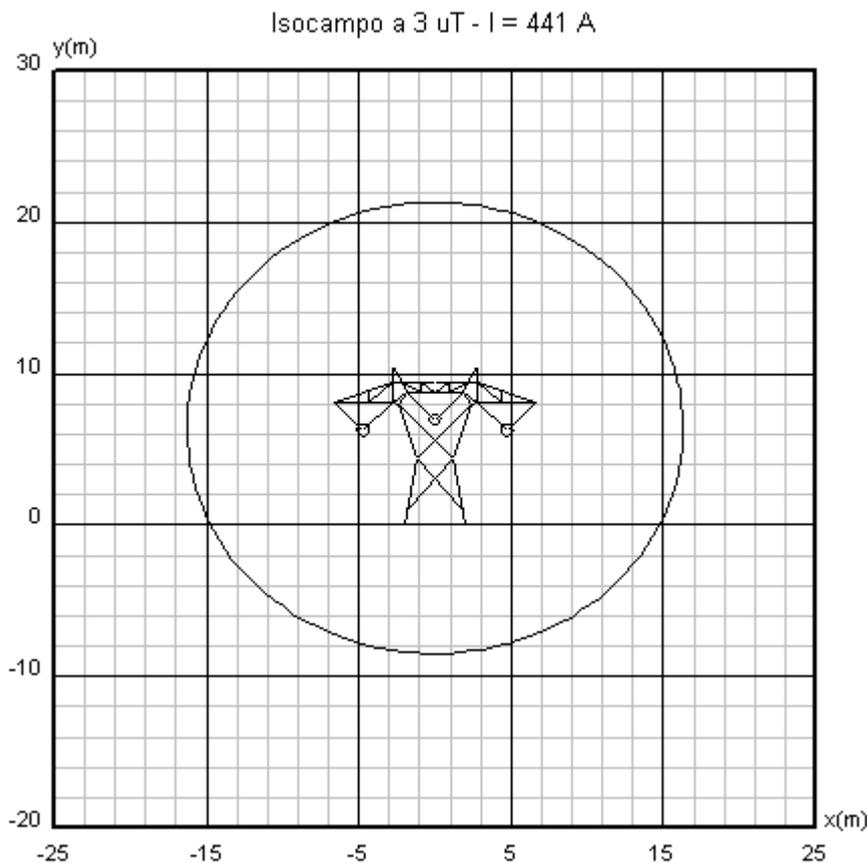


I sostegni impiegati sono tronco piramidali con testa a delta rovesciato.

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: 441 A



DPA = 17m

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

- **48 m** per gli elettrodotti 220KV Polpet-Lienz e Polpet – Scorzè

- **32 m** per l'elettrodotto 220KV Polpet-Soverzene
- **24 m** per il raccordo aereo 220KV Polpet-Vellai
- **20 m** per la direttrice 132KV Pelos-Gardona-Desedan, per il tratto in semplice terna della linea Polpet-Belluno e per il raccordo aereo Polpet-Nove cd La Secca e Sedico-Belluno
- **23 m** per il tratto in doppia terna in ingresso alla cabina primaria di Belluno delle linee 132KV Sospirolo-Belluno e Polpet-Belluno
- **17 m** per gli elettrodotti 132KV Forno di Zoldo-Polpet e Gardona-Gardona centrale e la variante 132KV Gardona-Ospitale.

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 1:10.000 allegate (Doc. n° DU22215A1BCX14052 – 'Distanze di prima approssimazione e recettori sensibili');

**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.**

### **3.3.2 Calcolo dei campi magnetici**

Dalle corografie di cui sopra si evince che all'interno delle Dpa ricadono potenziali recettori.

Tutti i possibili recettori sono stati catalogati all'interno dell'allegato doc. n° EU22215A1BCX14053 "Schede recettori sensibili"; per alcuni di essi (Baracche / Tettoie / Depositi attrezzi / Ruderi / Magazzini/ Prati etc.) non si è ritenuto necessario effettuare le verifiche elettromagnetiche in quanto, evidentemente, non interessati da permanenza prolungata maggiore di 4 ore.

Relativamente ai fabbricati esistenti da assoggettare a verifica, al fine di evidenziare la compatibilità con le nuove realizzazioni, per ciò che concerne i valori limite dell'induzione magnetica, risulta necessario effettuare, come previsto dal Decreto, il calcolo della fascia di rispetto in corrispondenza delle sezioni dell'elettrodotto interessate dalla vicinanza di tali edifici considerando l'effettiva geometria dei sostegni e la reale disposizione dei conduttori nello spazio nella sezione considerata.

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 o 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 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:**  $\mu\text{T}$  (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

Nell'estratto cartografico presente nelle schede recettori sopra menzionate sono riportate, in **colore azzurro chiaro** le Dpa (calcolate secondo il richiamato Decreto 29 maggio 2008); mentre in **linea verde** presente in prossimità di recettori sensibili rientranti all'interno della richiamata Dpa risultano 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.

Per tutti i luoghi a permanenza prolungata si è ritenuto necessario procedere ad una vera e propria analisi tridimensionale realizzata col software WinEDT tenendo conto della possibile presenza di un recettore sensibile posto ad un'altezza massima pari a quella di gronda.

Per quanto attiene a recettori ricadenti all'interno delle Dpa e posti in prossimità di linee esistenti non coinvolte nel progetto ai fini del calcolo puntuale si sono considerati i seguenti valori di corrente delle linee esistenti:

- Linea in semplice terna a 220KV "Soverzene-Fadalto": il tratto in questione è munito di conduttore di riferimento ai sensi della norma CEI 11-60 che corrisponde una portata in corrente in servizio normale pari a **710 A**;
- Linea 220 kV Soverzene – Vellai (futura Polpet-Vellai) : l'elettrodotto in questione è munito di conduttore in alluminio-acciaio di sezione pari a 428 mm<sup>2</sup> al quale corrisponde ai sensi della norma CEI 11-60 una portata in corrente in servizio normale di **567 A**;

I risultati delle simulazioni sono riportati nel documento n. **EU22215A1BCX14053** "Schede recettori sensibili".

### 3.3.3 Conclusioni

L'applicazione del decreto ha permesso la definizione delle distanza di prima approssimazione all'interno delle quali sono stati individuati dei recettori.

Il calcolo puntuale in corrispondenza dei luoghi sensibili è stato analizzato attraverso la proiezione dei 3 µT, considerando il modello tridimensionale. Da questa tutti i recettori risultano esterni alla a tale proiezione rispettando pertanto **l'obiettivo di qualità dettato dal DPCM dell' 8 luglio 2003** eccetto il fabbricato in comune di Belluno di cui alla scheda recettori n° 70.

Si tratta di un edificio residenziale attualmente non abitato posto in prossimità della linea 220KV Soverzene – Vellai in un tratto non interessato da varianti.

Il nuovo elettrodotto 220KV Polpet-Scorzè, che transita parallelamente alla linea sopra citata ad una distanza di circa 80m, non influenza, se non in modo minimale, il valore di campo magnetico già prodotto dalla linea più prossima.

## 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.

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.

Nel prosieguo si riporta la configurazione per ogni direttrice ed il grafico che rappresenta la curva di isocampo a 3µT dalla quale tracciando le tangenti verticali si determina la DPA.

#### Linea 220KV Polpet-Vellai e 132KV Polpet-Nove cd La Secca

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

Profondità di Posa            1.6m

Cavo impiegato:            XLPE 1200mm<sup>2</sup> Cu (220KV Polpet-Vellai)

   XLPE 1600mm<sup>2</sup> Al (132KV Polpet-Nove, La Secca)

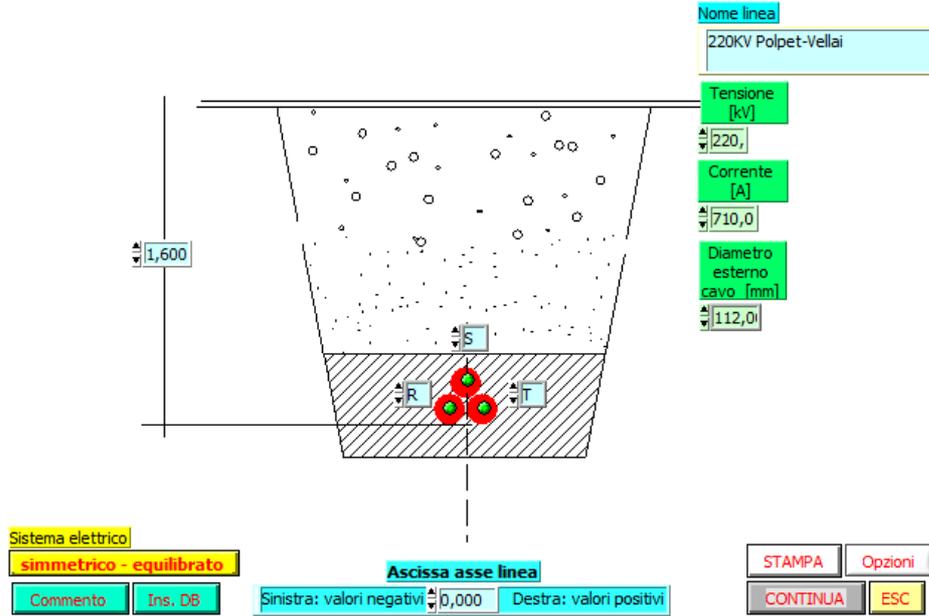
Corrente di riferimento: 710 A (220KV Polpet – Vellai)

DPA=3.3m

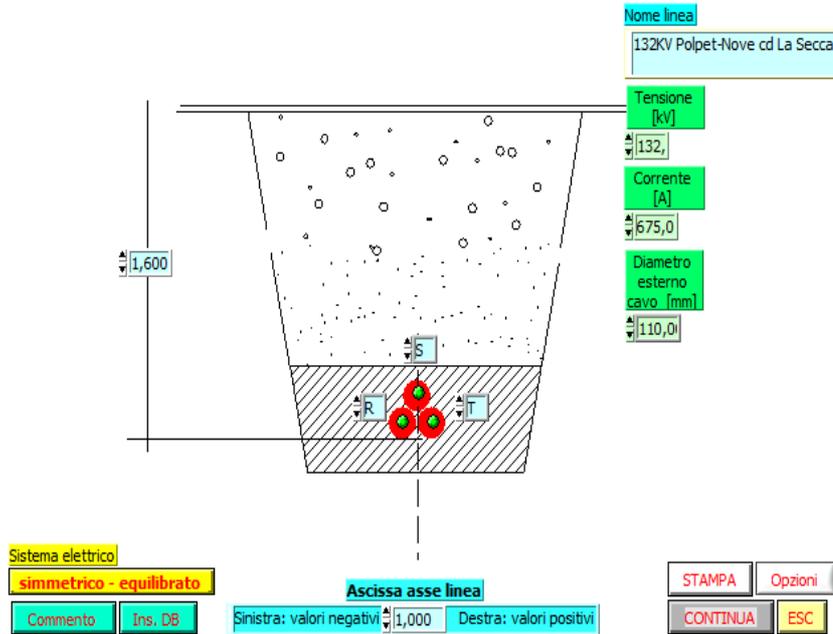
675 A (132KV Polpet – Nove, La Secca)

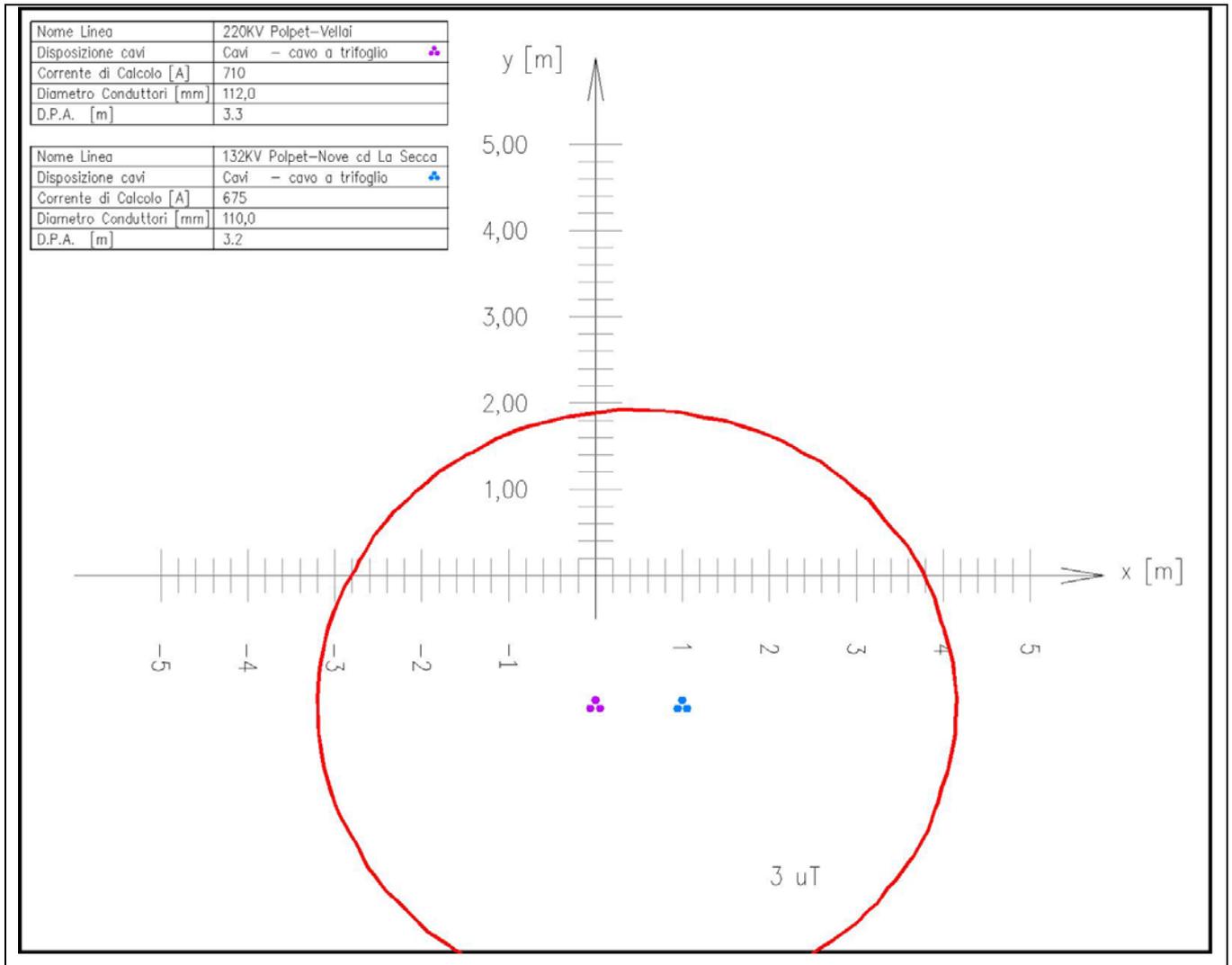
DPA=3.2m

Mini Help



Mini Help





Linea 220KV Polpet-Vellai

Profondità di Posa 1.6m

Cavo impiegato: XLPE 1200mm<sup>2</sup> Cu

Corrente di riferimento: 710 A

DPA = 2.7m

Mini Help

Nome linea	
220KV Polpet-Vellai	
Tensione [kV]	220,0
Corrente [A]	710,0
Diametro esterno cavo [mm]	112,0

Sistema elettrico

simmetrico - equilibrato

Commento

Ins. DB

Ascissa asse linea

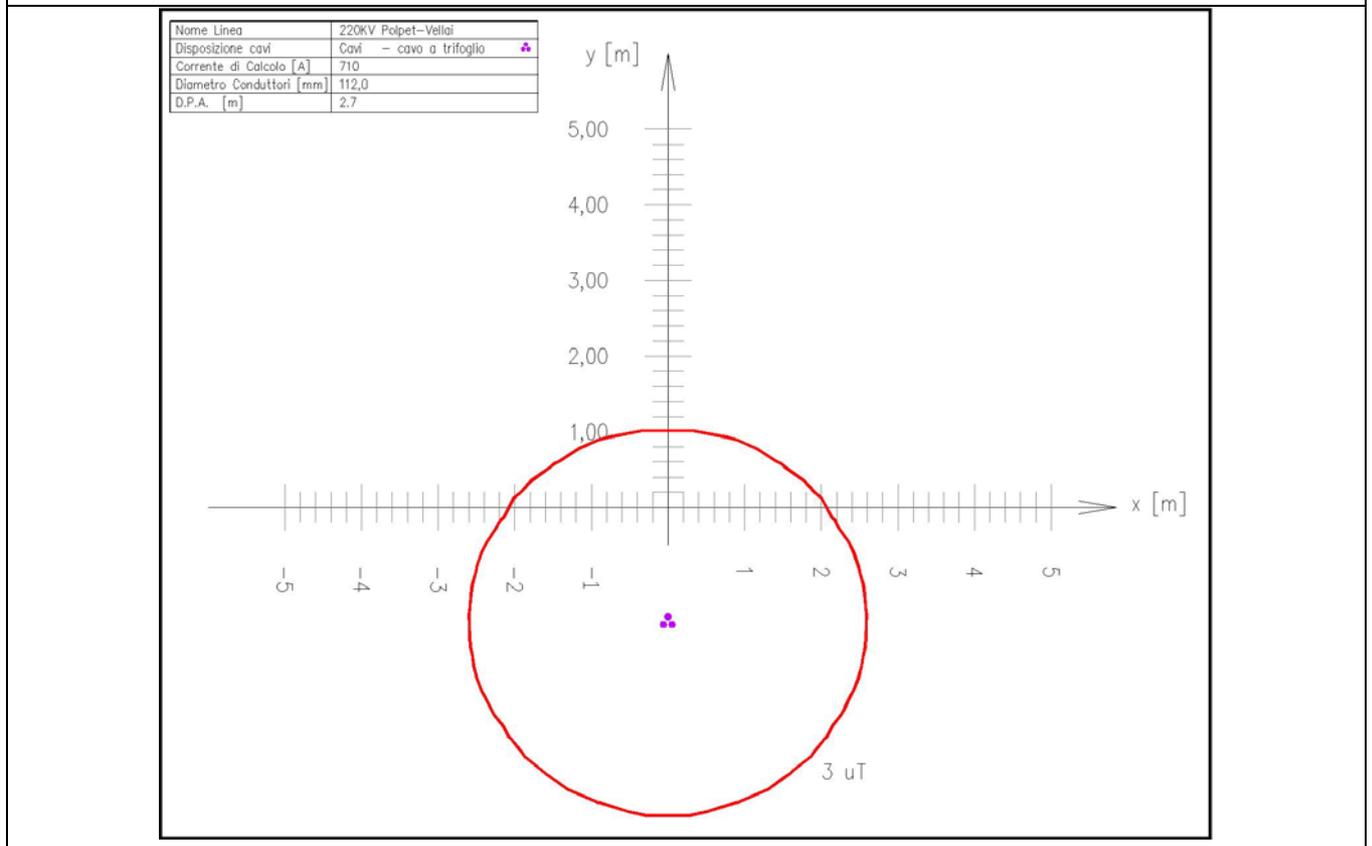
Sinistra: valori negativi 0,000    Destra: valori positivi

STAMPA

Opzioni

CONTINUA

ESC



Linea 132KV Polpet-Nove cd La Secca

Profondità di Posa	1.6m	
Cavo impiegato:	XLPE 1600mm <sup>2</sup> Al	
Corrente di riferimento:	675A	DPA = 2.6m

Mini Help

**Nome linea**  
132KV Polpet-Nove cd La Secca

**Tensione [kV]**  
132,

**Corrente [A]**  
675,0

**Diametro esterno cavo [mm]**  
110,0

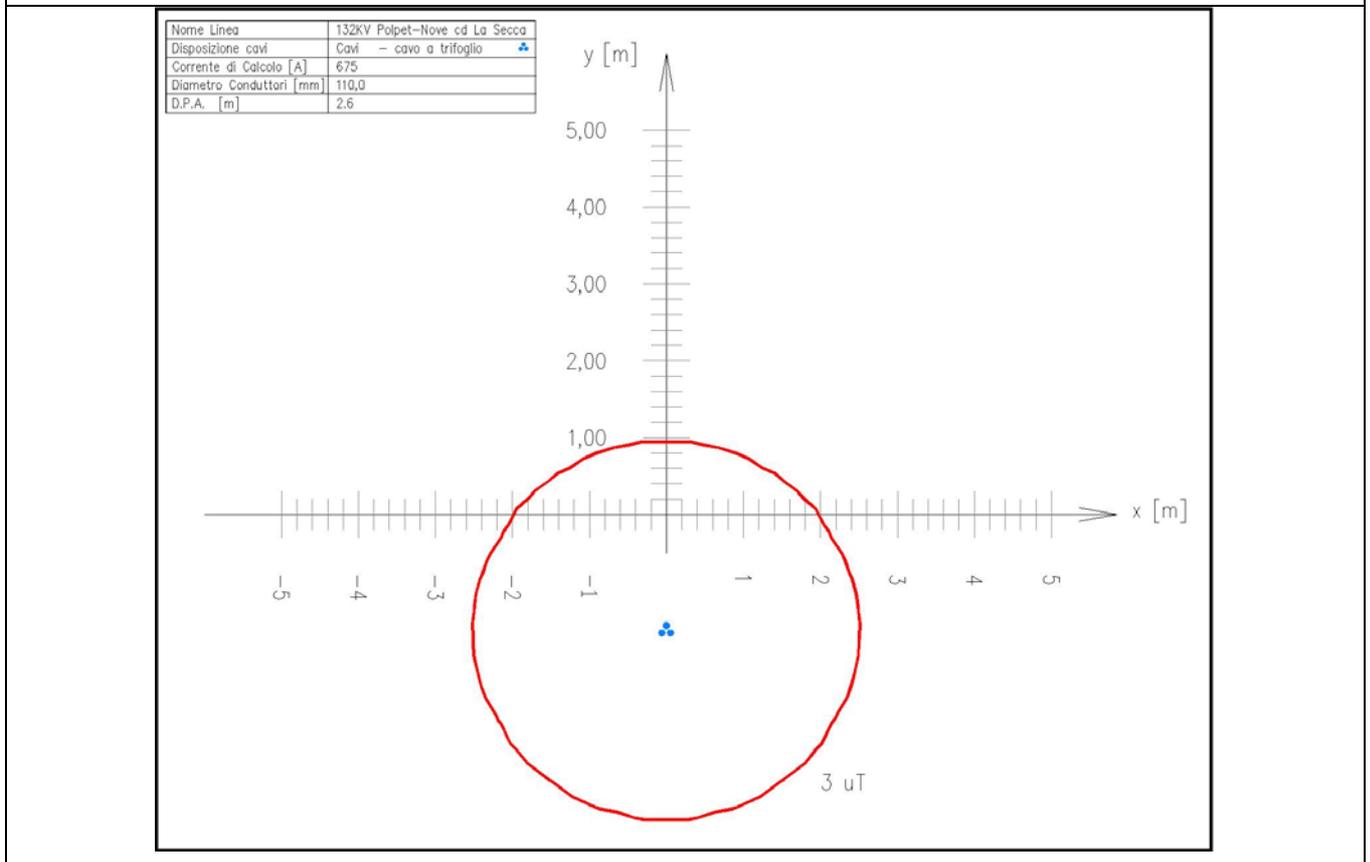
**Sistema elettrico**  
simmetrico - equilibrato

Commento    Ins. DB

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

STAMPA    Opzioni

CONTINUA    ESC



Direttrice 132KV Polpet – Desedan

Profondità di Posa 1.6m

Cavo impiegato: XLPE 1600mm<sup>2</sup> Al

Corrente di riferimento: 1000 A

DPA = 3.1m

Mini Help

**Nome linea**  
132KV Polpet-Desedan

**Tensione [kV]**  
132,

**Corrente [A]**  
1000,

**Diametro esterno cavo [mm]**  
110,0

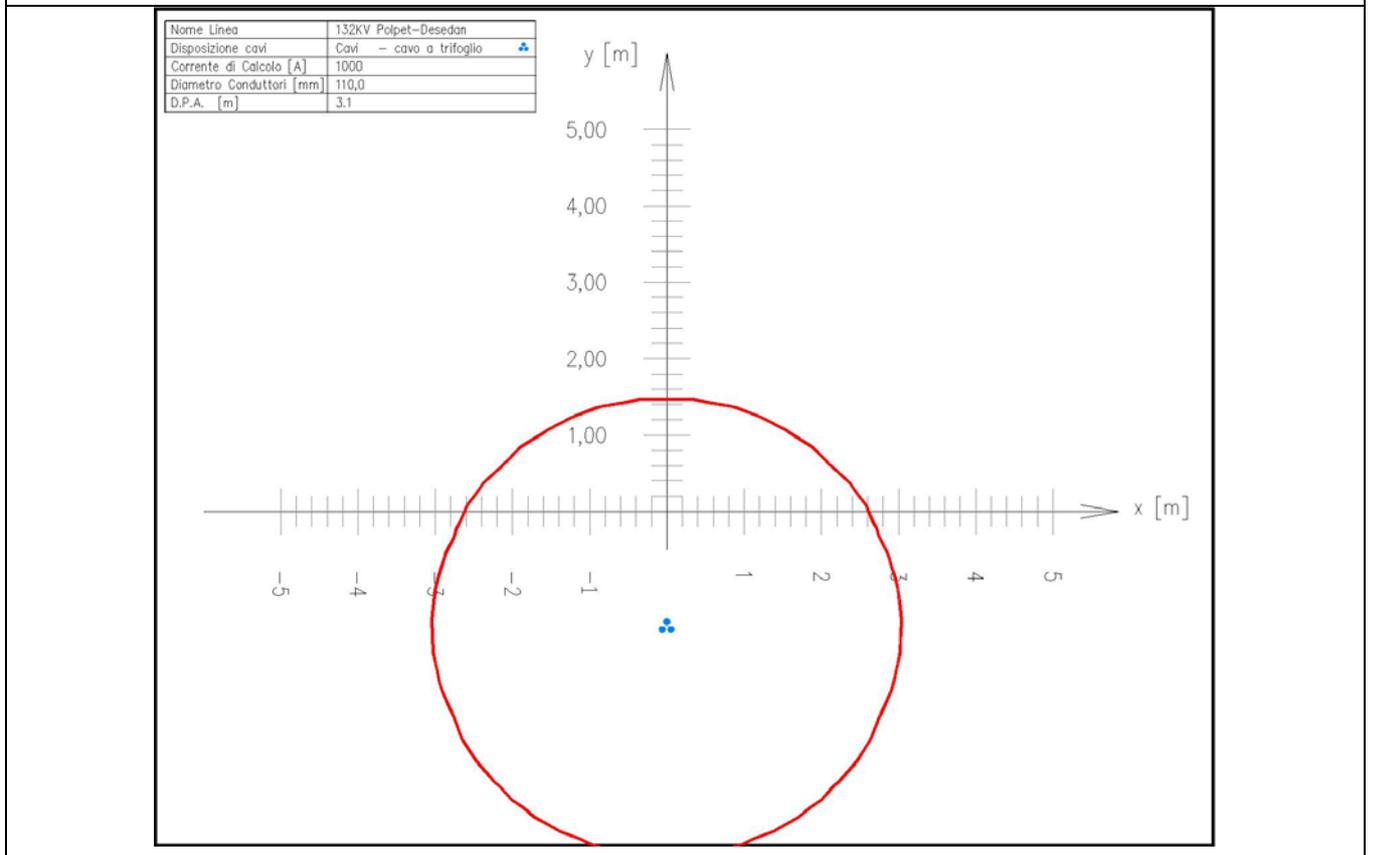
**Sistema elettrico**  
simmetrico - equilibrato

Commento    Ins. DB

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

STAMPA    Opzioni

CONTINUA    ESC



Il Decreto 29 Maggio 2008 non prevede un metodo semplificato per le linee elettriche interrato analogamente alle linee elettriche aeree che tenga conto dei cambi direzione, incroci ecc.

Da simulazione eseguite con software 3D (WinEdt cfr. 3.2.3) si è visto che in caso di cambi di direzione l'incremento dell'ampiezza è limitato ad un 10% per curvature fino a 90°.

Per garantire la piena copertura in ogni condizione i valori delle DPA sono stati incrementati e sono pari a:

- **4 m** per gli elettrodotti 220KV Polpet-Vellai e 132KV Polpet – Nove cd La Secca nel tratto in cui insistono paralleli nella stessa trincea
- **3 m** per l'elettrodotto 220KV Polpet-Vellai e 132KV Polpet – Nove cd La Secca nei tratti a tracciato singolo
- **3.5 m** per l'elettrodotto 132KV Polpet-Desedan

La rappresentazione di tali distanze è riportata nelle corografie in scala 1:10.000 allegate. (Doc. n° DU22215A1BCX14052 – 'Distanze di prima approssimazione e recettori sensibili');

In corrispondenza delle buche giunti abbiamo una disposizione in 'piano' dei cavi con un aumento della l'interasse e quindi un aumento della DPA.

Al momento non è possibile individuare l'esatta posizione delle buche giunti la cui definizione dipende da un calcolo elettrico eseguito su un tracciato definitivo da eseguirsi nella fase esecutiva dell'opera.

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.

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

### ***3.4.2 Tecniche di riduzione del campo magnetico generato dai cavi interrati***

In situazioni in cui non è possibile individuare tracciati che evitano aree sensibili è possibile operando con soluzioni tecnologiche sotto descritte ridurre l'emissione dei cavi.

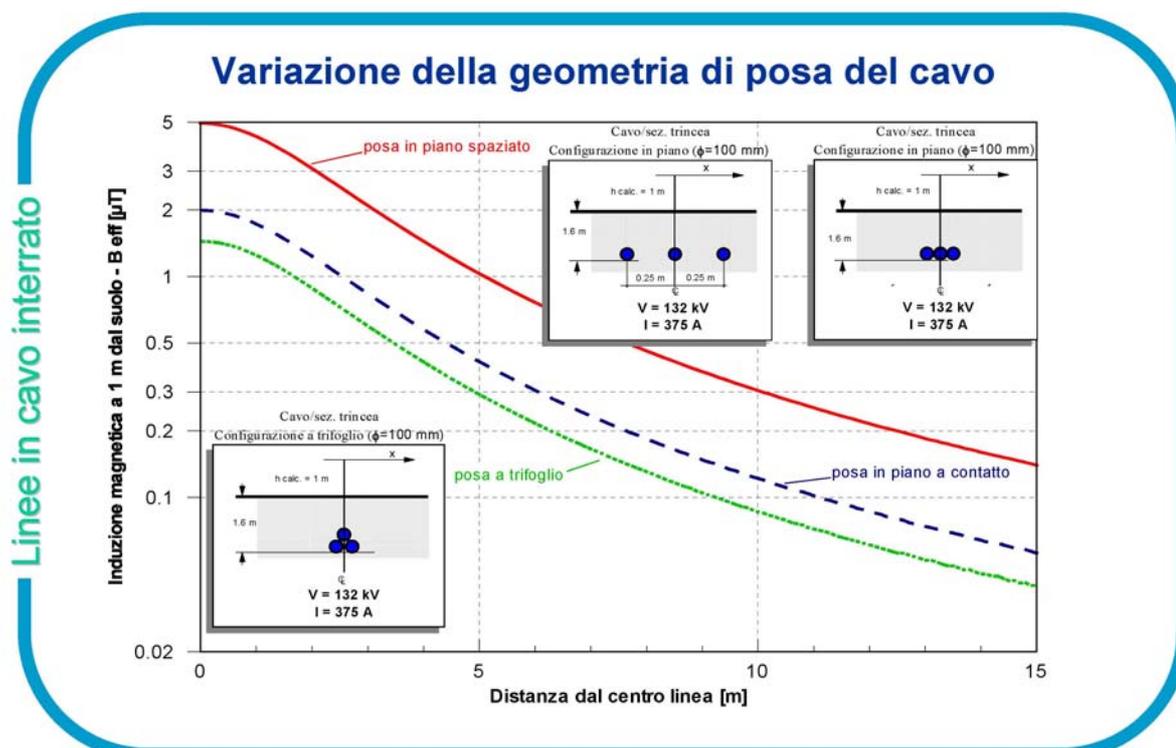
Tali interventi sono impegnativi in termini di costi di installazione, aumenti di perdite in rete e riduzione della capacità portante perciò sono da prendere in considerazione esclusivamente per risolvere problematiche puntuali.

Le soluzioni impiantistiche per ridurre il campo magnetico emesso dai cavi AT interrati sono sostanzialmente riconducibili ai seguenti 4 metodi:

#### **Variazione della geometria di posa del cavo:**

La posa tradizionale dei cavi in piano con interasse 25-30cm viene sostituita dalla posa a trifoglio con i cavi a contatto. Questa configurazione viene adottata nel progetto in esame.

Nella figura sottostante illustra i profili laterali a 1 m dal suolo in una sezione trasversale con le varie disposizioni del cavo.



Seminario per TERNA S.p.A.: campi elettrici e magnetici - strumenti per il calcolo - giugno 2004

CESI - STA

70

### Tecnica del 'solid bonding' alle guaine metalliche del cavo

La tecnica del 'solid bonding' consiste nel collegare tra di loro, da entrambi i lati del tratto di linea che si vuol schermare, gli schermi metallici dei cavi in modo da favorire l'insorgere in essi di correnti indotte che a loro volta producono un controcampo che si oppone a quello inducente dovuto alle correnti di fase.

Questa tecnica generalmente non viene applicata in Terna in quanto si preferisce non far circolare correnti sugli schermi metallici dei cavi.

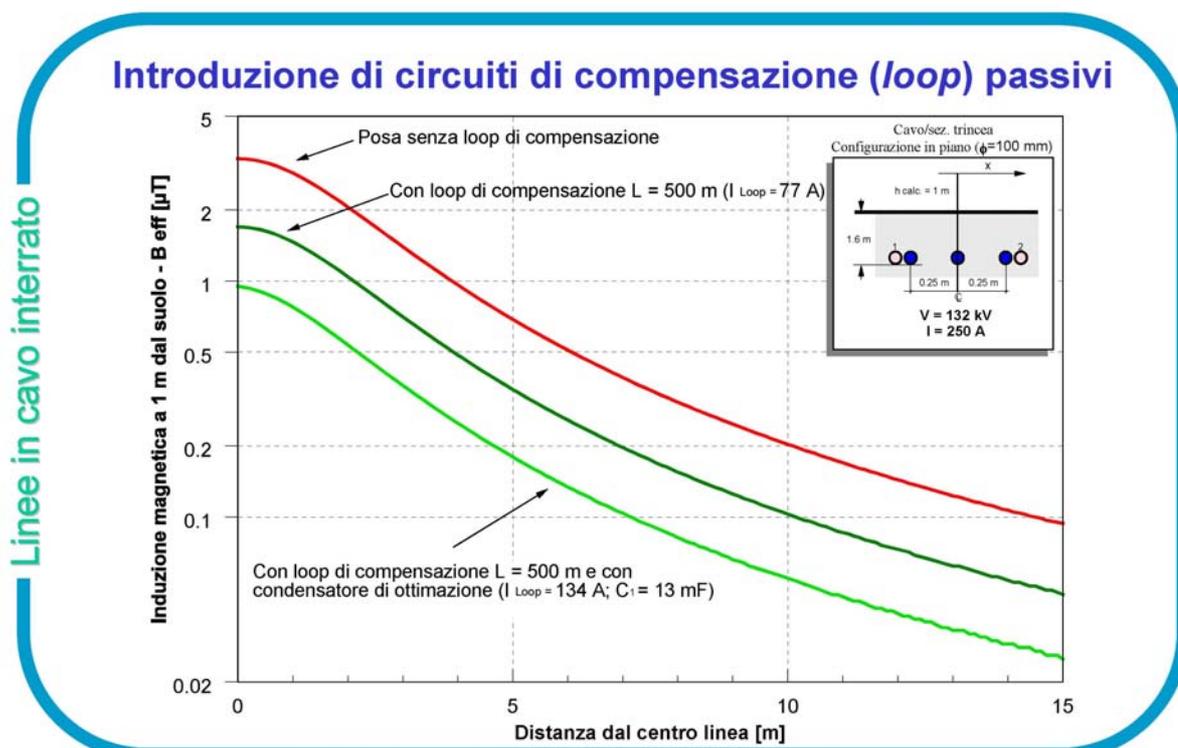
### Circuiti di compensazione (loop)

Il principio è lo stesso del punto precedente ma la corrente indotta circola su un circuito chiuso opportunamente dimensionato e posizionato nel tratto di cavo che si vuol schermare.

Il circuito viene realizzato posando un cavo (generalmente un cavo MT) a fianco dei cavi AT collegato agli estremi in modo da formare una spirale. Per aumentare gli effetti si inseriscono in serie dei condensatori che compensano in parte le induttanze del cavo.

L'adeguata progettazione della spirale di compensazione richiede programmi di calcolo che consentono di determinare sia la posizione ottimale della spirale sia il valore di capacità del condensatore da porre in serie.

Nella figura sottostante illustra i profili laterali a 1 m dal suolo in una sezione trasversale con l'introduzione di loop passivi come sopra descritti:



Seminario per TERN A S.p.A.: campi elettrici e magnetici - strumenti per il calcolo - giugno 2004

CESI - STA

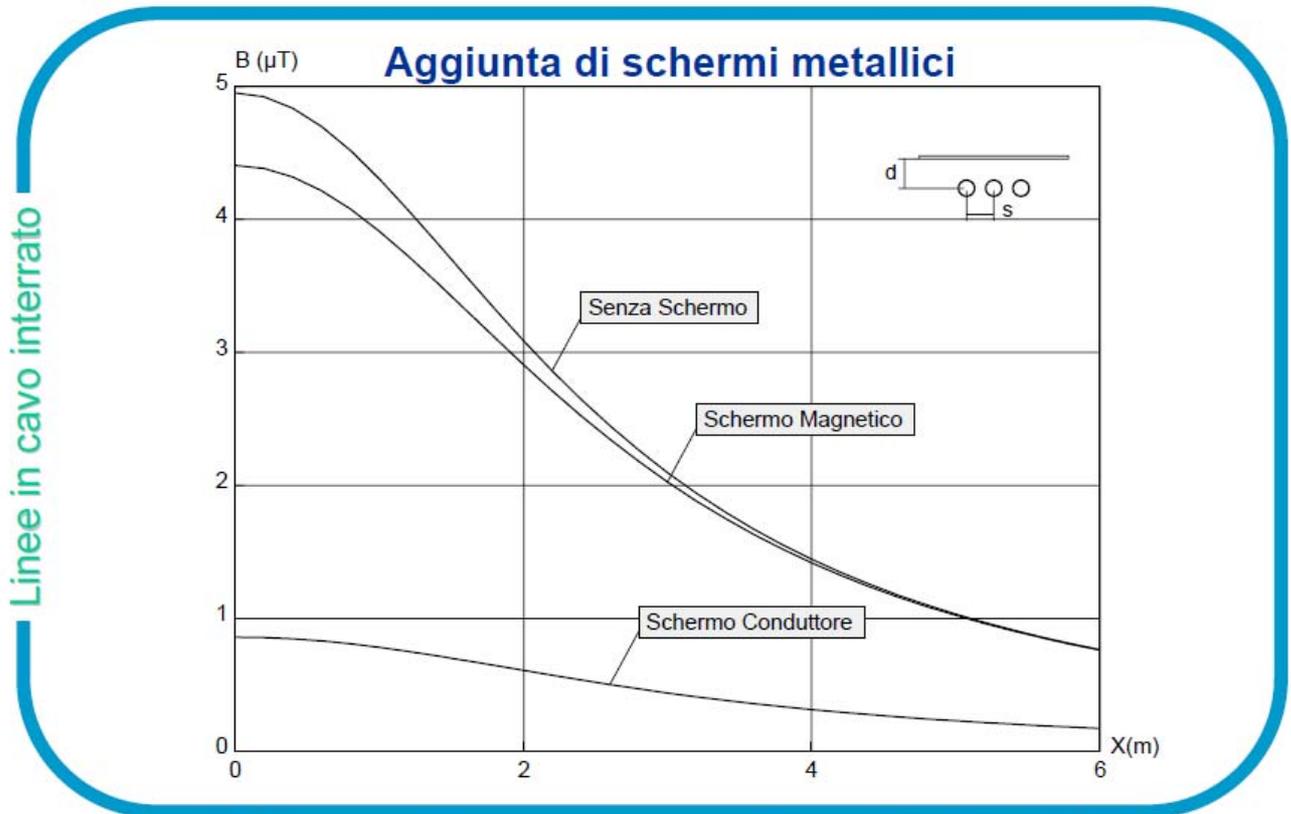
72

### Schermi metallici

La tecnica consiste nel racchiudere i cavi nel tratto di linea che si vuol schermare all'interno di un involucro realizzato in materiale metallico. La schermatura avviene a seconda del tipo di schermo per azione di controcampo generato da correnti parassite indotte nel materiale (schermatura passiva conduttrice) oppure per azione di deformazione delle linee di campo che 'confinano' il campo magnetico all'interno dell'involucro (schermature passive ferromagnetiche).

Nella pratica vengono generalmente realizzate schermature miste.

Nella figura sottostante illustra i profili laterali a 1 m dal suolo in una sezione trasversale con l'introduzione di schermature metalliche:



Seminario per TERNA S.p.A.: campi elettrici e magnetici - strumenti per il calcolo - giugno 2004

CESI - STA 78

### 3.4.3 Conclusioni

Le simulazioni hanno permesso la definizione delle distanze di prima approssimazione.

Il tracciato dei cavi insiste generalmente sulla viabilità ove la presenza dei sottoservizi non consente l'individuazione dell'esatta posizione della trincea.

La presenza di recettori sensibili posti all'interno della DPA definitiva in accordo al come costruito comporterà l'impiego di opportuni accorgimenti schermanti progettati ad hoc che consentiranno il pieno rispetto dell'obiettivo di qualità dettato dal DPCM dell' 8 luglio 2003.

### 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.

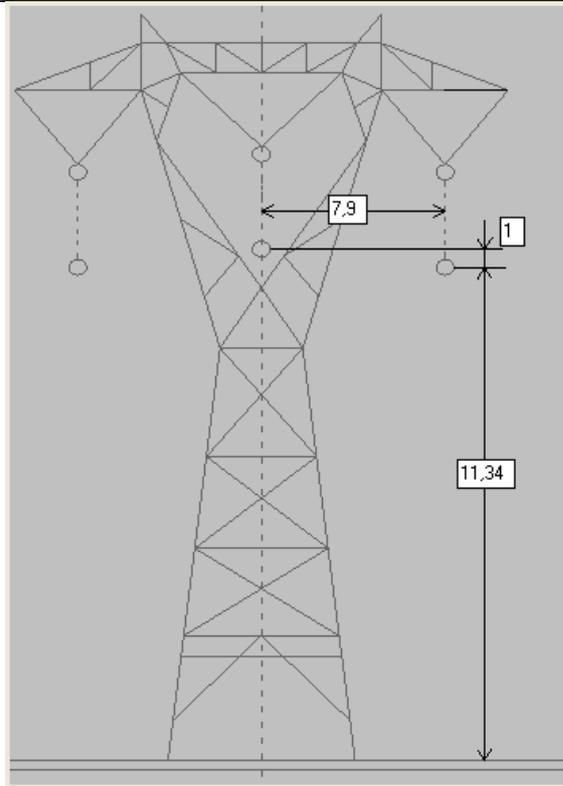
Poiché i cavi interrati sono dotati di schermatura **il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.**

Le simulazioni sono state eseguite considerando le altezze minime dei conduttori rispetto al suolo quelle previste dalle norme CEI 11-4. Tali valori sono ampiamente superati nel progetto in esame per il quale sono state imposte altezze minime di 16m per le e 220KV e 14m per le linee 132KV

In tutte le configurazioni e considerando le altezze minime al suolo quelle previste dalle norme CEI 11-4 sempre ampiamente superate nel progetto in esame risultano valori di campo elettrico a 1,50m

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**

Direttrice 220KV Polpet-Scorzè e Polpet-Vellai

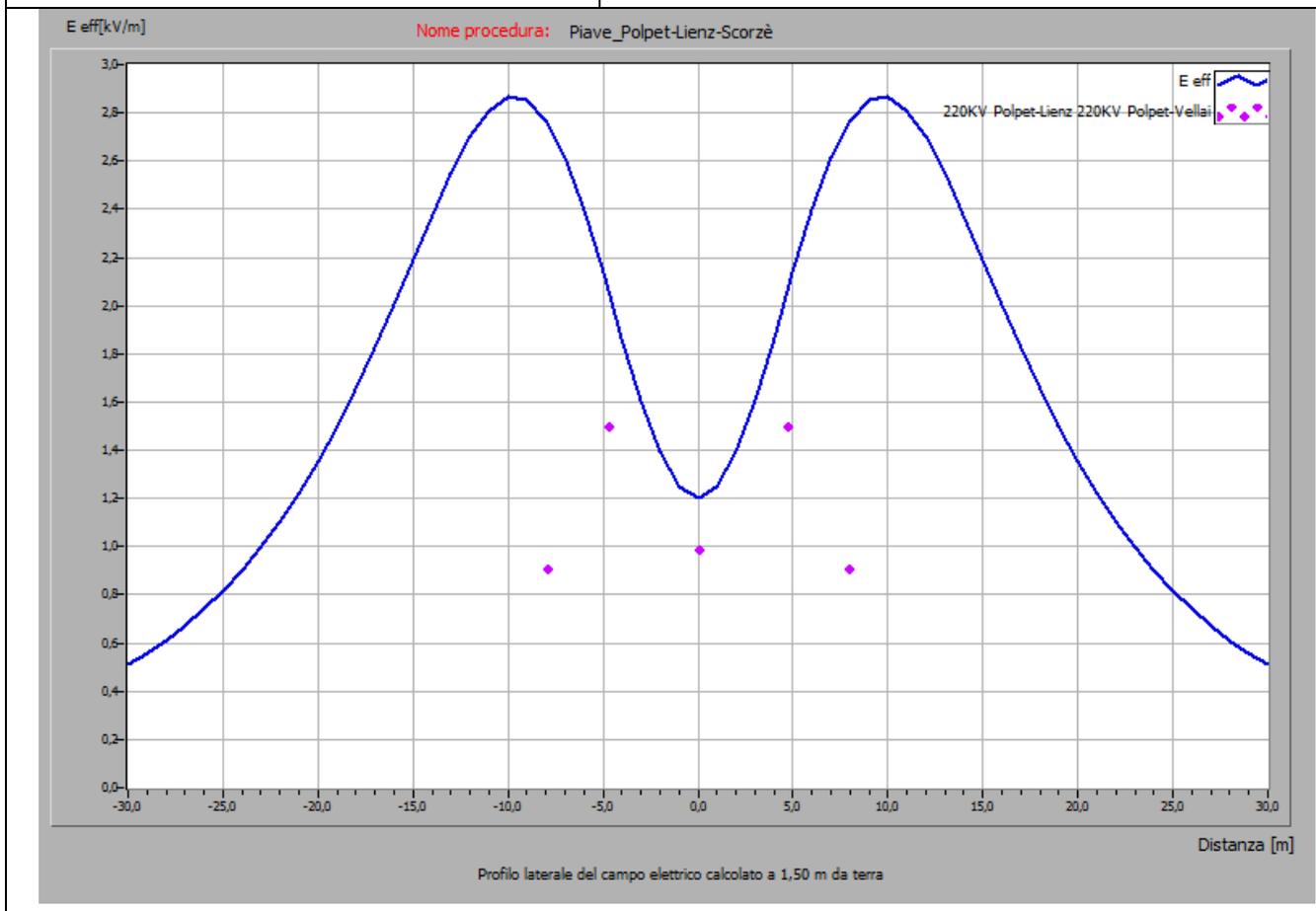


I sostegni impiegati sono quelli della serie unificata 380KV semplice terna

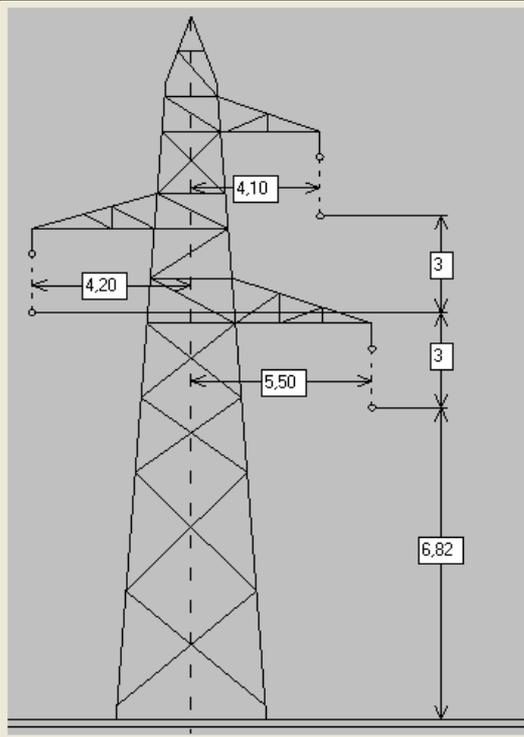
La geometria impiegata per il calcolo campo elettrico è quella del sostegno tipo VV, VL

Altezza minima dal suolo 11.34m

Tensione nominale 220KV



Direttrici 220KV Polpet – Soverzene e Polpet-Vellai

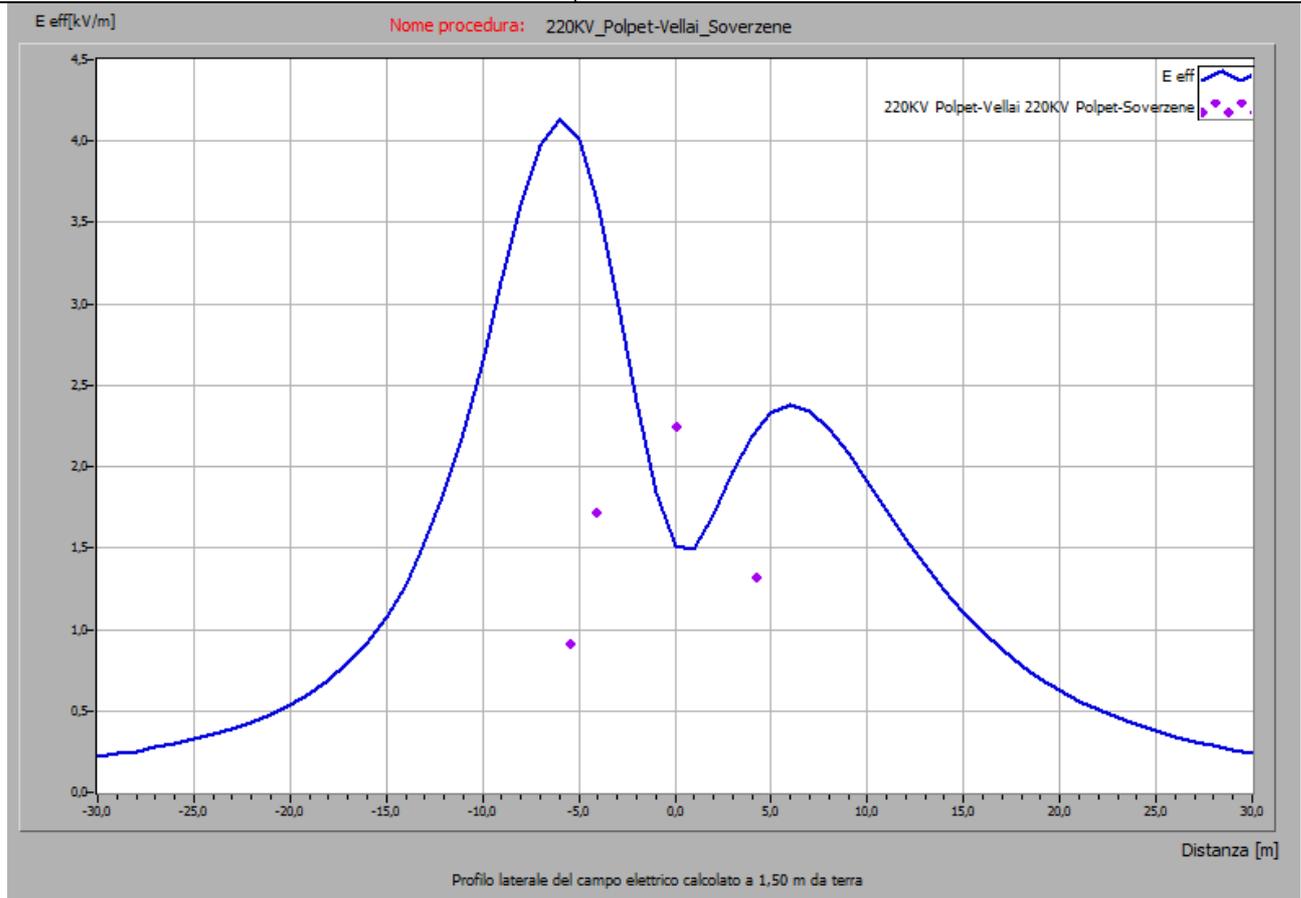


I sostegni impiegati sono quelli della serie unificata 220KV semplice terna

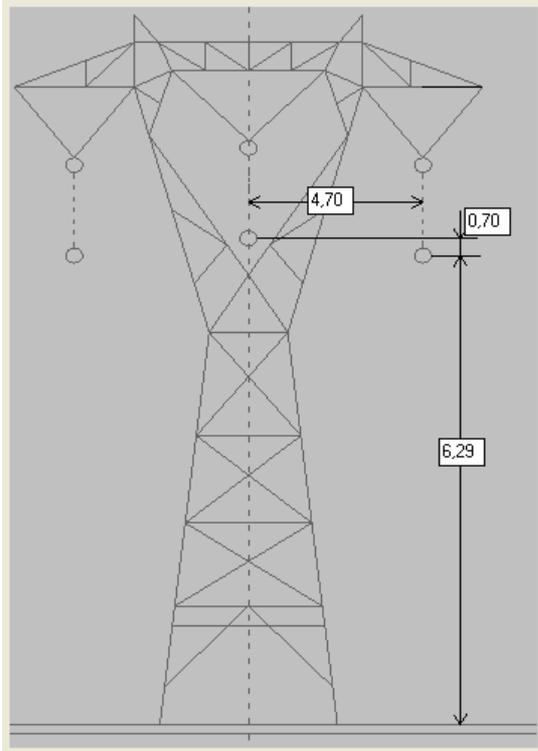
La geometria impiegata per il calcolo del campo elettrico è quella del sostegno tipo V

Altezza minima dal suolo 6.80

Tensione nominale 220KV



Diretrice 132KV Polpet – Belluno (tratto in semplice terna), raccordo 132KV Sedico-Belluno, direttrice 132KV Pelos-Gardona-Desedan, direttrice 132KV Forno di Zoldo-Desedan (tratto in comune di Longarone)

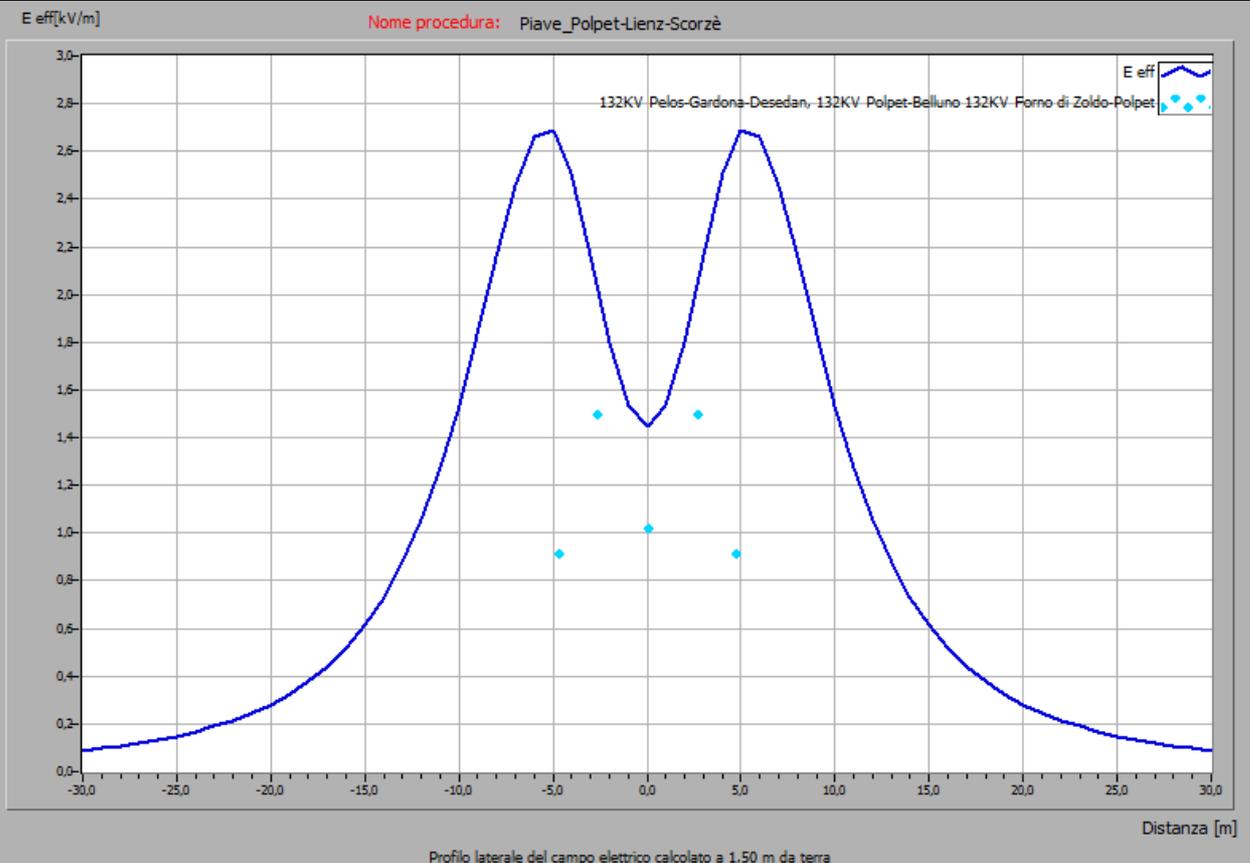


I sostegni impiegati sono tronco piramidali con testa a delta rovesciato.

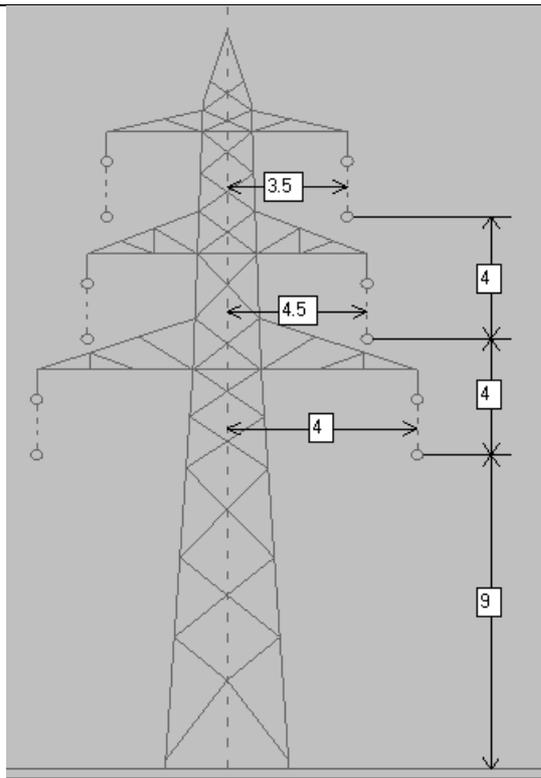
La geometria impiegata per il calcolo del campo elettrico è quella del sostegno tipo VY

Altezza minima dal suolo 6.29

Tensione nominale 132KV



Linea doppia terna 132KV Polpet – Belluno e Sospirolo-Belluno (in ingresso a Belluno),

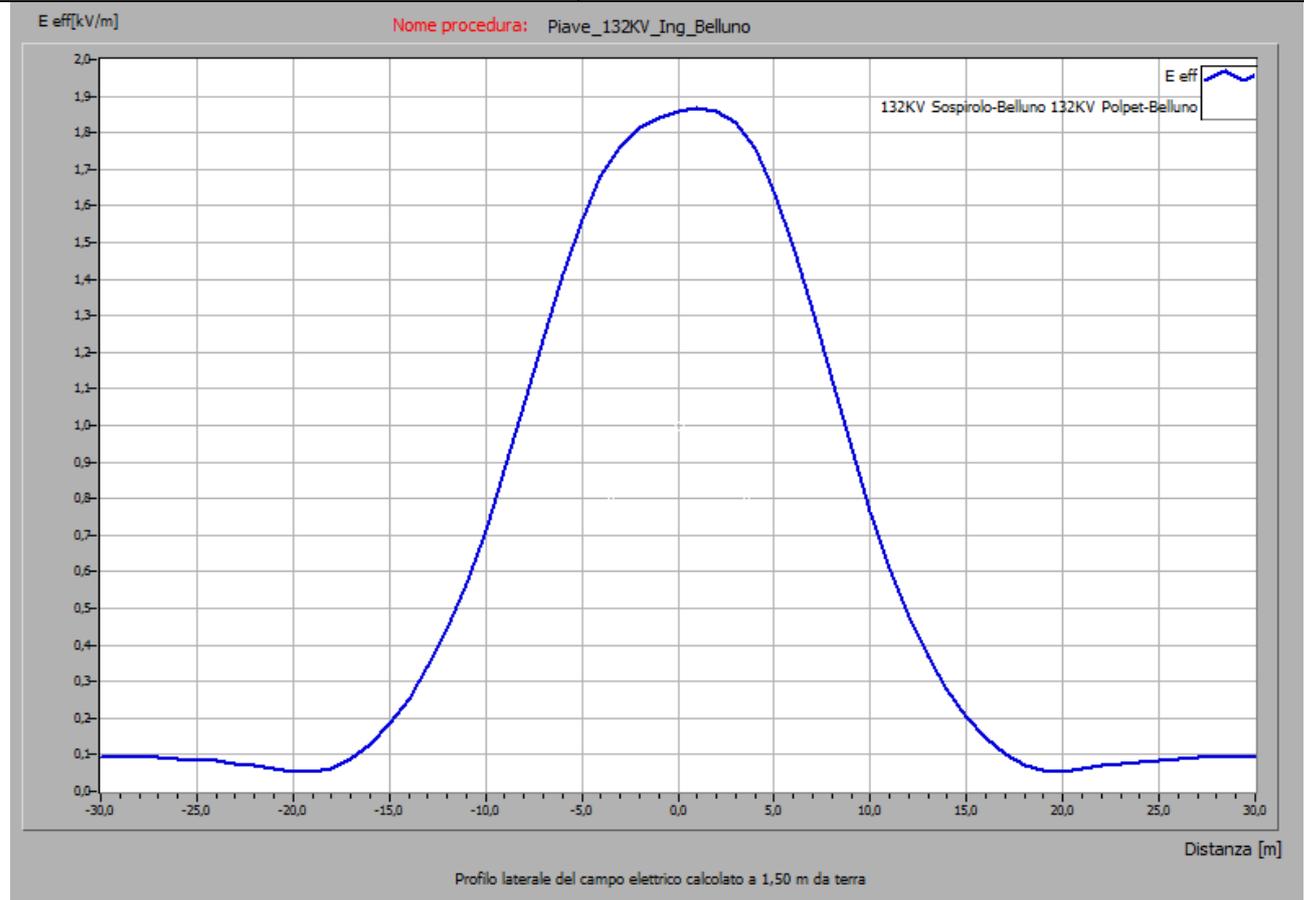


I sostegni sono quelli esistenti.

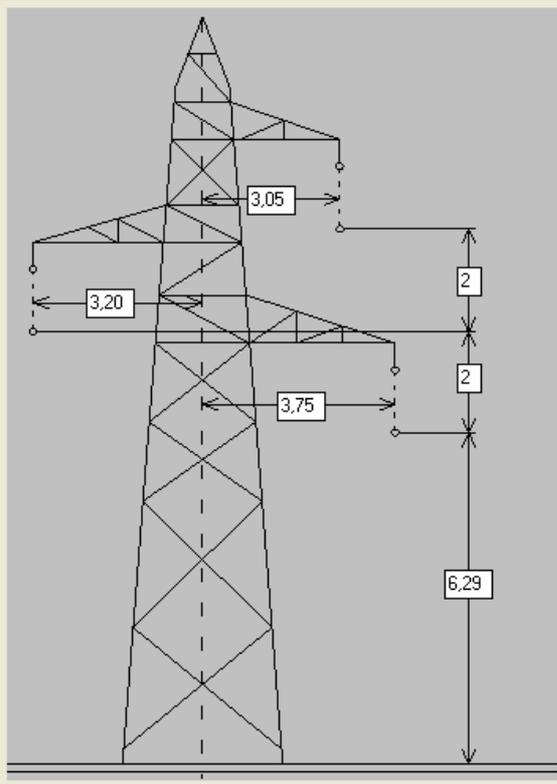
La geometria impiegata per il calcolo del campo elettrico è quella del sostegno tipo T6AE

Franco minimo al suolo 9m (franco reale)

Tensione nominale 132KV



Diretrice 132KV Forno di Zoldo – Polpet (tratto esistente in comune di Forno di Zoldo)



I sostegni esistenti appartengono alla serie unificata semplice terna

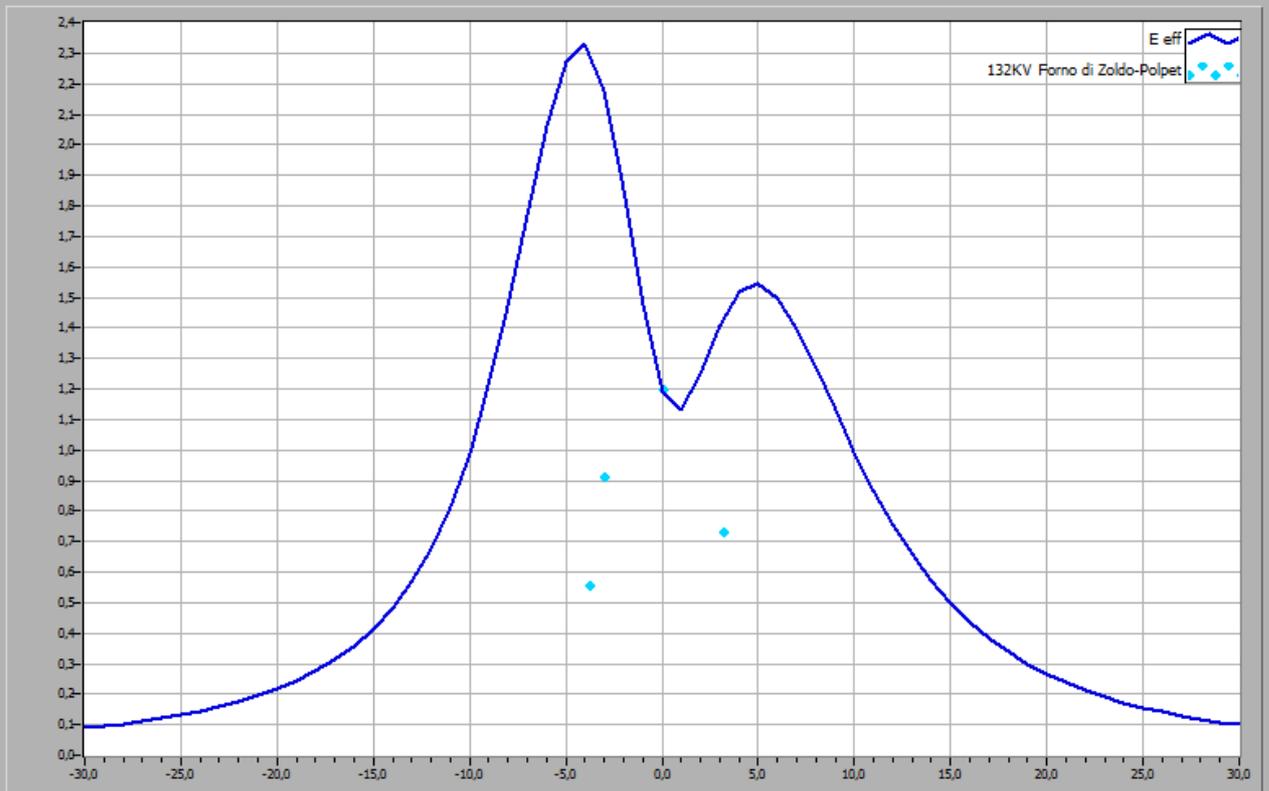
La geometria impiegata per il calcolo del campo elettrico è quella del sostegno tipo V

Franco minimo al suolo: 6.29

Tensione nominale 132KV

E eff[kV/m]

Nome procedura: Piave\_132KV\_Pino



132KV Forno di Zoldo-Polpet

Distanza [m]

Profilo laterale del campo elettrico calcolato a 1,50 m da terra