



TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

**Piano Tecnico delle Opere**  
**Nuova SE RTN 380/150kV "Caltanissetta"**  
**e Raccordi alla RTN**  
**in entra esce sulla linea a 380kV**  
**"Chiaramonte Gulfi - Ciminna"**

**Relazione tecnica di valutazione del campo elettrico e magnetico e calcolo della fascia di rispetto**



File:

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
01	Lug. 2023	Revisione a seguito di commenti TERNA	Saraceno	Giagnorio	Iacofano
00	Feb. 2023	Emissione	Saraceno	Giagnorio	Iacofano

**GRE VALIDATION**

	Giagnorio	Iacofano
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT	GRE CODE																		
	GROUP	FUNCTION	TYPE	ISSUER	COUNTRY		TEC	PLANT					SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION				
	GRE	EEC	R	9	9	I	T	W	1	4	3	6	2	1	6	0	5	5	0

CLASSIFICATION	UTILIZATION SCOPE
----------------	-------------------

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....	3
3	CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI .....	4
3.1	Richiami normativi.....	4
3.2	VERIFICA DEI LIMITI DI ESPOSIZIONE.....	6
3.2.1	Campi elettrici e magnetici stazione di rete a 380 kV.....	6
3.2.2	Campi elettrici e magnetici elettrodotto in doppia terna a 380 kV- tratto aereo .....	6
3.2.3	Campi elettrici e magnetici elettrodotto a 150 kV- tratto aereo.....	16
3.2.4	Campi elettrici e magnetici elettrodotto a 150 kV - tratto in cavo interrato .....	28
4	FASCE DI RISPETTO .....	29
4.1	Metodologia di calcolo delle fasce di rispetto.....	30
4.1.1	Correnti di calcolo .....	30
4.2	DETERMINAZIONE della Distanza di prima approssimazione (DPA) IMPERTURBATA .....	30
5	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	37

**1      PREMESSA**

La società proponente nell'ambito del proprio piano di sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili nella Regione Sicilia, ha richiesto la soluzione di connessioni alla RTN, ottenendo da TERNA l'incarico di predisporre un Piano Tecnico delle Opere che, al fine di ottenerne la connessione e relativamente alla parte tecnica di connessione alla RTN, comprende gli elaborati tecnici richiesti:

- a) una nuova Stazione Elettrica (di seguito S.E.) RTN 380/150 kV denominata "Caltanissetta 380" nel Comune di Villalba, Provincia di Caltanissetta;
- b) nuovi raccordi in entra – esci a 380 kV all'elettrodotto in progetto a 380 kV in doppia terna "Chiaramonte Gulfi – Ciminna";
- c) nuovi raccordi in entra – esci a 150 kV all'esistente elettrodotto a 150 kV "Mussomeli- Marianopoli".

Si fa presente che la soluzione proposta è in comune con altri produttori e che la società proponente si è fatta carico di progettare la presente opera, anche per conto degli altri produttori che condividono in tutto o in parte la soluzione di connessione.

Il presente documento fornisce la descrizione delle metodologie di calcolo dei campi elettrici e magnetici associati alle opere in progetto e la valutazione delle relative fasce di rispetto.

**2      DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO**

Le opere in progetto riguardano la realizzazione degli elettrodotti AT a 150 kV di collegamento tra la nuova stazione RTN 380/150 kV "Caltanissetta 380" e l'esistente elettrodotto aereo "Mussomeli-Marianopoli", la realizzazione dei nuovi raccordi a 380 kV tra la futura SE "Caltanissetta 380" ed il futuro elettrodotto a 380 kV in doppia terna "Chiaramonte Gulfi-Ciminna" e la realizzazione della nuova SE RTN 380/150kV "Caltanissetta 380". Le opere interesseranno i comuni di Villalba e Mussomeli, in provincia di Caltanissetta.

Il sito che ospiterà la nuova stazione RTN 380/150 kV "Caltanissetta 380" si trova nella zona agricola a circa 5 km a Sud-Est dal centro abitato di Villalba,

La suindicata stazione RTN 380/150 kV sarà collegata tramite un doppio entra-esce a 380 kV sulla futura linea elettrica a 380 kV in doppia terna "Chiaramonte Gulfi – Ciminna". I due elettrodotti in doppia terna avranno una estensione complessiva di circa 1,2 km.

I raccordi AT a 150 kV collegheranno la nuova stazione RTN "Caltanissetta 380" all'esistente elettrodotto aereo a 150 kV "Mussumeli-Marianopoli". I due nuovi elettrodotti saranno realizzati principalmente in linea aerea in semplice terna, ad eccezione del tratto prima dell'ingresso nella SE di Caltanissetta, dove saranno realizzati con posa in cavo interrato. I tracciati si sviluppano per una lunghezza complessiva di circa 5 km ciascuno, coinvolgendo prevalentemente zone agricole e collinari.

Ciascun elettrodotto sarà costituito da 15 nuovi sostegni, oltre a due pali di transizione aereo/cavo a realizzarsi prima della SE di Caltanissetta.

Le caratteristiche tecniche delle opere sono riportate nelle rispettive relazioni tecnico-descrittive.

### **3 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI**

#### **3.1 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.

Il 12-7-99 il Consiglio dell'Unione Europea 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 CE di continuare ad adottare tali linee guida.

Successivamente è intervenuta, con finalità di riordino e miglioramento della normativa allora vigente in materia, la Legge quadro 36/2001, che ha individuato ben tre livelli di esposizione ed ha affidato allo Stato il compito di determinare e di aggiornare periodicamente i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, in relazione agli impianti suscettibili di provocare inquinamento elettromagnetico.

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

- limite di esposizione il valore di campo elettromagnetico da osservare ai fini della tutela della salute da effetti acuti;

- 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 italiana (36/2001), come ricordato sempre dal citato Comitato, è stata emanata nonostante che le raccomandazioni del Consiglio della Comunità 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 CE, mentre l'Italia ha adottato misure più restrittive di quelle indicate dagli Organismi internazionali.

In esecuzione della predetta Legge, è stato infatti emanato il D.P.C.M. 08.07.2003, che ha fissato i seguenti limiti di esposizione (da intendersi espressi in valore efficace):

#### **Campo elettrico**

(riferito al campo non perturbato, in assenza di persone, animali o cose):

- 5 kV/m in aree frequentate da persone per una parte significativa del giorno,
- 10 kV/m in aree in cui l'esposizione è limitata a poche ore al giorno.

#### **Campo magnetico:**

- 3  $\mu$ T come obiettivo di qualità
- 10  $\mu$ T come valore di attenzione 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.
- 100  $\mu$ T per zone di transito di persone.
- 1000  $\mu$ T per zone di transito limitato.

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. Non si deve dunque fare riferimento al valore massimo di corrente eventualmente sopportabile da parte della linea.

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. I limiti suesposti vengono adottati anche nel presente rapporto.

### **3.2 VERIFICA DEI LIMITI DI ESPOSIZIONE**

Nei seguenti paragrafi sarà trattato il calcolo del campo elettrico e magnetico ad 1,5 metri dal suolo per le tre opere in progetto, confrontando i risultati con i limiti imposti dalla normativa.

#### **3.2.1 Campi elettrici e magnetici stazione di rete a 380 kV**

La stazione elettrica è normalmente esercita in teleconduzione e non è prevista la presenza di personale, se non per interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria. La stazione elettrica prevede il rispetto, all'interno del perimetro di stazione, dei valori di campo elettrico e magnetico previsti dalla normativa statale vigente di riferimento per la valutazione dell'esposizione di tipo professionale dei lavoratori (limiti di cui al D.Lgs. 81/08). Il rispetto di tali limiti è garantito mediante l'applicazione del Progetto Unificato Terna. All'esterno del perimetro di stazione invece vengono rispettati tutti i limiti previsti dal DPCM 08/07/2003 per la tutela della popolazione nei confronti dell'esposizione al campo elettrico e magnetico, riconducibile a quello generato dalle linee entranti in stazione.

#### **3.2.2 Campi elettrici e magnetici elettrodotto in doppia terna a 380 kV-tratto aereo**

La linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico ed un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza, come riportato nei grafici seguenti.

La tipologia e altezze dei sostegni utilizzati nei raccordi a 380 kV sono riepilogati nelle seguenti tabelle:

numero PICCHETTO	ALTEZZA UTILE (m)	ALTEZZA TOTALE (m)	Tipo PALO	ARMAMENTO
P	21	28	PORTALE	A
10	21	28	C	A
20	15	22	E	A
M2 IN PROG	30	37	V	A

RACCORDO EST

numero PICCHETTO	ALTEZZA UTILE (m)	ALTEZZA TOTALE (m)	Tipo PALO	ARMAMENTO
P	0	7	Portale	A
1E	0	7,4	N	S
2E	0	7,4	N	S
D32 In Prog	0	7,4	N	S

Le condizioni di carico presentate sono quelle della norma CEI 11-60, per la zona A e la zona B nel periodo freddo e nel periodo caldo, come indicato nella seguente tabella:

Diametro conduttore [mm]	Sezione Totale conduttore [mmq]	PORTATA SECONDO CEI 11-60					
		ZONA A Periodo Freddo			ZONA B Periodo Freddo		
		Corrente [A]	DPA [m]		Corrente [A]	DPA [m]	
			sx	dx		sx	dx
3x31,50	585,35	2955	84,00	84,00	2310	74,00	74,00
2x40,50	967,60	2693	80,00	80,00	2105	71,00	71,00

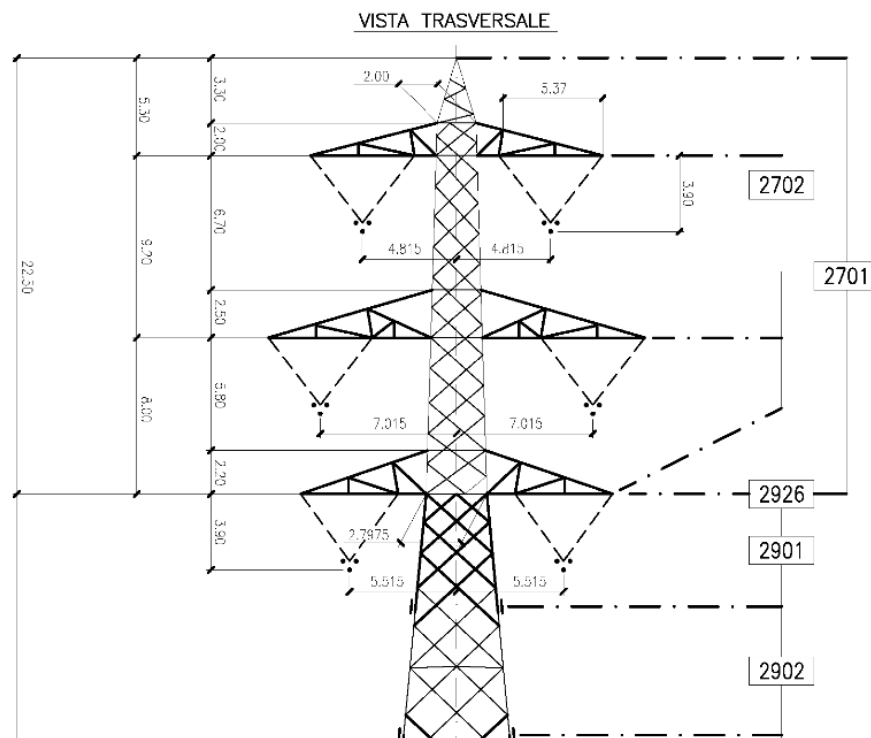
Per il calcolo è stato utilizzato un software specifico basato sulla piattaforma Excel, sviluppato da 3E Ingegneria in conformità alla norma CEI 211-4. L'algoritmo sviluppa il calcolo analitico nella condizione semplificata e cautelativa che assume una disposizione dei conduttori paralleli tra loro e con il terreno, rettilinei ed indefiniti, conforme ai metodi illustrati nella Norma CEI suindicata.

Il calcolo dei valori di campo di induzione magnetica sono riferiti ad un elettrodotto aereo in doppia terna a 380 kV, con fascio trinato di conduttori, disposizione in piano e fasi ottimizzate; per una portata complessiva in periodo freddo per la

ZONA A pari a 2.955 A. Le condizioni utilizzate per i calcoli sono pertanto conservative rispetto al valore di corrente di normale utilizzo.

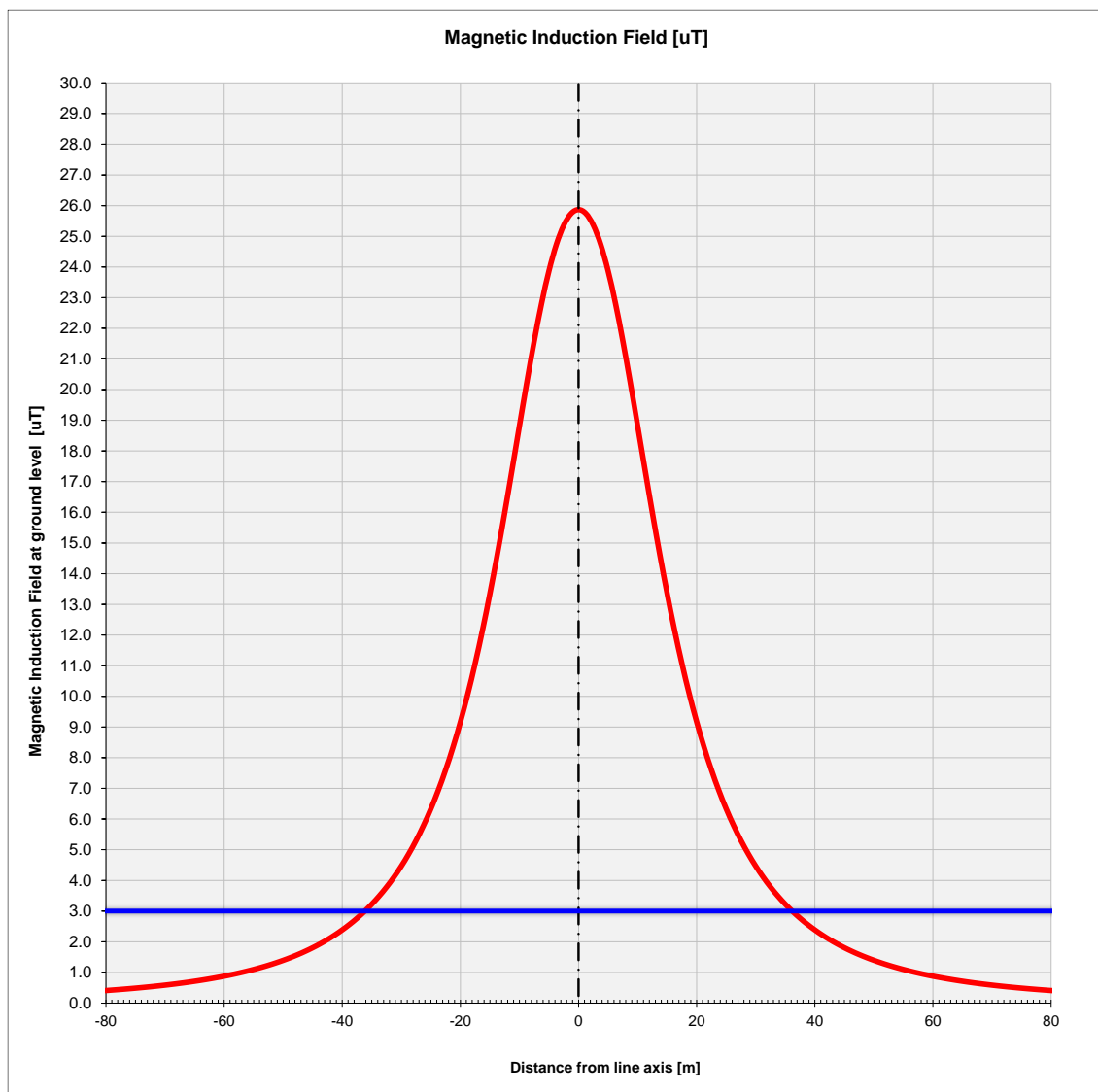
Per il calcolo delle intensità dei campi elettrico e magnetico si è considerata un'altezza minima dei conduttori dal suolo pari a 14,0 m, corrispondente cioè all'approssimazione per eccesso del valore indicato dal D.M. 1991 per le aree ove è prevista la presenza prolungata di persone sotto la linea. Anche tale ipotesi è conservativa, in quanto la loro altezza è, per scelta progettuale, sempre maggiore di tale valore. I conduttori sono ancorati ai sostegni, come da disegno schematico riportato nelle seguenti figure, distinte per tipologia di sostegno. Tra due sostegni consecutivi il conduttore si dispone secondo una catenaria, per cui la sua altezza dal suolo è sempre maggiore del valore preso a riferimento, tranne che nel punto di vertice della catenaria stessa. Anche per tale ragione l'ipotesi di calcolo assunta risulta conservativa.

Di seguito si riportano i diagrammi di andamento di campo elettrico e magnetico per le tipologie di sostegni impiegati

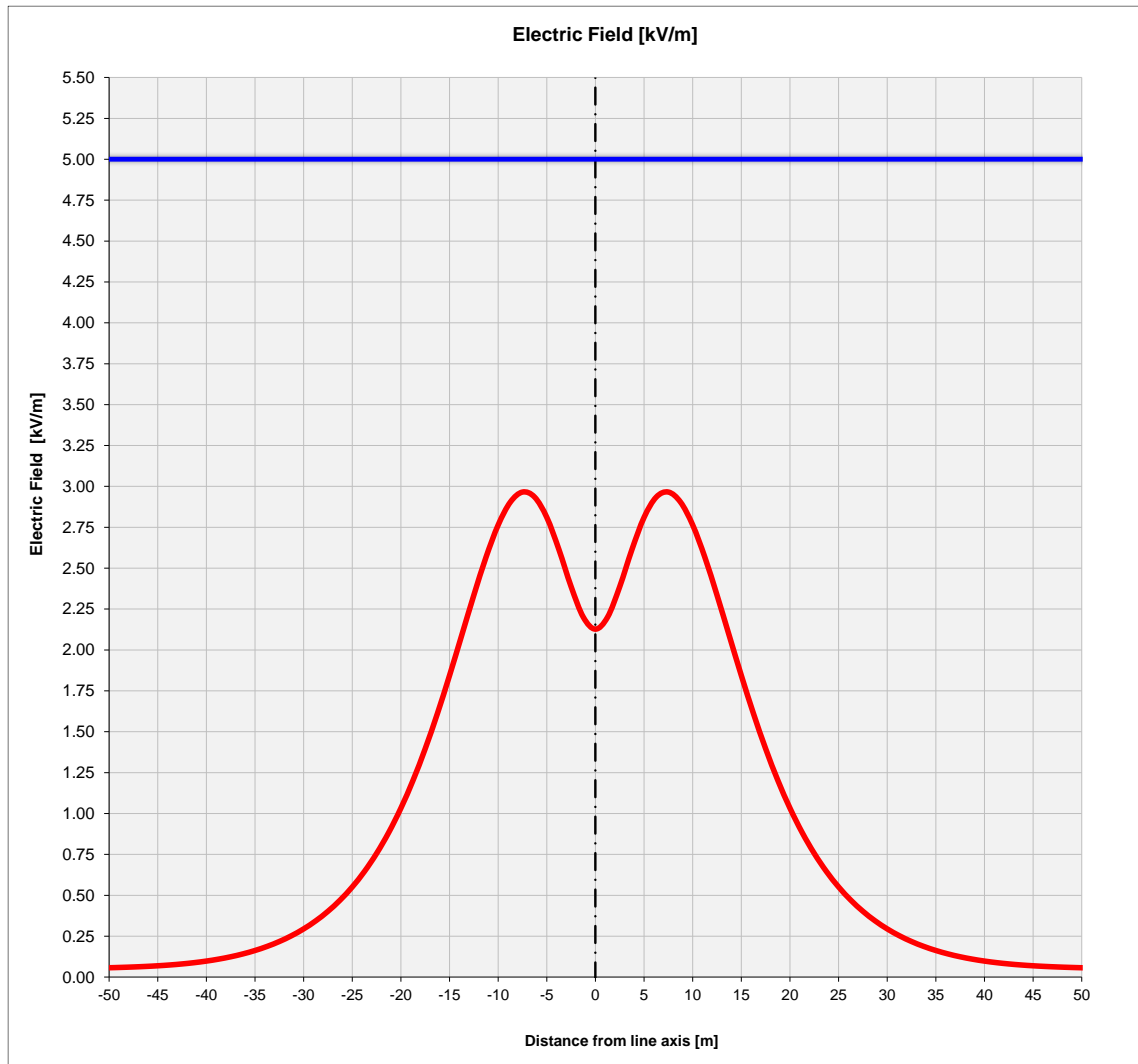


**Fig. 1: geometria dei conduttori per un sostegno in doppia terna a 380 kV - Tipo N**

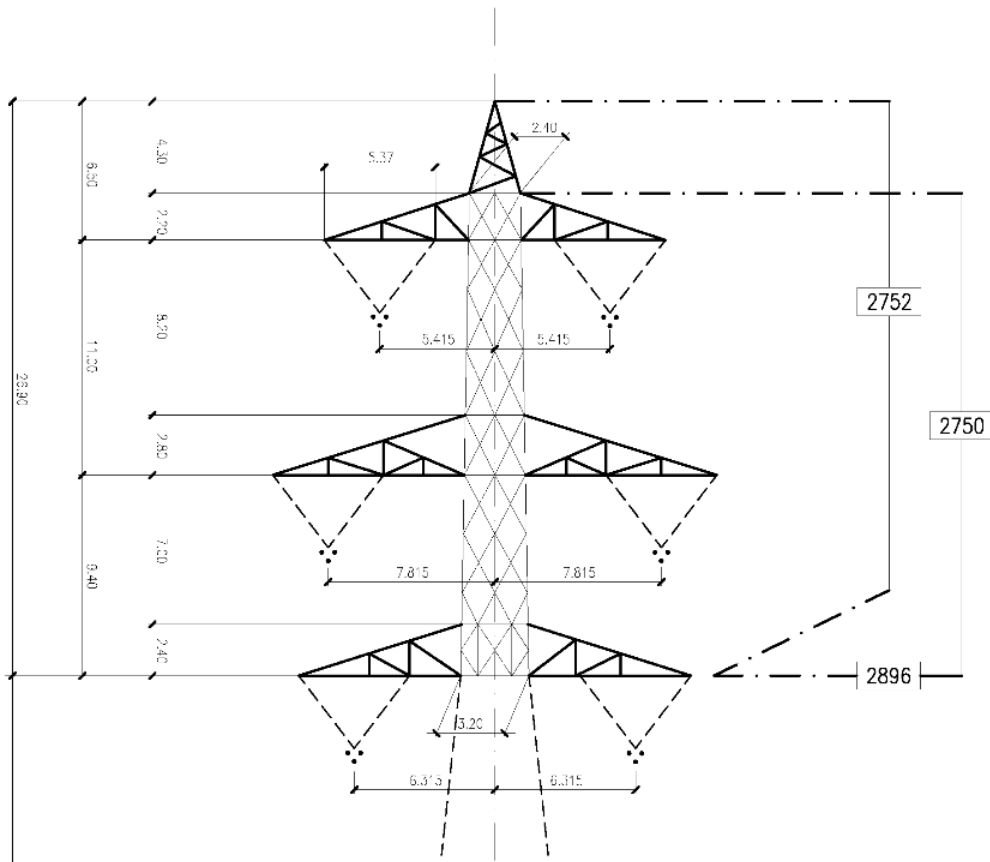




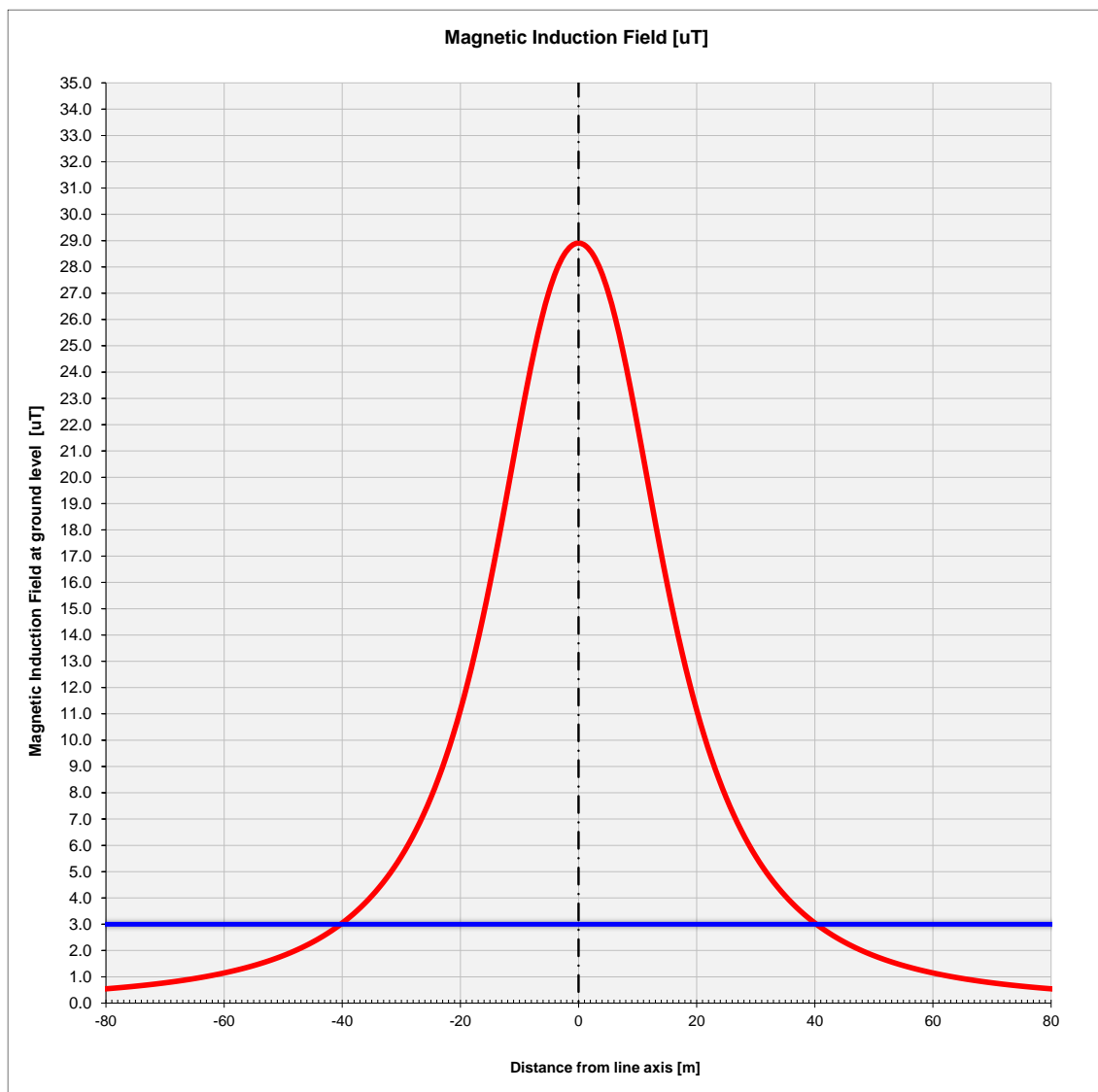
**Fig. 2: Sostegno tipo N: andamento dell'induzione magnetica, a 1,5 m dal suolo in caso di franco minimo e fasi ottimizzate**



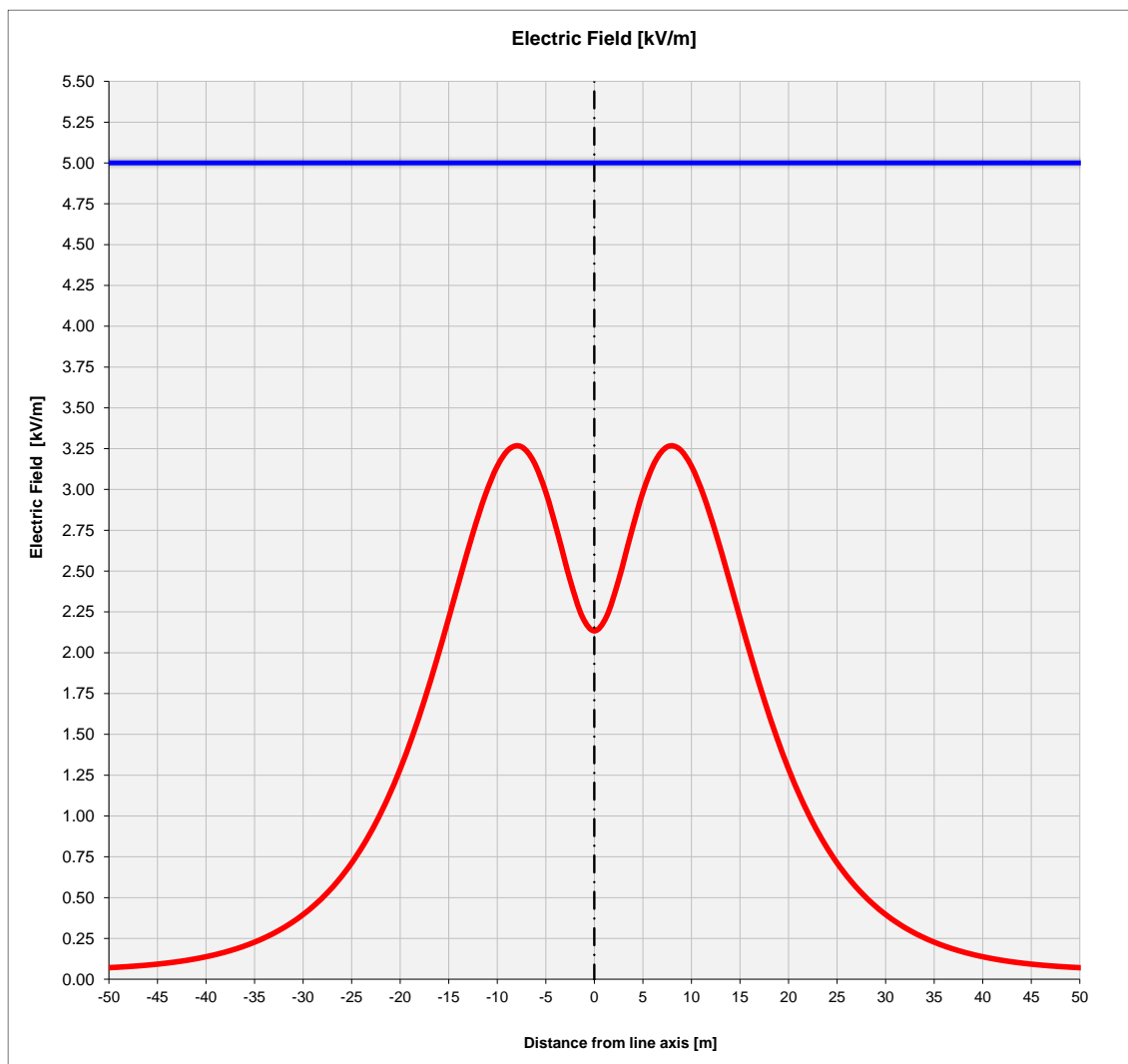
**Fig. 3: Sostegno tipo N: andamento del campo elettrico, a 1,5 m dal suolo in caso di franco minimo e fasi ottimizzate**



**Fig. 4: geometria dei conduttori per un sostegno in doppia terna a 380 kV - Tipo V**



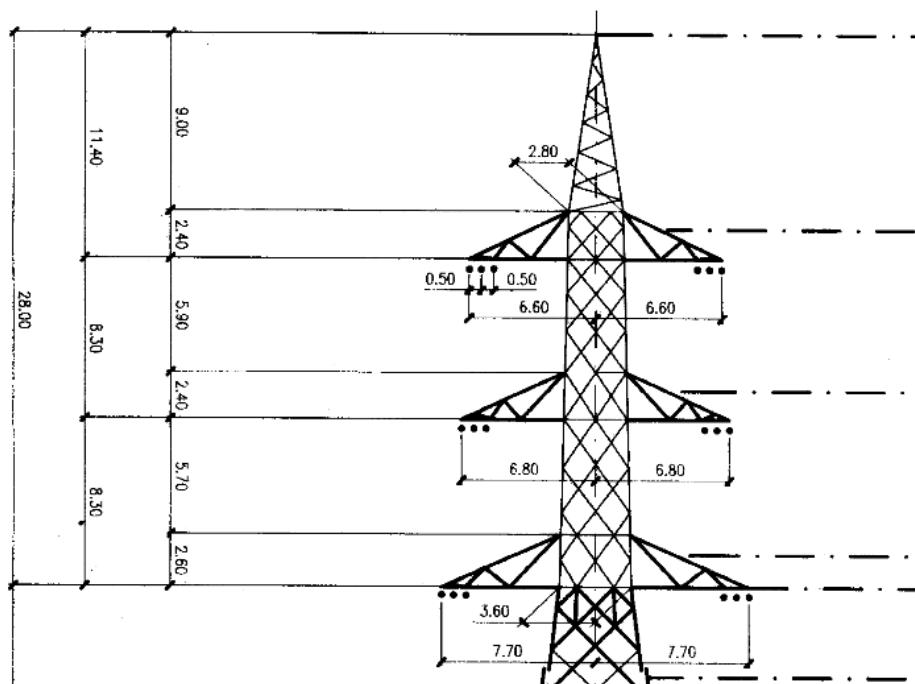
**Fig. 5: Sostegno tipo V: andamento dell'induzione magnetica, a 1,5 m dal suolo in caso di franco minimo e fasi ottimizzate**



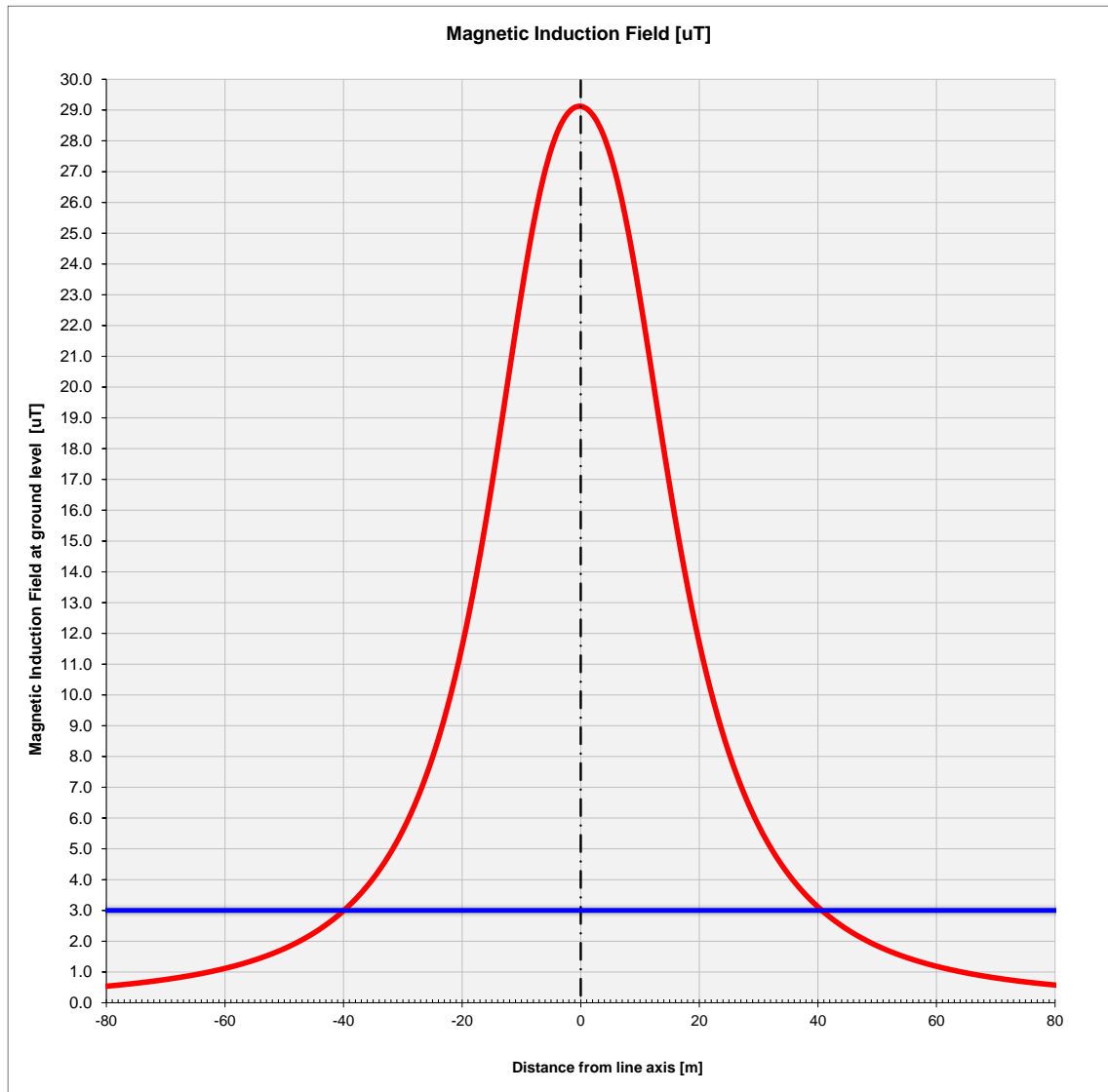
**Fig. 6: Sostegno tipo V: andamento del campo elettrico, a 1,5 m dal suolo in caso di franco minimo e fasi ottimizzate**

Di seguito si riportano gli andamenti per i sostegni di tipo C ed E, caratterizzati dalla medesima geometria dei conduttori.

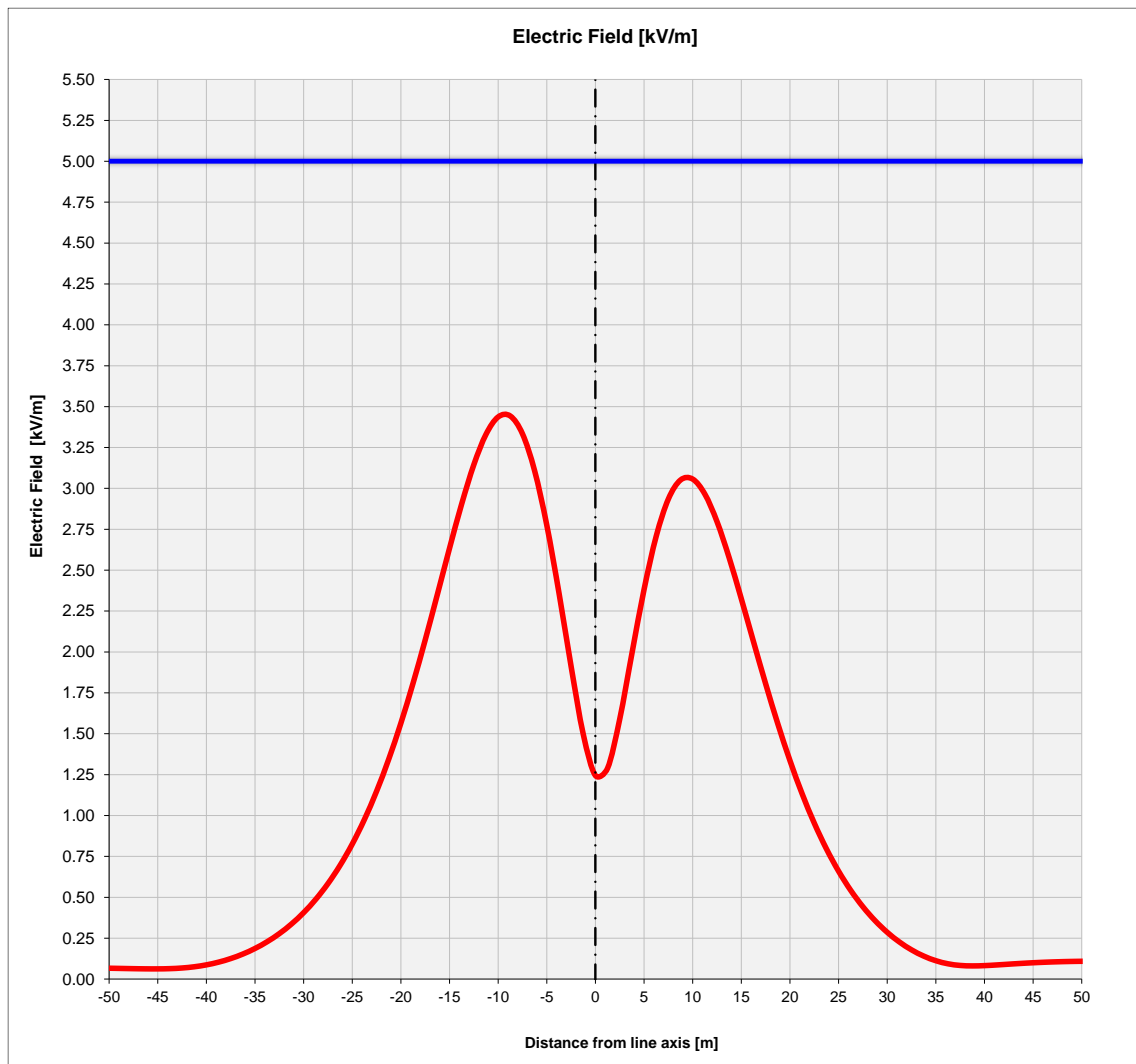
VISTA TRASVERSALE



**Fig. 7: geometria dei conduttori per un sostegno in doppia terna a 380 kV - Tipo C/E**



**Fig. 8: Sostegno tipo C/E: andamento dell'induzione magnetica, a 1,5 m dal suolo in caso di franco minimo e fasi ottimizzate**



**Fig. 9: Sostegno tipo C/E: andamento del campo elettrico, a 1,5 m dal suolo in caso di franco minimo e fasi ottimizzate**

Dall'analisi dei grafici precedenti si ricava che la geometria di sostegno più sfavorevole è la V, in questo caso, con il carico previsto dalla norma CEI 11-60, si raggiunge l'obiettivo di qualità di  $3 \mu\text{T}$  intorno ai **80 metri** dall'asse linea.

Relativamente al calcolo del campo elettrico generato dalla linea 380 kV in doppia terna presa in considerazione i valori sono superiori al limite di 5 kV/m imposto dalla normativa nel caso di sostegni di tipo N e V, l'obiettivo di qualità di 5 kV/m si raggiunge ad una distanza di massimo 8 metri dall'asse linea.

### 3.2.3 Campi elettrici e magnetici elettrodotto a 150 kV- tratto aereo

La linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico ed un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola.



Tramite software menzionato nel precedente paragrafo sono state elaborate le simulazioni per determinare il valore di induzione magnetica, e le relative curve isocampo, generate dall'elettrodotto aereo a 150 kV in progetto.

La tipologia e altezze dei sostegni utilizzati nei raccordi a 150 kV sono riepilogati nelle seguenti tabelle:

**RACCORDO NORD**

<i>numero PICCHETTO</i>	<i>PROGRESSIVA (m)</i>	<i>ALTEZZA TOTALE (m)</i>	<i>Tipo PALO</i>	<i>ARMAMENTO</i>
PGTN	0.00	VERO	Portale	A
1N	60.66	29	C - Indice 7	A
2N	416.80	38.2	P - Indice 3	S
3N	775.09	35.2	N - Indice 1	S
4N	1033.37	26	C - Indice 7	A
5N	1511.42	38.2	P - Indice 3	S
6N	1919.09	32.2	M - Indice 2	S
7N	2291.36	35.2	P - Indice 3	S
8N	2655.34	35.2	V - Indice 4	S
9N	3265.66	41.2	V - Indice 4	S
10N	3526.01	41.2	N - Indice 1	S
11N	4031.09	29.2	M - Indice 2	S
12N	4444.53	35.2	P - Indice 3	S
13N	4765.57	35.2	N - Indice 1	S
14N	4959.89	32.2	V - Indice 4	S
15N	5274.48	29	E - Indice 9	A
23633E1-085 - ESISTENTE	5499.42	23.2	sun palo trov	S

**RACCORDO SUD**

<b>numero PICCHETTO</b>	<b>PROGRESSIVA (m)</b>	<b>ALTEZZA TOTALE (m)</b>	<b>Tipo PALO</b>	<b>ARMAMENTO</b>
PGTS	0	VERO	Portale	A
1S	0	8	N - Indice 1	A
2S	0	8.2	N - Indice 1	S
3S	0	8.2	N - Indice 1	S
4S	0	8.2	N - Indice 1	S
5S	0	8.2	N - Indice 1	S
6S	0	8.2	N - Indice 1	S
7S	0	8.2	N - Indice 1	S
8S	0	8.2	N - Indice 1	S
9S	0	8.2	N - Indice 1	S
10S	0	8.2	N - Indice 1	S
11S	0	8.2	N - Indice 1	S
12S	0	8.2	N - Indice 1	S
13S	0	8.2	N - Indice 1	S
14S	0	8.2	N - Indice 1	S
15S	0	8.2	N - Indice 1	S
23633E1-088 - ESISTENTE	0	8.2	N - Indice 1	S

Le caratteristiche geometriche dei sostegni relativi ai diversi tronchi di palificazione sono state integrate con i dati elettrici dell'elettrodotto in progetto che vengono di seguito riassunti.

Elettrodotti aerei a 150 kV:

- ✓ Potenza trasmissibile: 226 MVA;
- ✓ Tensione nominale: 150 kV;
- ✓ Corrente a limite termico in base alla CEI 11-60: 870 A;
- ✓ Frequenza: 50 Hz;

Il complesso dei parametri è stato quindi elaborato tramite il già citato software, il cui output, per semplicità d'interpretazione, consiste in curve di andamento dell'induzione magnetica, determinate in un piano verticale ortogonale all'asse della linea.

Lo stesso procedimento è stato usato per il calcolo del campo elettrico.

Per l'elettrodotto aereo a 150kV il calcolo delle intensità dei campi elettrico e magnetico è stato eseguito considerando un'altezza minima dei conduttori dal suolo pari a 10,0 m, equivalente al franco minimo di progetto dell'elettrodotto. Nelle seguenti figure è rappresentato il caso di terne affiancate poste alla distanza di 30 m ed entrambe percorse dalla corrente di 870 A.



Tavola per montaggio meccanico  
LINEE 132-150 kV SEMPLICE TERNA  
CONDUTTORE Ø 31,5 mm – TIRO PIENO  
**SOSTEGNI TIPO "N"**

Codifica

**LIN\_0000S702**

Rev. 00

Pag. 3 di 7

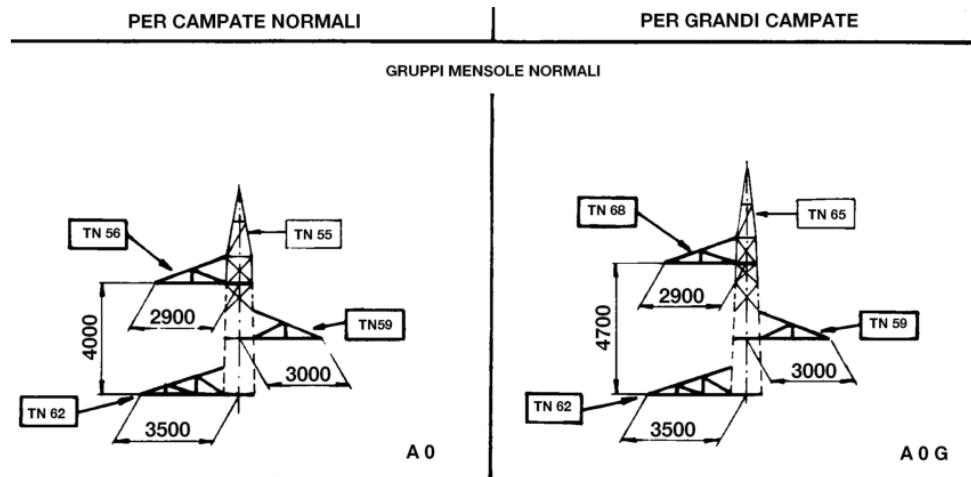


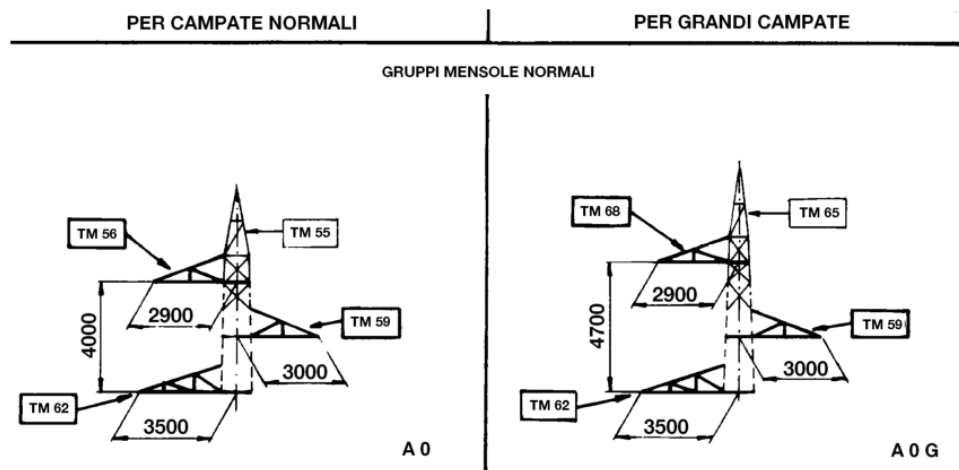
Tavola per montaggio meccanico  
LINEE 132-150 kV SEMPLICE TERNA  
CONDUTTORE Ø 31,5 mm – TIRO PIENO  
**SOSTEGNI TIPO "M"**

Codifica

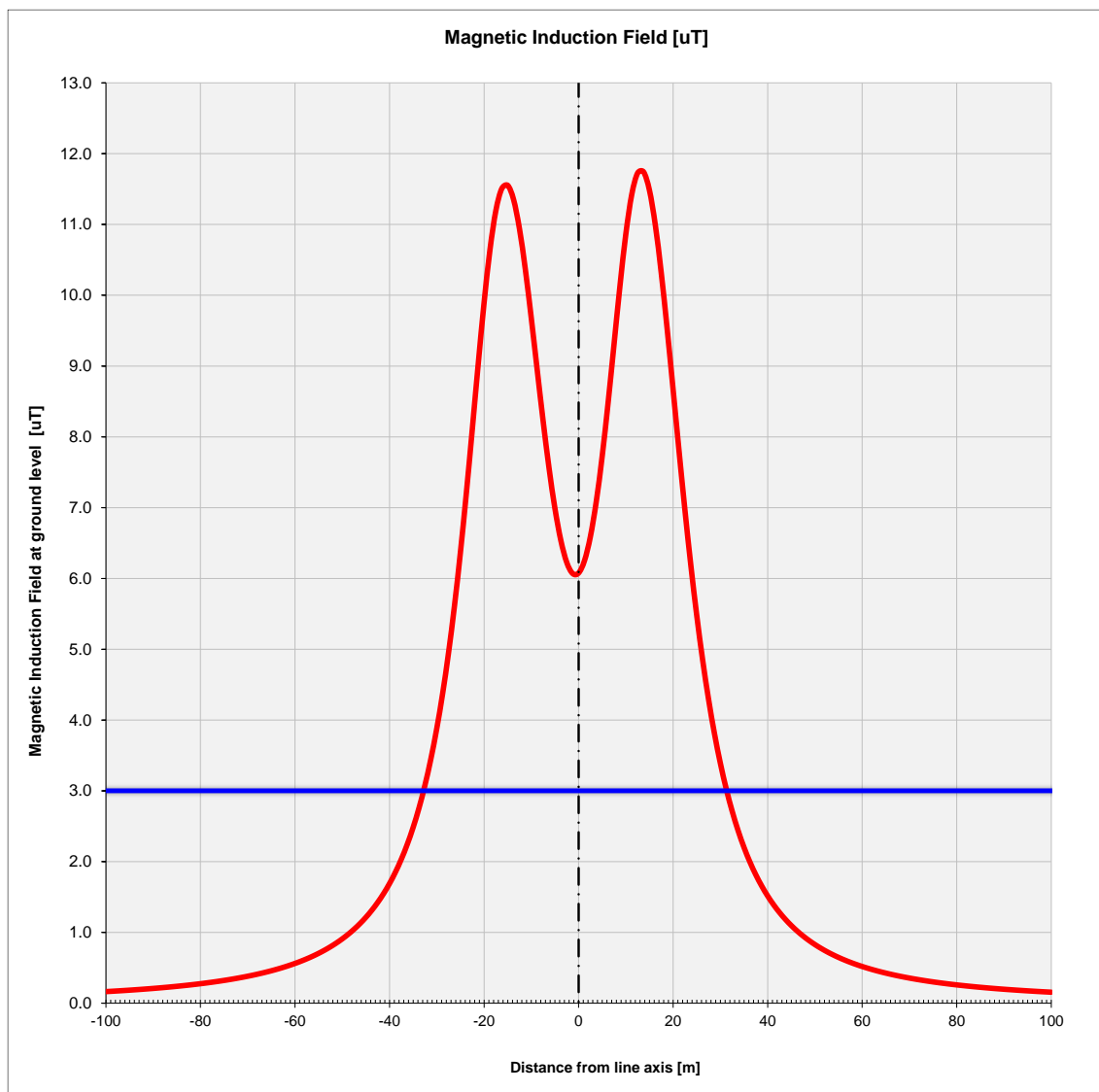
**LIN\_0000S703**

Rev. 00

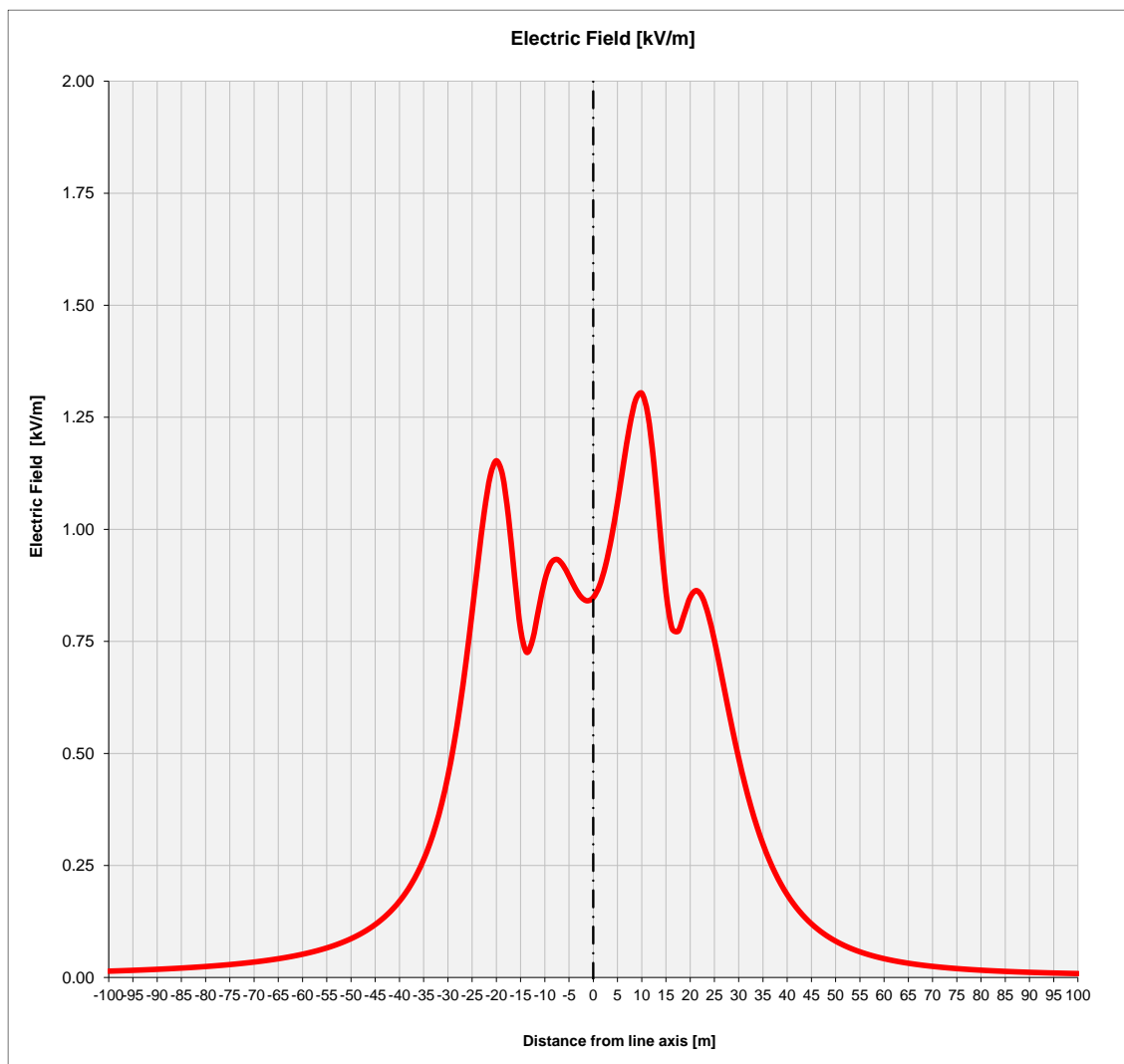
Pag. 3 di 5



**Fig. 10: geometria dei conduttori sostegno in semplice terna a 150 kV - Tipo N e M**



**Fig. 11: Sostegno tipo N e M: andamento dell'induzione magnetica, a 1,5 m dal suolo in caso di franco minimo**



**Fig. 12: Sostegno tipo N e M: andamento del campo elettrico, a 1,5 m dal suolo in caso di franco minimo**



Tavola per montaggio meccanico  
LINEE 132-150 kV SEMPLICE TERNA  
CONDUTTORE Ø 31,5 mm – TIRO PIENO  
**SOSTEGNI TIPO "P"**

Codifica

**LIN\_0000S704**

Rev. 00

Pag. 3 di 7

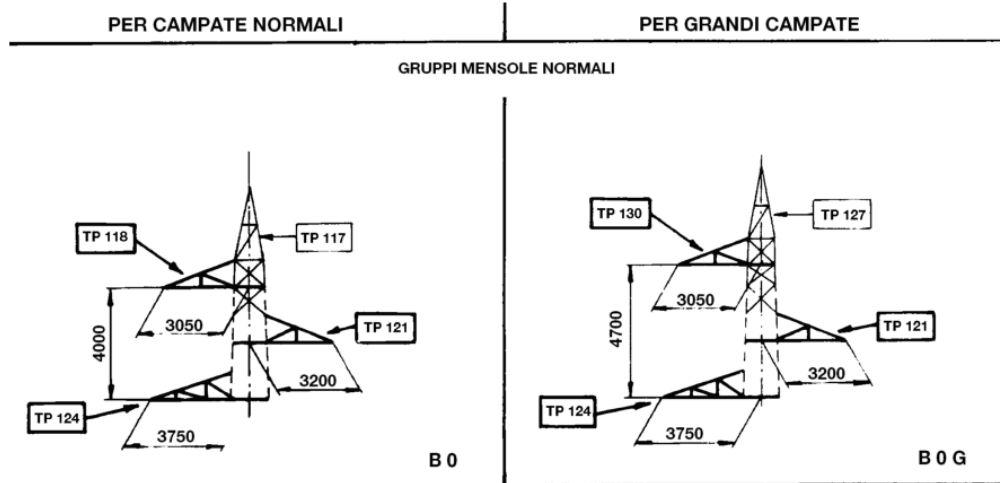


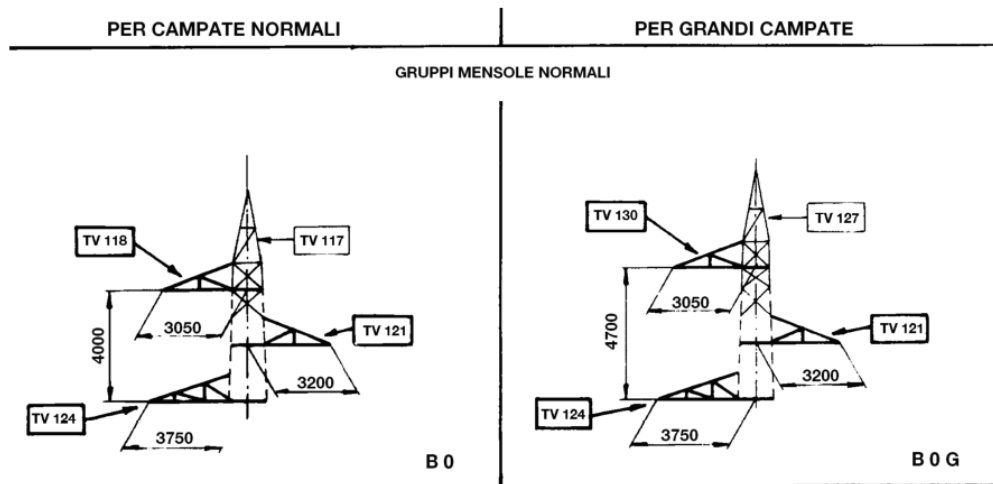
Tavola per montaggio meccanico  
LINEE 132-150 kV SEMPLICE TERNA  
CONDUTTORE Ø 31,5 mm – TIRO PIENO  
**SOSTEGNI TIPO "V"**

Codifica

**LIN\_0000S705**

Rev. 00

Pag. 3 di 7



**Fig. 13: geometria dei conduttori sostegno in semplice terna a 150kV - Tipo P e V**

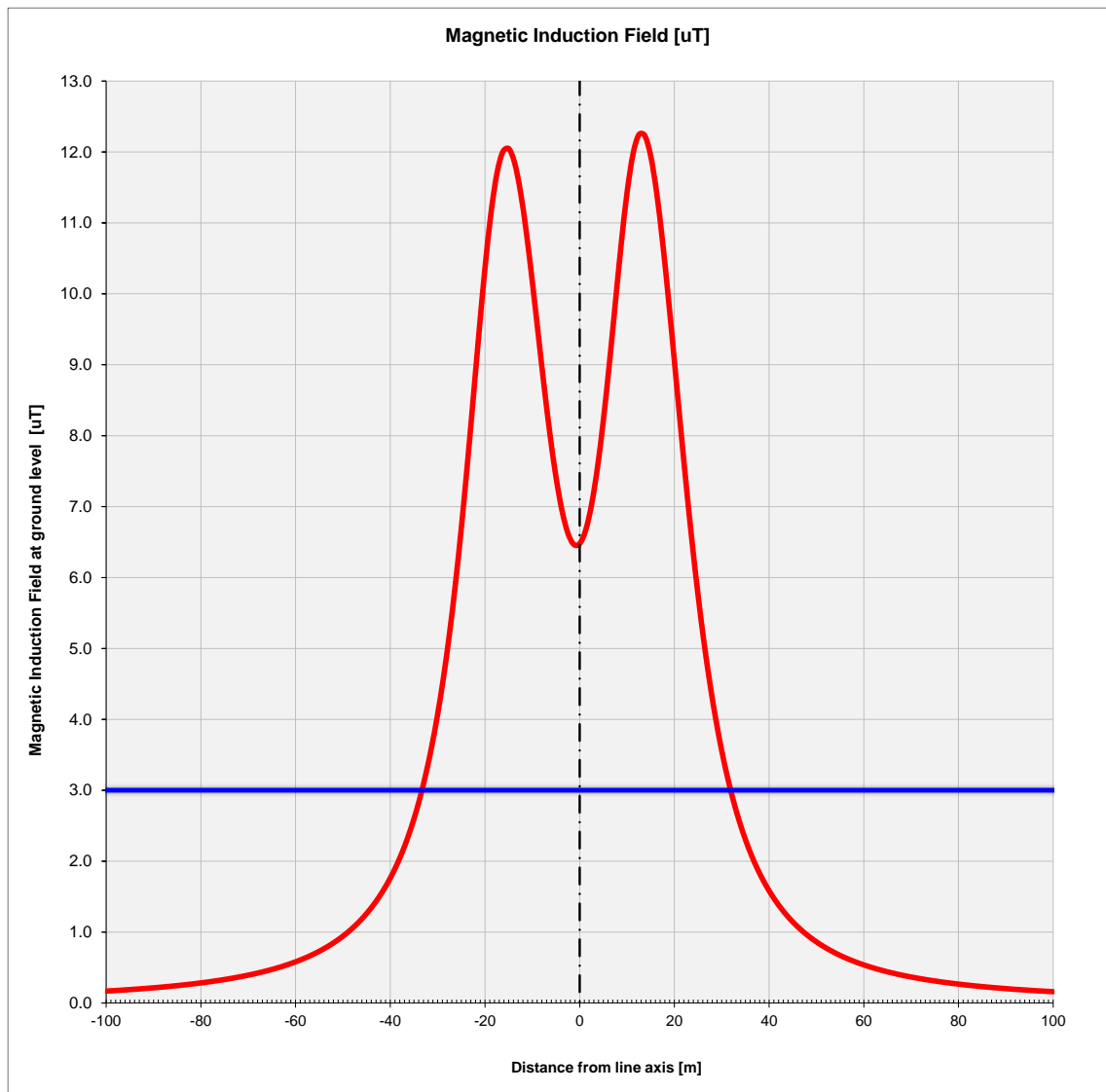
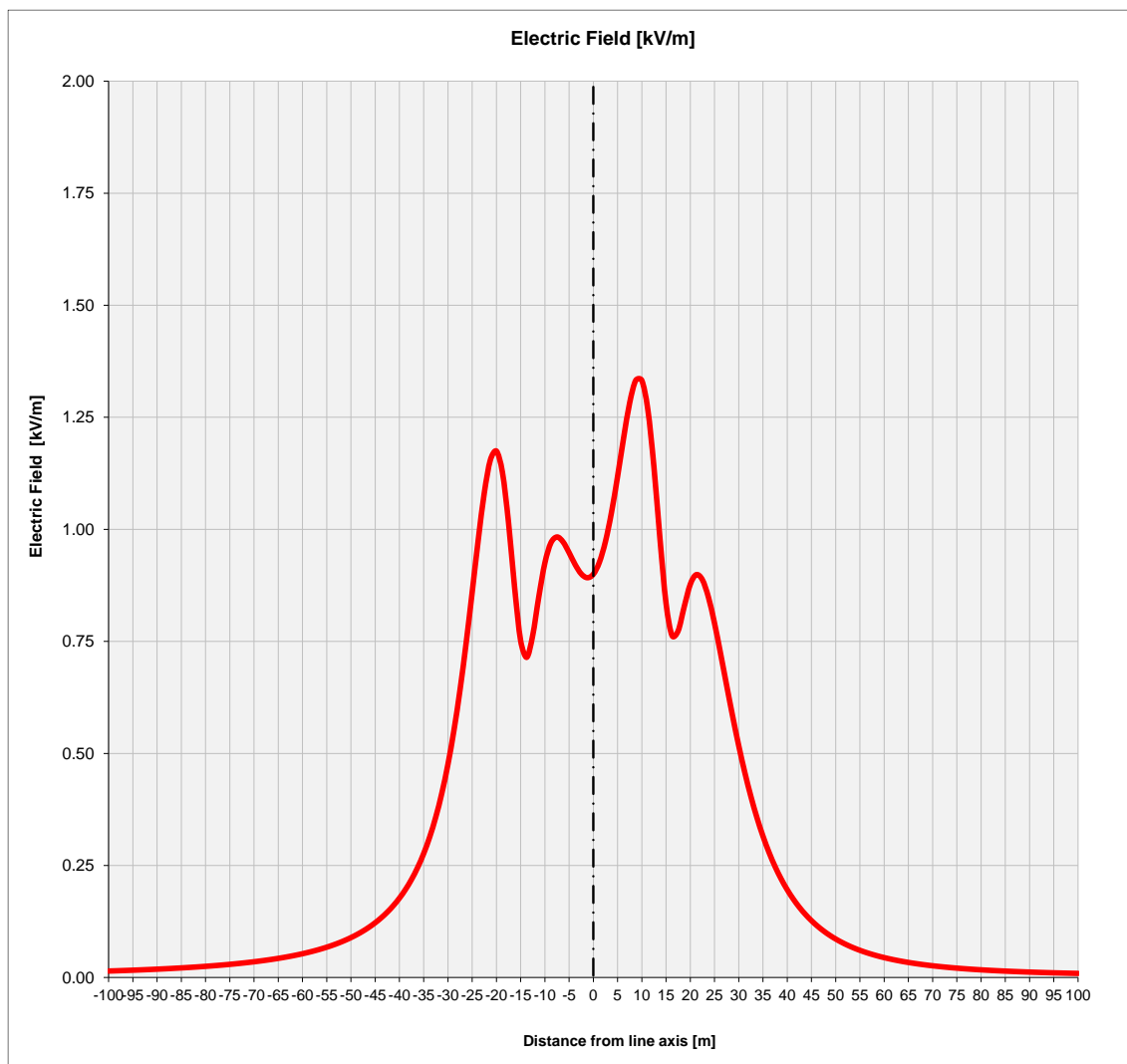


Fig. 14: Sostegno tipo P e V: andamento dell'induzione magnetica, a 1,5 m dal suolo in caso di franco minimo



**Fig. 15: Sostegno tipo P e V: andamento del campo elettrico, a 1,5 m dal suolo in caso di franco minimo**





Tavola per montaggio meccanico  
LINEE 132-150 kV SEMPLICE TERNA  
CONDUTTORE Ø 31,5 mm – TIRO PIENO  
**SOSTEGNI TIPO "C"**

Codifica

**LIN\_0000S706**

Rev. 00

Pag. 3 di 6

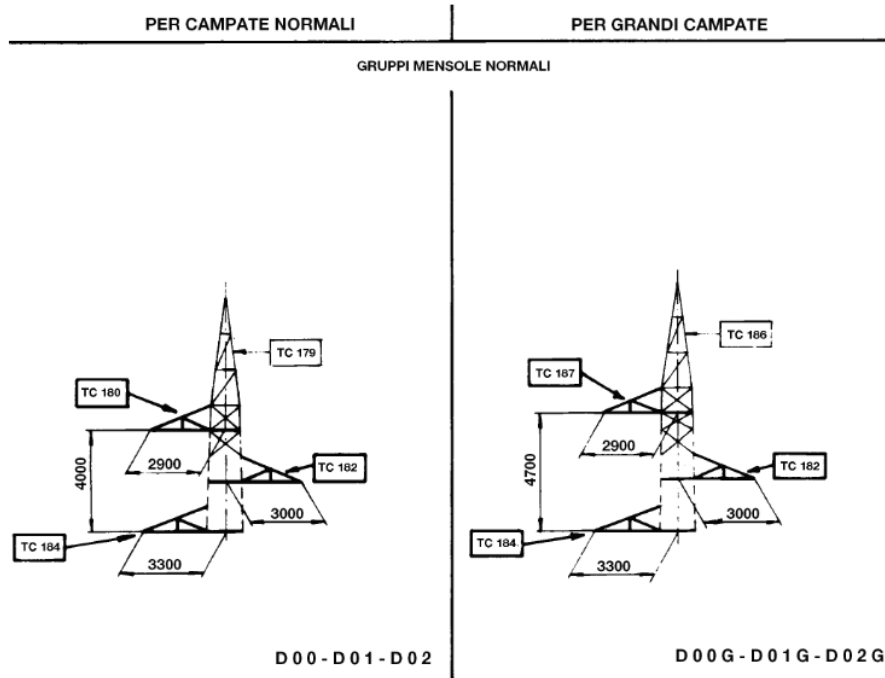


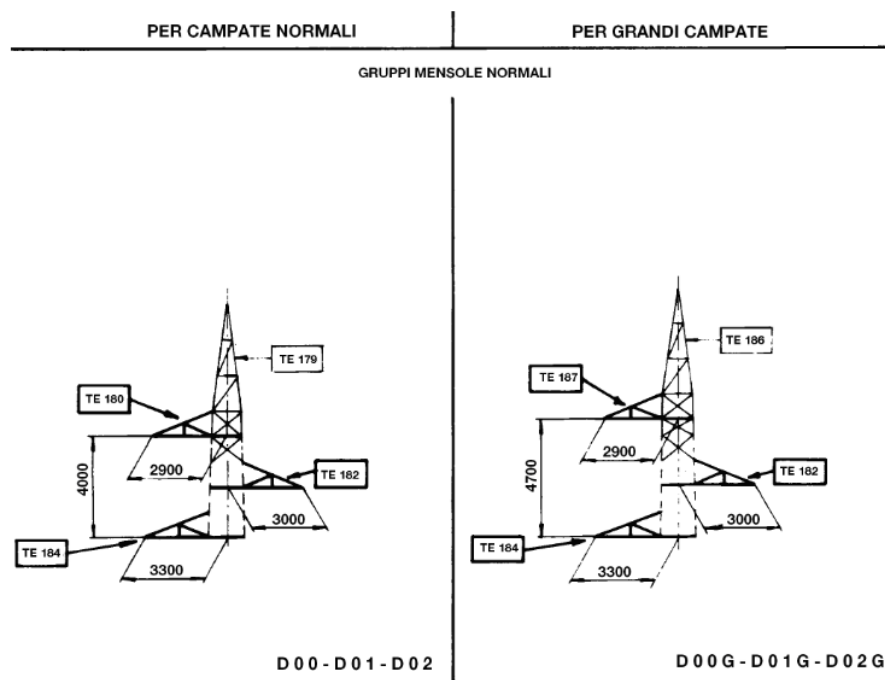
Tavola per montaggio meccanico  
LINEE 132-150 kV SEMPLICE TERNA  
CONDUTTORE Ø 31,5 mm – TIRO PIENO  
**SOSTEGNI TIPO "E"**

Codifica

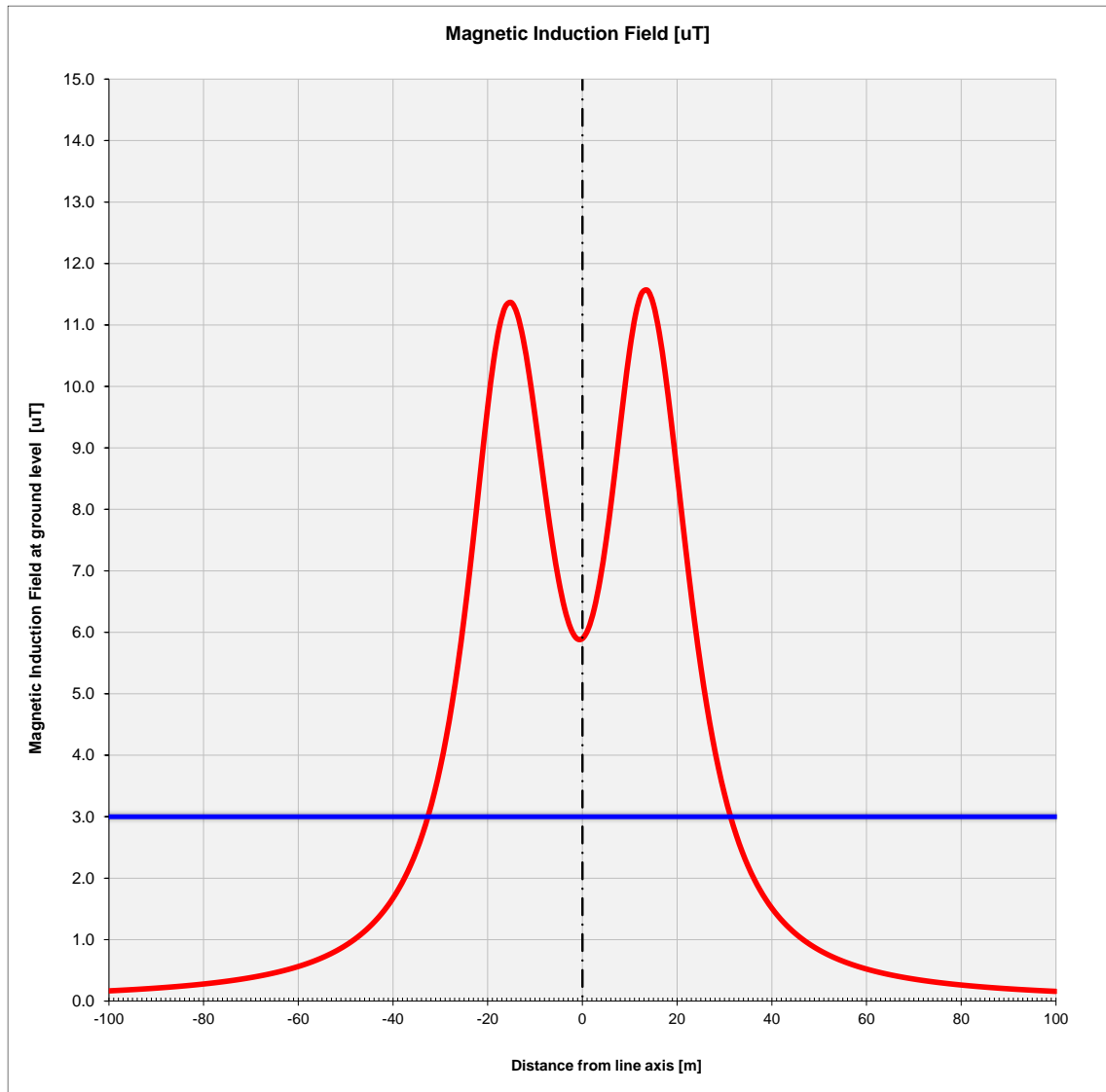
**LIN\_0000S707**

Rev. 00

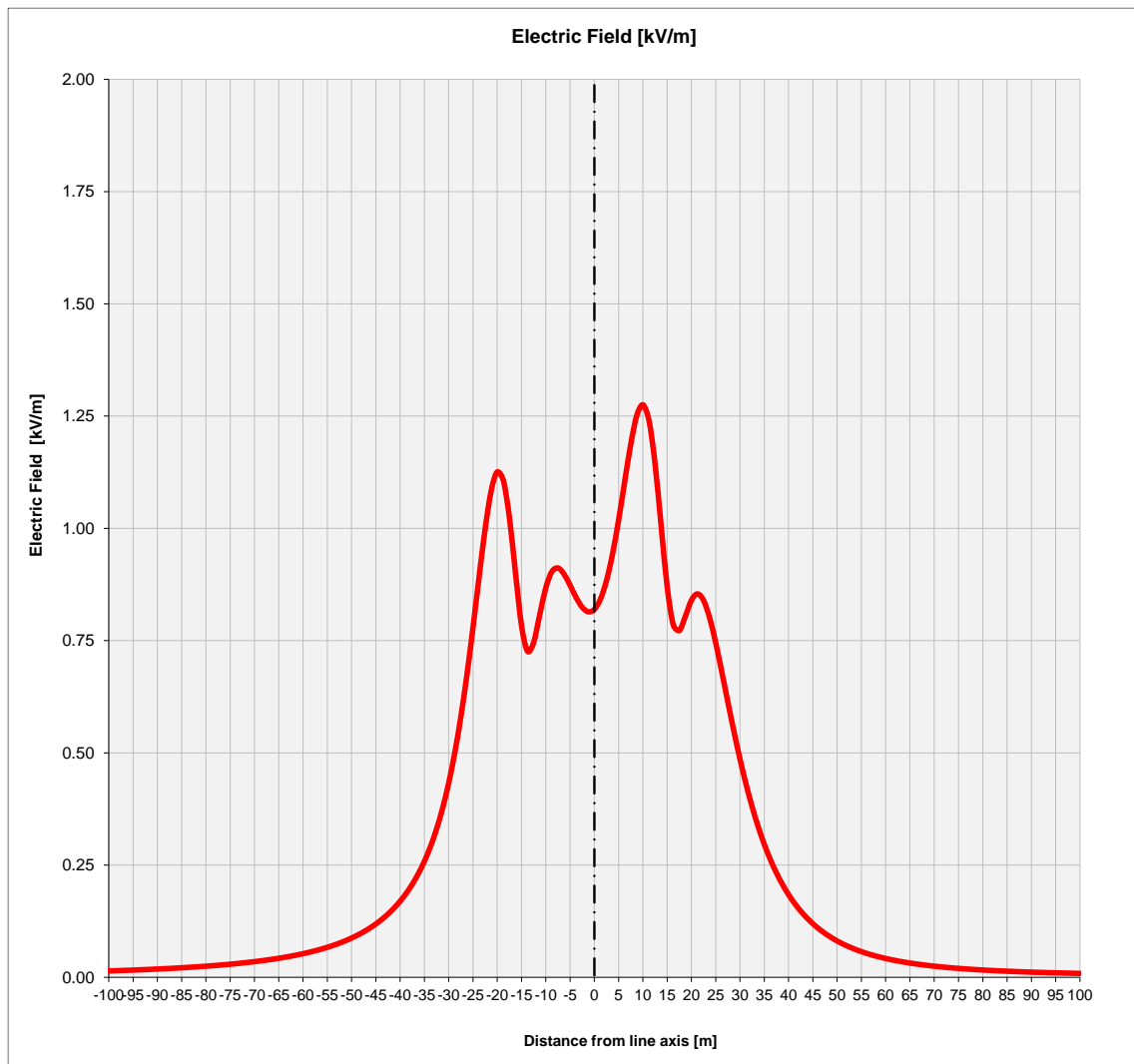
Pag. 3 di 6



**Fig. 16: geometria dei conduttori sostegno in semplice terna a 380 kV - Tipo C ed E**



**Fig. 17: Sostegno tipo C ed E: andamento dell'induzione magnetica, a 1,5 m dal suolo in caso di franco minimo**



**Fig. 18: Sostegno tipo C ed E: andamento del campo elettrico, a 1,5 m dal suolo in caso di franco minimo**

Come si evince dall'analisi dei grafici sopra riportati, per i due elettrodotti in oggetto, la geometria di sostegno più sfavorevole sono la P e V, in questo caso, con il carico previsto dalla norma CEI 11-60, l'obiettivo di qualità di  $3 \mu\text{T}$  viene raggiunto ad una distanza massima pari a **33 m** dal centro della geometria dei conduttori di entrambi gli elettrodotti, cioè ad una distanza massima di circa 18 m dall'asse di una delle due linee; mentre, la regione interna ai due elettrodotti è caratterizzata da valori di induzione superiori all'obiettivo di qualità.

Relativamente al calcolo del campo elettrico generato dalle due linee 150 kV in esame i valori sono sempre abbondantemente inferiori al limite di 5 kV/m imposto dalla normativa.

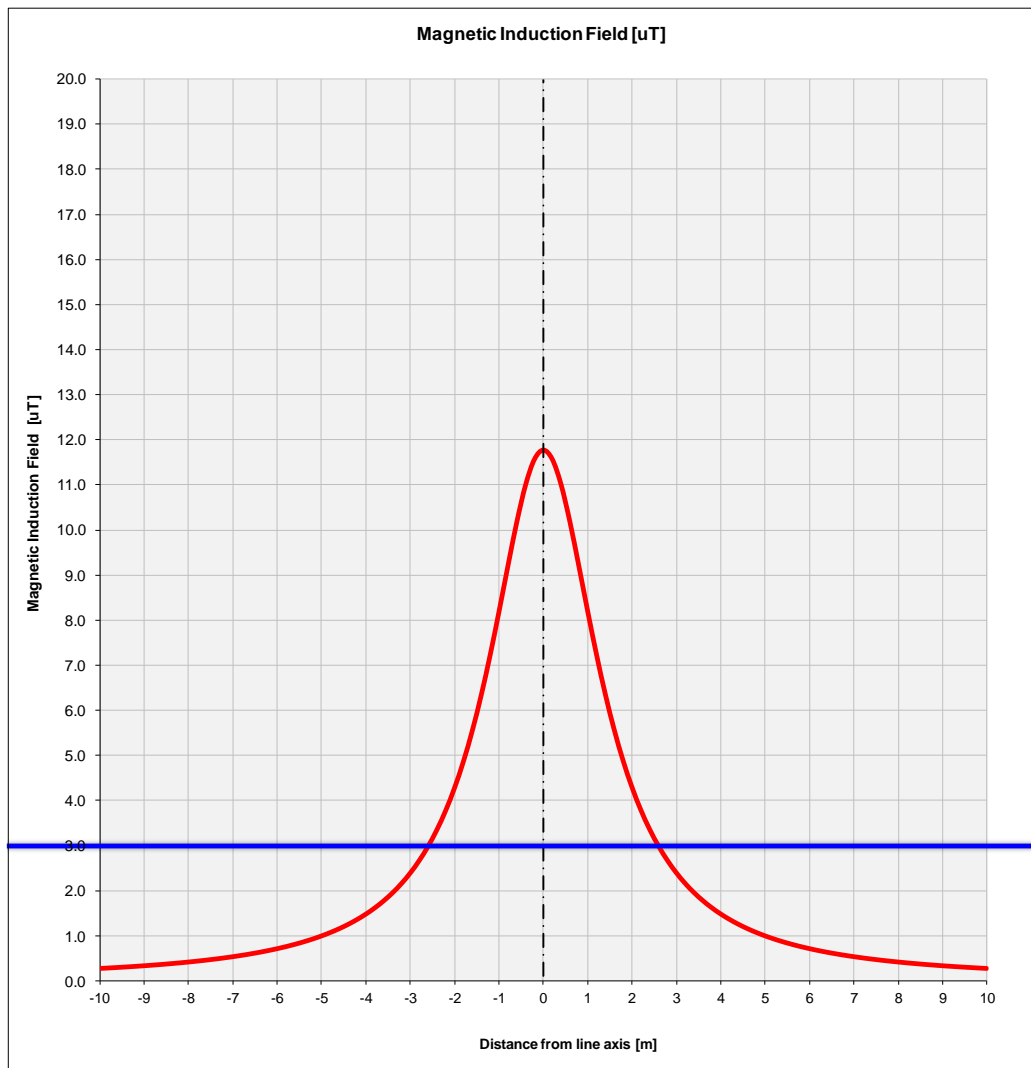
### **3.2.4 Campi elettrici e magnetici elettrodotto a 150 kV – tratto in cavo interrato**

Il tratto iniziale del collegamento tra la stazione di rete "Caltanissetta 380" e l'elettrodotto aereo a 150 kV "Mussomeli-Marianopoli" sarà realizzato in cavo interrato a 150 kV. Il collegamento, costituito da due terne di cavi affiancate, avrà una lunghezza di circa 350 m per ciascuna terna. Sarà impiegato un conduttore in alluminio compatto di sezione indicativa pari a 1600 mm<sup>2</sup> tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in polietilene con grafitatura esterna.

Nei calcoli in oggetto, essendo il valore dell'induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la portata massima del cavo: adottando la posa dei cavi a trifoglio ad una profondità di 1,6 m e considerando una resistività termica del terreno di 1,5 K m/W; il valore di portata è pari a circa 1000 A. Si è inoltre considerato la configurazione dell'elettrodotto in assenza di schermature, con il campo magnetico calcolato al suolo.

Come mostrato nella seguente figura, il limite di 3 microT al suolo si raggiunge ad una distanza dall'asse linea di circa 2,6-2,7 m.

Il tracciato di posa dei cavi è tale per cui intorno ad esso non vi sono ricettori sensibili (zone in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) per distanze molto più elevate di quelle calcolate.



**Fig. 19: andamento del campo magnetico in una sezione perpendicolare agli assi delle linee in cavo interrato, calcolato al suolo**

Non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.

#### 4 FASCE DI RISPETTO

Per "fasce di rispetto" si intendono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n°36, 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 D.P.C.M. 08/07/2003.

Tale DPCM prevede (art. 6 comma 2) che l'APAT, 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.

Scopo dei paragrafi seguenti è il calcolo delle fasce di rispetto, tramite l’applicazione della suddetta metodologia di calcolo, per le linee in oggetto.

#### **4.1 METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE FASCE DI RISPETTO**

##### **4.1.1 Correnti di calcolo**

Ai sensi dell’art. 6 comma 1 del DPCM 8 luglio 2003, la corrente da utilizzare nel calcolo è la *portata in corrente in servizio normale* relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata (periodo freddo).

Per le linee aeree con tensione superiore a 100 kV la portata di corrente in servizio normale viene calcolata ai sensi della norma CEI 11-60.

Nel caso in esame (Zona A) la portata in corrente del conduttore di riferimento nel periodo freddo è pari a

- ✓ 870 A per il livello di tensione a 150 kV.
- ✓ 2955 A per il livello di tensione a 380 kV.

Relativamente alla parte in cavo interrato la portata in corrente del conduttore in alluminio da 1600 mm<sup>2</sup> è pari a 1000°A.

#### **4.2 DETERMINAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (DPA) IMPERTURBATA**

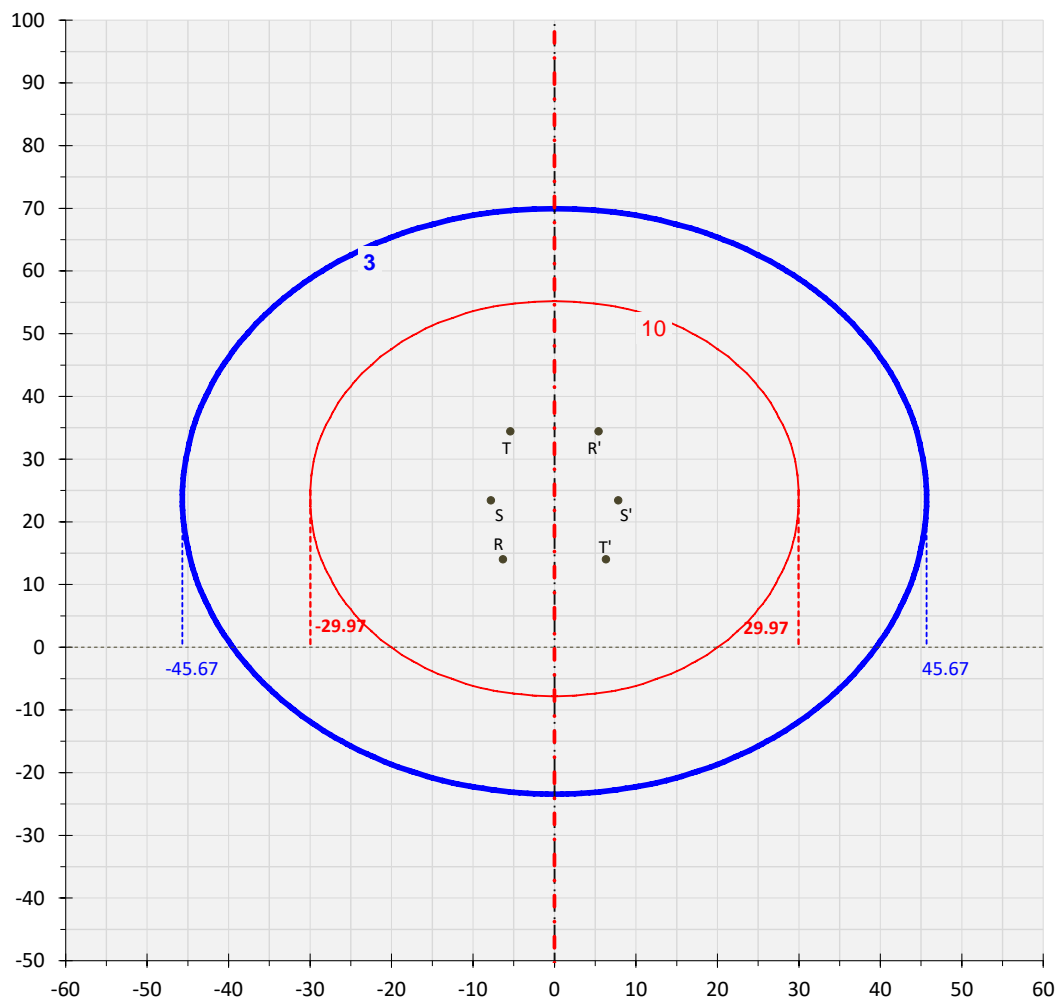
Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, il Decreto 29 Maggio 2008 prevede che il gestore debba calcolare la distanza di prima approssimazione, definita come *“la distanza in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea, che garantisce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

Ai fini del calcolo della DPA per gli elettrodotti in oggetto è stato utilizzato un software specifico basato sulla piattaforma Excel, sviluppato da 3E Ingegneria in conformità alla norma CEI 211-4. L’algoritmo sviluppa il calcolo analitico nella condizione semplificata e cautelativa che assume una disposizione dei conduttori paralleli tra loro e con il terreno, rettilinei ed indefiniti, conforme ai metodi illustrati nella Norma CEI suindicata.

Nel caso di interferenze o parallelismi con altri elettrodotti (sia in Alta che in Media Tensione) sono state applicate le maggiorazioni di cui al Decreto MATT del 29 Maggio 2008.

Nel caso di elettrodotti aerei in doppia terna ottimizzata a 380 kV (percorse da correnti concordi e ancora uguali al valore della portata massima definita secondo la norma CEI 11-60) ed analizzando la geometria del sostegno più sfavorevole presente (Sostegno V) i valori di DPA ottenuti nel caso del sostegno in doppia terna sono pari a **46 m** rispetto all'asse linea.

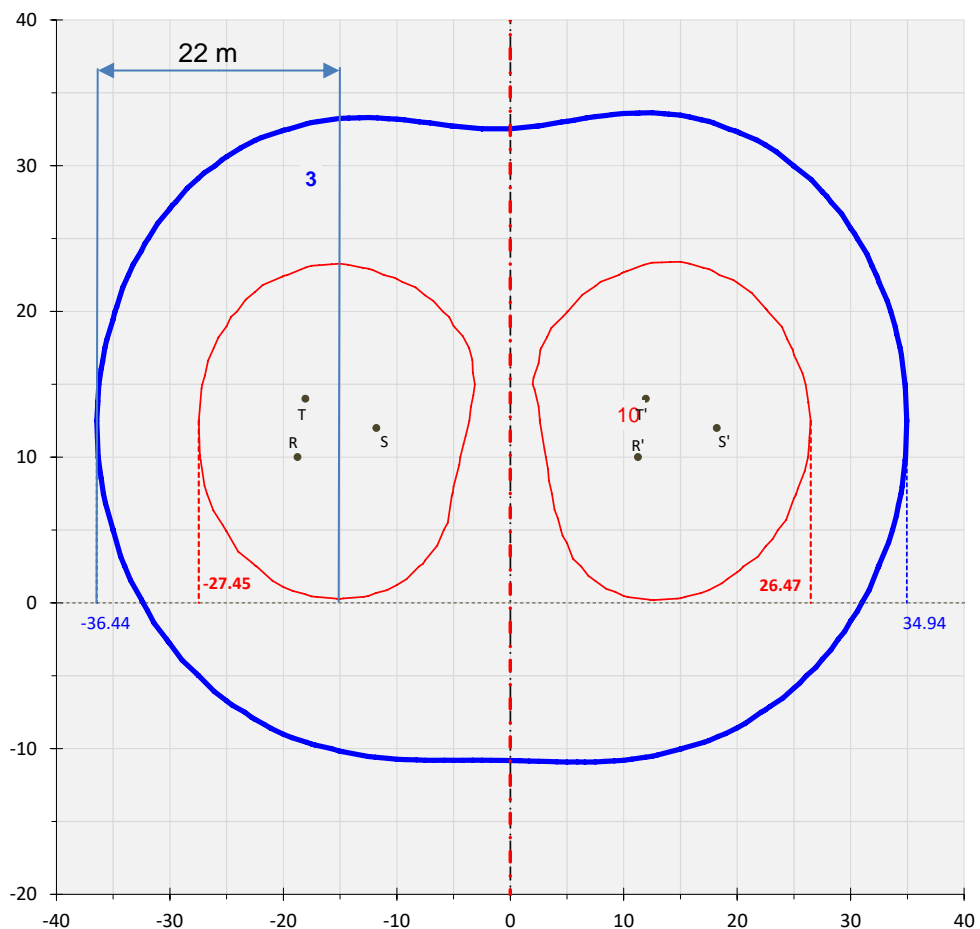
Nel grafico seguente è illustrato il risultato del calcolo, effettuato utilizzando i valori delle correnti nei conduttori pari alla portata massima definita secondo la norma CEI 11-60



**Fig. 20: isolinee dell'induzione magnetica nel caso di sostegno unificato in doppia terna 380 kV con terne ottimizzate**

Nel caso di due semplici terne a 150 kV affiancate (poste alla distanza di circa 30 m e percorse da correnti concordi e ancora uguali al valore della portata massima definita secondo la norma CEI 11-60) ed analizzando la geometria del sostegno più sfavorevole presente (Sostegno P e V) le APA (Aree di Prima Approssimazione) comprendono tutta la regione compresa tra i due elettrodotti e, all'esterno di essa, **l'ampiezza delle DPA ottenuto per l'obiettivo di qualità di 3 microT, risulta, al massimo, pari a circa 22 m rispetto all'asse linea.**

Nel grafico seguente è illustrato il risultato del calcolo, effettuato utilizzando i valori delle correnti nei conduttori pari alla portata massima definita secondo la norma CEI 11-60 e la geometria più sfavorevole del sostegno, cioè quella del sostegno tipo V.



**Fig. 21: isolinee dell'induzione magnetica nel caso di sostegno unificato a 150 kV**

Relativamente al tratto iniziale del collegamento di raccordo a 150 kV realizzato con posa in cavo interrato, secondo quanto riportato nel DM del MATTM del 29.05.2008, il calcolo delle fasce di rispetto può essere effettuato usando le



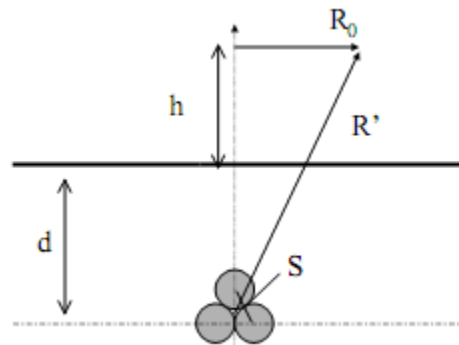
formule della norma CEI 106-11, che prevedono l'applicazione dei modelli semplificati della norma CEI 211-4.

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

La formula da applicare è la seguente, in quanto si considera la posa dei conduttori a trifoglio:

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

Con il significato dei simboli di figura seguente:



Pertanto, ponendo:

$S = 0.11 \text{ m}$  (uguale al diametro esterno del cavo pari a 110 mm)

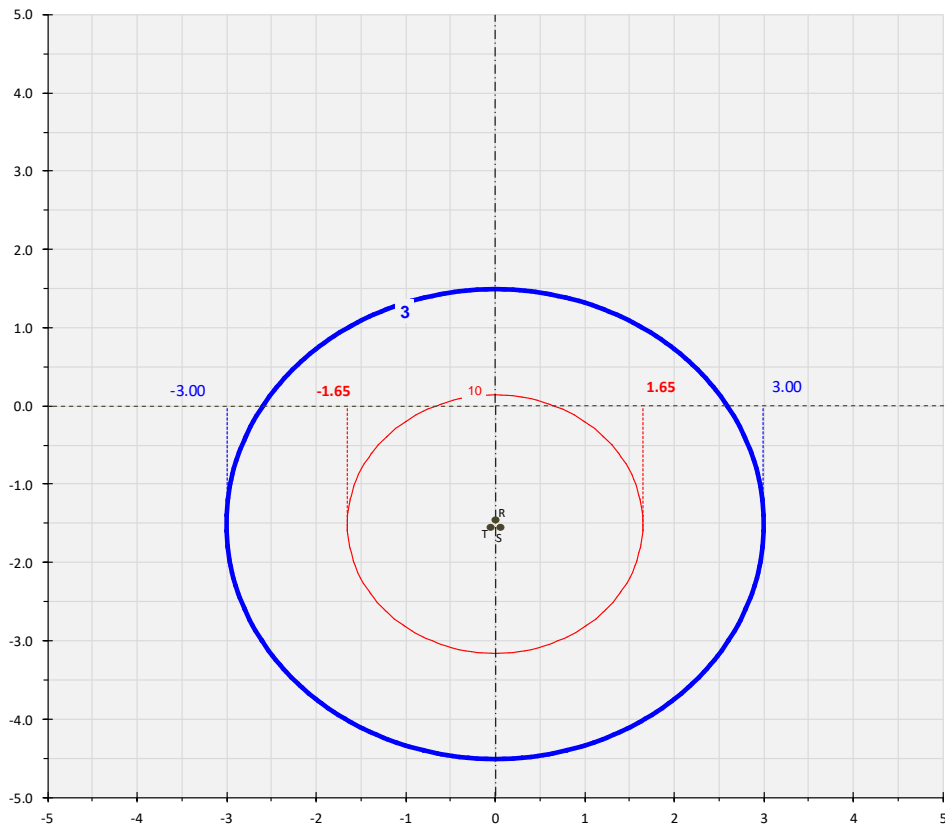
$I = 1000 \text{ A}$

Si ottiene:

$R' = 2.999 \text{ m}$

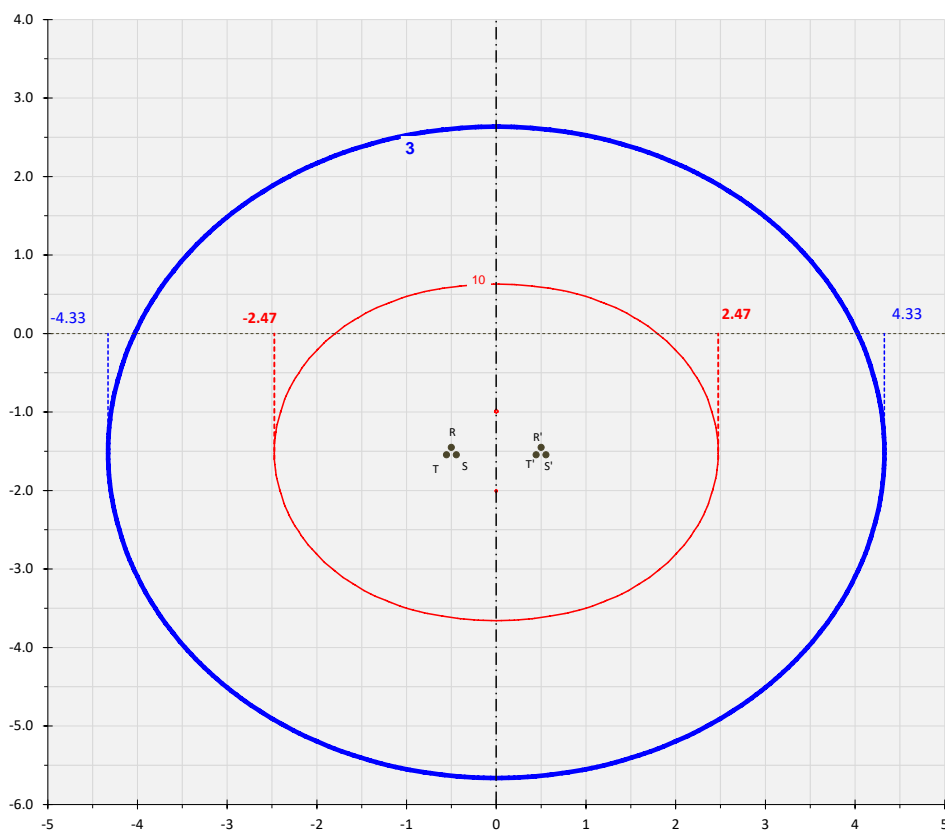
che arrotondato al metro, fornisce un **valore della fascia di rispetto pari a 3 m per parte**, rispetto all'asse del cavidotto. Come anticipato non si ravvisano ricettori all'interno della suddetta fascia.

Tenendo conto del contributo di una sola terna di cavi, il valore suindicato è confermato dal calcolo numerico eseguito con il suindicato software, che fornisce la curva isolivello a 3 microT riportata nella seguente figura.



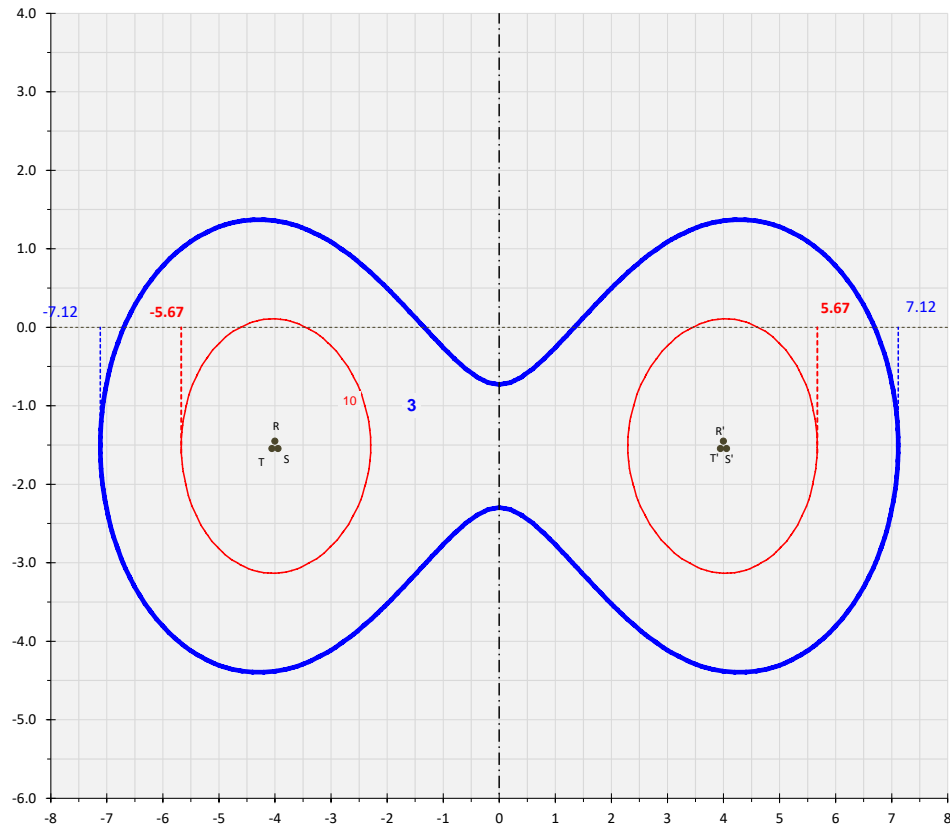
**Fig. 22: andamento dell'induzione magnetica in una sezione perpendicolare all'asse della linea in cavo interrato**

Nel caso di parallelismo tra i due elettrodotti, posati nella medesima trincea, con le terne di cavi distanziate di 1 metro, mediante un setto separatore, il valore dell'induzione magnetica calcolato è riportato graficamente nella figura seguente, con la curva isolivello a 3 microT che determina **una DPA pari a 4,4 m per parte**, rispetto all'asse delle due terne di cavi.



**Fig. 23: andamento dell'induzione magnetica in una sezione perpendicolare agli assi delle linee nel caso di due terne nella stessa trincea**

Infine è stato valutato il caso di parallelismo tra i due elettrodotti, posati in due distinte trincee, distanziate di 8 metri; il valore dell'induzione magnetica calcolato è riportato graficamente nella figura seguente, con la curva isolivello a 3 microT che determina **una DPA pari a 7,2 m per parte**, rispetto all'asse delle due terne di cavi.



**Fig. 24: andamento dell'induzione magnetica in una sezione perpendicolare agli assi delle linee nel caso di due terne posate in due trincee distanti 8 metri**

In fase di progetto esecutivo dell'opera si procederà ad una definizione più esatta delle fasce di rispetto che rispecchino la situazione post-realizzazione, in conformità con il par. 5.1.3 dell'allegato al suddetto Decreto, con conseguente riduzione delle aree interessate.

Come sopra detto, in corrispondenza di cambi di direzione, parallelismi, incroci 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 29 Maggio 2008, valido per incroci tra linee ad alta tensione applicando il caso adeguato.

La rappresentazione di tali distanze ed aree di prima approssimazione, sulle quali dovranno essere apposte le necessarie misure di salvaguardia, è riportata nelle planimetrie allegate:

GRE.EEC.D.99.IT.W.14362.16.057.01 - Raccordi alla RTN a 150kV - Planimetria su Mappa Catastale con DPA

GRE.EEC.D.99.IT.W.14362.16.056.01 - Raccordi 380kV - Planimetria su Mappa Catastale con DPA

Dalle planimetrie si può osservare che all'interno delle distanze ed aree di prima approssimazione non ricadono edifici o luoghi destinati a permanenza non inferiore alle 4 ore.

## **5 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

- [1] 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".
- [2] DL 9 aprile 2008 n° 81 "Testo unico sulla sicurezza sul lavoro"
- [3] Norma CEI 0-2 "Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici"
- [4] Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche"
- [5] Norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo."
- [6] DM del MATTM del 29.05.2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti"