

***Elettrodotto a 220 kV in semplice terna "S.E. Dolo – S.E. Dugale"***

***Raccordi a 220 kV tra linea "S.E. Dolo – S.E. Malcontenta"***

***e linea "S.E. Dugale – S.E. Stazione I"***

**PIANO TECNICO DELLE OPERE – "PARTE PRIMA"**

**RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA**

**Storia delle revisioni**

Rev.00	del 07/12/2007	Prima emissione
--------	----------------	-----------------

Elaborato		Verificato		Approvato
S. Bisignano ING-GPL	S. Scarietto ING-GPL		D. Sperti ING - GPL	P. Paternò ING-GPL

m010CI-LG001-r02

**INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>MOTIVAZIONI DELL'OPERA .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>UBICAZIONE DELL'INTERVENTO E OPERE ATTRAVERSAE .....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE OPERE .....</b>	<b>5</b>
4.1	VINCOLI AEROPORTUALI .....	5
<b>5</b>	<b>CRONOPROGRAMMA .....</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA.....</b>	<b>5</b>
6.1	PREMESSA.....	5
6.2	CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL'ELETTRODOTTO .....	6
6.3	DISTANZA TRA I SOSTEGNI .....	6
6.4	CONDUTTORI E CORDE DI GUARDIA .....	6
6.4.1	Stato di tensione meccanica .....	6
6.5	CAPACITÀ DI TRASPORTO.....	7
6.6	SOSTEGNI .....	7
6.7	ISOLAMENTO .....	9
6.7.1	Caratteristiche geometriche .....	9
6.7.2	Caratteristiche elettriche .....	9
6.8	MORSETTERIA ED ARMAMENTI .....	11
6.9	FONDAZIONI.....	12
6.10	MESSE A TERRA DEI SOSTEGNI.....	13
6.11	CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI.....	13
6.12	TERRE E ROCCE DA SCAVO .....	13
<b>7</b>	<b>RUMORE.....</b>	<b>16</b>
<b>8</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE .....</b>	<b>16</b>
<b>9</b>	<b>CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI .....</b>	<b>16</b>
9.1	RICHIAMI NORMATIVI .....	16
9.2	CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI .....	17
<b>10</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>19</b>
<b>11</b>	<b>AREE IMPEGNATE.....</b>	<b>19</b>
<b>12</b>	<b>FASCE DI RISPETTO .....</b>	<b>19</b>
<b>13</b>	<b>SICUREZZA NEI CANTIERI .....</b>	<b>19</b>

## 1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione tecnica è la descrizione degli aspetti specifici, non contenuti nella Relazione Tecnica Generale, del nuovo collegamento elettrico a 220 kV semplice terna tra "S.E. Dolo – S.E. Dugale".

## 2 MOTIVAZIONI DELL'OPERA

Tali interventi rientrano in un più ampio piano di razionalizzazione della rete elettrica AT nelle aree di Venezia e Padova per le cui motivazioni si rimanda al par. 2 della Relazione Tecnica Generale (doc. n. RGC06002BGL00010); più in particolare gli interventi in oggetto, associati all'"Area di intervento Mirano" di cui al par. 4.2 della sopra citata Relazione Tecnica Generale, sono individuati dal codice identificativo B4/2.

## 3 UBICAZIONE DELL'INTERVENTO E OPERE ATTRAVERSATE

I comuni interessati dal passaggio dell'elettrodotto sono elencati nella seguente tabella:

<b>REGIONE</b>	<b>PROVINCIA</b>	<b>COMUNE</b>
Veneto	Venezia	Mirano

L'elenco delle opere attraversate con il nominativo delle Amministrazioni competenti è riportato di seguito:

<b>ELENCO OPERE INTERFERENTI</b>		
<b>Num. Attrav.</b>	<b>Descrizione Opera</b>	<b>Ente interessato</b>
	<b>Comune di MIRANO</b>	
70b	Metanodotto	Snam Rete Gas S.p.A.
71b	Scolo "Cesonego" (2 Volte)	Consorzio di Bonifica SINISTRA MEDIO BRENTA
	Strade Comunali	Comune di Mirano

Gli attraversamenti principali sono altresì evidenziati anche nella corografia in scala 1:10 000 riportata di seguito:

**Legenda**

● **2X** Vertici tracciato elettrodotto a 220 kV in PROGETTO

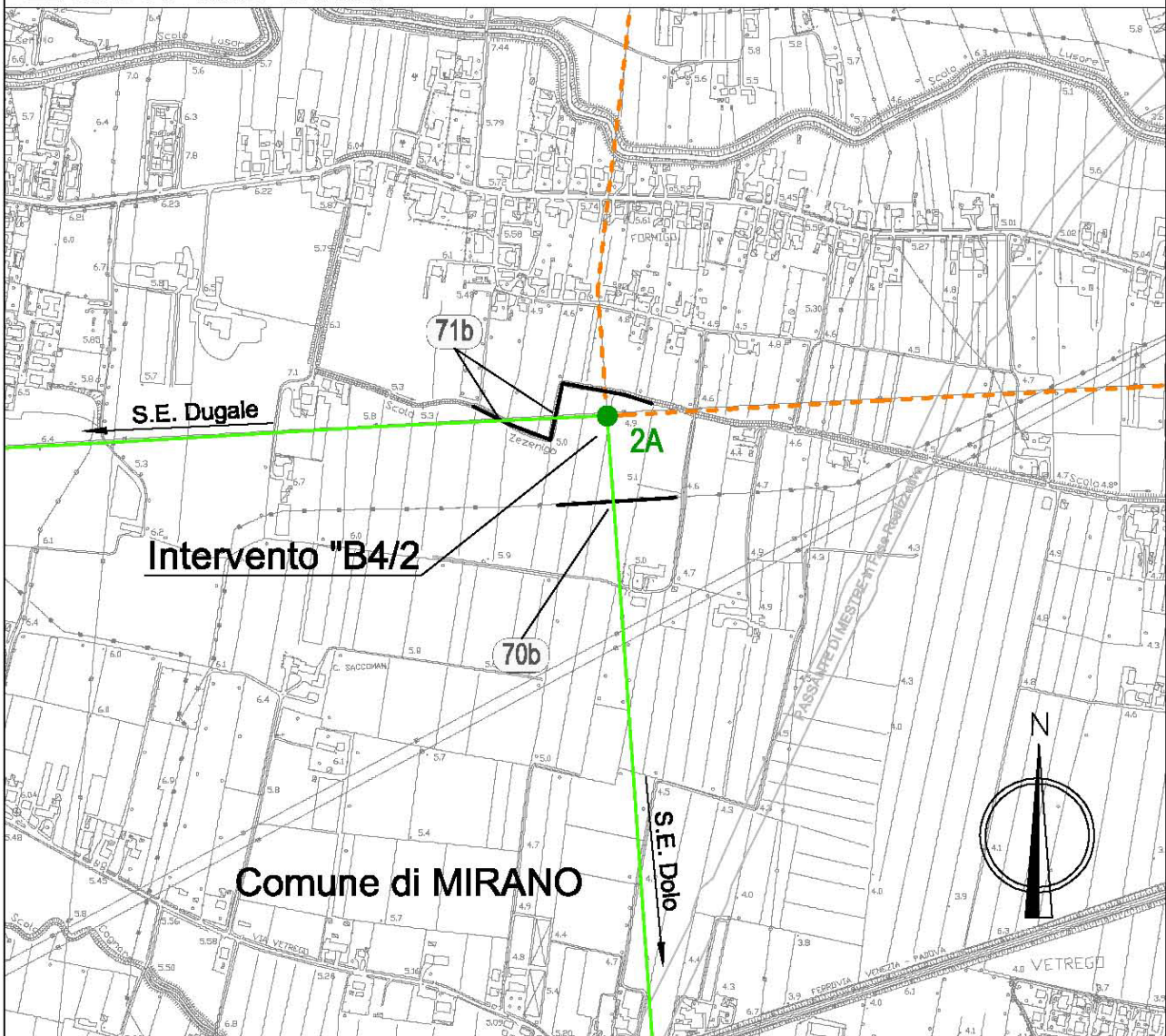
(XXa) Identificativo Attraversamento

— Elettrodotto Aereo a 220 kV ESISTENTE

- - - Elettrodotto Aereo di Futura DEMOLIZIONE

— Confini di COMUNE

**ESTRATTO Scala 1:10.000**



## **4 DESCRIZIONE DELLE OPERE**

L'opera oggetto della presente relazione tecnica consiste nella realizzazione di un raccordo nel Comune di Mirano, realizzato mediante l'infissione, in corrispondenza dell'incrocio tra gli elettrodotti 220 kV "S.E. Stazione I<sup>^</sup> – S.E. Dugale" e "S.E. Malcontenta – S.E. Dolo", di un sostegno (identificato come vertice 2A nella corografia sopra riportata) su cui attestare i conduttori delle due linee a 220 kV sopra citate in modo da realizzare un collegamento diretto tra le stazioni elettriche di Dolo e Dugale.

Successivamente potranno essere dismessi i rimanenti tratti inutilizzati degli elettrodotti a 220 kV "S.E. Dolo – S.E. Malcontenta" e "S.E. Dugale – S.E. Stazione I<sup>^</sup>".

### **4.1 VINCOLI AEROPORTUALI**

I vincoli aeroportuali sono illustrati nel par. 4.6 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RGCR06002BGL00010).

## **5 CRONOPROGRAMMA**

Il programma di massima dei lavori è illustrato nel par. 5 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RGCR06002BGL00010) alla voce "Area di intervento Malcontenta/Fusina 2".

## **6 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA**

### **6.1 PREMESSA**

I calcoli delle frecce e delle sollecitazioni dei conduttori di energia, delle corde di guardia, dell'armamento, dei sostegni e delle fondazioni, sono rispondenti alla Legge n. 339 del 28/06/1986 ed alle norme contenute nei Decreti del Ministero dei LL.PP. del 21/03/1988 e del 16/01/1991 con particolare riguardo agli elettrodotti di classe terza, così come definiti dall'art. 1.2.07 del Decreto del 21/03/1988 suddetto; per quanto concerne le distanze tra conduttori di energia e fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporta tempi di permanenza prolungati, queste sono conformi anche al dettato del D.P.C.M. 08/07/2003.

Il progetto dell'opera è conforme al Progetto Unificato per gli elettrodotti elaborato fin dalla prima metà degli anni '70 a cura della Direzione delle Costruzioni di ENEL, aggiornato nel pieno rispetto della normativa prevista dal DM 21-10-2003 (Presidenza del Consiglio di Ministri Dipartimento Protezione Civile) e tenendo conto delle Norme Tecniche per le Costruzioni, Decreto 14/09/2005.

Per quanto attiene gli elettrodotti, nel Progetto Unificato ENEL, sono inseriti tutti i componenti (sostegni e fondazioni, conduttori, morsetteria, isolatori, ecc.) con le relative modalità di impiego.

Le tavole grafiche dei componenti impiegati con le loro caratteristiche è riportato nel Doc. n° EECR06002BGL00066 "Componenti elettrodotti aerei a 220 kV ST e DT".

L'elettrodotto sarà costituito da una palificazione a semplice terna armata con 3 conduttori di energia e con una corda di guardia, fino al raggiungimento dei sostegni capolinea.

## 6.2 CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL'ELETTRODOTTO

Per le caratteristiche principali dell'elettrodotto a 220 kV si faccia riferimento alle relative voci del par. 6 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RGCR06002BGL00010).

La portata in corrente in servizio normale del conduttore sarà conforme a quanto prescritto dalla norma CEI 11-60, per elettrodotti a 220 kV in zona B.

## 6.3 DISTANZA TRA I SOSTEGNI

La distanza tra due sostegni consecutivi dipende dall'orografia del terreno e dall'altezza utile dei sostegni impiegati; mediamente in condizioni normali, si ritiene possa essere pari a 400 metri.

## 6.4 CONDUTTORI E CORDE DI GUARDIA

Ciascuna fase elettrica sarà costituita da n° 1 conduttore di energia formato da una corda di alluminio-acciaio della sezione complessiva di 585,3 mm<sup>2</sup> composta da n. 19 fili di acciaio del diametro 2,10 mm e da n. 54 fili di alluminio del diametro di 3,50 mm, con un diametro complessivo di 31,50 mm, con carico di rottura teorico di 16.852 daN.

Per zone ad alto inquinamento salino può essere impiegato in alternativa il conduttore con l'anima a "zincatura maggiorata" ed ingrassato fino al secondo mantello di alluminio. Le caratteristiche tecniche del conduttore sono riportate nella tavola RQUT0000C2 rev. 01 allegata.

I conduttori avranno un'altezza da terra non inferiore a metri 10, ampiamente superiore a quella massima prevista dall'art. 2.1.05 del D.M. 16/01/1991, arrotondamento per accesso di quella massima prevista dall'art. 2.1.05 del D.M. 16/01/1991.

L' elettrodotto sarà inoltre equipaggiato con una corda di guardia destinata, oltre che a proteggere l'elettrodotto stesso dalle scariche atmosferiche, a migliorare la messa a terra dei sostegni. La corda di guardia è in acciaio rivestito di alluminio del diametro di 11,50 mm e sezione di 80,65 mm<sup>2</sup>, sarà costituita da n° 7 fili del diametro di 3,83 mm (tavola LC 51 allegata). Il carico di rottura teorico della corda sarà di 9.000 daN. In alternativa è possibile l'impiego di una corda di guardia in alluminio-acciaio con fibre ottiche sempre del diametro di 11,50 mm. (tavola DC 25 allegata).

### 6.4.1 Stato di tensione meccanica

Il tiro dei conduttori e delle corde di guardia è stato fissato in modo che risulti costante, in funzione della campata equivalente, nella condizione "normale" di esercizio linea, cioè alla temperatura di 15°C ed in assenza di sovraccarichi (EDS - "every day stress"). Ciò assicura una uniformità di comportamento nei riguardi delle sollecitazioni prodotte dal fenomeno delle vibrazioni.

Nelle altre condizioni o "stati" il tiro varia in funzione della campata equivalente di ciascuna tratta e delle condizioni atmosferiche (vento, temperatura ed eventuale presenza di ghiaccio). La norma vigente divide il territorio italiano in due zone, A e B, in relazione alla quota e alla disposizione geografica.

Gli "stati" che interessano, da diversi punti di vista, il progetto delle linee sono riportati nello schema seguente:

- **EDS** – Condizione di tutti i giorni: +15°C, in assenza di vento e ghiaccio
- **MSA** – Condizione di massima sollecitazione (zona A): -5°C, vento a 130 km/h



- **MSB** – Condizione di massima sollecitazione (zona B): -20°C, manicotto di ghiaccio di 12 mm, vento a 65 km/h
- **MPA** – Condizione di massimo parametro (zona A): -5°C, in assenza di vento e ghiaccio
- **MPB** – Condizione di massimo parametro (zona B): -20°C, in assenza di vento e ghiaccio
- **MFA** – Condizione di massima freccia (Zona A): +55°C, in assenza di vento e ghiaccio
- **MFB** – Condizione di massima freccia (Zona B): +40°C, in assenza di vento e ghiaccio
- **CVS1** – Condizione di verifica sbandamento catene : 0°C, vento a 26 km/h
- **CVS2** – Condizione di verifica sbandamento catene: +15°C, vento a 130 km/h

Nel seguente prospetto sono riportati i valori dei tiri in EDS per i conduttori, in valore percentuale rispetto al carico di rottura:

- **ZONA A** EDS=21% per il conduttore tipo RQ UT 0000C2 conduttore alluminio-acciaio  $\Phi$  31,5 mm
- **ZONA B** EDS=18% per il conduttore tipo RQ UT 0000C2 conduttore alluminio-acciaio  $\Phi$  31,5 mm

Il corrispondente valore di EDS per la corda di guardia è stato fissato con il criterio di avere un parametro del 15% più elevato, rispetto a quello del conduttore in condizione EDS.

Sono stati ottenuti i seguenti valori:

**ZONA A** EDS=10.6% per corda di guardia tipo LC 51

**ZONA B** EDS=9.1% per corda di guardia tipo LC 51

Per fronteggiare le conseguenze dell'assestamento dei conduttori si rende necessario maggiorare il tiro all'atto della posa. Ciò si ottiene introducendo un decremento fittizio di temperatura  $\Delta\theta$  nel calcolo delle tabelle di tesatura:

- di 16°C in zona A
- di 22°C in zona B

La linea in oggetto è situata in “**ZONA B**”.

## 6.5 CAPACITÀ DI TRASPORTO

La capacità di trasporto dell'elettrodotto è funzione lineare della corrente di fase. Il conduttore in oggetto corrisponde al “conduttore standard” preso in considerazione dalla Norma CEI 11-60, nella quale sono definite anche le portate nei periodi caldo e freddo.

Il progetto dell'elettrodotto in oggetto è stato sviluppato nell'osservanza delle distanze di rispetto previste dalle Norme vigenti, sopra richiamate, pertanto le portate in corrente da considerare sono le stesse indicate nella Norma CEI 11-60.

## 6.6 SOSTEGNI

I sostegni saranno del tipo semplice terna, di altezza secondo le caratteristiche altimetriche del terreno, in angolari di acciaio ad elementi zincati a caldo e bullonati. Gli angolari di acciaio sono raggruppati in elementi strutturali. Il calcolo delle sollecitazioni meccaniche ed il dimensionamento delle membrature è

stato eseguito conformemente a quanto disposto dal D.M. 21/03/1988 e le verifiche sono state effettuate per l'impiego sia in zona "A" che in zona "B".

Essi avranno un'altezza tale da garantire, anche in caso di massima freccia del conduttore, il franco minimo prescritto dalle vigenti norme. Nei casi in cui ci sia l'esigenza tecnica di superare tale limite, si provvederà, in conformità alla normativa sulla segnalazione degli ostacoli per il volo a bassa quota, alla verniciatura del terzo superiore dei sostegni e all'installazione delle sfere di segnalazione sulle corde di guardia. I sostegni saranno provvisti di difese parasalita.

Per quanto concerne detti sostegni, fondazioni e relativi calcoli di verifica, TERNA si riserva di apportare nel progetto esecutivo modifiche di dettaglio dettate da esigenze tecniche ed economiche, ricorrendo, se necessario, all'impiego di opere di sottofondazione.

Ciascun sostegno si può considerare composto dai piedi, dalla base, da un tronco e dalla testa, della quale fanno parte le mensole. Ad esse sono applicati gli armamenti (cioè l'insieme di elementi che consente di ancorare meccanicamente i conduttori al sostegno pur mantenendoli elettricamente isolati da esso) che possono essere di sospensione o di amarro. Vi sono infine i cimini, atti a sorreggere le corde di guardia.

I piedi del sostegno, che sono l'elemento di congiunzione con il terreno, possono essere di lunghezza diversa, consentendo un migliore adattamento, in caso di terreni acclivi.

L'elettrodotto a 220 kV singola terna e' realizzato utilizzando una serie unificata di tipi di sostegno, tutti diversi tra loro (a seconda delle sollecitazioni meccaniche per le quali sono progettati) e tutti disponibili in varie altezze (H), denominate 'altezze utili (di norma vanno da 12 a 48 m).

Il tipo di sostegno utilizzato e le sue prestazioni nominali, con riferimento al conduttore utilizzato alluminio-acciaio  $\Phi$  31,5 mm, in termini di campata media (Cm), angolo di deviazione ( $\delta$ ) e costante altimetrica (K) sono i seguenti:

**SOSTEGNO 220 kV Semplice Terna, ZONA B – EDS 18 %**

TIPO	ALTEZZA	CAMPATA MEDIA	ANGOLO DEVIAZIONE	COSTANTE ALTIMETRICA
"L" Leggero	12 ÷ 36 m	400 m	0°	0,11
"N" Normale	12 ÷ 36 m	400 m	4°40'	0,208
"M" Medio	12 ÷ 36 m	400 m	9°18'	0,2792
"P" Pesante	12 ÷ 36 m	400 m	17°46'	0,3492
"V" Vertice	12 ÷ 48 m	400 m	32°28'	0,3492
"C" Capolinea	12 ÷ 36 m	400 m	60°00'	0,3492
"E" Eccezionale	12 ÷ 36 m	400 m	90°00'	0,3492

Ogni tipo di sostegno ha un campo di impiego rappresentato da un diagramma di utilizzazione nel quale sono rappresentate le prestazioni lineari (campate media), trasversali (angolo di deviazione) e verticali (costante altimetrica K).

Il diagramma di utilizzazione di ciascun sostegno è costruito secondo il seguente criterio:



Partendo dai valori di  $C_m$ ,  $\delta$  e  $K$  relativi alle prestazioni nominali, si calcolano le forze (azione trasversale e azione verticale) che i conduttori trasferiscono all'armamento.

Successivamente con i valori delle azioni così calcolate, per ogni valore di campata media, si vanno a determinare i valori di  $\delta$  e  $K$  che determinano azioni di pari intensità.

In ragione di tale criterio, all'aumentare della campata media diminuisce sia il valore dell'angolo di deviazione sia la costante altimetrica con cui è possibile impiegare il sostegno.

La disponibilità dei diagrammi di utilizzazione agevola la progettazione, in quanto consente di individuare rapidamente se il punto di lavoro di un sostegno, di cui si siano determinate la posizione lungo il profilo della linea e l'altezza utile, e quindi i valori a picchetto di  $C_m$ ,  $\delta$  e  $K$ , ricade o meno all'interno dell'area delimitata dal diagramma di utilizzazione stesso.

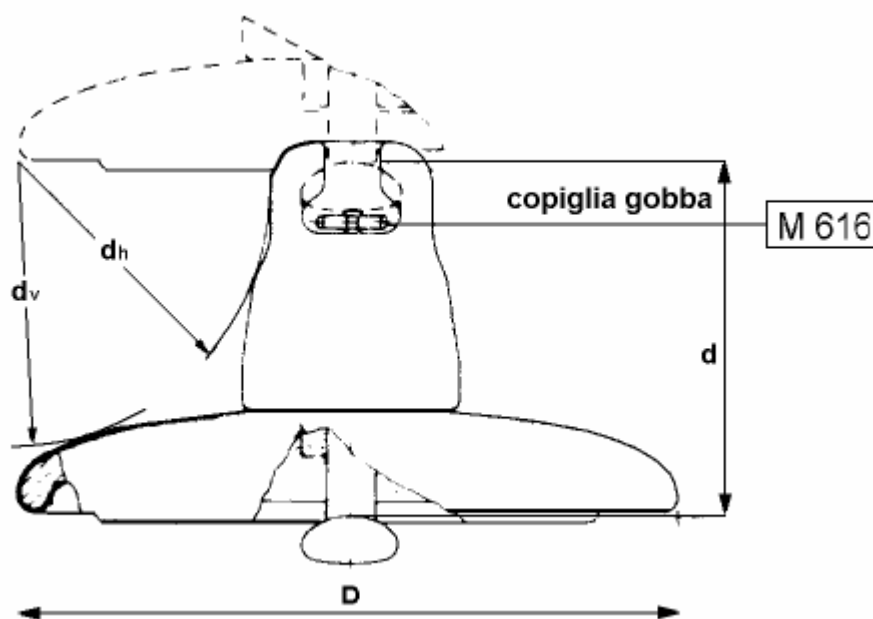
## 6.7 ISOLAMENTO

L'isolamento degli elettrodotti, previsto per una tensione massima di esercizio di 245 kV, sarà realizzato con isolatori a cappa e perno in vetro temprato, con carico di rottura di 120 kN nei due tipi "normale" e "antisale", connessi tra loro a formare catene di almeno 14 elementi. Le catene di sospensione saranno del tipo a I semplici o doppia, mentre le catene in amarro saranno del tipo ad I doppia.

Le caratteristiche degli isolatori rispondono a quanto previsto dalle norme CEI.

### 6.7.1 Caratteristiche geometriche

Nelle tabelle LJ1 e LJ2 allegate sono riportate le caratteristiche geometriche tradizionali ed inoltre le due distanze "d<sub>h</sub>" e "d<sub>v</sub>" (vedi figura) atte a caratterizzare il comportamento a sovratensione di manovra sotto pioggia.



### 6.7.2 Caratteristiche elettriche

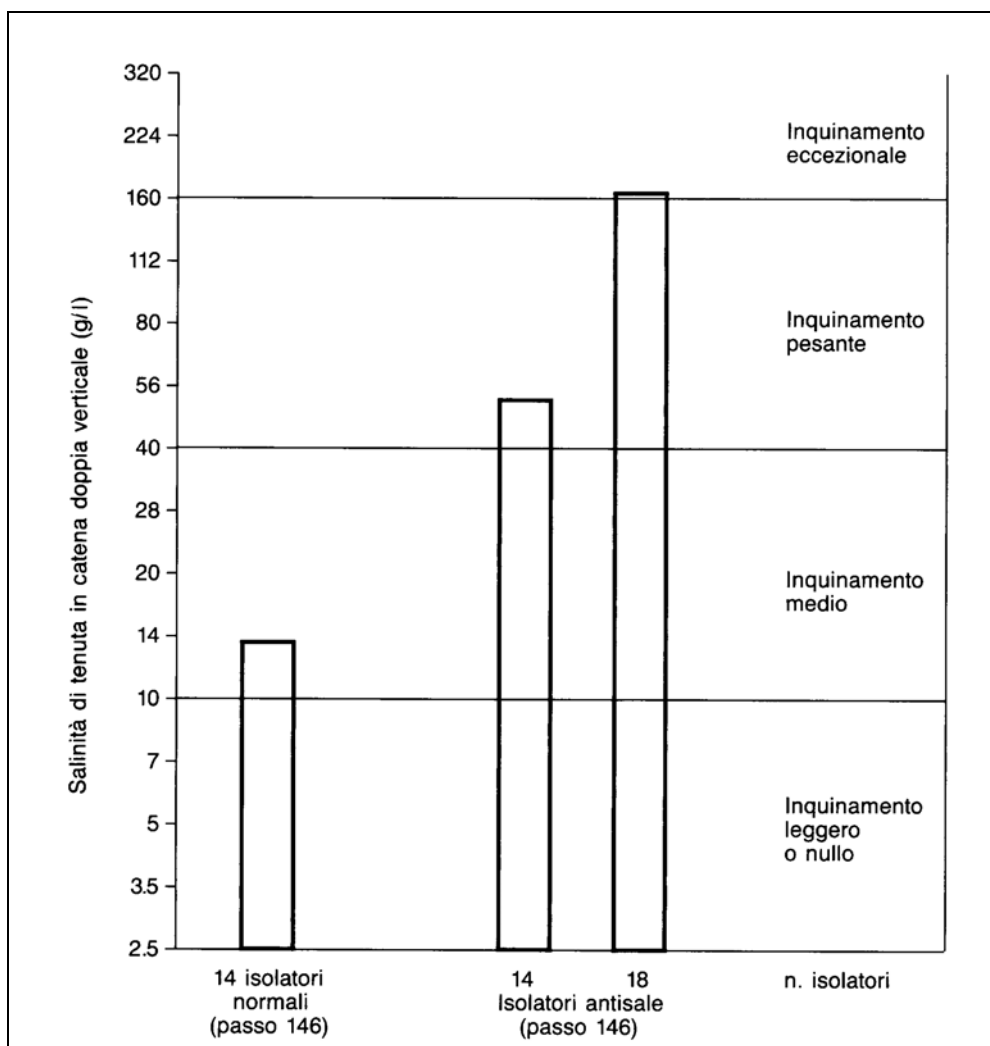
Le caratteristiche geometriche di cui sopra sono sufficienti a garantire il corretto comportamento delle catene di isolatori a sollecitazioni impulsive dovute a fulminazione o a sovratensioni di manovra.

Per quanto riguarda il comportamento degli isolatori in presenza di inquinamento superficiale, nelle tabelle LJ1 e LJ2 allegate sono riportate, per ciascun tipo di isolatore, le condizioni di prova in nebbia salina, scelte in modo da porre ciascuno di essi in una situazione il più possibile vicina a quella di effettivo impiego.

Nella tabella che segue è poi indicato il criterio per individuare il tipo di isolatore ed il numero di elementi da impiegare con riferimento ad una scala empirica dei livelli di inquinamento.

LIVELLO DI INQUINAMENTO	DEFINIZIONE	MINIMA SALINITA' DI TENUTA (kg/m <sup>2</sup> )
I – Nullo o leggero (1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone prive di industrie e con scarsa densità di abitazioni dotate di impianto di riscaldamento</li> <li>• Zone con scarsa densità di industrie e abitazioni, ma frequentemente soggette a piogge e/o venti.</li> <li>• Zone agricole (2)</li> <li>• Zone montagnose</li> </ul> <p>Occorre che tali zone distino almeno 10-20 km dal mare e non siano direttamente esposte a venti marini (3)</p>	10
II – Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone con industrie non particolarmente inquinanti e con media densità di abitazioni dotate di impianto di riscaldamento</li> <li>• Zone ad alta densità di industrie e/o abitazioni, ma frequentemente soggette a piogge e/o venti.</li> <li>• Zone esposte ai venti marini, ma non troppo vicine alla costa (distanti almeno alcuni chilometri) (3)</li> </ul>	40
III - Pesante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone ad alta densità industriale e periferie di grandi agglomerati urbani ad alta densità di impianti di riscaldamento produttori sostanze inquinanti</li> <li>• Zone prossime al mare e comunque esposte a venti marini di entità relativamente forte</li> </ul>	160
IV – Eccezionale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone di estensione relativamente modesta, soggette a polveri o fumi industriali che causano depositi particolarmente conduttivi</li> <li>• Zone di estensione relativamente modesta molto vicine a coste marine e battute da venti inquinanti molto forti</li> <li>• Zone desertiche, caratterizzate da assenza di pioggia per lunghi periodi, esposte a tempeste di sabbia e sali, e soggette a intensi fenomeni di condensazione</li> </ul>	(*)

- (1) Nelle zone con inquinamento nullo o leggero una prestazione dell'isolamento inferiore a quella indicata può essere utilizzata in funzione dell'esperienza acquisita in servizio.
- (2) Alcune pratiche agricole quali la fertirrigazione o la combustione dei residui, possono produrre un incremento del livello di inquinamento a causa della dispersione via vento delle particelle inquinanti.
- (3) Le distanze dal mare sono strettamente legate alle caratteristiche topografiche della zona ed a alle condizioni di vento più severe.
- (4) (\*) per tale livello di inquinamento non viene dato un livello di salinità di tenuta, in quanto risulterebbe più elevato del massimo valore ottenibile in prove di salinità in laboratorio. Si rammenta inoltre che l'utilizzo di catene di isolatori antisale di lunghezze superiori a quelle indicate nelle tabelle di unificazione (criteri per la scelta del numero e del tipo degli isolatori) implicherebbe una linea di fuga specifica superiore a 33 mm/kV fase-fase oltre la quale interviene una non linearità nel comportamento in ambiente inquinato.



Le caratteristiche della zona interessata dall'elettrodotto in esame sono di inquinamento atmosferico medio e quindi si è scelta la soluzione dei 14 isolatori (passo 146) tipo J1/2 (normale) per tutti gli armamenti in sospensione e quella dei 14 isolatori (passo 146) tipo J1/2 (normale) per gli armamenti in amarro.

### 6.8 MORSETTERIA ED ARMAMENTI

Gli elementi di morsetteria per linee a 220 kV sono stati dimensionati in modo da poter sopportare gli sforzi massimi trasmessi dai conduttori agli isolatori, ovvero da questi alle mensole. Sono stati previsti cinque tipi di equipaggiamento: tre impiegabili in sospensione e due in amarro. Per equipaggiamento si intende il complesso degli elementi di morsetteria che collegano le morse di sospensione o di amarro agli isolatori e questi ultimi al sostegno.

Per le linee a 220 kV si distinguono i tipi di equipaggiamento riportati nella tabella seguente:

EQUIPAGGIAMENTO	TIPO	CARICO DI ROTTURA kN	SIGLA
SEMPLICE SOSPENSIONE	370/1	120	SS
DOPPIO PER SOSPENSIONE CON MORSA UNICA	370/2	120	DS

DOPPIO PER SOSPENSIONE CON MORSO DOPPIA	370/3	210	M
SEMPLICE PER AMARRO	372/1	120	SA
DOPPIO PER AMARRO	372/2	210	DA

La scelta degli equipaggiamenti viene effettuata, per ogni singolo sostegno, fra quelli disponibili nel Progetto Unificato, in funzione delle azioni (trasversale, verticale e longitudinale) determinate dal tiro dei conduttori e dalle caratteristiche di impiego del sostegno esaminato (campata media, dislivello a monte e a valle, ed angolo di deviazione).

## 6.9 FONDAZIONI

Ciascun sostegno è dotato di quattro piedi e delle relative fondazioni.

La fondazione è la struttura interrata atta a trasferire i carichi strutturali (compressione e trazione) dal sostegno al sottosuolo. Le fondazioni unificate sono utilizzabili su terreni normali, di buona o media consistenza.

Ciascun piedino di fondazione è composto di tre parti:

- a) un blocco di calcestruzzo armato costituito da una base, che appoggia sul fondo dello scavo, formata da una serie di platee (parallelepipedi a pianta quadrata) sovrapposte; detta base è simmetrica rispetto al proprio asse verticale;
- b) un colonnino a sezione circolare, inclinato secondo la pendenza del montante del sostegno;
- c) un "moncone" annegato nel calcestruzzo al momento del getto, collegato al montante del "piede" del sostegno. Il moncone è costituito da un angolare, completo di squadrette di ritenuta, che si collega con il montante del piede del sostegno mediante un giunto a sovrapposizione. I monconi sono raggruppati in tipi, caratterizzati dalla dimensione dell'angolare, ciascuno articolato in un certo numero di lunghezze.

Dal punto di vista del calcolo dimensionale è stata seguita la normativa di riferimento per le opere in cemento armato di seguito elencata:

- D.M. 9 gennaio 1996, "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- D.M. 14 febbraio 1992: "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- D.M. 16 Gennaio 1996: Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";
- Circolare Ministero LL.PP. 14 Febbraio 1974 n.11951: Applicazione delle norme sul cemento armato L. 5/11/71 n. 1086;
- Circolare Min. LL.PP. 4 Luglio 1996 n.156AA.GG./STC.: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al Decreto Ministeriale 16 gennaio 1996.

Sono inoltre osservate le prescrizioni della normativa specifica per elettrodotti, costituita dal D.M. 21/3/1988; in particolare per la verifica a strappamento delle fondazioni, viene considerato anche il contributo del terreno circostante come previsto dall'articolo 2.5.06 dello stesso D.M. 21/3/1988.

L'articolo 2.5.08 dello stesso D.M., prescrive che le fondazioni verificate sulla base degli articoli sopramenzionati, siano idonee ad essere impiegate anche nelle zone sismiche per qualunque grado di sismicità. I sostegni utilizzati sono tuttavia stati verificati anche secondo le disposizioni date dal D.M. 9/01/96 (Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche). L'abbinamento tra ciascun sostegno e la relativa fondazione è determinato nel progetto unificato mediante le "Tabelle delle corrispondenze" che sono le seguenti:

- Tabella delle corrispondenze tra sostegni, monconi e fondazioni;
- Tabella delle corrispondenze tra fondazioni ed armature colonnino

Con la prima tabella si definisce il tipo di fondazione corrispondente al sostegno impiegato mentre con la seconda si individua la dimensione ed armatura del colonnino corrispondente.

Come già detto le fondazioni unificate sono utilizzabili solo su terreni normali di buona e media consistenza, pertanto le fondazioni per sostegni posizionati su terreni con scarse caratteristiche geomeccaniche, su terreni instabili o su terreni allagabili sono oggetto di indagini geologiche e sondaggi mirati, sulla base dei quali vengono, di volta in volta, progettate ad hoc.

### **6.10 MESSE A TERRA DEI SOSTEGNI**

Per ogni sostegno, in funzione della resistività del terreno misurata in sito, viene scelto, in base alle indicazioni riportate nel Progetto Unificato, anche il tipo di messa a terra da utilizzare.

Il Progetto Unificato ne prevede di 6 tipi, adatti ad ogni tipo di terreno.

### **6.11 CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI**

Si rimanda alla consultazione dell'elaborato Doc. n. EECR06002BGL00066 "Componenti Elettrodotti aerei 220 kV ST e DT"

### **6.12 TERRE E ROCCE DA SCAVO**

La realizzazione di un elettrodotto è suddivisibile in tre fasi principali:

1. esecuzione delle fondazioni dei sostegni;
2. montaggio dei sostegni;
3. messa in opera dei conduttori e delle corde di guardia.

Solo la prima fase comporta movimenti di terra, come descritto nel seguito.

Ciascun sostegno è dotato di quattro piedini separati e delle relative fondazioni, strutture interrato atte a trasferire i carichi strutturali (compressione e trazione) dal sostegno al sottosuolo.

Ciascun piedino di fondazione è composto di tre parti:

- un blocco di calcestruzzo armato costituito da una base, che appoggia sul fondo dello scavo, formata da una serie di platee (parallelepipedi a pianta quadrata) sovrapposte; detta base è simmetrica rispetto al proprio asse verticale;
- un colonnino a sezione circolare, inclinato secondo la pendenza del montante del sostegno;

- un “moncone” annegato nel calcestruzzo al momento del getto, collegato al montante del “piede” del sostegno. Il moncone è costituito da un angolare, completo di squadrette di ritenuta, che si collega con il montante del piede del sostegno mediante un giunto a sovrapposizione. I monconi sono raggruppati in tipi, caratterizzati dalla dimensione dell’angolare, ciascuno articolato in un certo numero di lunghezze.

Saranno inoltre realizzati dei piccoli scavi in prossimità del sostegno per la posa dei dispersori di terra con successivo reinterro e costipamento.

L’abbinamento tra ciascun sostegno e la relativa fondazione è determinato nel Progetto Unificato Terna mediante apposite “tabelle delle corrispondenze” tra sostegni, monconi e fondazioni.

Poiché le fondazioni unificate sono utilizzabili solo su terreni normali di buona e media consistenza, per sostegni posizionati su terreni con scarse caratteristiche geomeccaniche, su terreni instabili o su terreni allagabili, sono progettate fondazioni speciali (pali trivellati, micropali, tiranti in roccia), sulla base di apposite indagini geotecniche.

La realizzazione delle fondazioni di un sostegno prende avvio con l’allestimento dei cosiddetti “microcantieri” relativi alle zone localizzate da ciascun sostegno. Essi sono destinati alle operazioni di scavo, getto in cemento armato delle fondazioni, reinterro ed infine all’assemblaggio degli elementi costituenti la tralicciatura del sostegno. Mediamente interessano un’area circostante delle dimensioni di circa 30x30 m e sono immuni da ogni emissione dannosa.

Durante la realizzazione delle opere, il criterio di gestione del materiale scavato prevede il suo deposito temporaneo presso ciascun “microcantiere” e successivamente il suo utilizzo per il reinterro degli scavi, previo accertamento, durante la fase esecutiva, dell’idoneità di detto materiale per il riutilizzo in sito. In caso contrario, saranno eseguiti appositi campionamenti e il materiale scavato sarà destinato ad idonea discarica, con le modalità previste dalla normativa vigente.

In particolare, poiché per l’esecuzione dei lavori non sono utilizzate tecnologie di scavo con impiego di prodotti tali da contaminare le rocce e terre, nelle aree a verde, boschive, agricole, residenziali, aste fluviali o canali in cui sono assenti scarichi, vale a dire nelle aree in cui non sia accertata e non si sospetti potenziale contaminazione, nemmeno dovuto a fonti inquinanti diffuse, il materiale scavato sarà considerato idoneo al riutilizzo in sito.

Per tutte le tipologie di fondazioni, l’operazione successiva consiste nel montaggio dei sostegni, ove possibile sollevando con una gru elementi premontati a terra a tronchi, a fiancate o anche ad aste sciolte.

Ove richiesto, si procede alla verniciatura dei sostegni.

Infine una volta realizzato il sostegno si procederà alla risistemazione dei “microcantieri”, previo minuzioso sgombero da ogni materiale di risulta, rimessa in pristino delle pendenze del terreno costipato ed idonea piantumazione e ripristino del manto erboso.

In complesso i tempi necessari per la realizzazione di un sostegno non superano il mese e mezzo, tenuto conto anche della sosta necessaria per la stagionatura dei getti.



Di seguito sono descritte le principali attività delle varie di tipologie di fondazione utilizzate.

#### Fondazioni a plinto con riseghe

Predisposti gli accessi alle piazzole per la realizzazione dei sostegni, si procede alla pulizia del terreno e allo scavo delle fondazioni. Queste saranno in genere di tipo diretto e dunque si limitano alla realizzazione di 4 plinti agli angoli dei tralicci (fondazioni a piedini separati).

Ognuna delle quattro buche di alloggiamento della fondazione è realizzata utilizzando un escavatore e avrà dimensioni di circa 3x3 m con una profondità non superiore a 4 m, per un volume medio di scavo pari a circa 30 mc; una volta realizzata l'opera, la parte che resterà in vista sarà costituita dalla parte fuori terra dei colonnini di diametro di circa 1 m.

Pulita la superficie di fondo scavo si getta, se ritenuto necessario per un migliore livellamento, un sottile strato di "magrone". Nel caso di terreni con falda superficiale, si procederà all'aggottamento della fossa con una pompa di esaurimento.

In seguito si procede con il montaggio dei raccordi di fondazione e dei piedi, il loro accurato livellamento, la posa dell'armatura di ferro e delle casserature, il getto del calcestruzzo.

Trascorso il periodo di stagionatura dei getti, si procede al disarmo delle casserature. Si esegue quindi il reinterro con il materiale proveniente dagli scavi, se ritenuto idoneo, ripristinando il preesistente andamento naturale del terreno. Il materiale di risulta, mediamente meno del 10% di quello scavato, può essere utilizzato in loco per la successiva sistemazione del sito o allocato in discarica.

#### Pali trivellati

La realizzazione delle fondazioni con pali trivellati avviene come segue.

- Pulizia del terreno; posizionamento della macchina operatrice; realizzazione di un fittone per ogni piedino mediante trivellazione fino alla quota prevista in funzione della litologia del terreno desunta dalle prove geognostiche eseguite in fase esecutiva (mediamente 15 m) con diametri che variano da 1,5 a 1,0 m, per complessivi 15 mc circa per ogni fondazione; posa dell'armatura; getto del calcestruzzo fino alla quota di imposta del traliccio.
- A fine stagionatura del calcestruzzo del trivellato si procederà al montaggio e posizionamento della base del traliccio; alla posa dei ferri d'armatura ed al getto di calcestruzzo per realizzare il raccordo di fondazione al trivellato; ed infine al ripristino del piano campagna ed all'eventuale rinverdimento.

Durante la realizzazione dei trivellati, per limitare gli inconvenienti dovuti alla presenza di falda, verrà utilizzata, in alternativa al tubo forma metallico, della bentonite che a fine operazioni dovrà essere recuperata e smaltita secondo le vigenti disposizioni di legge. Anche in questo caso il materiale di risulta può essere riutilizzato per la sistemazione del sito o smaltito in discarica autorizzata.

#### Micropali

La realizzazione delle fondazioni con micropali avviene come segue.

- Pulizia del terreno; posizionamento della macchina operatrice; realizzazione di una serie di micropali per ogni piedino con trivellazione fino alla quota prevista; posa dell'armatura; iniezione malta cementizia.
- Scavo per la realizzazione dei dadi di raccordo micropali-traliccio; messa a nudo e pulizia delle armature dei micropali; montaggio e posizionamento della base del traliccio; posa in opera delle armature del dado di collegamento; getto del calcestruzzo.

Il volume di scavo complessivo per ogni piedino è circa 4 mc.

A fine stagionatura del calcestruzzo si procederà al disarmo dei dadi di collegamento; al ripristino del piano campagna ed all'eventuale rinverdimento.

Durante la realizzazione dei micropali, per limitare gli inconvenienti dovuti alla presenza di falda, verrà utilizzato un tubo forma metallico, per contenere le pareti di scavo, che contemporaneamente alla fase di getto sarà recuperato. Anche in questo caso il materiale di risulta può essere riutilizzato per la sistemazione del sito o smaltito in discarica autorizzata.

#### Tiranti in roccia

La realizzazione delle fondazioni con tiranti in roccia avviene come segue.

- Pulizia del banco di roccia con asportazione del "cappellaccio" superficiale degradato (circa 30 cm) nella posizione del piedino, fino a trovare la parte di roccia più consistente; posizionamento della macchina operatrice per realizzare una serie di ancoraggi per ogni piedino; trivellazione fino alla quota prevista; posa delle barre in acciaio; iniezione di resina sigillante (biacca) fino alla quota prevista;
- Scavo, tramite demolitore, di un dado di collegamento tiranti-traliccio delle dimensioni 1,5 x 1,5 x 1 m; montaggio e posizionamento della base del traliccio; posa in opera dei ferri d'armatura del dado di collegamento; getto del calcestruzzo.

Trascorso il periodo di stagionatura dei getti, si procede al disarmo delle casserature. Si esegue quindi il reinterro con il materiale proveniente dagli scavi, se ritenuto idoneo. Il materiale di risulta, mediamente meno del 10% di quello scavato, può essere utilizzato in loco per la successiva sistemazione del sito o allocato in discarica.

## **7 RUMORE**

Si faccia riferimento al par. 7 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RGCR06002BGL00010).

## **8 INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE**

Si faccia riferimento al par. 8 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RGCR06002BGL00010).

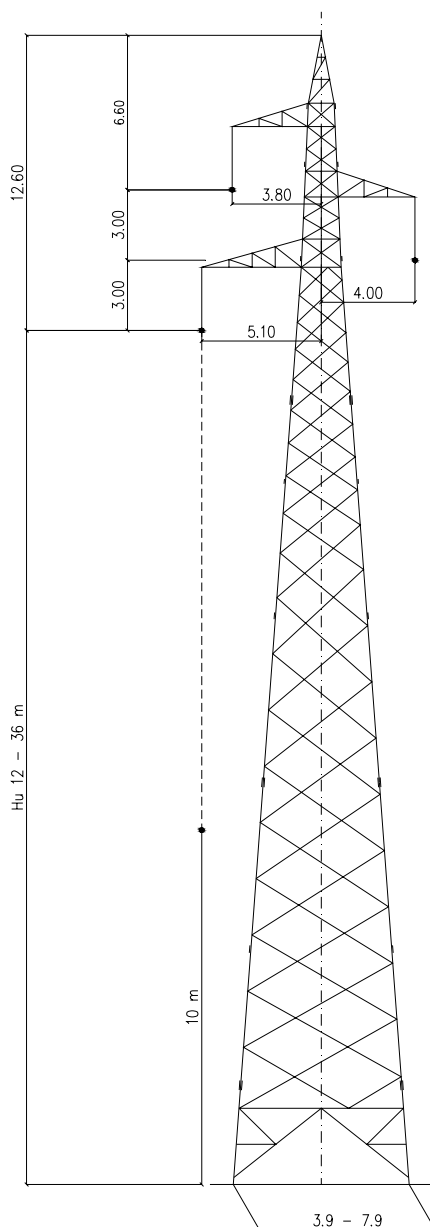
## **9 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI**

### **9.1 RICHIAMI NORMATIVI**

Si faccia riferimento al par. 9.1 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RGCR06002BGL00010).

## 9.2 CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

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. A titolo di esempio si riportano l'andamento dell'induzione magnetica lungo il tracciato generata da una linea a 220 kV:



Le condizioni di carico che sono presentate sono quelle imposte dalla Norma CEI 11-60, per la zona B nel periodo freddo e nel periodo caldo, come indicato nella seguente tabella:

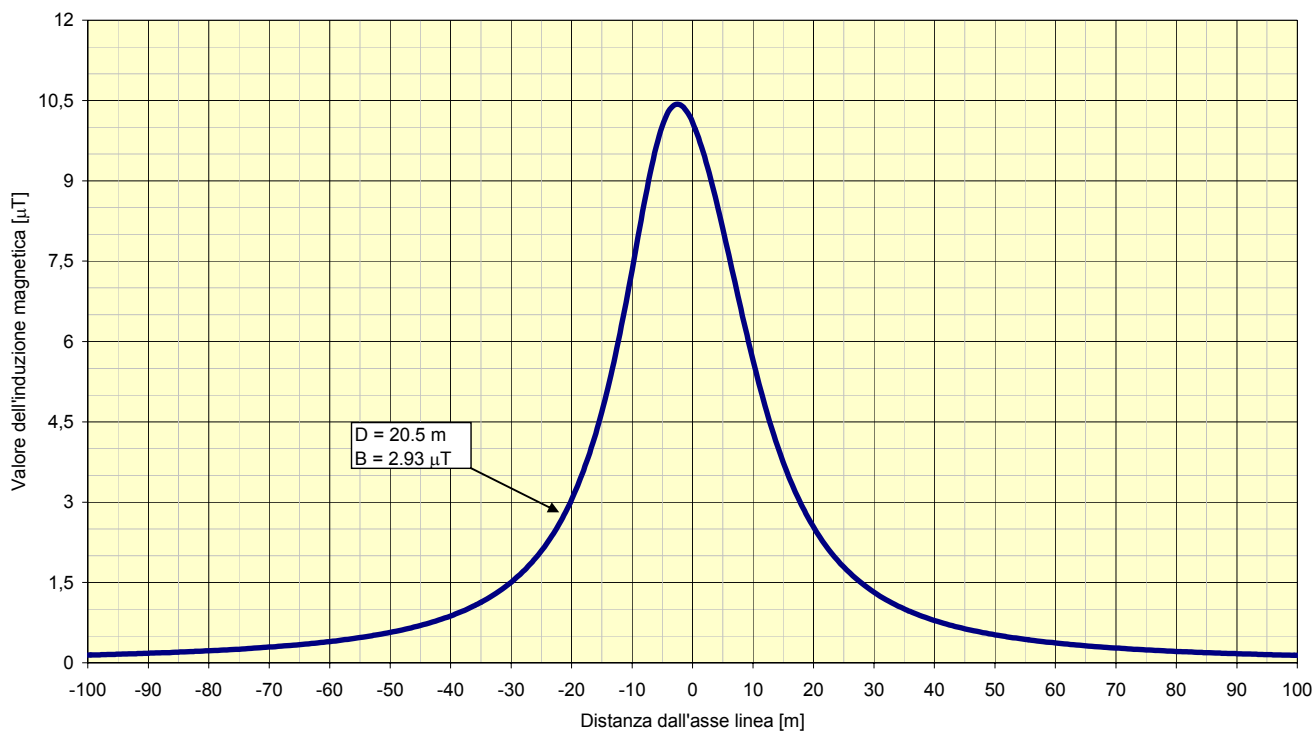
TENSIONE NOMINALE	PORTATA IN CORRENTE (A) DEL CONDUTTORE SECONDO CEI 11-60	
	ZONA B	
	PERIODO C	PERIODO F
220 kV	610	710

Per il calcolo è stato utilizzato il programma "EMF Vers 4.0" sviluppato per T.E.R.NA. da CESI, in accordo con la norma CEI 11-60

I valori esposti si intendono calcolati ad una distanza di 1.5 metri dal suolo.

Per il calcolo delle intensità del campo magnetico si è considerata un'altezza dei conduttori dal suolo pari a 10 m. Tale ipotesi è conservativa, in quanto la loro altezza è, per scelta progettuale, sempre maggiore del limite fissato dalla norma stessa. Tra due sostegni consecutivi il conduttore si dispone secondo una catenaria, per cui la sua altezza dal suolo è sempre maggiore del limite indicato, tranne che nel punto di vertice della catenaria stessa. Anche per tale ragione l'ipotesi di calcolo assunta risulta conservativa.

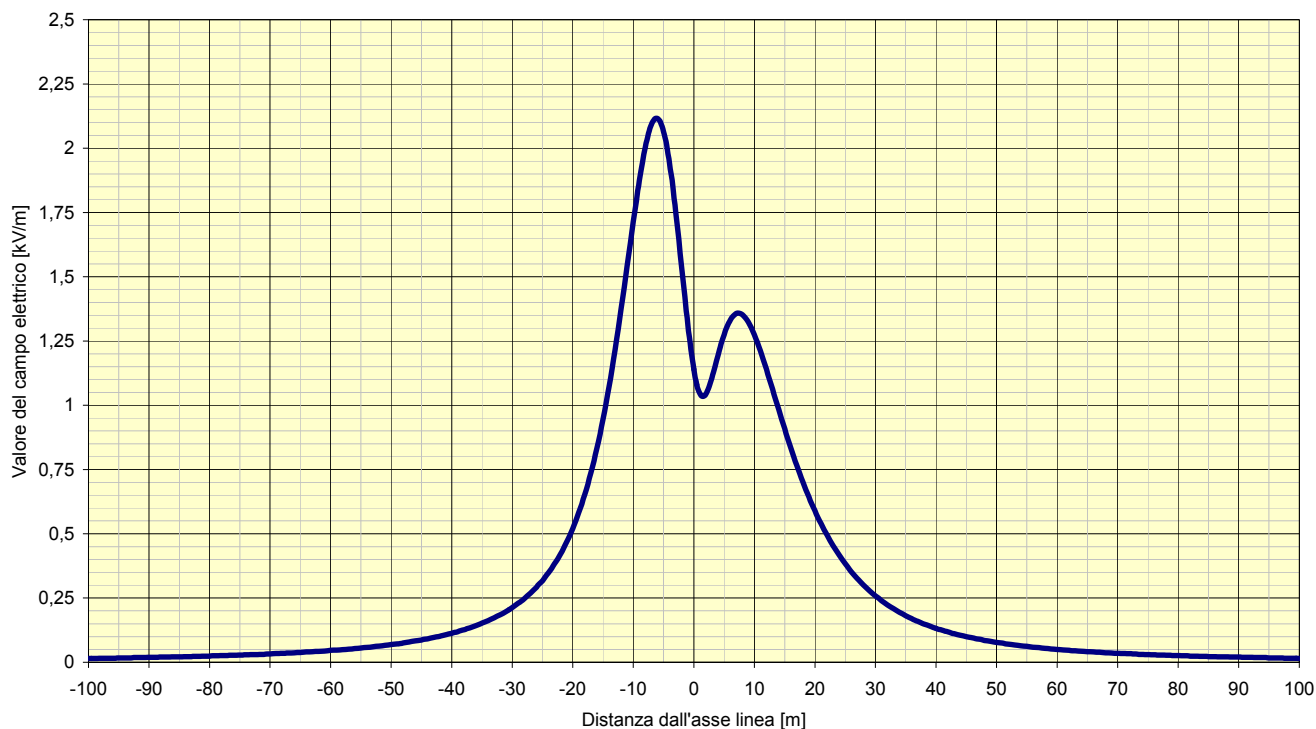
### Induzione Magnetica



Come si vede dal grafico nei casi di carico previsti dalla norma CEI 11-60 si raggiunge l'obiettivo di qualità di 3 µT già intorno ai 20.5 metri dall'asse linea anche in condizione di franco minimo sul terreno.

Di seguito si riporta l'andamento del campo elettrico generato dalla linea elettrica aerea a 220 kV presa in considerazione:

**Campo Elettrico**



Come si vede i valori di campo elettrico sono di gran lunga minori dei limiti imposti dalla normativa. Dalle valutazioni su esposte, considerate le distanze delle abitazioni e dei luoghi destinati a permanenza prolungata della popolazione dell'elettrodotto in progetto, si dimostra ovunque il rispetto con margine dei limiti di esposizione stabiliti dalla normativa vigente, tranne che in alcuni casi particolari dove il rispetto della legge è garantita dall'altezza sul piano di campagna dei conduttori ancorché dalla distanza dall'asse linea.

**10 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Si faccia riferimento al par. 10 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RGCR06002BGL00010).

**11 AREE IMPEGNATE**

Si faccia riferimento al par. 11 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RGCR06002BGL00010).

**12 FASCE DI RISPETTO**

Si faccia riferimento al par. 12 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RGCR06002BGL00010).

**13 SICUREZZA NEI CANTIERI**

Si faccia riferimento al par. 13 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RGCR06002BGL00010).