

**Variante aerea della linea a 220 kV "Roma Sud – Cinecittà" (cd. Castelluccia)**

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

**RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA**



**Storia delle revisioni**

Rev. 00	del 15/05/2010	Emissione per PTO
---------	----------------	-------------------

Elaborato	Verificato	Approvato
M. Ferotti SRI/PRI-RM	M. Ferotti SRI/PRI-RM	E. Farci SRI/PRI-RM

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 ATTRAVERSATE .....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE OPERE .....</b>	<b>3</b>
4.1	Vincoli Aeroportuali.....	4
4.2	Distanze di sicurezza rispetto alle attività soggette a controllo prevenzione incendi.....	4
<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.....	7
6.5	Capacità di trasporto .....	8
6.6	Sostegni.....	8
6.7	Isolamento .....	10
6.7.1	Caratteristiche geometriche.....	10
6.7.2	Caratteristiche elettriche .....	10
6.8	Morsetteria ed armamenti.....	12
6.9	Fondazioni .....	13
6.10	Messe a terra dei sostegni .....	14
6.11	Caratteristiche dei componenti .....	14
6.12	Terre e rocce da scavo.....	14
<b>7</b>	<b>RUMORE.....</b>	<b>17</b>
<b>8</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE .....</b>	<b>17</b>
<b>9</b>	<b>CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI .....</b>	<b>17</b>
9.1	Richiami normativi .....	17
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 (doc. n. RU0584QSWBER00001\_00), relativi alla variante di tracciato dell'esistente elettrodotto aereo a 220 kV in singola terna "Roma Sud - Cinecittà".

Tale variante consente di eliminare l'interferenza dell'attuale elettrodotto 220 kV con l'area urbanizzata denominata Castelluccia.

## **2      MOTIVAZIONI DELL'OPERA**

Tale intervento rientra in un più ampio piano di interventi di potenziamento e razionalizzazione della rete AT dell'area metropolitana di Roma per le cui motivazioni si rimanda al par. 2 della Relazione Tecnica Generale (doc. n. RU0584QSWBER00001\_00).

## **3      UBICAZIONE DELL'INTERVENTO E OPERE ATTRAVERSADE**

L'intervento oggetto del presente Piano Tecnico delle Opere è contenuto interamente nel Comune di Roma.

L'elenco delle opere principali attraversate con il nominativo delle Amministrazioni competenti è riportato nell'elaborato Doc. n. EE0584QSWBER00063\_00 (Elenco opere attraversate). Gli attraversamenti principali sono altresì evidenziati anche nella corografia in scala 1:5.000 Doc. n. DE0584QSWBER00062\_00 allegata.

## **4      DESCRIZIONE DELLE OPERE**

L'opera oggetto della seguente relazione tecnica consiste nella realizzazione di una variante di tracciato all'esistente elettrodotto aereo a 220 kV in singola terna "Roma Sud – Cinecittà". Tale variante consente di eliminare l'interferenza dell'attuale elettrodotto 220 kV con l'area urbanizzata denominata "Castelluccia".

Il tracciato della variante, riportato sulla corografia allegata in scala 1:5.000 (Dis.n. DE0584QSWBER00062), è stato progettato in armonia con quanto dettato dall'art. 121 del T.U. 11/12/1933 n°. 1775, confrontando le esigenze della pubblica utilità delle opere con gli interessi pubblici e privati coinvolti, in modo da arrecare il minor sacrificio possibile alle aree interessate.

Il tracciato si sviluppa in aree agricole destinate prevalentemente a seminativo, situate nel Quadrante Sud - Est del Comune di Roma, Municipio XII, interessando aree della tenuta Capizzucchi e di Porta Medaglia.

In questo ambito è stato individuato il tracciato più idoneo e razionale, avendo valutato le possibili soluzioni alternative in funzione delle ripercussioni sull'ambiente, con riferimento alla legislazione nazionale e regionale vigente in materia.

In particolare il tracciato si distacca dall'esistente linea a circa 50 m dalla stazione di transizione cavo - aereo ubicata nella S.P. n.3/e Ardeatina al km 11, attraversa in direzione Sud il Fosso Pagnotta, la strada comunale Via Castel di Leva e il Fosso della Castelluccia fino a giungere in corrispondenza della Tenuta di Porta Medaglia dopo circa 2,20 km. Da questo punto devia in direzione Sud-Sud-Est per evitare l'attraversamento di una cava di pozzolana in attività, al km 2,75 transita a distanza adeguata tra due aziende agricole.

Proseguendo in direzione Sud-Ovest, il tracciato attraversa il Fosso della Torre, la strada Via di Porta Medaglia e la linea 150 kV a doppia terna Laurentina - Roma Sud al km 3,90, fino a raggiungere il nuovo sostegno capolinea, che verrà installato in asse elettrodotto 220 kV Roma Sud – Cinecittà a 20 m circa dall'esistente sostegno n. 16.

Lo sviluppo complessivo del tracciato è di circa 4,9 km.

Il tratto di linea, attualmente in esercizio, che interferisce con le aree residenziali della lunghezza di 5,20 km verrà demolito.

Come evidenziato nella corografia allegata in scala 1:5000 (Dis.n. DE0584QSWBER00062) il nuovo elettrodotto 220 kV attraversa l'esistente linea 150 kV in doppia terna "Laurentina - Roma Sud" in corrispondenza dell'attuale campata 10 – 11. In tale campata, al fine di contenere l'altezza dei sostegni di attraversamento della nuova variante 220 kV, sarà necessario ammare la corda di guardia della linea a 150 kV in doppia terna alla base del cimino dei due sostegni.

#### **4.1 Vincoli Aeroportuali**

I vincoli aeroportuali sono illustrati nel par. 3.2 della Relazione Tecnica Generale (doc. n. RU0584QSWBER00001\_00).

#### **4.2 Distanze di sicurezza rispetto alle attività soggette a controllo prevenzione incendi**

Recependo quanto richiesto dal Ministero dell'Interno, Dipartimento Vigili del Fuoco, Soccorso Pubblico e Difesa Civile, con Circolare Prot. DCPREV Prot. 0007075 del 27 aprile 2010 si è prestata particolare attenzione a verificare il rispetto delle distanze di sicurezza tra l'elettrodotto a 150 kV in progetto e le attività soggette al controllo dei Vigili del Fuoco o a rischio di incidente rilevante di cui al D. Lgs. 334/99. Nell'area interessata dal tracciato dell'elettrodotto aereo in esame, non sono presenti, ovvero non ricadono nell'ambito delle distanze di sicurezza previste, attività soggette al controllo dei VV.FF., precisamente:

- locali nei quali si travasano o si trovano liquidi infiammabili, né autorimesse, né serbatoi fuori terra e relativi bacini di contenimento (**DM 31 luglio 1934 – Oli minerali**) - > *Divieto di sorvolo*;
- distributori stradali di carburanti (**Circolare n. 10 del 10.02.1969**) -> *Distanza di rispetto: 6 m*;
- depositi di gas di petrolio liquefatto in serbatoi fissi > 5 mc e/o in recipienti mobili di capacità complessiva superiore a 5000 kg (**Decreto Ministero Interno 13 ottobre 1994**) -> *Distanza di rispetto per tensioni superiori a 30 kV: pari alla formula  $20 + 0,1 \times (U-30)$* ;

- depositi di gas di petrolio liquefatto in serbatoi fissi < 13 mc (**Decreto Ministero Interno 14 maggio 2004 come modificato dal D.M. 5 luglio 2005**) -> *Distanza di rispetto da proiezione verticale di linee ad alta tensione: 15 m;*
- impianti di distribuzione stradale di GPL per autotrazione (**DPR 340 del 24 ottobre 2003**) - *Distanza di rispetto (misurata in proiezione): 15 m;*
- serbatoi di gas naturale (**Decreto 24 novembre 1984**) -> *Distanza di rispetto per linee elettriche con tensione superiore a 30 kV: 50 m;*
- impianti di distribuzione stradale di gas naturale per autotrazione (**Decreto Ministero Interno 24 maggio 2002**) – *Distanza di rispetto: 15 m;*
- depositi di soluzioni idroalcoliche (**Decreto 18 maggio 1995**) – *Distanza di rispetto per tensioni superiori a 30 kV: pari alla formula  $7+0.05U$ ;*
- impianti di distribuzione di idrogeno per autotrazione (**Decreto Ministero Interno 31 agosto 2006**) – *Distanza di rispetto: 30 m;*
- qualsiasi altra opera o infrastruttura in contrasto con la normativa sopra riportata ed in generale con le disposizioni riportate nella Lettera Circolare prot. n. DCPREV Prot. 0007075 del 27 aprile 2010.

Non risultano, pertanto, situazioni ostative alla sicurezza di attività soggette al controllo del VV.FF, assicurando nel contempo che, in fase di progettazione esecutiva e comunque prima dell'inizio dei lavori, si provvederà a svolgere un'ulteriore indagine al fine di accertare eventuali variazioni dello stato dei luoghi.

## **5 CRONOPROGRAMMA**

Il programma di massima dei lavori è illustrato nel par. 5 della Relazione Tecnica Generale (doc. n. RU0584QSWBER00001\_00).

## **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. EU0584QSWBER00086\_00 – "Appendice E - Caratteristiche componenti".

L'elettrodotto sarà costituito da una palificazione a singola terna armata con una terna di fasi composta ciascuna da un fascio di 2 conduttori di energia (con un totale di 6 conduttori) e una corda di guardia, fino al raggiungimento dei sostegni capolinea.

## 6.2 Caratteristiche elettriche dell'elettrodotto

Le caratteristiche elettriche dell'elettrodotto 380 kV in semplice terna sono le seguenti:

Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	220 kV
Corrente Nominale (per fase)	900 A
Potenza nominale	350 MVA
Corrente max (norma CEI 11.60 – Zona A)	1810 A

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

## 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 350/400 m.

## 6.4 Conduttori e corde di guardia

Fino al raggiungimento dei sostegni capolinea, ciascuna fase elettrica sarà costituita da un fascio di 2 conduttori (binato) collegati fra loro da distanziatori. Ciascun conduttore di energia sarà costituito 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.

Il carico di rottura teorico del conduttore sarà di 16852 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 nel Doc. n. EU0584QSWBER00086\_00 – "Appendice E - Caratteristiche componenti".

I conduttori avranno un'altezza da terra non inferiore a metri 10, arrotondamento per accesso di quella minima 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 EU0584QSWBER00088\_00 "Componenti elettrodotti aerei a 220 kV ST" del doc. n. EU0584QSWBER00086\_00 "Appendice E – Caratteristiche Componenti").

In alternativa è possibile l'impiego corda di guardia in alluminio-acciaio, del diametro di 17,9 mm (tavola LC 50 Doc. n. EU0584QSWBER00088\_00 "Componenti elettrodotti aerei a 220 kV ST" del doc. n. EU0584QSWBER00086\_00 "Appendice E – Caratteristiche Componenti"), incorporante le fibre ottiche da utilizzarsi per il sistema di protezione, controllo e conduzione degli impianti.

Il carico di rottura teorico delle corde di guardia sarà di 10645 daN.

#### **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
- **CVS2** – Condizione di verifica sbandamento catene: +15°C, vento a 130 km/h
- **CVS3** – Condizione di verifica sbandamento catene: 0°C (Zona A) -10°C (Zona B), vento a 65 km/h
- **CVS4** – Condizione di verifica sbandamento catene: +20°C, vento a 65 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 RQUT0000C2 conduttore alluminio-acciaio
- **ZONA B** EDS=20% per il conduttore tipo RQUT0000C2 conduttore alluminio-acciaio

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, nella stessa condizione di EDS, come riportato di seguito:

<b>ZONA A</b>	EDS=12.18%	per corda di guardia tipo	LC 23
	EDS=15%	per corda di guardia tipo	LC 50
<b>ZONA B</b>	EDS=11.60%	per corda di guardia tipo	LC 23
	EDS=13,9 %	per corda di guardia tipo	LC 50

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:

- -16°C in zona A
- -25°C in zona B.

La linea in oggetto è situata in "**ZONA A**".

## 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 a traliccio a delta rovesciato e basi strette di tipo tradizionale di varie altezze 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.

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 in 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 36 m).

I tipi di sostegno standard utilizzati e le loro prestazioni nominali (riferiti alla zona A), 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:

#### **SOSTEGNI 380 kV Semplice Terna a delta rovescio - ZONA A EDS 21 %**

TIPO	ALTEZZA	CAMPATA MEDIA	ANGOLO DEVIAZIONE	COSTANTE ALTIMETRICA
"L" Leggero	12 ÷ 36 m	400 m	0°43'	0,1647
"N" Normale	12 ÷ 36 m	400 m	4°	0,2183
"M" Medio	12 ÷ 36 m	400 m	8°	0,2762
"P" Pesante	12 ÷ 36 m	400 m	16°	0,3849
"V" Vertice	12 ÷ 36 m	400 m	32°	0,3849
"C" Capolinea	12 ÷ 36 m	400 m	60°	0,3849
"E" Eccezionale	12 ÷ 36 m	400 m	100°	0,3849

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 Cm,  $\delta$  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 Cm,  $\delta$  e K, ricade o meno all'interno dell'area delimitata dal diagramma di utilizzazione stesso.

## 6.7 Isolamento

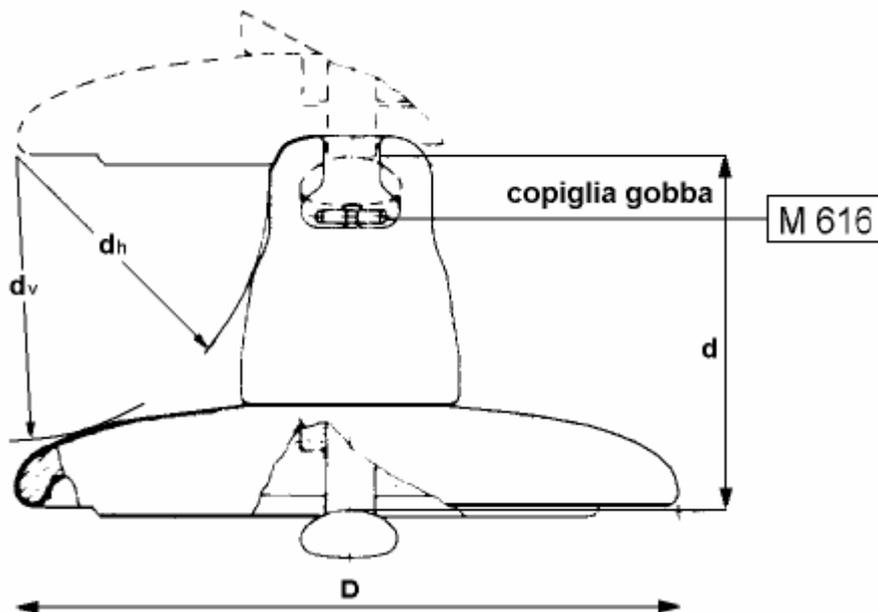
L'isolamento degli elettrodotti, previsto per una tensione massima di esercizio di 245 kV, sarà realizzato con isolatori a cappa e perno in vetro temprato, con carico di rottura di 160 e 210 kN nei due tipi "normale" e "antisale", connessi tra loro a formare catene di almeno 14 elementi negli amarri e 14 nelle sospensioni, come indicato nel grafico riportato al successivo paragrafo 6.7.2.

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 "dh" e "dv" (vedi figura) atte a caratterizzare il comportamento a sovratensione di manovra sotto pioggia.



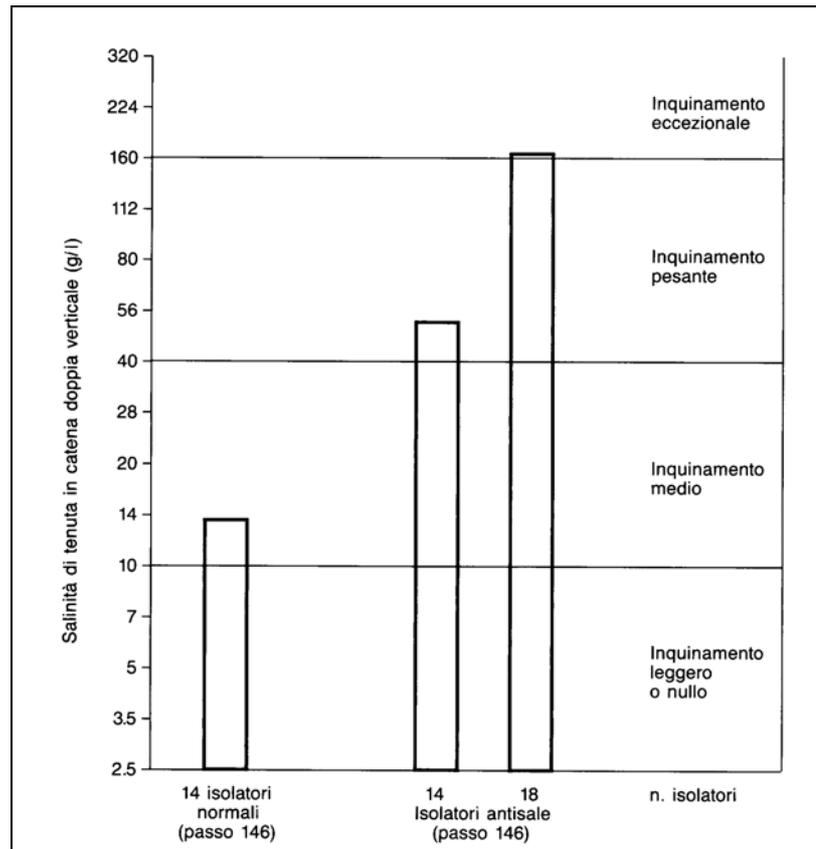
### 6.7.2 Caratteristiche elettriche

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	DEFINIZIONE	MINIMA SALINITA'
------------	-------------	------------------

INQUINAMENTO		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> Occorre che tali zone distino almeno 10-20 km dal mare e non siano direttamente esposte a venti marini (3)	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 eda 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 J1/3 (normale) per tutti gli armamenti in sospensione e quella dei 18 isolatori (passo 170) tipo J1/4 (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 MORSA 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 da:

- 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. Infrastrutture e Trasporti 14 settembre 2005 n. 159 "Norme tecniche per le costruzioni";
- 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";
- Decreto Interministeriale 16 Gennaio 1996: "Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".

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.

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 per la parte relativa al 2200 kV alla consultazione dell'elaborato EU0584QSWBER00086\_00 – "Appendice E - Caratteristiche componenti".

### **6.12 Terre e rocce da scavo**

La realizzazione di un elettrodotto aereo 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.

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 25x25 m, variabile in funzione della dimensione del sostegno 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 dell'idoneità di detto materiale per il riutilizzo in sito ai sensi della normativa vigente. In caso contrario il materiale scavato sarà destinato ad idoneo impianto di smaltimento o recupero autorizzato, con le modalità previste dalla normativa vigente.

In particolare si segnala che per l'esecuzione dei lavori non sono utilizzate tecnologie di scavo con impiego di prodotti tali da contaminare le rocce e terre.

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; nelle zone inaccessibili si procederà con falcone.

Ove richiesto, si procede alla verniciatura dei sostegni.

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

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 2,5x2,5 m con una profondità non superiore a 3,5 m, per un volume medio di scavo pari a circa 20 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 falda con una pompa di agottamento, mediante realizzazione di una fossa.

In seguito si procede con il montaggio dei raccordi di fondazione e dei piedi e base, 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 ai sensi della normativa vigente, o con materiale differente, ripristinando il preesistente andamento naturale del terreno.

#### 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 della fondazione del traliccio.

- Dopo almeno sette giorni di 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, di materiale polimerico che a fine operazioni dovrà essere recuperata e/o smaltita secondo le vigenti disposizioni di legge.

### 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 della fondazione 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 seconda del tipo di calcestruzzo si attenderà un tempo di stagionatura variabile tra 36 e 72 ore e quindi 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.

### 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;
- scavo, tramite demolitore, di un dado di collegamento tiranti-traliccio delle dimensioni 1,5 x 1,5 x 1 m;
- 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 a espansione fino alla quota prevista;
- montaggio e posizionamento della base del traliccio;
- posa in opera dei ferri d'armatura del dado di collegamento;

- getto del calcestruzzo.

A seconda del tipo di calcestruzzo si attende un tempo di stagionatura variabile tra 36 e 72 ore, quindi si procede al disarmo delle casserature. Si esegue quindi il reinterro con il materiale proveniente dagli scavi, se ritenuto idoneo ai sensi della normativa vigente, o con materiale differente.

Considerando la particolare orografia del territorio nel quale verrà realizzato l'elettrodotto si prevede l'utilizzo prevalente delle fondazioni con riseghe. **Si prevede pertanto come stima preliminare un volume di materiale movimentato pari a circa 1.000 m<sup>3</sup>.**

Tale valore è assolutamente preliminare ed andrà corretto in funzione delle reali condizioni di installazione dei nuovi sostegni.

## **7 RUMORE**

Si faccia riferimento al par.7 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RU0584QSWBER00001\_00).

## **8 INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE**

Si faccia riferimento al par.8 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RU0584QSWBER00001\_00).

## **9 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI**

### **9.1 Richiami normativi**

Si faccia riferimento al par. 9 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RU0584QSWBER00001\_00).

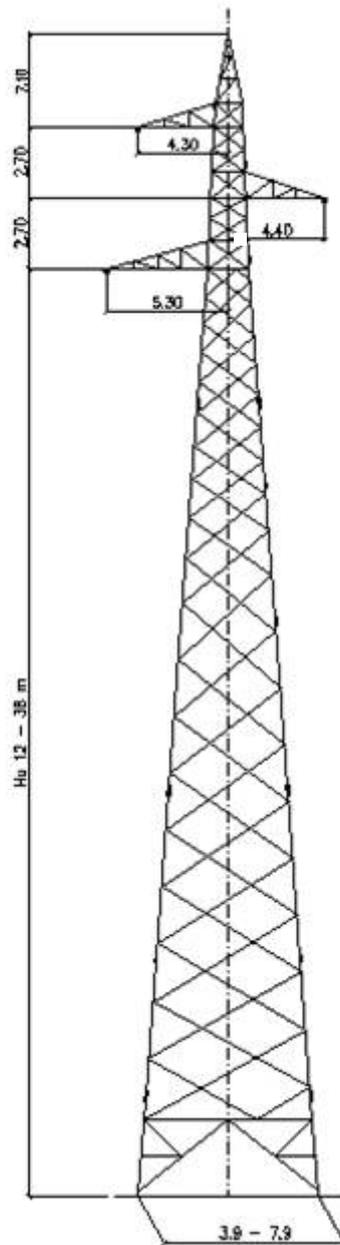
### **9.2 Calcolo dei campi elettrici e magnetici**

Si faccia anche riferimento al par. 9.2 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RU0584QSWBER00001\_00).

Per il calcolo delle intensità del campo elettrico si è considerata un'altezza dei conduttori dal suolo pari a 10 m, corrispondente cioè all'approssimazione del valore indicato dal D.M. 1991 per le linee aeree ove è prevista la presenza prolungata di persone sotto la linea.

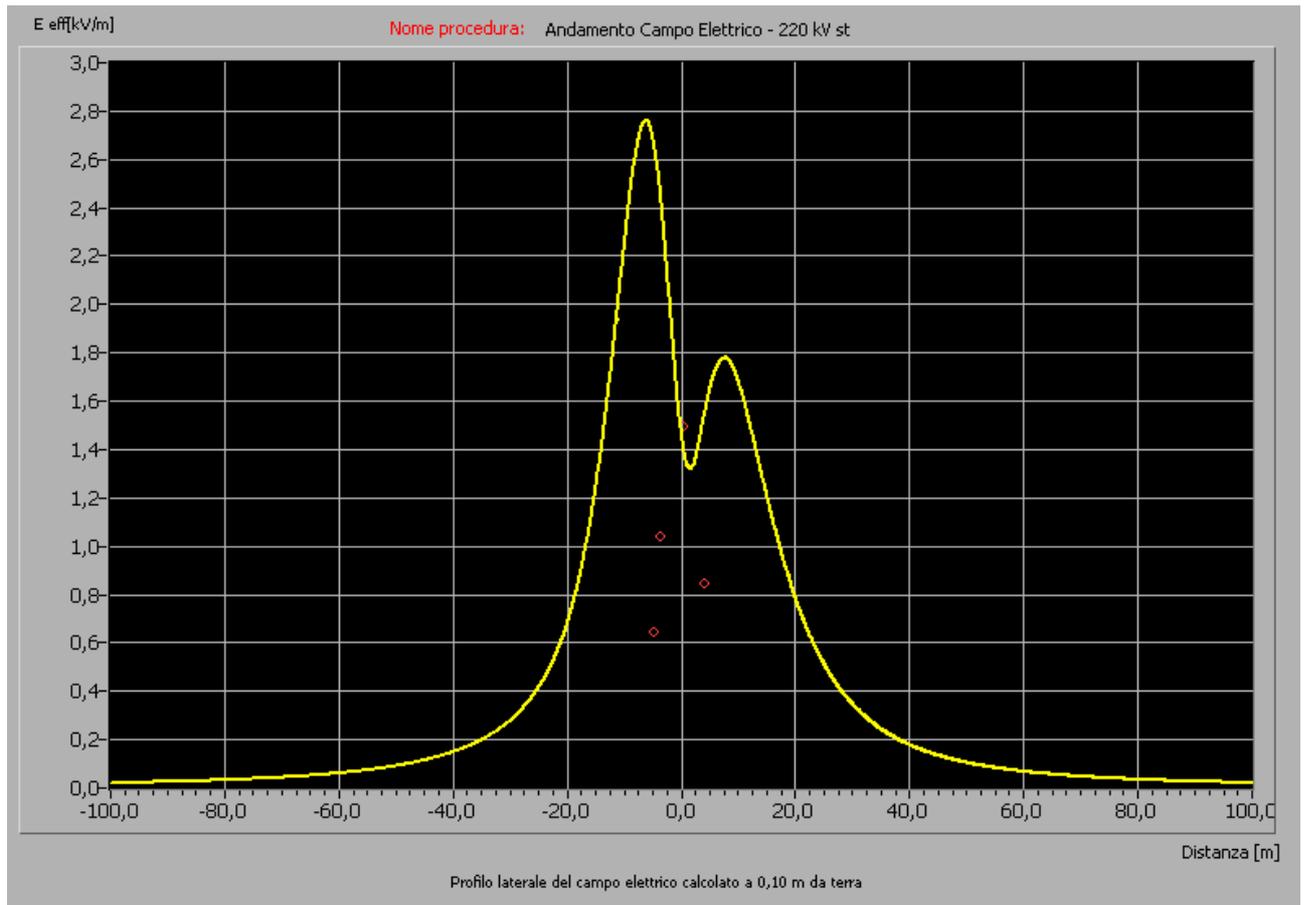
Tale ipotesi è conservativa, in quanto la loro altezza è, per scelta progettuale, sempre maggiore di tale valore. I conduttori sono ancorati ai sostegni, come da disegno schematico riportato nella figura seguente.

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.



Tipico sostegno 220 kV ST

Nella figura seguente è riportato il calcolo del campo elettrico generato dalla linea 220 kV in singola terna presa in considerazione:



Come si vede i valori di campo elettrico sono sempre inferiori al limite di 5 kV/m imposto dalla normativa.

Lo studio del campo magnetico è stato approfondito nell'Appendice "C" (doc. EG0584QSWBER00084\_00 – "Calcoli CEM") al quale si rimanda.

## 10 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si faccia riferimento al par. 10 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RU0584QSWBER00001\_00).

## 11 AREE IMPEGNATE

Si faccia riferimento al par. 11 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RU0584QSWBER00001\_00).

## 12 FASCE DI RISPETTO

Si faccia riferimento al par. 12 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RU0584QSWBER00001\_00).

## 13 SICUREZZA NEI CANTIERI

Si faccia riferimento al par. 13 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RU0584QSWBER00001\_00).