

**Raccordi della Nuova Stazione Elettrica 380/220/150 kV di Pantano alla rete
220 kV e 150 kV esistente**

PIANO TECNICO DELLE OPERE "PARTE PRIMA"

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

Storia delle revisioni

Rev. 00	del 15/01/10	Prima emissione
---------	--------------	-----------------

Elaborato		Verificato		Approvato
M. Ferotti SRI/PRI-RM		L. Simeone SRI/PRI-NA		P. Paternò SRI/PRI-NA

m010CI-LG001-r02

INDICE

1	PREMESSA	3
2	MOTIVAZIONI DELL'OPERA	3
3	UBICAZIONE DELL'INTERVENTO E OPERE ATTRAVERSATE	3
4	DESCRIZIONE DELLE OPERE	3
4.1	Vincoli aeroportuali.....	6
4.2	Distanze di sicurezza rispetto alle attività soggette a controllo prevenzione incendi.....	6
5	CRONOPROGRAMMA	7
6	CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA.....	7
6.1	Premessa	7
6.2	Caratteristiche elettriche degli elettrodotti aerei 150 kV in doppia terna.....	8
6.3	Caratteristiche elettriche dell'elettrodotto aereo 220 kV in doppia terna	8
6.4	Distanza tra i sostegni	8
6.5	Conduttori e corde di guardia	8
6.5.2	Capacità di trasporto	10
6.5.3	Sostegni	10
6.5.4	Isolamento.....	12
6.5.5	Morsetteria ed armamenti	14
6.5.6	Fondazioni.....	15
6.5.7	Messe a terra dei sostegni.....	16
6.5.8	Caratteristiche dei componenti	17
6.6	Terre e Rocce da Scavo.....	17
7	RUMORE.....	20
8	INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE.....	20
9	CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI	20
9.1	Richiami normativi	20
9.2	Calcolo dei campi elettrici e magnetici	20
10	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	24
11	AREE IMPEGNATE	24
12	FASCE DI RISPETTO	24
13	SICUREZZA NEI CANTIERI	24

1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione tecnica è la descrizione degli aspetti specifici, non contenuti nella Relazione Tecnica Generale (doc. n. PSPPRI09480), dei raccordi della Nuova Stazione Elettrica 380/220/150 kV di Pantano alla rete 220 kV e 150 kV esistente.

2 MOTIVAZIONI DELL'OPERA

Tale intervento rientra in un più ampio piano di interventi di potenziamento e razionalizzazione della rete AT della Sicilia Orientale per le cui motivazioni si rimanda al par. 2 della Relazione Tecnica Generale (doc. n. PSPPRI09480).

3 UBICAZIONE DELL'INTERVENTO E OPERE ATTRAVERSATE

I Comuni interessati dal passaggio della variante sono elencati nella seguente tabella:

REGIONE	PROVINCIA	COMUNE	PERCORRENZE	NOTE
Sicilia	Catania	Catania	8 km	tratti in aereo

L'elenco delle opere principali attraversate con il nominativo delle Amministrazioni competenti è riportato nell'elaborato Doc. n. PSPPEI09533 (Elenco opere attraversate). Gli attraversamenti principali sono altresì evidenziati anche nella corografia in scala 1:10 000 Doc. n. PSPPDI09532 allegata.

4 DESCRIZIONE DELLE OPERE

L'opera in oggetto consiste nella realizzazione dei raccordi necessari per interconnettere la nuova stazione elettrica 380/220/150 kV, da realizzarsi in località Pantano D'Archi (CT), alla rete a 150 kV e 220 kV esistente. Dovranno essere realizzati i seguenti raccordi:

1. raccordo in doppia terna aerea 150 kV alla nuova stazione di Pantano (CT) dell'esistente linea in doppia terna 220 kV "Melilli – Misterbianco" nel tratto verso Melilli, oggetto di futuro declassamento a 150 kV.
2. raccordo in doppia terna aerea 220 kV alla nuova stazione di Pantano (CT) dell'esistente linea in doppia terna 220 kV "Melilli – Misterbianco" nel tratto verso Misterbianco;

3. raccordi in entra esce alla sezione 150 kV della nuova stazione di Pantano (CT) dell'esistente linea 150 kV "Pantano d'Arci – Zia Lisa". Tali raccordi saranno in doppia terna aerea;
4. raccordi in doppia terna alla sezione 150 kV della nuova stazione di Pantano (CT) dell'esistente linea 150 kV "Catania Z.I. – Lentini".

Per meglio comprendere gli interventi sopra elencati e di seguito meglio descritti si fa specifico riferimento alla corografia allegata Doc. n. PSPPDI09532.

1) Raccordo in doppia terna aerea 150 kV alla nuova stazione di Pantano (CT) dell'esistente linea in doppia terna 220 kV "Melilli – Misterbianco" nel tratto verso Melilli

L'elettrodotto doppia terna a 220 kV "Misterbianco – Melilli" sarà intercettato in corrispondenza delle campate tra i sostegni n. 25 e 27, ed il suo tratto verso Melilli sarà collegato alla sezione 150 kV della nuova stazione di Pantano, con conseguente declassamento da 220 kV a 150 kV di tale tratto.

Per realizzare il nuovo raccordo sarà costruito un nuovo breve elettrodotto in doppia terna, isolato a 150 kV, da un nuovo sostegno capolinea in doppia terna presso l'attuale tracciato dell'elettrodotto, posto a meno di 50 m a sud dell'esistente sostegno 27. Questo raccordo, aggirando la "Masseria Cristaldi" transitando a nord di essa, dopo un tratto rettilineo di circa 450 m, lungo il quale attraverserà in sovrappasso la linea RFI 150 kV "Lentini FS – Fontanarossa FS", devia leggermente a nord e si attesterà con le due terne rispettivamente agli stalli 9 e 11, a partire da nord, della sezione a 150 kV della nuova stazione di Pantano. Il nuovo raccordo, della lunghezza complessiva di 840 m, ricade nella piana di Catania, interamente nel comune di Catania.

Il declassamento a 150 kV dell'elettrodotto da "Pantano nuova S.E." a "Melilli" implicherà anche alcuni interventi presso la stazione di Melilli.

2) Raccordo in doppia terna aerea 220 kV alla nuova stazione di Pantano (CT) dell'esistente linea in doppia terna 220 kV "Melilli – Misterbianco" nel tratto verso Misterbianco

L'elettrodotto doppia terna a 220 kV "Misterbianco – Melilli" sarà intercettato in corrispondenza delle campate tra i sostegni n. 25 e 27, cosicché il suo tratto verso Misterbianco sarà collegato alla sezione 220 kV della nuova stazione di Pantano. Per realizzare questo raccordo sarà infisso un nuovo sostegno capolinea in doppia terna presso l'attuale tracciato dell'elettrodotto, circa 120 m a sud dell'esistente sostegno 25, da cui si svilupperà in direzione est-ovest il nuovo tratto in doppia terna, della lunghezza complessiva di circa 690 m, fino a raggiungere l'unico stallo a 220 kV della nuova stazione di Pantano, presso il quale le due terne saranno ammazzettate.

Durante il tratto rettilineo tra i due nuovi sostegni capolinea, diviso in 3 campate, in corrispondenza dell'ultima di queste il raccordo doppia terna a 220 kV attraversa la linea AT FS a 150 kV "Lentini FS – Fontanarossa FS".

Questo raccordo, della lunghezza inferiore a 700 m, ricade interamente nel comune di Catania.

3) Raccordi in entra esce alla sezione 150 kV della nuova stazione di Pantano (CT) dell'esistente linea 150 kV "Pantano d'Archi – Zia Lisa".

L'elettrodotto 150 kV in semplice terna tra Pantano d'Archi e Zia Lisa sarà collegato in entra-esce, mediante un nuovo raccordo in doppia terna, alla nuova sezione 150 kV della nuova stazione di Pantano.

A partire da un nuovo sostegno capolinea, posto in prossimità dell'attuale elettrodotto a circa 80 m a sud dell'esistente sostegno n. 24 ed al quale si attesteranno i due tratti dell'elettrodotto esistente, il nuovo raccordo in DT, transitando a nord della "Masseria Cristaldi", si svilupperà prevalentemente in rettilineo (con solo piccole deviazioni verso destra), attraversando lungo il percorso la linea RFI a 150 kV "Lentini FS – Fontanarossa FS", fino a raggiungere il sostegno capolinea da cui le due terne si attesteranno rispettivamente agli stalli 5 e 6, a partire da nord, della sezione a 150 kV della nuova stazione di Pantano.

Il nuovo raccordo, della lunghezza complessiva di 970 m, ricade nella piana di Catania ed interamente nel comune di Catania.

4) Raccordi in doppia terna alla sezione 150 kV della nuova stazione di Pantano (CT) dell'esistente linea 150 kV "Catania Z.I. – Lentini"

L'elettrodotto 150 kV in semplice terna tra Lentini e Catania Z.I. verrà intercettato e quindi collegato in entra-esce, mediante un nuovo raccordo in doppia terna, alla sezione 150 kV della nuova stazione di Pantano.

Per realizzare questo collegamento sarà infisso nelle immediate vicinanze dell'attuale sostegno n. 16 un nuovo sostegno capolinea al quale si attesteranno i due tratti dell'elettrodotto esistente e da cui avrà origine il nuovo raccordo in doppia terna; a partire da tale nuovo sostegno il raccordo 150 kV attraversa il "Vallone Cardinale" e, dopo una lieve deviazione a sinistra, una linea AT della distribuzione, per procedere poi in direzione ovest/nord-ovest, fino alla località "Corvi" presso la quale attraverserà l'elettrodotto a 150 kV "Pantano d'Archi – Zia Lisa", qui opportunamente abbassato per mezzo dell'utilizzo di un nuovo apposito sostegno tipo E* e quindi, dopo una lieve deviazione a sinistra, transitando a sud delle costruzioni presenti proseguirà in direzione nord in parallelo al nuovo raccordo di cui al precedente punto 3).

Dopo aver attraversato la linea 150kV RFI "Lentini FS – Fontanarossa FS", il tracciato del nuovo raccordo raggiungerà il sostegno capolinea da cui le due terne si attesteranno al secondo e terzo stallo a partire da nord, della sezione a 150 kV della nuova stazione di Pantano.

Il nuovo raccordo, della lunghezza complessiva di circa 2,5 km, ricade interamente nel comune di Catania.

4.1 Vincoli aeroportuali

I vincoli aeroportuali sono illustrati nel par. 3.2 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. PSPPRI09480).

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

Come anticipato nella Relazione Tecnica Generale (doc. n. PSPPRI09480) si è prestata particolare attenzione a verificare il rispetto delle distanze di sicurezza tra l'intervento in oggetto e le attività soggette al controllo dei Vigili del Fuoco o a rischio di incidente rilevante di cui al D. Lgs. 334/99.

Relativamente alla parte di elettrodotto in cavo interrato si intende che le distanze di sicurezza sono quelle previste dalla norma CEI 11-17, il cui rispetto viene garantito.

Nell'area interessata dal tracciato degli elettrodotti aerei 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 (**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. DCPST/A4/RA/1200 e nella nota prot. DCPST/A4/RA/EL/sott.1/1893, entrambe rilasciate dal Ministero dell'Interno rispettivamente in data 04.05.2005 e 09.07.2008.

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. PSPPRI09480).

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. PSPPEI09534 – Caratteristiche componenti.

Gli elettrodotti saranno costituiti da una palificazione a doppia terna armata con due terne di fasi ciascuna composta un conduttore conduttori di energia (con un totale di 6 conduttori) e una corda di guardia, fino al raggiungimento dei sostegni capolinea in prossimità della nuova stazione elettrica di Pantano; lo stesso assetto, si ha tra il sostegno capolinea e i portali di stazione, come meglio illustrato di seguito.

6.2 Caratteristiche elettriche degli elettrodotti aerei 150 kV in doppia terna

Le caratteristiche elettriche degli elettrodotti aerei in doppia terna 150 kV sono le seguenti:

Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	150 kV
Corrente Nominale (per fase)	500 A
Potenza nominale (per terna)	130 MVA
Corrente max (norma CEI 11.60 – Zona A)	870 A

La portata in corrente in servizio normale del conduttore sarà conforme a quanto prescritto dalla norma CEI 11-60, per elettrodotti 150 kV in zona A.

6.3 Caratteristiche elettriche dell'elettrodotto aereo 220 kV in doppia terna

Le caratteristiche elettriche della parte aerea dell'elettrodotto in esame sono le seguenti:

Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	220 kV
Corrente nominale (per fase)	500 A
Potenza nominale (per terna)	200 MVA
Corrente max (norma CEI 11.60 – zona A)	905 A

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 A.

6.4 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.

6.5 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 mm² 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 nel Doc. n. PSPPEI09534 – Caratteristiche componenti.

I conduttori avranno un'altezza da terra non inferiore a metri 7, superiore a quella massima prevista dall'art. 2.1.05 del D.M. 16/01/1991.

Gli elettrodotti saranno inoltre equipaggiati 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 mm², sarà costituita da n° 7 fili del diametro di 3,83 mm (ta vola 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)

6.5.1.1 Stato di tensione meccanica

E' stato fissato il tiro dei conduttori e delle corde di guardia 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 risulta, ovviamente, funzione della campata equivalente di ciascuna tratta.

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 Φ 31,5 mm
- **ZONA B** EDS=18% per il conduttore tipo RQ UT 0000C2 conduttore alluminio-acciaio Φ 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=12.9% per corda di guardia tipo LC 51

ZONA B EDS=11.2% 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 9°C in zona A
- di 7°C in zona B

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

6.5.2 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.

6.5.3 Sostegni

I sostegni saranno del tipo a semplice terna, di varie altezze secondo le caratteristiche altimetriche del terreno. Essi saranno costituiti da 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, senza però modificare sostanzialmente la tipologia dei sostegni stessi e 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. Infine vi è il cimino, atto a sorreggere la corda 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.

La serie 220 kV e 150 kV doppia terna è composta da diversi tipi di sostegno, che variano a seconda delle prestazioni a cui possono resistere, disponibili in diverse altezze utili (di norma da 12 m a 36 m per il 220 kV e da 9 m a 33 m per il 150 kV).

I tipi di sostegno 220 kV e 150 kV doppia terna utilizzati e le loro prestazioni nominali riferiti alla zona A con riferimento al conduttore utilizzato alluminio-acciaio Φ 31,5 mm, in termini di campata media (Cm), angolo di deviazione (δ) e costante altimetrica (k) sono le seguenti:

ZONA A - 220 kV Doppia Terna EDS 21 %

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°	0.18
"M" Medio	12 ÷ 36 m	400 m	8°	0.24
"P" Pesante	12 ÷ 36 m	400 m	16°	0.3
"V" Vertice	12 ÷ 36 m	400 m	16°	0.5
"E" Eccezionale	12 ÷ 36 m	400 m	90°	0,3

ZONA A - 150 kV Doppia Terna EDS 21 %

TIPO	ALTEZZA	CAMPATA MEDIA	ANGOLO DEVIAZIONE	COSTANTE ALTIMETRICA
"L" Leggero	9 ÷ 33 m	400 m	0°	0.11
"N" Normale	9 ÷ 33 m	400 m	4°	0.18
"M" Medio	9 ÷ 33 m	400 m	8°	0.24
"P" Pesante	9 ÷ 33 m	400 m	16°	0.3
"V" Vertice	9 ÷ 33 m	400 m	16°	0.5
"E" Eccezionale	9 ÷ 33 m	400 m	90°	0,3

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

Partendo dai valori di Cm, δ 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 δ 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 , δ e K , ricade o meno all'interno dell'area delimitata dal diagramma di utilizzazione stesso.

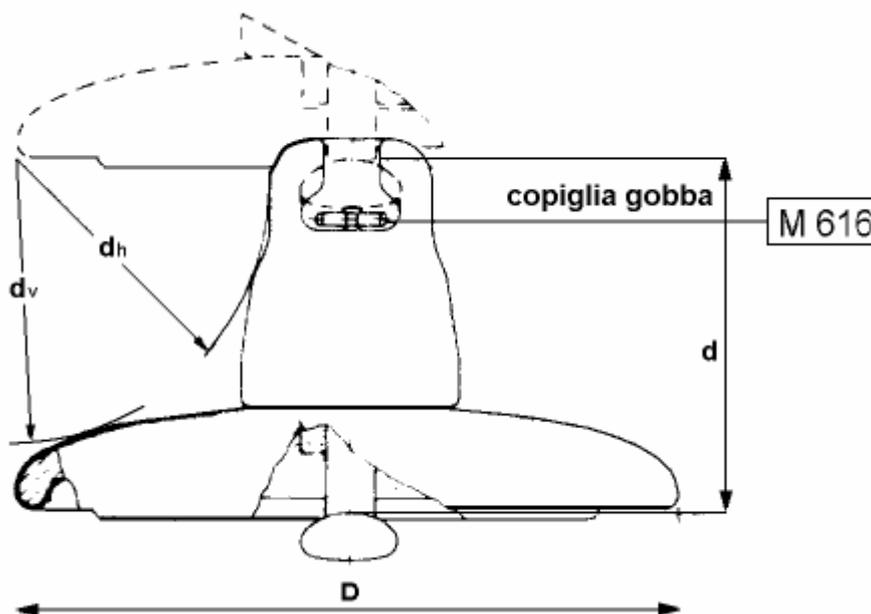
6.5.4 Isolamento

L'isolamento degli elettrodotti 220 kV e 150 kV, previsto rispettivamente per una tensione massima di esercizio di 245 kV e 170 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 per il 220 kV e 9 elementi per il 150 kV. 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.

6.5.4.1 Caratteristiche geometriche

Nelle tabelle LJ1 e LJ2 allegate sono riportate le caratteristiche geometriche tradizionali ed inoltre le due distanze " d_h " e " d_v " (vedi figura) atte a caratterizzare il comportamento a sovratensione di manovra sotto pioggia.



6.5.4.2 Caratteristiche elettriche

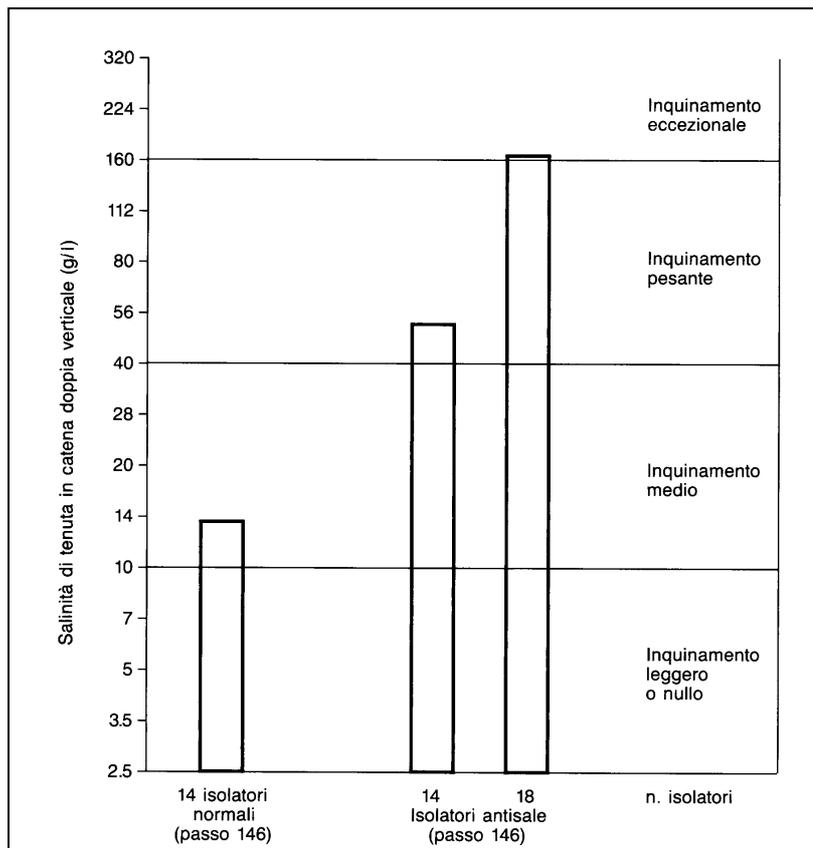
Le caratteristiche geometriche di cui sopra sono sufficienti a garantire il corretto comportamento delle catene di isolatori a sollecitazioni impulsive dovute a fulminazione o a sovratensioni di manovra.

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

- (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 ipotizzano in via preliminare le seguenti soluzioni:

- **220 kV** - 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;
- **150 kV** - 9 isolatori (passo 146) tipo J1/2 (normale) per tutti gli armamenti in sospensione e quella dei 9 isolatori (passo 146) tipo J1/2 (normale) per gli armamenti in amarro.

6.5.5 Morsetteria ed armamenti

Gli elementi di morsetteria per linee a 220 kV e 150 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

Per le linee 150 kV, considerando un conduttore da 31,5 mm, si distinguono i tipi di equipaggiamento riportati nella tabella seguente:

CATENA DI ISOLATORI		ISOLATORI TIPO	CARICO DI ROTTURA kg	N° ELEMENTI IN SERIE
NORMALI	SEMPLICE	J 1/1	7.000	9 N
	DOPPIA	J 1/1	2 X 7.000	9 N
ANTISALE	SEMPLICE	J 2/1	7.000	9 AS
	DOPPIA	J 2/1	2 X 7.000	9 AS
EQUIPAGGIAMENTO		TIPO	CARICO DI ROTTURA kg	SIGLA
DOPPIO PER AMARRO		362/2	12.000	DA
MORSA		TIPO	CARICO DI ROTTURA kg	SIGLA
DI AMARRO		521/2	17.160	A

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).

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).

6.5.6 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:

- 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.

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.

6.5.7 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.

6.5.8 Caratteristiche dei componenti

Si rimanda alla consultazione del Doc. n. PSPPEI09534 "Caratteristiche Componenti".

6.6 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 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'agottamento 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 risegh. Si prevede pertanto come stima preliminare un **volume di materiale movimentato pari a circa 2.550 m³**.

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

7 RUMORE

Si faccia riferimento al par. 8 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. PSPPRI09480).

8 INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE

Si faccia riferimento al par. 9 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. PSPPRI09480).

9 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

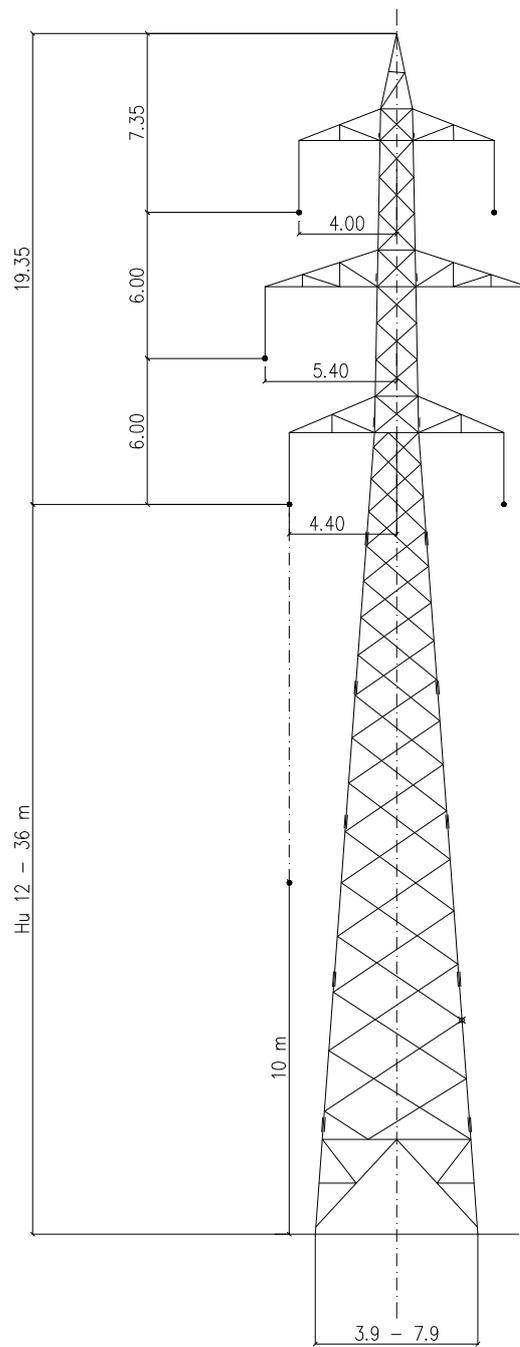
9.1 Richiami normativi

Si faccia riferimento al par. 10.1 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. PSPPRI09480).

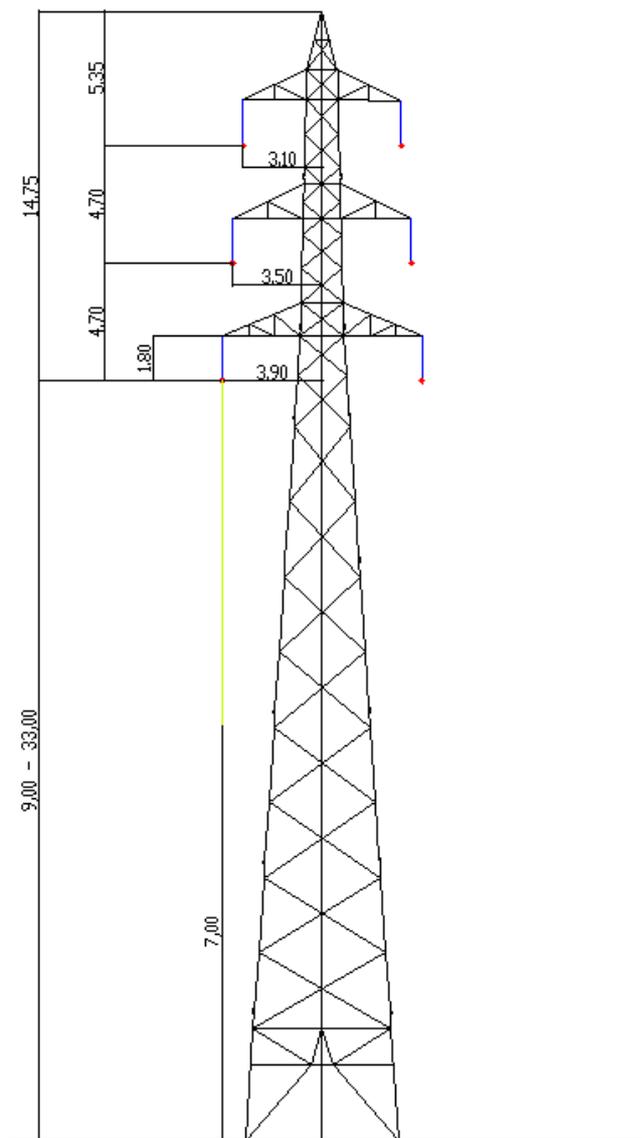
9.2 Calcolo dei campi elettrici e magnetici

Si faccia anche riferimento al par. 10.2 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. PSPPRI09480).

Per il calcolo delle intensità del campo elettrico si è considerata un'altezza dei conduttori dal suolo pari a 7 m per gli elettrodotti a 150 kV e 10 m per gli elettrodotti a 220 kV. Tale ipotesi è conservativa, in quanto la loro altezza è, per scelta progettuale, ben superiore 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. I conduttori sono ancorati ai sostegni, come da disegno schematico riportato in figura. 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.

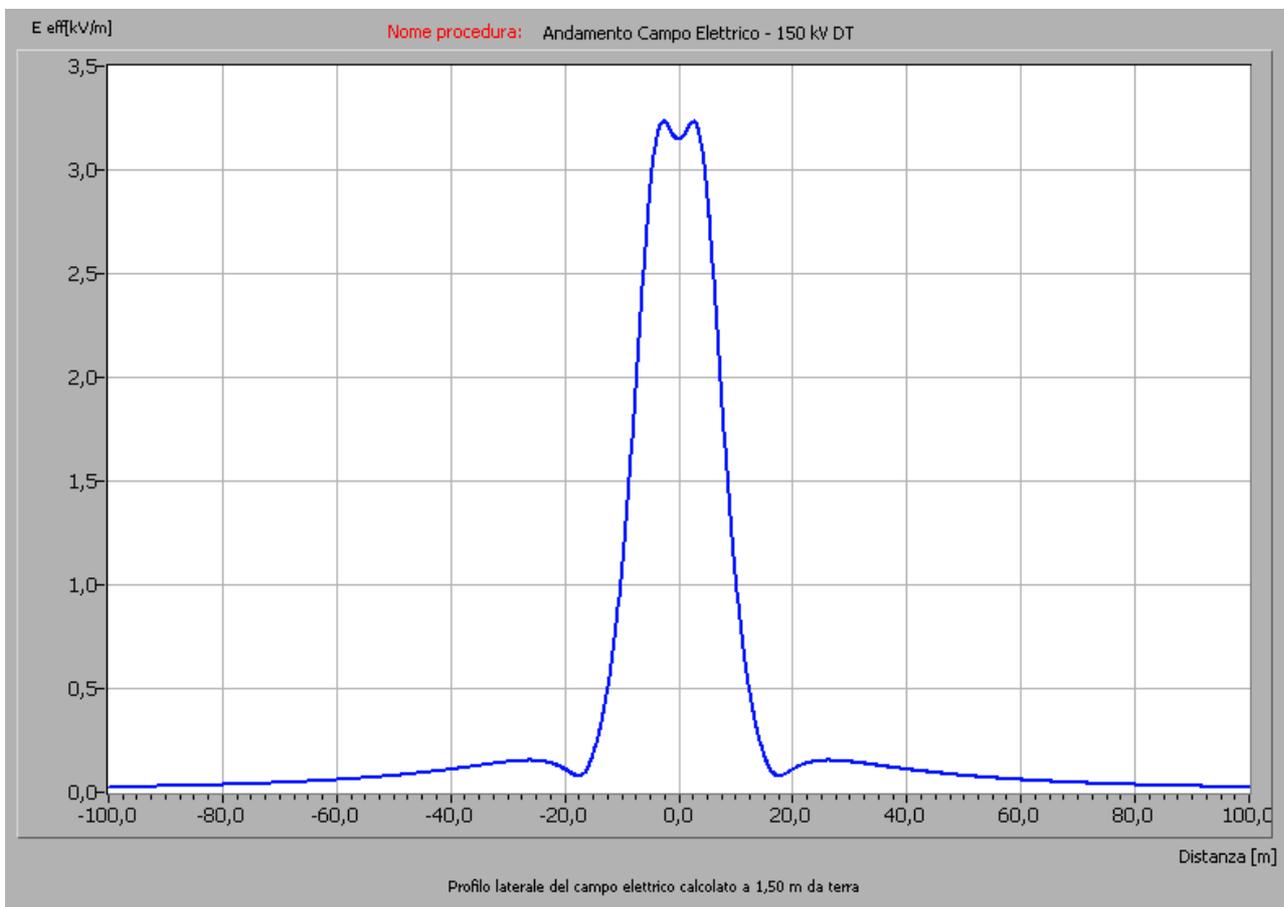
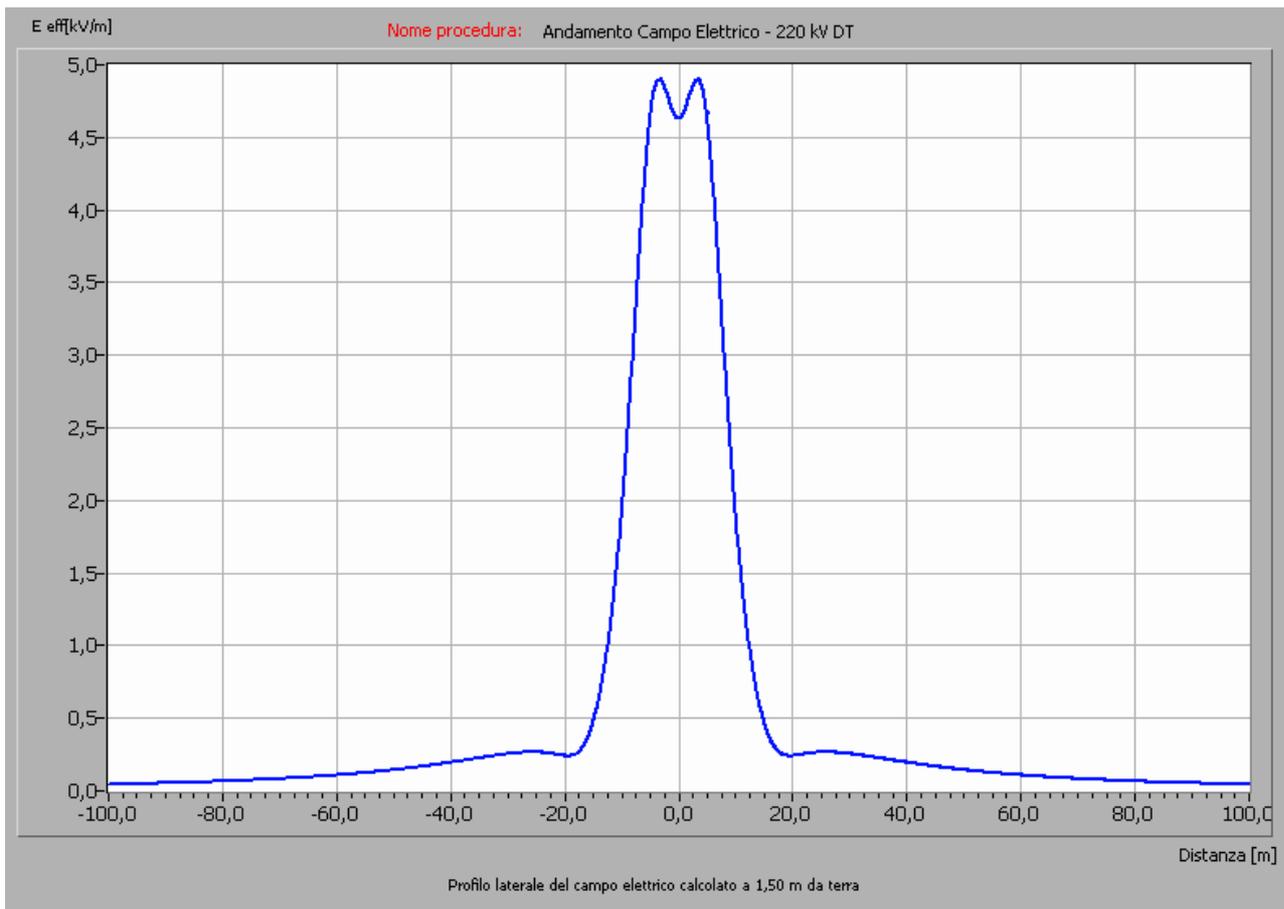


Tipico sostegno 220 kV DT



Tipico sostegno 150 kV DT

Nella figura seguente è riportato il calcolo del campo elettrico generato dalla linea 220 e 150 kV doppia 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. PSPPEI09556 – "Calcoli CEM") alla quale si rimanda.

10 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si faccia riferimento al par. 11 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. PSPPRI09480).

11 AREE IMPEGNATE

Si faccia riferimento al par. 12 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. PSPPRI09480).

12 FASCE DI RISPETTO

Si faccia riferimento al par. 13 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. PSPPRI09480).

13 SICUREZZA NEI CANTIERI

Si faccia riferimento al par. 14 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. PSPPRI09480).