

**Elettrodotto a 380 kV in semplice terna  
"S.E. Dolo - S.E. Camin"**

**PIANO TECNICO DELLE OPERE – PARTE PRIMA  
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA**



**Storia delle revisioni**

Rev. 00	Del 15/09/2016	Prima emissione

Elaborato	Verificato	Approvato
Alban A. ING-REA-PRI NE	Scarietto S. ING-REA-PRI NE	Bennato M. ING-REA-PRI NE

m010CI-LG001-r02

Questo documento contiene informazioni di proprietà di Terna Rete Italia SpA e deve essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. E' vietata qualsiasi forma di riproduzione o di divulgazione senza l'esplicito consenso di Terna Rete Italia SpA

## 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>4</b>
4.1	VINCOLI .....	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 .....	7
6.5	CAPACITÀ DI TRASPORTO.....	7
6.6	SOSTEGNI .....	8
6.7	ISOLAMENTO .....	9
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>14</b>
<b>8</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE.....</b>	<b>14</b>
<b>9</b>	<b>CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI .....</b>	<b>14</b>
9.1	RICHIAMI NORMATIVI.....	14
9.2	CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI .....	14
<b>10</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>14</b>
<b>11</b>	<b>AREE IMPEGNATE .....</b>	<b>14</b>
<b>12</b>	<b>FASCE DI RISPETTO.....</b>	<b>14</b>
<b>13</b>	<b>SICUREZZA NEI CANTIERI .....</b>	<b>14</b>

## 1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione tecnica è la descrizione degli aspetti specifici, non contenuti nella Relazione Tecnica Generale, del nuovo collegamento a 380 kV da realizzarsi tra le esistenti stazioni elettriche di Dolo e di Camin.

## 2 MOTIVAZIONI DELL'OPERA

Tale intervento rientra nel più ampio piano di razionalizzazione della rete elettrica di alta tensione nelle aree di Venezia e Padova per le cui motivazioni si rimanda al par. 2 del doc. n. RUCR10100BGL20002 "Relazione Tecnica Generale"; più in particolare l'intervento in oggetto, associato all'area "Dolo - Camin" di cui al par. 4.1 della sopra citata Relazione Tecnica Generale, è individuato col codice identificativo "A1".

## 3 UBICAZIONE DELL'INTERVENTO E OPERE ATTRAVERSATE

Tra le possibili soluzioni sono stati individuati i tracciati più funzionali, che tengano conto di tutte le esigenze e delle possibili ripercussioni sull'ambiente, con riferimento alla legislazione nazionale e regionale vigente in materia.

Il percorso dell'elettrodotto è stato studiato in armonia con quanto dettato dall'art.121 del T.U. 11/12/1933 n.1775, comparando le esigenze della pubblica utilità delle opere con gli interessi pubblici e privati coinvolti, cercando in particolare di:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato per occupare la minor porzione possibile di territorio;
- minimizzare l'interferenza con le zone di pregio ambientale, naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- recare minor sacrificio possibile alle proprietà interessate, avendo cura di vagliare le situazioni esistenti sui fondi da asservire rispetto anche alle condizioni dei terreni limitrofi;
- evitare, per quanto possibile, l'interessamento di aree urbanizzate o di sviluppo urbanistico;
- assicurare la continuità del servizio, la sicurezza e l'affidabilità della Rete di Trasmissione Nazionale;
- permettere il regolare esercizio e manutenzione degli elettrodotti.

Inoltre, al fine di contenere ulteriormente l'impatto, è stata scelta la tipologia di sostegni unificati TERNA tubolari monostelo caratterizzati da un ingombro alla base ridotto rispetto ai sostegni a traliccio tradizionali.

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

REGIONE	PROVINCIA	COMUNE	PERCORRENZA
VENETO	VENEZIA	DOLO	5.0 km
		CAMPONOGARA	0.1 km
		STRA'	1.9 km
		FOSSO'	0.4 km
		VIGONOVO	2.8 km
	PADOVA	SAONARA	3.4 km
		PADOVA	1.3 km

Le opere attraversate, raffigurate nel doc. n. DUCR10100BGL20012 "Corografia con tracciato e opere attraversate", sono elencate nel doc. n. EUCR10100BGL20013 "Elenco opere attraversate".

## **4 DESCRIZIONE DELLE OPERE**

L'opera oggetto della presente relazione tecnica consiste nella realizzazione di un nuovo collegamento a 380 kV in semplice terna tra le esistenti Stazioni Elettriche di Dolo e di Camin.

Con riferimento al doc. n. DUCR10100BGL20006 "Corografia in scala 1:10.000 area di intervento Dolo-Camin "A" – interventi previsti", il tracciato evita, per quanto possibile, l'interessamento di aeree destinate allo sviluppo urbanistico ricalcando per buona parte un corridoio destinato ad opere infrastrutturali quale il nuovo progetto Idrovia/Canale Scolmatore "Padova-Venezia" in classe europea di navigazione V. La definizione del tracciato del nuovo elettrodotto, infatti, è stata frutto di uno studio congiunto con la Regione Veneto, proponente del nuovo progetto Idrovia/Canale Scolmatore "Padova-Venezia", con l'obiettivo di rendere compatibili le due opere all'interno del medesimo corridoio infrastrutturale, ottimizzando l'occupazione di suolo nell'interesse pubblico.

Il tracciato, inoltre, è stato progettato in modo tale da recare minor sacrificio possibile alle proprietà interessate, avendo cura di vagliare le situazioni esistenti sui fondi da asservire rispetto anche alle condizioni dei terreni limitrofi.

Con riferimento alla corografia suddetta, il tracciato dell'elettrodotto parte dallo stallo dedicato localizzato nell'esistente Stazione Elettrica di Dolo, sita nel comune di Dolo. Da qui, dirigendosi verso Nord-Ovest, il tracciato attraversa la Ferrovia Adria – Mestre e, dopo circa 1 km di percorso, giunge al sostegno 4 in prossimità della S.P. n. 13 "Antico Alveo del Brenta" a Sud della località Sambruson. Da questo punto il tracciato devia in direzione Ovest sviluppandosi parallelamente al tracciato del nuovo progetto di Idrovia/Canale Scolmatore "Padova - Venezia".

Superata la S.P. n. 13, il tracciato si sviluppa lungo una vasta area a destinazione agricola sita nel Comune di Dolo, parallelamente al confine comunale con Camponogara (interessato solamente dal passaggio dei conduttori aerei nella campata compresa tra i sostegni 8 e 9, per una lunghezza di circa 50 m), fino a giungere al sostegno 17 localizzato nel comune di Strà.

Proseguendo sempre in direzione Ovest tra i sostegni 17 e 21 si interessano marginalmente i territori a Nord del Comune di Fossò (circa 600 metri), il Comune di Fossò stesso (per circa 450 metri) e quello di Vigonovo (per circa 500 metri) per poi giungere nuovamente nel comune di Strà.

In corrispondenza del sostegno 22, il tracciato devia in direzione Nord-Ovest allontanandosi dall'abitato posto a Sud del tracciato, per poi continuare in direzione Ovest parallelamente al tracciato del nuovo progetto di Idrovia/Canale Scolmatore "Padova - Venezia", e deviare nuovamente in direzione Sud-Ovest, in corrispondenza del sostegno 25, al fine di allontanarsi dall'abitato posto a Nord del tracciato stesso. A questo punto il tracciato giunge ancora una volta nel Comune di Vigonovo a Nord dell'area artigianale in località Galta.

In corrispondenza del sostegno 26, al fine di garantire la compatibilità tra l'elettrodotto e il nuovo mandracchio dell'idrovia e, contestualmente, il rispetto dell'obiettivo di qualità dell'induzione magnetica, il tracciato devia nuovamente in direzione Nord-Ovest fino a giungere al sostegno 28 in corrispondenza del quale effettua una nuova deviazione in direzione Sud-Ovest, attraversa il fiume Brenta e giunge al sostegno 29, ubicato in prossimità della chiusa del fiume Brenta lungo la S.P. n. 20 "Strà – Vigonovo".

Attraversata la strada suddetta, il tracciato prosegue in direzione Sud-Ovest, lungo la sponda Nord della tratta esistente dell'Idrovia/Canale Scolmatore "Padova - Venezia", per giungere, dopo circa 600 m, al sostegno 31 in corrispondenza del quale devia verso Sud-Ovest, attraversa l'esistente Idrovia/Canale Scolmatore e la S.P. n. 40, e si attea sulla sponda Sud dell'esistente canale per poi proseguire in direzione Sud-Ovest, parallelamente ad esso, in aree agricole.

Dopo circa 350 m il tracciato entra nel Comune di Saonara; dopo circa 700 m giunge al sostegno 36 in corrispondenza del quale effettua una nuova deviazione verso Nord-Ovest, attraversa ancora una volta il canale esistente e via Villanova per attestarsi sulla sponda Nord e continuare il percorso parallelamente ad essa, in aree agricole, fino a raggiungere, dopo circa 800 m, la S.P. "Dei Vivai".

Attraversata la strada suddetta, in località Villatora, dopo circa 300 m il tracciato giunge al sostegno 41 in corrispondenza del quale, mantenendo la stessa direzione, attraversa la tratta esistente dell'Idrovia/Canale Scolmatore "Padova - Venezia" e via Frassanedo, giunge al sostegno 42 e devia in direzione Ovest percorrendo la sponda Sud dell'Idrovia/Canale Scolmatore in prossimità della zona industriale "ZIP" di Saonara.

Dopo circa 1 km, in corrispondenza del sostegno 46, il tracciato attraversa il confine comunale di Saonara ed entra quindi nel territorio comunale di Padova. Dopo aver attraversato l'autostrada A13 "Bologna – Padova" e raggiunto il sostegno 47, il tracciato devia in direzione Nord percorrendo, per un tratto di circa 500 metri, il corridoio tra l'area industriale delle "Acciaierie Venete" e l'autostrada.

Raggiunto il sostegno 50 il tracciato devia in direzione Ovest e, dopo aver attraversato l'esistente linea a 220 kV "S.E. Camin – Acciaierie Venete", raggiunge la Stazione Elettrica di Camin.

Per quanto sopra descritto, il tracciato evita, per quanto possibile, l'interessamento di aree destinate allo sviluppo urbanistico ricalcando per buona parte un corridoio destinato ad opere infrastrutturali quale il progetto della futura Idrovia/Canale Scolmatore "Padova – Venezia".

**Lo sviluppo complessivo del tracciato dalla S.E. di Dolo alla S.E. di Camin è di circa 14.9 km.**

## **4.1 VINCOLI**

Per quanto concerne i vincoli, si rimanda a quanto riportato nel par. 4.5 del doc. n. RUCR10100BGL20002 "Relazione Tecnica Generale".

## **5 CRONOPROGRAMMA**

Il programma di massima dei lavori è illustrato nel par. 5 del doc. n. RUCR10100BGL20002 "Relazione Tecnica Generale".

## **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 sono riportate in Appendice "E" doc. n. EUCR10100BGL20059 "Caratteristiche componenti elettrodotti aerei".

L'elettrodotto a 380 kV sarà costituito da una palificazione a semplice terna armata con tre fasi composte da un fascio di 3 conduttori, per un totale di 9 conduttori di energia e con una corda di guardia, fino al raggiungimento dei sostegni capolinea, mentre da essi fino ai portali di ingresso in stazione, saranno impiegati 6 conduttori di energia e 2 corde di guardia, come meglio illustrato di seguito.

## **6.2 CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL'ELETTRODOTTO**

Per le caratteristiche principali dell'elettrodotto a 380 kV in parola, si faccia riferimento alle relative voci del par. 6 del doc. n. RUCR10100BGL20002 "Relazione Tecnica Generale".

La portata in corrente in servizio normale del conduttore sarà conforme a quanto prescritto dalla norma CEI 11-60, con riferimento alla 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 m.

## **6.4 CONDUTTORI E CORDE DI GUARDIA**

Fino al raggiungimento dei sostegni capolinea, ciascuna fase elettrica sarà costituita da un fascio di 3 conduttori (trinato) 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<sup>1</sup>.

Il carico di rottura teorico del conduttore sarà di 16852 daN.

Nelle campate comprese tra i sostegni capolinea ed i portali della stazione elettrica ciascuna fase sarà costituita da un fascio di 2 conduttori collegati fra loro da distanziatori (fascio binato). I conduttori di energia saranno in corda di alluminio di sezione complessiva di 999,70 mm<sup>2</sup>, con un diametro complessivo di 41,1 mm.

Il carico di rottura teorico di tale conduttore sarà di 14486 daN.

I conduttori avranno un'altezza da terra non inferiore a metri 12,0, arrotondamento per eccesso 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. Tale corda di guardia, 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.

Il carico di rottura teorico della corda di guardia sarà di 9000 daN.

In alternativa è possibile l'impiego di una corda di guardia in alluminio-acciaio con fibre ottiche, del diametro di 17,9 mm, da utilizzarsi per il sistema di protezione, controllo e conduzione degli impianti.

---

<sup>1</sup> Per zone ad alto inquinamento salino può essere impiegato in alternativa il conduttore con l'anima a "zincatura maggiorata" ed ingrassato

### 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:

- **ZONA A** EDS=15% per corda di guardia tipo LC 60  
EDS=12,75% per corda di guardia tipo LC 51
- **ZONA B** EDS=13,96% per corda di guardia tipo LC 60  
EDS=11,82% 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) pari a:

- 16°C in zona A
- 25°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.

La norma CEI 11-60 definisce le portate di corrente nel periodo caldo e freddo per un conduttore definito "conduttore standard" e applica una serie di coefficienti per gli altri conduttori che tengono conto delle caratteristiche dimensionali, dei materiali e delle condizioni di impiego.

Il "conduttore di riferimento" è la corda in alluminio acciaio del diametro di 31.50mm formazione 54X3.50+19X3.50, corrispondente a quello di progetto al quale è stato applicato il coefficiente previsto dalla norma:

- Punto 3.3.3 CEI 11-60 – Portate in corrente nel caso di franchi maggiorati.

Il progetto degli elettrodotti 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 semplice terna tubolari monostelo di varie altezze secondo le caratteristiche altimetriche del terreno.

Il calcolo delle sollecitazioni meccaniche ed il dimensionamento delle strutture 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, fundamentalmente, dalla base, da un tronco intermedio, della quale fanno parte le mensole alle quali 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, e dalla punta alla cui sommità si trovano i cimini, atti a sorreggere le corde di guardia.

L'elettrodotto a 380 kV semplice terna in parola è stato progettato utilizzando la serie unificata TERNA di sostegni tubolari monostelo con armamenti di sospensione a mensole isolanti e di amarro, tutti diversi tra loro (a seconda delle sollecitazioni meccaniche per le quali sono progettati) e tutti disponibili in varie altezze (H), denominate "altezze utili".

I tipi di sostegno utilizzati e le loro 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:

**SOSTEGNI 380 kV Semplice Terna TUBOLARI, ZONA B - EDS 20 %**

TIPO	ALTEZZA	CAMPATA MEDIA	ANGOLO DEVIAZIONE	COSTANTE ALTIMETRICA
<b>NST</b>	18 ÷ 33 m	300 m	0°	0,10
<b>MST</b>	18 ÷ 51 m	300 m	6°	0,15
<b>PST</b>	18 ÷ 51 m	300 m	12°	0,20
<b>AN</b>	18 ÷ 51 m	400 m	45°	0,30

È stato inoltre previsto l'utilizzo di un sostegno doppia terna (denominato n. 52) della serie unificata TERNA di sostegni tubolari monostelo con armamenti di sospensione a mensole isolanti, impiegato come sostegno semplice terna a bandiera. Il tipo di sostegno utilizzato e le relative prestazioni nominali, con riferimento al conduttore utilizzato suddetto, sono indicati nella tabella seguente (la verifica del sostegno sarà demandata in fase di progettazione esecutiva).

**SOSTEGNI 380 kV Doppia Terna TUBOLARI, ZONA B - EDS 20 %**

TIPO	ALTEZZA	CAMPATA MEDIA	ANGOLO DEVIAZIONE	COSTANTE ALTIMETRICA
<b>NDT</b>	18 ÷ 33 m	300 m	0°	0,10

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.

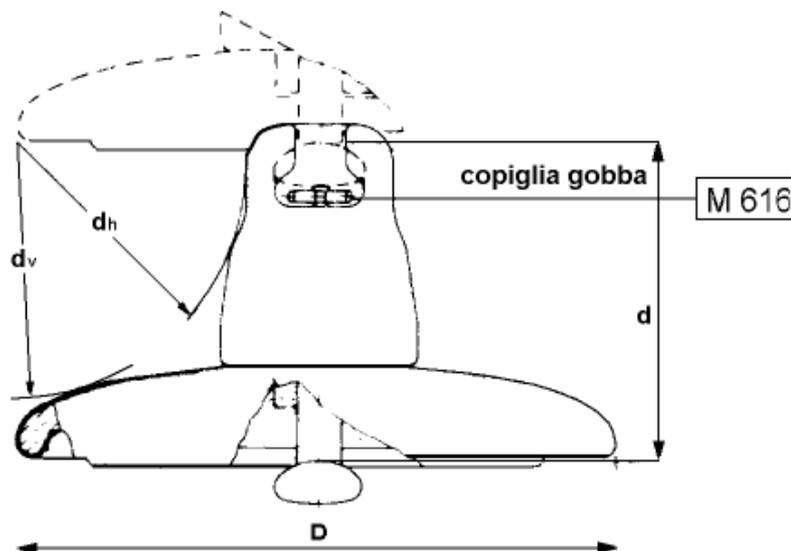
## 6.7 ISOLAMENTO

L'isolamento degli elettrodotti, previsto per una tensione massima di esercizio di 420 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" (LJ1) e "antisale" (LJ2), connessi tra loro a formare catene di almeno 18 elementi negli amari e 21 nelle sospensioni, come indicato nel grafico riportato al successivo paragrafo 9.7.2. Le catene di amarro saranno tre in parallelo mentre quelle di sospensione saranno del tipo a mensola isolanti e, pertanto, saranno utilizzati anche gli isolatori a bastone in porcellana (LJ 21).

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.



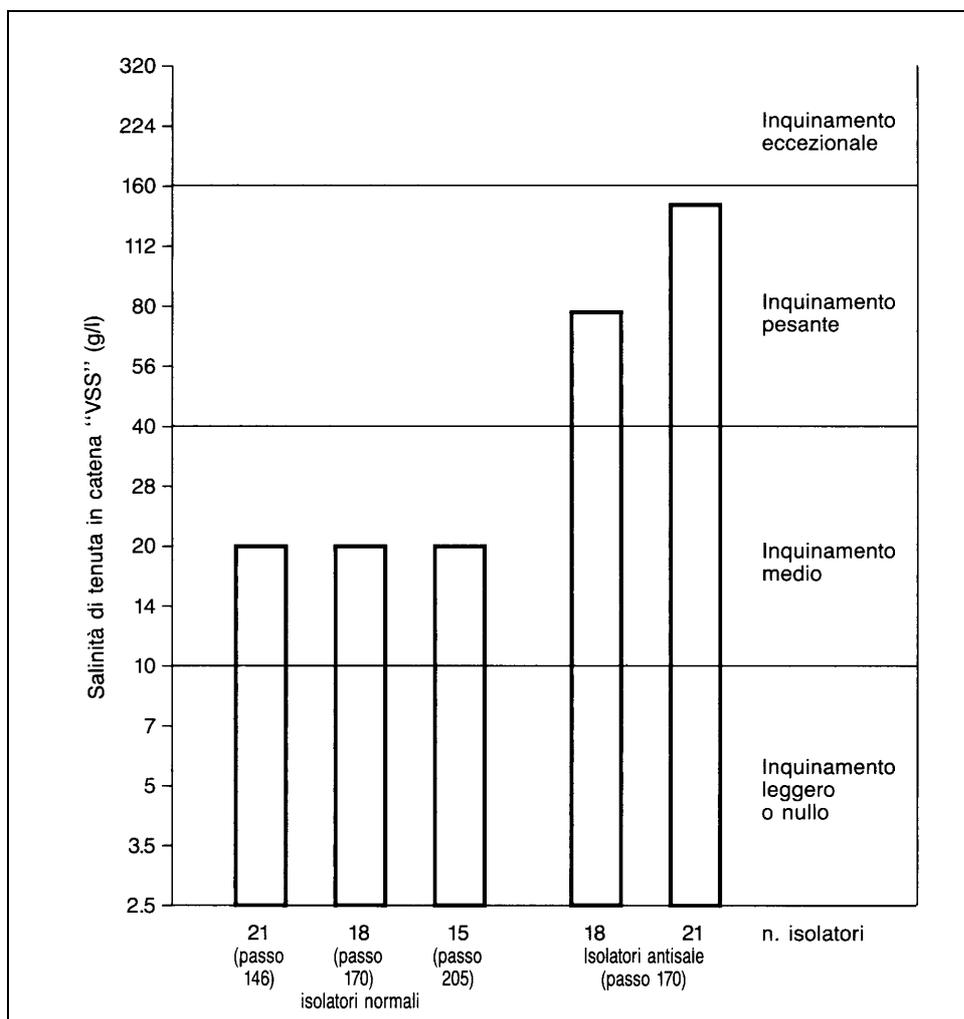
### 6.7.2 Caratteristiche elettriche

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 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</li> </ul>	40

	costa (distanti almeno alcuni chilometri) (3)	
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 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.



Il numero degli elementi può essere aumentato fino a 21 (sempre per ciò che riguarda gli armamenti VSS) coprendo così quasi completamente le zone ad inquinamento "pesante". In casi eccezionali si potranno adottare soluzioni che permettono l'impiego fino a 25 isolatori "antisale" da montare su speciali sostegni detti a "isolamento rinforzato". Con tale soluzione, se adottata in zona ad inquinamento eccezionale, si dovrà comunque ricorrere ad accorgimenti particolari quali lavaggi periodici, ingrassaggio, ecc.

Le considerazioni fin qui esposte vanno pertanto integrate con l'osservazione che gli armamenti di sospensione diversi da VSS hanno prestazioni minori a parità di isolatori. E precisamente:

- gli armamenti VDD, LSS, LDS presentano prestazioni inferiori di mezzo gradino della scala di salinità
- gli armamenti LSD, LDD (di impiego molto eccezionale) presentano prestazioni inferiori di 1 gradino della scala di salinità.
- gli armamenti di amarro, invece, presentano le stesse prestazioni dei VSS.

Tenendo presente, d'altra parte, il carattere probabilistico del fenomeno della scarica superficiale, la riduzione complessiva dei margini di sicurezza sull'intera linea potrà essere trascurata se gli armamenti indicati sono relativamente pochi rispetto ai VSS (per esempio 1 su 10). Diversamente se ne terrà conto nello stabilire la soluzione prescelta (ad esempio si passerà agli "antisale" prima di quanto si sarebbe fatto in presenza dei soli armamenti VSS).

Le caratteristiche della zona interessata dall'elettrodotto in esame sono di inquinamento atmosferico medio e quindi si è scelta la soluzione dei 19 isolatori (passo 170) tipo J1/4 (normale) per gli armamenti in amarro mentre per quelli in sospensione, essendo realizzati con mensole isolanti, si è scelta la soluzione dei 18 isolatori (passo 170) tipo J1/4 (normale) e 2 isolatori (2x1650) tipo J21/1 (normale).

## 6.8 MORSETTERIA ED ARMAMENTI

Gli elementi di morsetteria per linee a 380 kV sono stati dimensionati in modo da poter sopportare gli sforzi massimi trasmessi dai conduttori al sostegno.

A seconda dell'impiego previsto sono stati individuati diversi carichi di rottura per gli elementi di morsetteria che compongono gli armamenti in sospensione:

- 120 kN utilizzato per le morse di sospensione.
- 210 kN utilizzato per i rami semplici degli armamenti di sospensione e dispositivo di amarro di un singolo conduttore.
- 360 kN utilizzato nei rami doppi degli armamenti di sospensione.

Le morse di amarro sono invece state dimensionate in base al carico di rottura del conduttore.

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 380 kV si distinguono i tipi di equipaggiamento riportati nella tabella seguente.

EQUIPAGGIAMENTO	TIPO	CARICO DI ROTTURA (kN)		SIGLA
		Ramo 1	Ramo 2	
a "V" semplice	380/1	210	210	VSS
a "V" doppio	380/2	360	360	VDD
a "L" semplice	380/3	210	210	LSS
a "L" semplice-doppio	380/4	210	360	LSD
a "L" doppio-semplce	380/5	360	210	LDS
a "L" doppio	380/6	360	360	LDD
a mensole isolanti	LM90	2 x 210	300	MI

triplo per amarro	385/1	3 x 210	TA
doppio per amarro	387/2	2 x 120	DA
ad "I" per richiamo collo morto	392/1	30	IR

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

La fondazione è la struttura interrata atta a trasferire i carichi strutturali (compressione e trazione) dal sostegno al sottosuolo.

Per quanto attiene i sostegni tubolari monostelo, le fondazioni sono a blocco unico, formate da parallelepipedi di base quadrata. Talvolta per adeguare la fondazione alla morfologia del terreno ed agli spazi, si ricorre al contributo con delle fondazioni profonde come trivellati, micropali, ancoraggi (di profondità variabile in funzione della litologia del terreno), collegati con un unico dado come blocco di fondazione.

L'abbinamento tra ciascun sostegno e la relativa fondazione è determinato nel Progetto Unificato Terna mediante apposite "tabelle delle corrispondenze" tra sostegni e fondazioni.

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)

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 si

procederà all'esecuzione di indagini geologiche e sondaggi mirati; le fondazioni di tali sostegni saranno progettate ad hoc, in sede di progettazione esecutiva, sulla base dei risultati ottenuti dalle suddette indagini.

## **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'Appendice "E" doc. n. EUCR10100BGL20059 "Caratteristiche componenti elettrodotti aerei".

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

Si faccia riferimento all'Appendice "H" doc. n. RGCR10100BSA00602 "Relazione Terre e Rocce da Scavo".

## **7 RUMORE**

Si faccia riferimento al par. 7 del doc. n. RUCR10100BGL20002 "Relazione Tecnica Generale".

## **8 INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE**

Si faccia riferimento al par. 8 del doc. n. RUCR10100BGL20002 "Relazione Tecnica Generale".

## **9 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI**

### **9.1 RICHIAMI NORMATIVI**

Si faccia riferimento al par. 10.1 del doc. n. RUCR10100BGL20002 "Relazione Tecnica Generale".

### **9.2 CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI**

Si faccia riferimento al par. 10.2 del doc. n. RUCR10100BGL20002 "Relazione Tecnica Generale".

## **10 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Si faccia riferimento al par. 11 del doc. n. RUCR10100BGL20002 "Relazione Tecnica Generale".

## **11 AREE IMPEGNATE**

Si faccia riferimento al par. 12 del doc. n. RUCR10100BGL20002 "Relazione Tecnica Generale".

## **12 FASCE DI RISPETTO**

Si faccia riferimento al par. 13 del doc. n. RUCR10100BGL20002 "Relazione Tecnica Generale".

## **13 SICUREZZA NEI CANTIERI**

Si faccia riferimento al par. 14 del doc. n. RUCR10100BGL20002 "Relazione Tecnica Generale".