

**Riassetto rete alta tensione "area A"**

***Elettrodotto a 132 kV "S.E. Camin - C.P. Rovigo P.A."***

***Variante in cavo interrato e raccordi all'esistente linea doppia terna***

**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.		Scarietto S.		Bennato M.	
ING-REA-PRI NE		ING-REA-PRI NE		ING-REA-PRI NE	

m010CI-LG001-r02

**INDICE**

1	PREMESSA.....	3
2	MOTIVAZIONI DELL'OPERA .....	3
3	UBICAZIONE DELL'INTERVENTO .....	3
4	DESCRIZIONE DELLE OPERE .....	3
4.1	VINCOLI .....	4
5	CRONOPROGRAMMA.....	4
6	CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'ELETTRODOTTO AEREO .....	4
6.1	PREMESSA.....	4
6.2	CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL'ELETTRODOTTO AEREO.....	5
6.3	DISTANZA TRA I SOSTEGNI .....	5
6.4	CONDUTTORI E CORDE DI GUARDIA .....	5
6.4.1	Stato di tensione meccanica.....	5
6.5	CAPACITÀ DI TRASPORTO.....	6
6.6	SOSTEGNI .....	6
6.7	ISOLAMENTO .....	7
6.7.1	Caratteristiche geometriche.....	8
6.7.2	Caratteristiche elettriche .....	8
6.8	MORSETTERIA ED ARMAMENTI .....	11
6.9	FONDAZIONI.....	11
6.10	MESSE A TERRA DEI SOSTEGNI.....	12
6.11	CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI.....	12
7	CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'ELETTRODOTTO IN CAVO INTERRATO .....	13
7.1	Caratteristiche del cavidotto .....	13
7.1.1	Caratteristiche meccaniche del conduttore di energia .....	13
7.2	Composizione del cavidotto.....	14
7.3	Modalità di posa e di attraversamento.....	14
7.3.1	Buche giunti .....	14
7.3.2	Sistema di telecomunicazioni .....	15
7.4	CARATTERISTICHE COMPONENTI.....	15
7.5	TERRE E ROCCE DA SCAVO .....	18
8	RUMORE.....	18
9	INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE .....	18
10	CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI .....	19
10.1	RICHIAMI NORMATIVI.....	19
10.2	CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI .....	19
11	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	19
12	AREE IMPEGNATE .....	19
13	FASCE DI RISPETTO .....	19
14	SICUREZZA NEI CANTIERI.....	19

## 1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione tecnica è la descrizione degli aspetti specifici, non contenuti nella Relazione Tecnica Generale, del nuovo collegamento, da realizzarsi in parte in tratto aereo ed in parte in cavo interrato, della linea semplice terna "S.E. Camin – C.P. Rovigo P.A.".

## 2 MOTIVAZIONI DELL'OPERA

Tali interventi rientrano in un più ampio piano di razionalizzazione della rete elettrica AT nelle aree di Venezia e Padova per le cui motivazioni si rimanda al par. 2 del doc. n. RUCR10100BGL20002 "Relazione Tecnica Generale"; più in particolare gli interventi in oggetto, associati all'area "Dolo - Camin" di cui al par. 4.1 della sopra citata Relazione Tecnica Generale, sono individuati col codice identificativo "A2/4".

## 3 UBICAZIONE DELL'INTERVENTO

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.

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

REGIONE	PROVINCIA	COMUNE	PERCORRENZA
VENETO	PADOVA	PADOVA	1.3 km
VENETO	PADOVA	SAONARA	1.5 km
VENETO	PADOVA	LEGNARO	0.5 km

Le opere attraversate, indicate nel doc. n. DUCR101002BGL20012 "Corografia con tracciato e opere attraversate", sono elencate nel doc. n. EUCR10100BGL20017 "Elenco opere attraversate".

## 4 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Come si evince dal doc. n. DUCR10100BGL20006 " Corografia in scala 1:10.000 area di intervento Dolo-Camin "A" – interventi previsti", il nuovo collegamento elettrico a 132 kV tra la S.E. Camin e la C.P. Rovigo P.A. sarà realizzato in parte in cavo interrato (nuova realizzazione) e in parte in aereo (esistente).

Partendo dalla S.E. Camin, il tracciato del nuovo collegamento in parola si sviluppa, in cavo interrato, in direzione est, attraversa l'Autostrada A13 "Bologna – Padova" e, dopo circa 800 m, raggiunge via Canada

percorrendola in direzione sud per circa 600 m. In corrispondenza dell'incrocio con "Riviera Francia", il tracciato devia nuovamente in direzione est mantenendosi sull'argine nord dell'idrovia "Padova - Venezia" e, dopo circa 500 m, la attraversa in direzione sud-est mediante la realizzazione di perforazione in teleguidato della lunghezza di circa 250 m. Da qui, il tracciato devia in direzione sud-ovest e percorrendo per circa 200 m il margine di un terreno agricolo, raggiunge via di Villa Ruffina percorrendola in direzione sud-est per circa 500 m fino al raggiungimento della S.P. n. 35. Dopo aver percorso per circa 100 m la stessa S.P. in direzione nord-est, il tracciato devia nuovamente in direzione sud-est e, dopo aver percorso per circa 350 m una strada vicinale, raggiunge il nuovo sostegno di transizione aereo-cavo denominato 3L (tipo gatto con portaterminali), che sarà infisso lungo l'asse linea esistente dell'elettrodotto in doppia terna a 220 kV già denominata "Camin – Ferrara Focomorto" (n. 22.227) / "Dolo – Camin Rossa" (n. 22.298). Da questo punto in poi, il tracciato del nuovo elettrodotto in parola si svilupperà in aereo riutilizzando il tratto dell'esistente linea 220 kV doppia terna suddetta, che sarà pertanto declassata a 132 kV, che va dal sostegno 8/2 (di futura demolizione) fino al sostegno di nuova infissione 17/2a, ed il tratto esistente dell'elettrodotto a 132 kV semplice terna "S.E. Dolo - C.P. Rovigo P.A." (23.227), dal sostegno 17/2a fino alla C.P. di Rovigo Porta Adige.

Al termine di tale intervento sarà possibile demolire una tratta dell'attuale linea in doppia terna a 220 kV già denominata "Camin – Ferrara Focomorto" (n. 22.227) / "Dolo – Camin Rossa" (n. 22.298), dal sostegno 8/2 alla SE di Camin e una tratta dell'attuale linea in semplice terna a 132 kV Dolo - Rovigo PA (n. 23.227) dal sost. 1/1 al sost. 17/2.

#### **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'ELETTRODOTTO AEREO**

#### **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 132 kV sarà costituito da una palificazione a semplice terna armata con una tre fasi ciascuna composta da un conduttore di energia e con una o due corde di guardia.

## 6.2 CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL'ELETTRODOTTO AEREO

Per le caratteristiche principali dell'elettrodotto a 132 kV 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, per elettrodotti a 132 kV in zona B.

## 6.3 DISTANZA TRA I SOSTEGNI

La distanza tra due sostegni consecutivi dipende dall'orografia del terreno e dall'altezza utile dei sostegni impiegati; mediamente in condizioni normali, si ritiene possa essere pari a 350 m.

## 6.4 CONDUTTORI E CORDE DI GUARDIA

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

Il carico di rottura teorico del conduttore sarà di 16.852 daN.

I conduttori avranno un'altezza da terra non inferiore a metri 10,0, arrotondamento per accesso di quella massima prevista dall'art. 2.1.05 del D.M. 16/01/1991.

L'elettrodotto sarà inoltre equipaggiato con una corda di guardia destinata, oltre che a proteggere l'elettrodotto stesso dalle scariche atmosferiche, a migliorare la messa a terra dei sostegni. La corda di guardia è in acciaio rivestito di alluminio del diametro di 11,50 mm e sezione di 80,65 mm<sup>2</sup>, sarà costituita da n° 7 fili del diametro di 3,83 mm.

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.

### 6.4.1 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

<sup>1</sup> 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.

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=14% per il conduttore tipo RQ UT 0000C2 conduttore alluminio-acciaio  
Φ 31,5 mm
- **ZONA B** EDS=12% 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 B**".

## 6.5 CAPACITÀ DI TRASPORTO

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

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

## 6.6 SOSTEGNI

I sostegni saranno del tipo a semplice terna, di varie altezze secondo le caratteristiche altimetriche del terreno; nei casi in cui vi è la necessità di abbassare la linea, in prossimità di sottopassaggi, saranno utilizzati sostegni a delta rovescio, con disposizione delle fasi in piano. 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; l'altezza totale fuori terra non sarà in ogni caso superiore a 50 m. 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 132 kV semplice terna è composta da diversi tipi di sostegno, che variano a seconda delle prestazioni a cui possono resistere, disponibili in diverse "altezze utili".

I tipi di sostegno 132 kV semplice terna utilizzati e le loro prestazioni nominali riferiti alla zona B 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 le seguenti:

#### **ZONA B EDS 12 %**

TIPO	ALTEZZA	CAMPATA MEDIA	ANGOLO DEVIAZIONE	COSTANTE ALTIMETRICA
<b>Gatto con porta terminali</b>	18 m	350 m	22°	0.19

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.

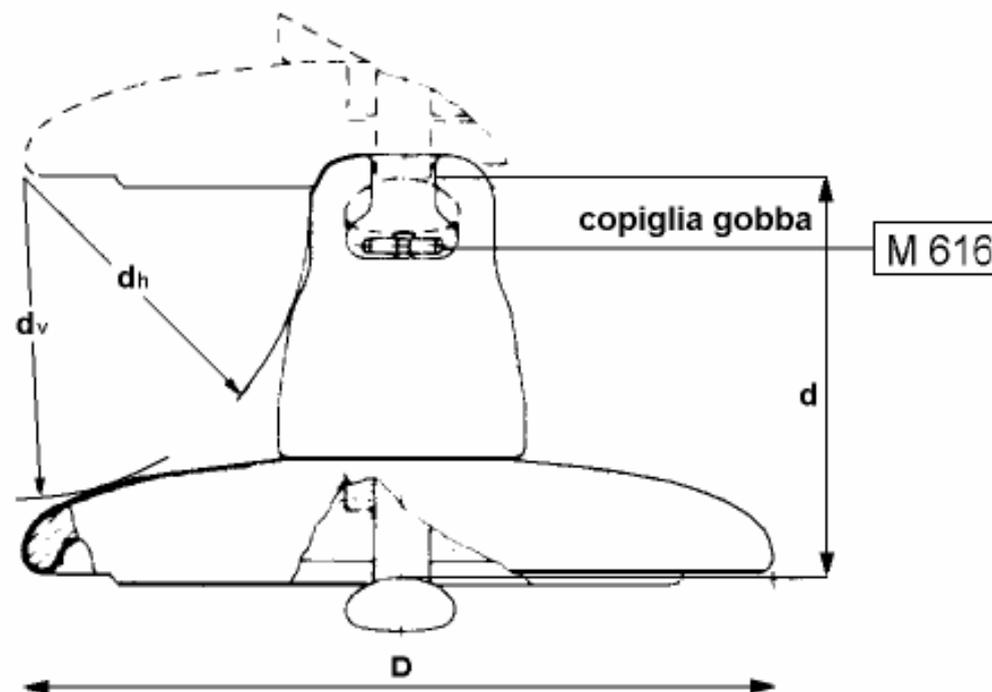
## **6.7 ISOLAMENTO**

L'isolamento degli elettrodotti, previsto per una tensione massima di esercizio di 150 kV, sarà realizzato con isolatori a cappa e perno in vetro temprato, con carico di rottura di 70 kN (o in alternativa 120 kN) nei due tipi

“normale” e “antisale”, connessi tra loro a formare catene di almeno 9 elementi. Le catene di sospensione saranno del tipo a I semplici o doppia, mentre le catene in amarro saranno del tipo ad I doppia. Le caratteristiche degli isolatori rispondono a quanto previsto dalle norme CEI.

### **6.7.1 Caratteristiche geometriche**

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



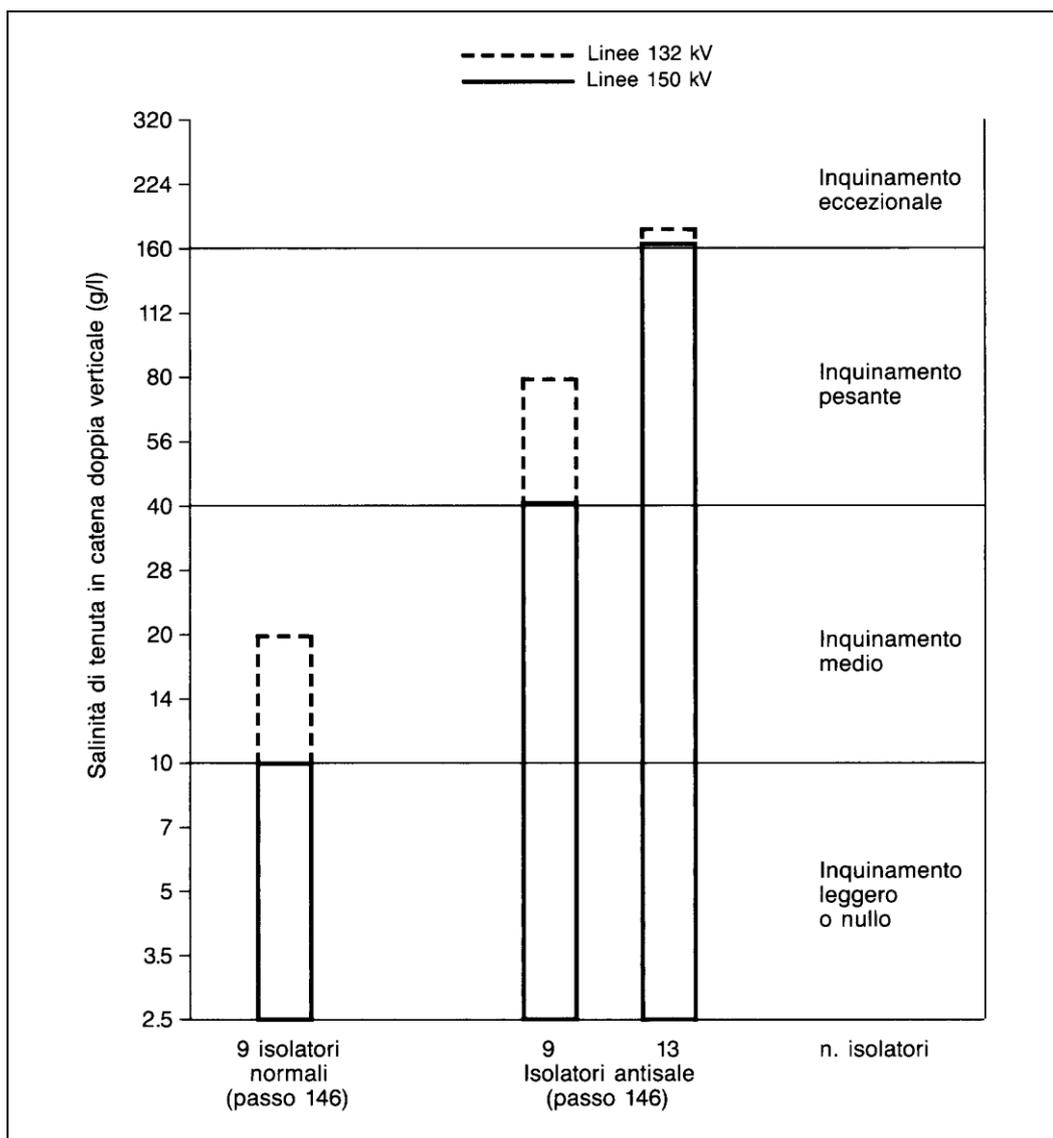
### **6.7.2 Caratteristiche elettriche**

Le caratteristiche geometriche di cui sopra sono sufficienti a garantire il corretto comportamento delle catene di isolatori a sollecitazioni impulsive dovute a fulminazione o a sovratensioni di manovra. Per quanto riguarda il comportamento degli isolatori in presenza di inquinamento superficiale, nelle tabelle LJ1 e LJ2 allegate sono riportate, per ciascun tipo di isolatore, le condizioni di prova in nebbia salina, scelte in modo da porre ciascuno di essi in una situazione il più possibile vicina a quella di effettivo impiego.

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

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

- (1) Nelle zone con inquinamento nullo o leggero una prestazione dell'isolamento inferiore a quella indicata può essere utilizzata in funzione dell'esperienza acquisita in servizio.
- (2) Alcune pratiche agricole quali la fertirrigazione o la combustione dei residui, possono produrre un incremento del livello di inquinamento a causa della dispersione via vento delle particelle inquinanti.
- (3) Le distanze dal mare sono strettamente legate alle caratteristiche topografiche della zona ed 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.



Per le linee che attraversano zone prive di inquinamento atmosferico è previsto l'impiego di catene (di sospensione o di amarro) composto da 9 elementi di tipo "normale".

Tale scelta rimane invariata, come si vede dal diagramma sopra riportato, per inquinamento "molto leggero" e che può essere accettata anche per inquinamento "leggero" (linee a 132 kV) secondo la classificazione riportata nella tabella precedente.

Negli altri casi, al crescere dell'inquinamento, occorrerebbe aumentare il numero di elementi per catena.

L'allungamento delle catene, d'altra parte, riduce ovviamente l'altezza utile del sostegno, ed anche le prestazioni geometriche dei gruppi mensole. Si ha perciò un aumento dei costi dello stesso ordine di quello derivante dall'impiego degli "antisale". Perciò se risultano insufficienti 9 elementi di tipo "normale" si passerà direttamente a 9 elementi "antisale". Nei pochi casi in cui anche tale soluzione risulta insufficiente si adotteranno fino a 13 elementi "antisale" che garantiscono una completa "copertura" del livello di inquinamento "pesante" (tenendo in conto le necessarie modifiche alle prestazioni dei gruppi mensole e all'altezza utile dei sostegni). Nei rari casi di caso di inquinamento "eccezionale" si dovrà ricorrere a soluzioni particolari quali lavaggi periodici, in grassaggi, ecc.

Le caratteristiche della zona interessata dall'elettrodotto in esame sono di inquinamento atmosferico medio e quindi si è scelta la soluzione dei n. 9 isolatori (passo 146) tipo J1/1 (normale) per tutti gli armamenti in sospensione e quella dei n. 9 isolatori (passo 146) tipo J1/1 (normale) per gli armamenti in amarro.

## 6.8 MORSETTERIA ED ARMAMENTI

Gli elementi di morsetteria per linee a 132 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 gli equipaggiamenti di amarro e di sospensione dei conduttori è stato previsto un unico carico di rottura pari a 120 kN.

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 132 kV si distinguono i tipi di equipaggiamento riportati nella tabella seguente:

EQUIPAGGIAMENTO	TIPO	CARICO DI ROTTURA (kN)	SIGLA
SEMPLICE SOSPENSIONE	360/1	120	SS
DOPPIO PER SOSPENSIONE CON MORSA UNICA	360/2	120	DS
DOPPIO PER SOSPENSIONE CON MORSA DOPPIA	360/3	120	M
SEMPLICE PER AMARRO	362/1	120	SA
DOPPIO PER AMARRO	362/2	120	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

Per fondazione è intesa la struttura (mista in acciaio-calcestruzzo) interrata, incaricata di trasmettere gli sforzi generati dai conduttori e dal peso proprio del sostegno (compressione e/o strappamento) al terreno.

Le fondazioni unificate per i sostegni della serie 132 kV semplice terna sono del tipo a piedini separati e 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 appoggi 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, infine, 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.

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".

## 7 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'ELETTRODOTTO IN CAVO INTERRATO

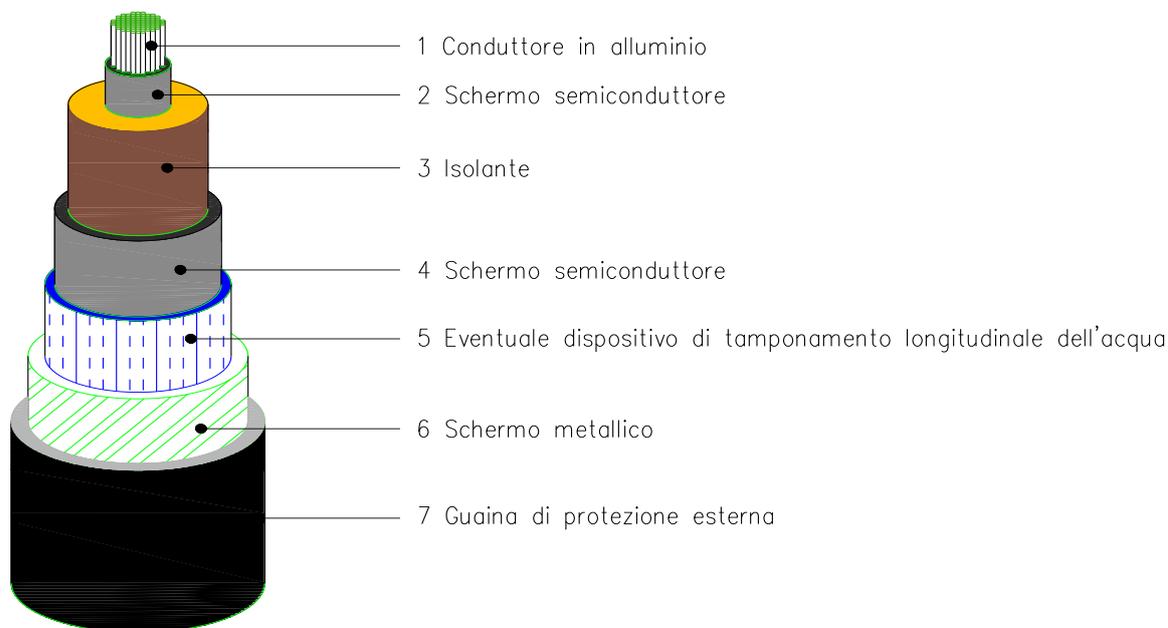
### 7.1 Caratteristiche del cavidotto

Nel seguito si riportano le caratteristiche tecniche principali dei cavi e le sezioni tipiche. Tali dati potranno subire adattamenti comunque non essenziali dovuti alla successiva fase di progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori e/o appaltatori.

Sezione nominale del conduttore	Alluminio 1600 mm <sup>2</sup>
Isolante	XLPE
Diametro esterno	106,4 mm

#### 7.1.1 Caratteristiche meccaniche del conduttore di energia

Di seguito si riporta a titolo illustrativo la sezione indicativa del cavo che verrà utilizzato:



1	CONDUTTORE IN RAME O ALLUMINIO	5	BARRIERA CONTRO LA PENETRAZIONE DI ACQUA
2	SCHERMO SUL CONDUTTORE	6	GUAINA METALLICA
3	ISOLANTE	7	GUAINA ESTERNA
4	SCHERMO SEMICONDUCTTORE		

L'elettrodotto sarà costituito da una terna di cavi unipolari, con isolamento in XLPE, costituiti da un conduttore in alluminio di sezione pari a circa 1600 mm<sup>2</sup>; esso sarà un conduttore di tipo milliken a corda rigida (per le sezioni maggiori), compatta e tamponata di alluminio, ricoperta da uno strato semiconduttivo interno estruso, dall'isolamento XLPE, dallo strato semiconduttivo esterno, da nastri semiconduttivi igroespandenti. Lo schermo metallico è costituito da un tubo metallico di piombo o alluminio o a fili di rame ricotto non stagnati, di sezione complessiva adeguata ad assicurare la protezione meccanica del cavo, la tenuta ermetica radiale, a sopportare la corrente di guasto a terra. Sopra lo schermo viene applicata la guaina protettiva di polietilene nera e grafitata avente funzione di protezione anticorrosiva, ed infine la protezione esterna meccanica.

## 7.2 Composizione del cavidotto

Per ciascun collegamento in cavo sono previsti i seguenti componenti:

- conduttori di energia;
- giunti diritti circa ogni 500-800 m con relative cassette di sezionamento e di messa a terra (il cui numero dipenderà dall'effettiva lunghezza delle pezzature di cavo);
- terminali per esterno;
- sistema di telecomunicazioni.

## 7.3 Modalità di posa e di attraversamento

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità di 1,6 m, con disposizione delle fasi a trifoglio.

Nello stesso scavo, a distanza di almeno 0,3 m dai cavi di energia, sarà posato un cavo con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati.

Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento 'mortar'.

I cavi saranno protetti e segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico, ed ove necessario anche da una lastra di protezione in cemento armato dello spessore di 6 cm.

La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto.

Altre soluzioni particolari, quali l'alloggiamento dei cavi in cunicoli prefabbricati o gettati in opera od in tubazioni di PVC della serie pesante o di ferro, potranno essere adottate per attraversamenti specifici.

Nella fase di posa dei cavi, per limitare al massimo i disagi al traffico veicolare locale, la terna di cavi sarà posata in fasi successive in modo da poter destinare al transito, in linea generale, almeno una metà della carreggiata.

In tal caso la sezione di posa potrà differire da quella normale sia per quanto attiene il posizionamento dei cavi che per le modalità di progetto delle protezioni.

In corrispondenza degli attraversamenti di canali, svincoli stradali, ferrovia o di altro servizio che non consenta l'interruzione del traffico, l'installazione potrà essere realizzata con il sistema dello spingitubo o della perforazione teleguidata, che non comportano alcun tipo di interferenza con le strutture superiori esistenti che verranno attraversate in sottopasso.

Gli attraversamenti delle opere interferenti saranno eseguiti in accordo a quanto previsto dalla Norma CEI 11-17.

Tra le possibili modalità di collegamento degli schermi metallici sarà utilizzata la cosiddetta modalità del *cross bonding*, in cui il collegamento in cavo viene suddiviso in tre tratte elementari (o multipli di tre) di uguale lunghezza, generalmente corrispondenti con le pezzature di posa.

In tale configurazione gli schermi vengono messi francamente a terra, ed in corto circuito tra loro all'estremità di partenza della prima tratta ed all'estremità di arrivo della terza, mentre tra due tratte adiacenti gli schermi sono isolati da terra e uniti fra loro con collegamento incrociato.

### 7.3.1 Buche giunti

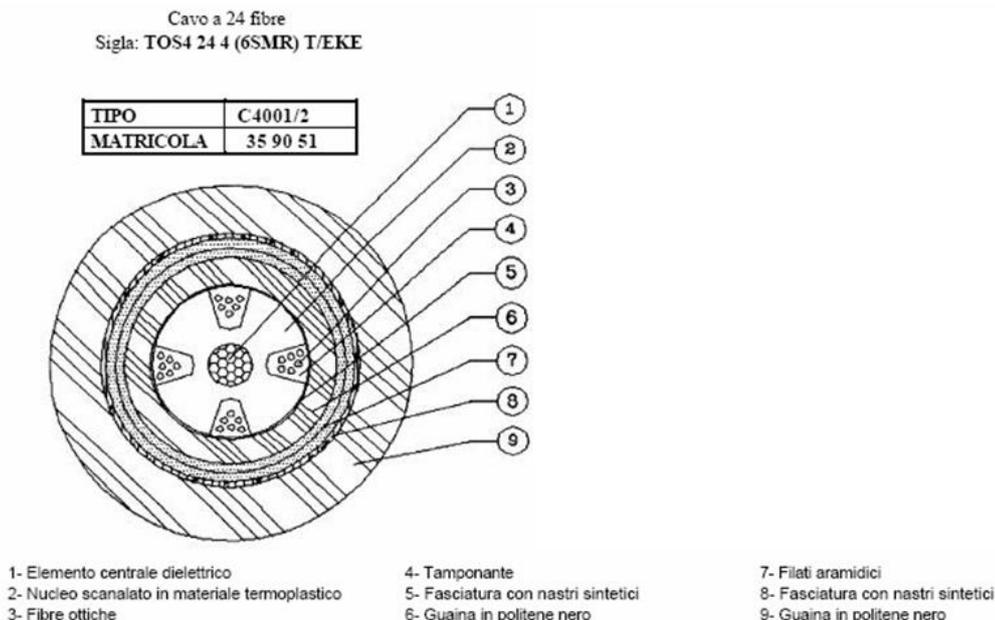
I giunti unipolari saranno posizionati lungo il percorso del cavo, a circa 500-800 m l'uno dall'altro, ed ubicati all'interno di opportune buche giunti che avranno una configurazione come descritto nel par. 7.4.

Il posizionamento dei giunti sarà determinato in sede di progetto esecutivo in funzione delle interferenze sotto il piano di campagna e della possibilità di trasporto.

### 7.3.2 Sistema di telecomunicazioni

Per la trasmissione dati per il sistema di protezione, comando e controllo dell'impianto, sarà realizzato un sistema di telecomunicazione tra le stazioni terminali dei collegamenti.

Esso sarà costituito da un cavo con 24 fibre ottiche, illustrato nella figura seguente:

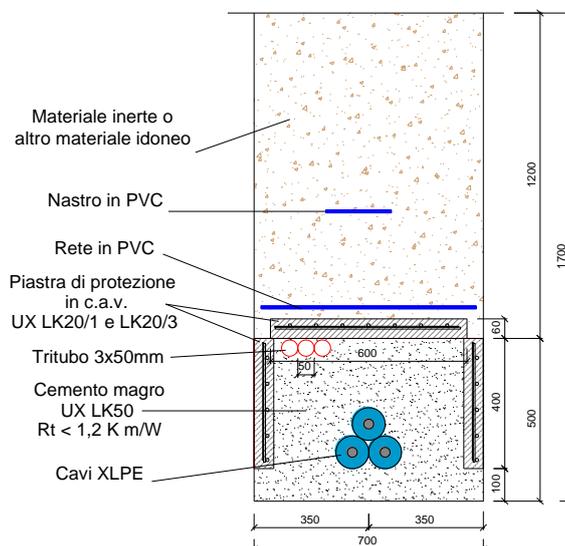


## 7.4 CARATTERISTICHE COMPONENTI

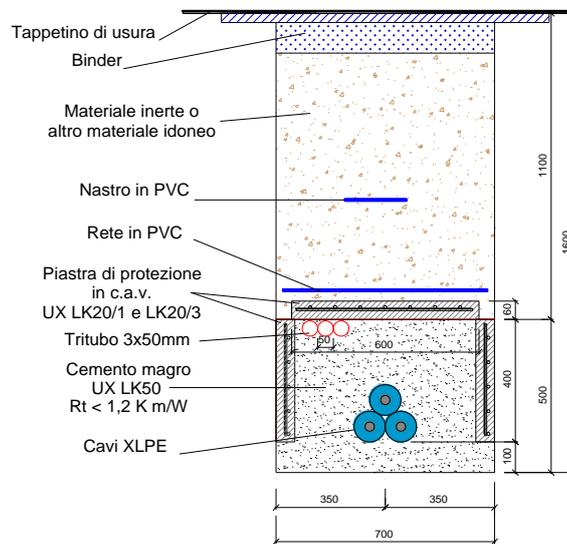
I disegni mostrati di seguito riportano la sezione tipica di scavo e di posa, le dimensioni di massima delle buche giunti e le modalità tipiche per l'esecuzione degli attraversamenti.

### SEZIONE TIPICA DI SCAVO E DI POSA

#### ESEMPIO DI POSA A TRIFOGLIO IN TERRENO AGRICOLA

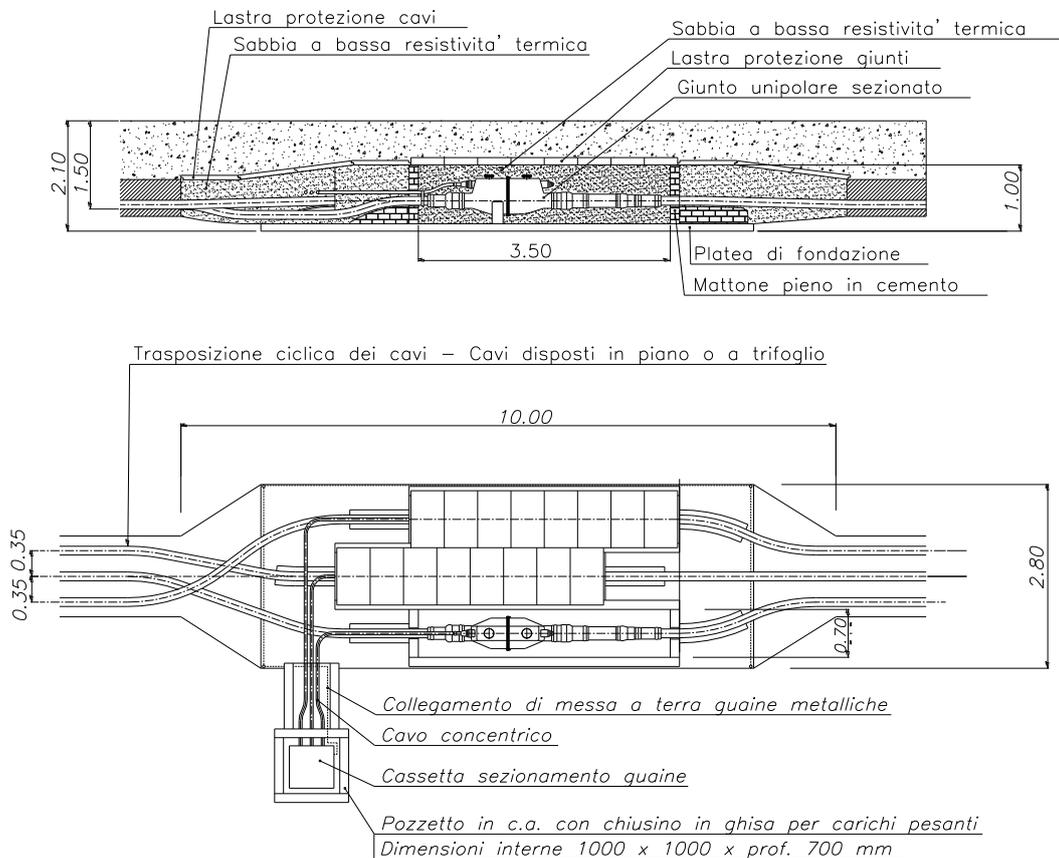


**ESEMPIO DI POSA A TRIFOGLIO SU SEDE STRADALE**



**DIMENSIONI DI MASSIMA DELLE BUCHE GIUNTI**

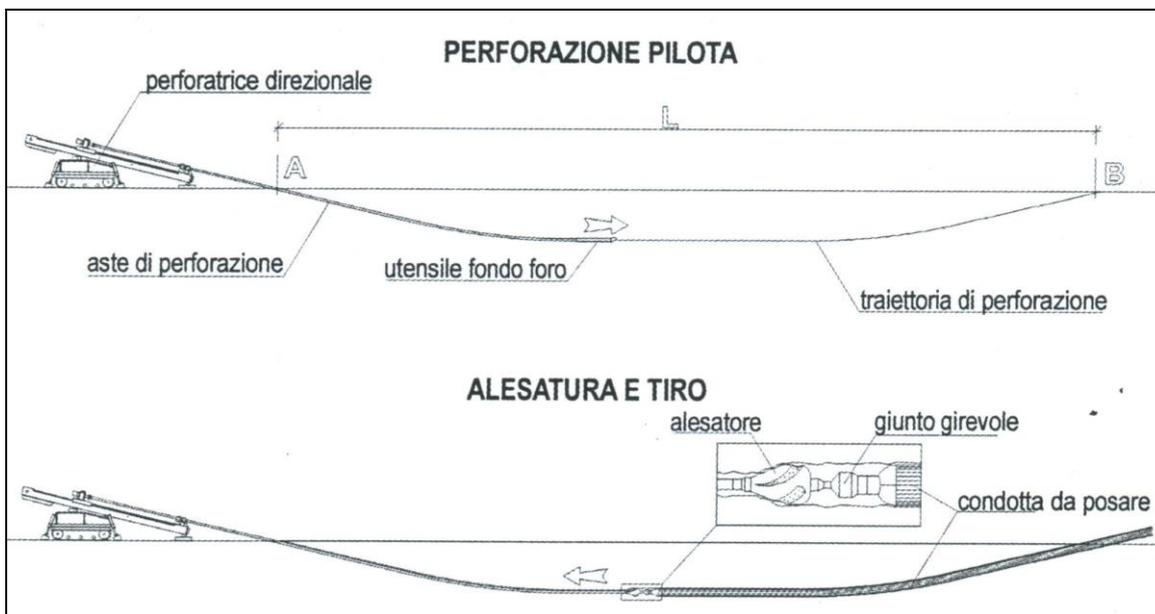
**PARTICOLARE BUCA GIUNTI**



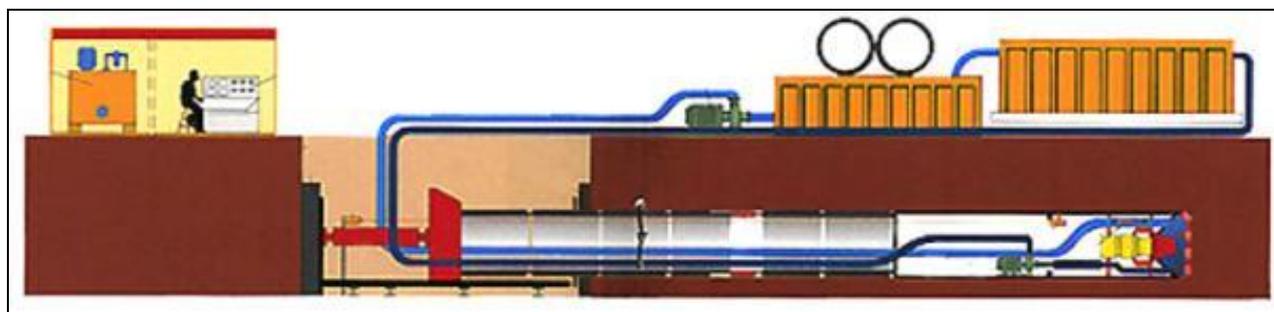
**MODALITA' TIPICHE PER L'ESECUZIONE DEGLI ATTRAVERSAMENTI**

Nel caso in cui non sia possibile eseguire gli scavi per l'interramento del cavo, in prossimità di particolari attraversamenti di opere esistenti lungo il tracciato (strade, fiumi, ecc.), potrà essere utilizzato il sistema di attraversamento teleguidato o con microtunnel, come descritto nei disegni sottostanti:

**ATTRAVERSAMENTO CON PERFORAZIONE TELEGUIDATA**

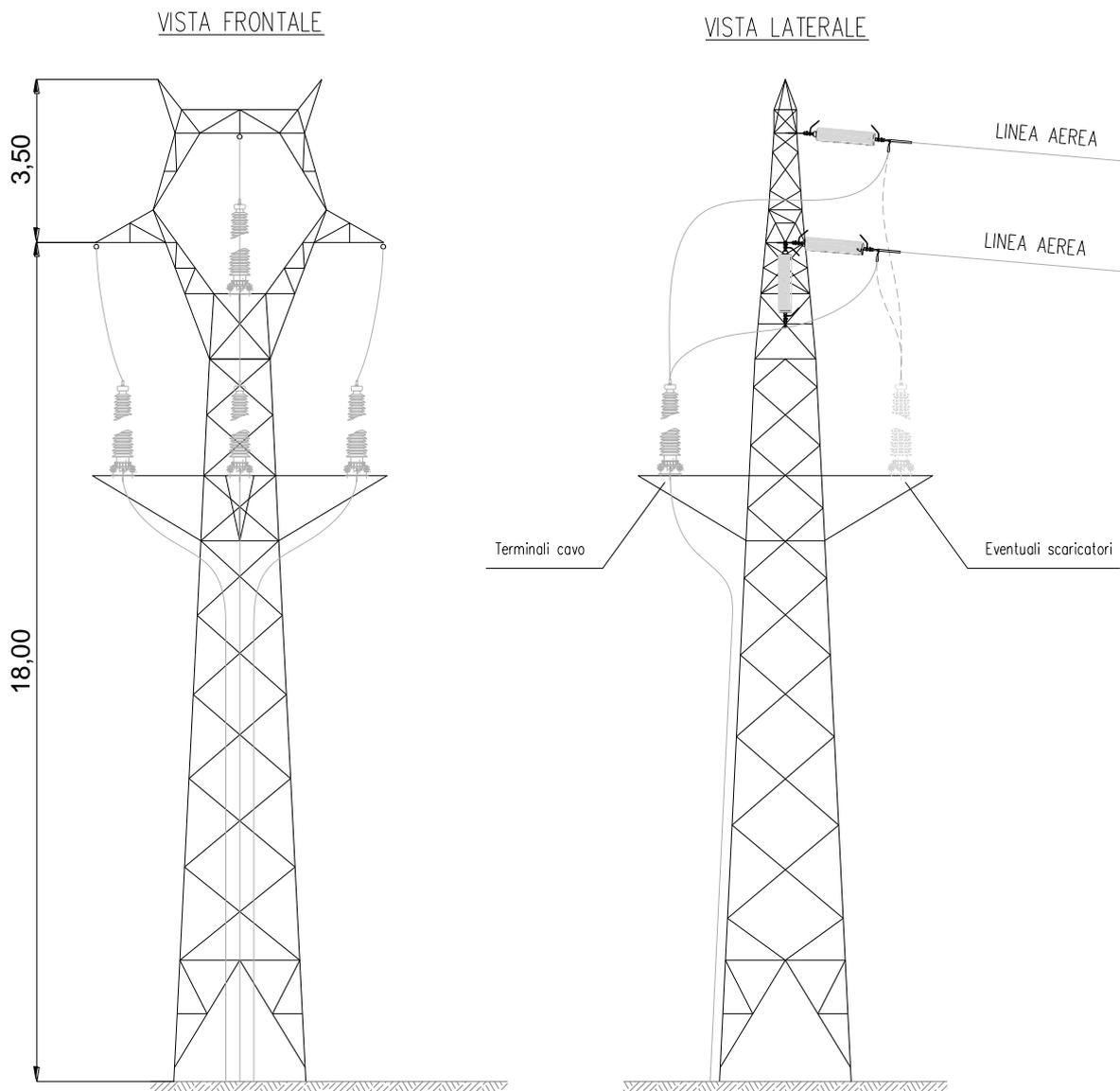


**ATTRAVERSAMENTO CON MICROTUNNELING**



## **SOSTEGNO PORTATERMINALI**

Per la realizzazione del passaggio da elettrodotto aereo a cavo interrato sarà utilizzato un sostegno porta terminale con testa a delta, opportunamente verificato. I terminali cavo saranno inseriti su una mensola alloggiata sulla struttura del sostegno, come mostrato nello schematico sotto riportato, di carattere puramente indicativo e non esaustivo.



## **7.5 TERRE E ROCCE DA SCAVO**

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

## **8 RUMORE**

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

## **9 INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE**

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

## **10 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI**

### **10.1 RICHIAMI NORMATIVI**

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

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

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

## **11 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

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

## **12 AREE IMPEGNATE**

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

## **13 FASCE DI RISPETTO**

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

## **14 SICUREZZA NEI CANTIERI**

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