

**RIASSETTO DELLA RETE ELETTRICA A 380 kV E 132 kV IN PROVINCIA DI  
TERAMO**

**Intervento 2**

**Raccordi aerei 380 kV in semplice terna alla S.E. 380/132 kV di Teramo**

**RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA**



**Storia delle revisioni**

|         |                |                 |
|---------|----------------|-----------------|
| Rev. 00 | del 31/01/2018 | Prima emissione |
|---------|----------------|-----------------|

| Elaborato                     | Verificato                    | Approvato                     |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| S. Barnaba<br>ING-PRE-APRI CS | L. Simeone<br>ING-PRE-APRI CS | M. Bennato<br>ING-PRE-APRI CS |

m010CI-LG001-r02

## INDICE

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1</b>  | <b>PREMESSA.....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2</b>  | <b>MOTIVAZIONI DELL'OPERA .....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>3</b>  | <b>UBICAZIONE DELL'INTERVENTO E OPERE ATTRAVERSATE .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>4</b>  | <b>DESCRIZIONE DELLE OPERE .....</b>  | <b>4</b>  |
| 4.1       | Variante in ingresso alla S.E. Teramo dell'elettrodotto a 380 kV ST "S. Giacomo - Teramo" (cod. n. 387)..6      | 6         |
| 4.2       | Raccordi in "entra-esce" alla S.E. Teramo dell'elettrodotto a 380 kV ST "Villavalle - Villanova" (cod. n. 333)6 | 6         |
| 4.3       | Variante in ingresso alla S.E. Teramo dell'elettrodotto a 380 kV ST "Teramo - Villanova" (cod. n. 318) .....    | 6         |
| 4.4       | Variante in ingresso alla S.E. Teramo dell'elettrodotto a 380 kV ST "Rosara - Teramo" (cod. n. 316) .....       | 7         |
| 4.5       | Vincoli Aeroportuali.....   | 7         |
| 4.6       | Distanze di sicurezza rispetto alle attività soggette a controllo prevenzione incendi .....                     | 7         |
| <b>5</b>  | <b>CRONOPROGRAMMA .....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>6</b>  | <b>CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE OPERE.....</b>  | <b>7</b>  |
| 6.1       | Premessa.....   | 7         |
| 6.2       | Caratteristiche elettriche .....  | 8         |
| 6.3       | Distanza tra i sostegni .....   | 8         |
| 6.4       | Conduttori e corde di guardia .....   | 8         |
| 6.4.1     | Stato di tensione meccanica .....   | 9         |
| 6.5       | Capacità di trasporto.....  | 11        |
| 6.6       | Sostegni.....   | 11        |
| 6.7       | Isolamento .....  | 12        |
| 6.7.1     | Caratteristiche geometriche .....   | 13        |
| 6.7.2     | Caratteristiche elettriche .....  | 13        |
| 6.8       | Morsetteria ed armamenti.....   | 16        |
| 6.9       | Fondazioni .....  | 17        |
| 6.9.1     | Messe a terra dei sostegni .....  | 18        |
| 6.9.2     | Caratteristiche dei componenti .....  | 18        |
| <b>7</b>  | <b>TERRE E ROCCE DA SCAVO .....</b>   | <b>18</b> |
| <b>8</b>  | <b>RUMORE.....</b>  | <b>18</b> |
| <b>9</b>  | <b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE .....</b>  | <b>19</b> |
| <b>10</b> | <b>CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI .....</b>  | <b>19</b> |
| <b>11</b> | <b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>   | <b>19</b> |
| <b>12</b> | <b>AREE IMPEGNATE.....</b>  | <b>19</b> |
| <b>13</b> | <b>SICUREZZA CANTIERI .....</b>   | <b>19</b> |

## 1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione tecnica è la descrizione degli aspetti specifici, non contenuti nella Relazione Tecnica Generale (doc. n. RG12002E\_ACSF0029), inerenti i raccordi aerei a 380 kV in semplice terna tra la stazione elettrica di Teramo ed i seguenti elettrodotti esistenti:

- “Rosara – Teramo” (cod. n. 316)
- “Teramo – Villanova” (cod. n. 318)
- “Villavalle – Villanova” (cod. n. 333)
- “San Giacomo – Teramo” (cod. n. 387)

## 2 MOTIVAZIONI DELL’OPERA

Per le motivazioni si rimanda al cap. 2 della Relazione Tecnica Generale (doc. n. RG12002E\_ACSF0029).

## 3 UBICAZIONE DELL’INTERVENTO E OPERE ATTRAVERSADE

I Comuni interessati dal passaggio dei raccordi sono elencati nella seguente tabella:

| REGIONE | PROVINCIA | COMUNE   | PERCORRENZA (km) |
|---------|-----------|----------|------------------|
| Abruzzo | Teramo    | Teramo   | 3                |
|         |           | Basciano | 0,6              |

**Lo sviluppo complessivo dei tracciati dei raccordi in oggetto è pari a 3,6 km.**

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

| NUMERO ATTRAVERSAMENTO | DESCRIZIONE OPERA        | COMUNE | ENTE INTERESSATO       |
|------------------------|--------------------------|--------|------------------------|
| 1                      | Linea elettrica aerea BT | Teramo | E-Distribuzione S.p.A. |
| 2                      | Linea elettrica aerea BT | Teramo | E-Distribuzione S.p.A. |
| 3                      | Linea telefonica aerea   | Teramo | Telecom S.p.A.         |
| 4                      | Linea elettrica aerea BT | Teramo | E-Distribuzione S.p.A. |
| 5                      | Linea telefonica aerea   | Teramo | Telecom S.p.A.         |
| 6                      | Linea elettrica aerea BT | Teramo | E-Distribuzione S.p.A. |

|    |                                      |        |                              |
|----|--------------------------------------|--------|------------------------------|
| 7  | Linea telefonica aerea               | Teramo | Telecom S.p.A.               |
| 8  | Linea elettrica aerea BT             | Teramo | E-Distribuzione S.p.A.       |
| 9  | Linea elettrica aerea BT             | Teramo | E-Distribuzione S.p.A.       |
| 10 | Linea telefonica aerea               | Teramo | Telecom S.p.A.               |
| 11 | Linea elettrica aerea BT             | Teramo | E-Distribuzione S.p.A.       |
| 12 | Fiume Vomano                         | Teramo | Genio Civile Regione Abruzzo |
| 13 | Linea telefonica aerea da adeguare   | Teramo | Telecom S.p.A.               |
| 14 | Linea elettrica aerea BT da adeguare | Teramo | E-Distribuzione S.p.A.       |
| 15 | Linea elettrica aerea MT da adeguare | Teramo | E-Distribuzione S.p.A.       |
| 16 | Fiume Vomano                         | Teramo | Genio Civile Regione Abruzzo |
|    | Strade comunali                      | Teramo | Comune di Teramo             |

Gli attraversamenti ed i parallelismi principali sono altresì evidenziati anche nella corografia in scala 1:5.000 allegata (doc. n. DG12002E\_ACSF0035).

#### **4 DESCRIZIONE DELLE OPERE**

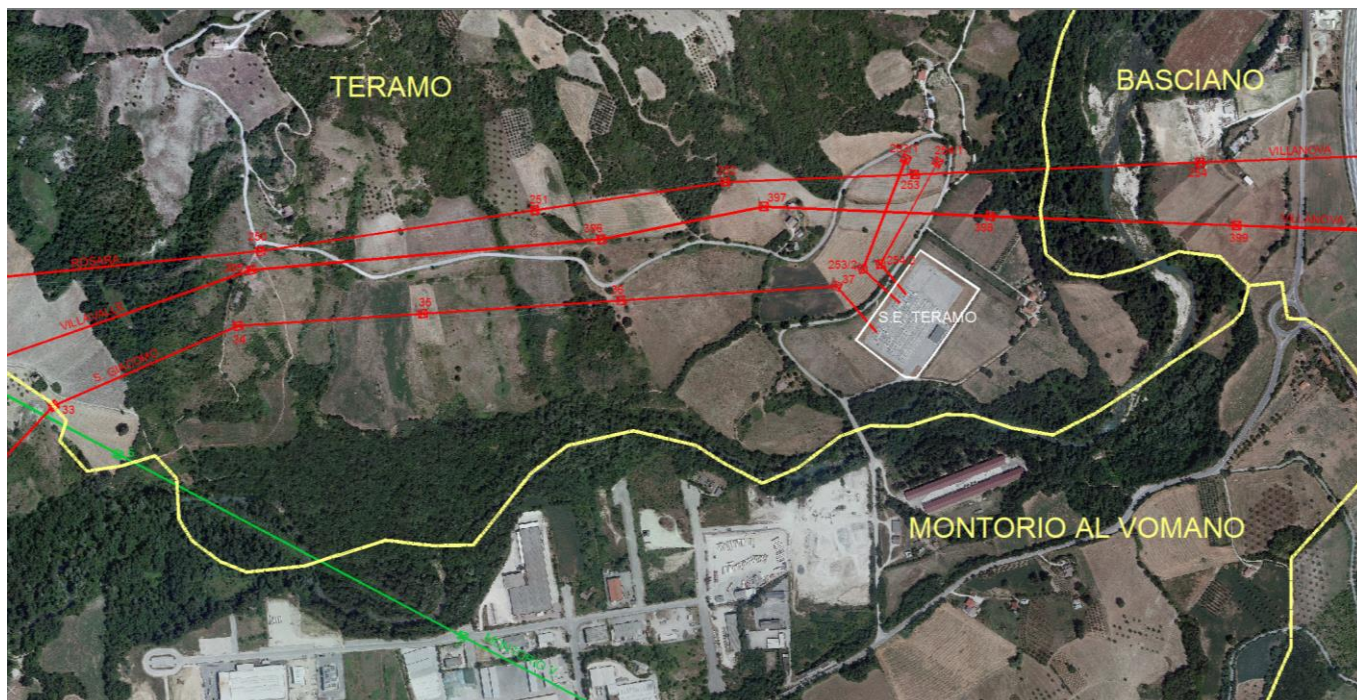
L'opera oggetto della presente relazione consiste nella realizzazione di lievi varianti di tracciato alle ultime campate in ingresso alla S. E. di Teramo dei seguenti elettrodotti a 380 kV in semplice terna che, nell'assetto di rete attuale, si attestano già agli stalli della suddetta stazione elettrica:

- "Rosara – Teramo" (cod. n. 316);
- "Teramo – Villanova" (cod. n. 318);
- "San Giacomo – Teramo" (cod. n. 387).

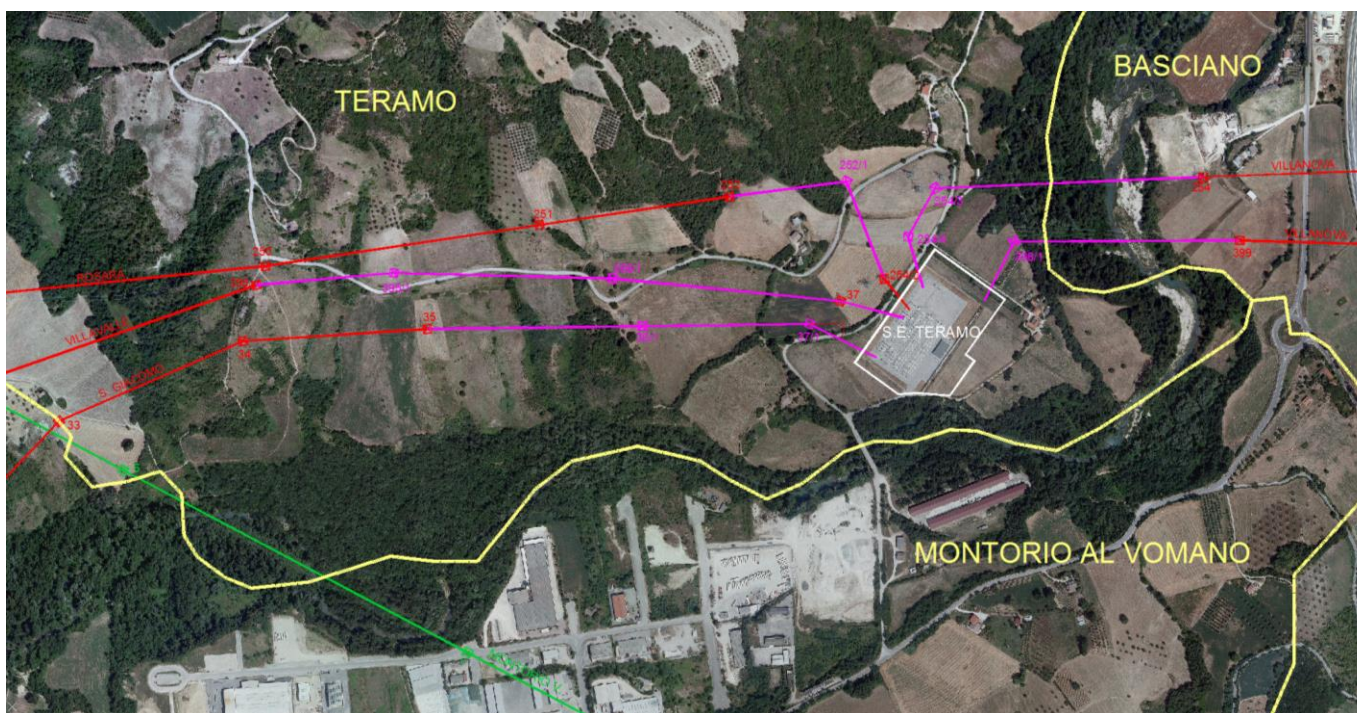
Tali varianti sono propedeutiche a creare un varco finalizzato al passaggio di un breve raccordo di collegamento in entra-esci" tra l'esistente elettrodotto a 380 kV in semplice terna "Villavalle – Villanova" (cod. n. 333) e la S.E. Teramo: infatti, nell'attuale configurazione di rete, il tracciato del suddetto elettrodotto passa appena al di fuori della S.E. Teramo senza tuttavia collegarsi al suddetto impianto.

I tracciati dei suddetti raccordi si svilupperanno tutti in affiancamento fra loro lungo una direttrice est-ovest, interessando terreni agricoli ubicati nelle aree circostanti la S.E. Teramo, come si evince osservando le seguenti figure che mostrano l'attuale assetto di rete e l'assetto futuro a valle della realizzazione delle opere descritte nella presente relazione.





Assetto di rete attuale



Assetto di rete futuro



#### **4.1 Variante in ingresso alla S.E. Teramo dell'elettrodotto a 380 kV ST "S. Giacomo - Teramo" (cod. n. 387)**

La variante in oggetto consisterà in un lieve spostamento verso sud delle ultime tre campate dell'elettrodotto in ingresso alla S.E. Teramo ed avrà origine dall'esistente sostegno n. 35, per una lunghezza di circa 830 m.

A valle della realizzazione della variante sopra descritta, si potrà procedere alla demolizione del tratto di elettrodotto non più utilizzato per una lunghezza di circa 860 m, ad eccezione del sostegno n. 37 che verrà utilizzato come sostegno capolinea per il raccordo lato ovest dell'elettrodotto "Villavalle – Villanova" alla S.E. Teramo, descritto nel successivo paragrafo.

#### **4.2 Raccordi in "entra-esce" alla S.E. Teramo dell'elettrodotto a 380 kV ST "Villavalle - Villanova" (cod. n. 333)**

I raccordi in oggetto consisteranno nella realizzazione di due rami di elettrodotto (ramo est e ramo ovest) a 380 kV in semplice terna finalizzati a collegare alla S.E. Teramo l'esistente elettrodotto "Villavalle – Villanova"; il tratto di elettrodotto interessato dai suddetti raccordi sarà compreso tra gli esistenti sostegni n. 395 e n. 399.

Il raccordo ovest avrà origine dall'esistente sostegno n. 395 consisterà in uno spostamento verso sud dell'elettrodotto che si collegherà all'esistente sostegno n. 37 (che nell'attuale assetto, appartiene all'elettrodotto "San Giacomo – Teramo") per poi attestarsi ad un esistente stallo nella S.E. Teramo, per una lunghezza di circa 1,2 km.

Il raccordo est avrà origine dall'esistente sostegno n. 399 e anch'esso consisterà in un lieve spostamento verso sud dell'esistente elettrodotto fino ad un nuovo stallo nella S.E. Teramo, per una lunghezza di circa 500 m.

A valle della realizzazione dei suddetti raccordi, si otterranno i due elettrodotti a 380 kV ST "Villavalle Teramo" e "Teramo – Villanova" e si potrà procedere alla demolizione del tratto di elettrodotto non più utilizzato per una lunghezza di circa 1,8 km.

#### **4.3 Variante in ingresso alla S.E. Teramo dell'elettrodotto a 380 kV ST "Teramo - Villanova" (cod. n. 318)**

La variante in oggetto interesserà le ultime tre campate dell'elettrodotto "Teramo – Villanova" in ingresso alla S.E. Teramo a partire dal sostegno n. 254 e consisterà nell'infissione di un nuovo sostegno n. 254/3 in asse linea lungo la campata 253-254, in prossimità degli esistenti sostegni n. 253 e n. 254/1. Sempre mantenendo lo stesso asse linea dell'elettrodotto esistente, verrà infisso un nuovo sostegno capolinea n. 254/4 lungo la campata 254/1-254/2. Infine il raccordo così ottenuto si attesterà su un nuovo stallo della S.E. Teramo, per uno sviluppo complessivo di circa 700 m.

A valle della realizzazione del suddetto raccordo si potrà procedere alla demolizione del tratto di elettrodotto non più utilizzato per una lunghezza di circa 730 m, ad eccezione del sostegno n. 254/2 che

|   |                                       |                                      |                     |
|---|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| <br><small>TERNA GROUP</small> | <b>RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA</b> | Codifica<br><b>RE12002E_ACSF0033</b> |                     |
|   |                                       | Rev. 00<br>del 31/01/2018            | Pag. <b>7</b> di 19 |

verrà utilizzato come capolinea per il raccordo alla S.E. Teramo dell'elettrodotto "Rosara - Teramo", descritto nel successivo paragrafo.

#### **4.4 Variante in ingresso alla S.E. Teramo dell'elettrodotto a 380 kV ST "Rosara - Teramo" (cod. n. 316)**

La variante in oggetto interesserà le ultime tre campate dell'elettrodotto "Rosara- Villanova" in ingresso alla S.E. Teramo e si svilupperà fra gli esistenti sostegni n. 252 e n. 254/2 (che nell'attuale assetto di rete appartiene all'elettrodotto "Teramo - Villanova"); la variante consisterà nell'infissione, fra i due suddetti sostegni, di un nuovo sostegno n. 252/1, per una lunghezza complessiva di 400 m.

A valle della realizzazione della variante sopra descritta, si potrà procedere alla demolizione del tratto di elettrodotto non più utilizzato per una lunghezza di circa 650 m.

I tracciati degli interventi sopra descritti sono è rappresentati nella corografia allegata (doc. n. DG12002E\_ACSF0035).

#### **4.5 Vincoli Aeroportuali**

Si rimanda al cap. 3.1 della Relazione Tecnica Generale (doc. n. RG12002E\_ACSF0029).

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

Si rimanda alla documentazione specifica allegata di cui all'Appendice E doc. n. EG12002E\_ACSF0084.

### **5 CRONOPROGRAMMA**

Il programma di massima dei lavori è illustrato nel cap. 5 della Relazione Tecnica Generale (doc. n. RG12002E\_ACSF0029).

## **6 CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE OPERE**

### **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 riportati nell'elaborato "Caratteristiche Componenti: 380 kV semplice terna aerea, 132 kV semplice terna aerea" doc. n. EE12002E\_ACSF0031.

I raccordi in oggetto saranno costituiti da una palificazione in semplice terna a delta rovescio armata con tre fasi ciascuna composta da tre conduttori di energia e da due corde di guardia.

Il complesso dei raccordi ricadono interamente in zona A.

## **6.2 Caratteristiche elettriche**

Le caratteristiche elettriche dei raccordi aerei agli elettrodotti in esame sono le seguenti:

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| Frequenza nominale             | 50 Hz    |
| Tensione nominale              | 380 kV   |
| Corrente nominale              | 1500 A   |
| Potenza nominale               | 1000 MVA |
| Corrente max (norma CEI 11-60) | 2955 A   |

La portata in corrente in servizio normale dei conduttori sarà conforme a quanto prescritto dalla norma CEI 11-60, per elettrodotti a 380 kV, specificatamente ai conduttori che verranno utilizzati.

## **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 per elettrodotti a 380 kV in semplice terna.

## **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). Ciascun conduttore di energia sarà costituito da una corda di alluminio-acciaio della



sezione complessiva di 585,3 mm<sup>2</sup> composta da n. 19 fili di acciaio del diametro 2,10 mm e da n. 54 fili di alluminio del diametro di 3,50 mm, con un diametro complessivo di 31,50 mm.

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

Per zone ad alto inquinamento salino può essere impiegato in alternativa il conduttore con l'anima a "zincatura maggiorata" ed ingrassato fino al secondo mantello di alluminio. Le caratteristiche tecniche del conduttore sono riportate nell'elaborato "Caratteristiche Componenti: 380 kV semplice terna aerea, 132 kV semplice terna aerea" doc. n. EE12002E\_ACSF0031.

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>, composti da n. 91 fili di alluminio del diametro di 3,74 mm, con un diametro complessivo di 41,1 mm (riferimento doc. n. EE12002E\_ACSF0031).

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

Nella progettazione dell'elettrodotto si è utilizzato un franco minimo non inferiore ai 14 metri, superiore a quello strettamente previsto della normativa vigente.

I raccordi agli elettrodotti in esame saranno inoltre equipaggiati con due corde di guardia destinate, oltre che a proteggere gli elettrodotti stessi dalle scariche atmosferiche, a migliorare la messa a terra dei sostegni. La prima corda di guardia, sarà del tipo in acciaio zincato con diametro di 11,5 mm; la seconda sarà una fune di guardia con 48 fibre ottiche con diametro di 17,9 mm da utilizzarsi per il sistema di protezione, controllo e conduzione degli impianti.

Il carico di rottura teorico della corda di guardia è di 12231 daN.

#### **6.4.1 Stato di tensione meccanica**

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

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

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

- **EDS** – Condizione di tutti i giorni: +15°C, in assenza di vento e ghiaccio
- **MSA** – Condizione di massima sollecitazione (zona A): -5°C, vento a 130 km/h
- **MSB** – Condizione di massima sollecitazione (zona B): -20°C, manicotto di ghiaccio di 12 mm, vento a 65 km/h

- **MPA** – Condizione di massimo parametro (zona A): -5°C, in assenza di vento e ghiaccio
- **MPB** – Condizione di massimo parametro (zona B): -20°C, in assenza di vento e ghiaccio
- **MFA** – Condizione di massima freccia (Zona A): +55°C, in assenza di vento e ghiaccio
- **MFB** – Condizione di massima freccia (Zona B): +40°C, in assenza di vento e ghiaccio
- **CVS1** – Condizione di verifica sbandamento catene: 0°C, vento a 26 km/h
- **CVS2** – Condizione di verifica sbandamento catene: +15°C, vento a 130 km/h
- **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 alluminio-acciaio, Ø 31,5 mm

**ZONA B** EDS=20% per il conduttore tipo alluminio-acciaio, Ø 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, nella stessa condizione di EDS, come riportato di seguito:

**ZONA A** EDS=10.6% per corda di guardia in acciaio Ø 11,5 mm a “zincatura normale”  
EDS=12.18 % per corda di guardia in acciaio Ø 11,5 mm a “zincatura maggiorata”

**ZONA B** EDS=9.1% per corda di guardia in acciaio Ø 11,5 mm a “zincatura normale”  
EDS=10.46 % per corda di guardia in acciaio Ø 11,5 mm a “zincatura maggiorata”

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

- -16°C in zona A
- -25°C in zona B.

Gli interventi in oggetto sono situati in “**ZONA A**”.

## 6.5 Capacità di trasporto

La capacità di trasporto dell'elettrodotto è funzione della tecnologia del conduttore utilizzato.

La Norma CEI 11-60 prevede la definizione della portata dei conduttori per ogni tipologia, sia per il conduttore da 31,5 mm, definito dalla norma "standard", sia per qualsiasi altro tipo di conduttore e definisce anche le portate nei periodi caldo e freddo.

Il progetto dei raccordi 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 quelle definite dalla Norma CEI 11-60.

## 6.6 Sostegni

I sostegni saranno del tipo semplice terna di varie altezze secondo le caratteristiche altimetriche del terreno, in angolari di acciaio ad elementi zincati a caldo e bullonati. Gli angolari di acciaio sono raggruppati in elementi strutturali. Il calcolo delle sollecitazioni meccaniche ed il dimensionamento delle membrature è stato eseguito conformemente a quanto disposto dal D.M. 21/03/1988 e le verifiche sono state effettuate per l'impiego sia in zona "A" che in zona "B".

Essi avranno un'altezza tale da garantire, anche in caso di massima freccia del conduttore, il franco minimo prescritto dalle vigenti norme; l'altezza totale fuori terra sarà di norma inferiore a 70 m. Nei casi in cui ci sia l'esigenza tecnica di superare tale limite, si provvederà, in conformità alla normativa sulla segnalazione degli ostacoli per il volo a bassa quota, alla verniciatura del terzo superiore dei sostegni e all'installazione delle sfere di segnalazione sulle corde di guardia.

I sostegni saranno provvisti di difese parasalita.

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

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

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

I raccordi saranno realizzati utilizzando una serie unificata di tipi di sostegno, tutti diversi tra loro (a seconda delle sollecitazioni meccaniche per le quali sono progettati) e tutti disponibili in varie altezze (H), denominate altezze utili (di norma vanno da 18 a 42 m per il livello di tensione 380 kV).

I tipi di sostegno standard utilizzati e le loro prestazioni nominali, con riferimento al conduttore utilizzato alluminio-acciaio  $\varnothing$  31,5 mm, in termini di campata media (Cm), angolo di deviazione ( $\delta$ ) e costante altimetrica (K) sono i seguenti:

**ZONA A EDS 21 %**

| TIPO            | ALTEZZA   | CAMPATA MEDIA | ANGOLO DEVIAZIONE | COSTANTE ALTIMETRICA |
|-----------------|-----------|---------------|-------------------|----------------------|
| “L” Leggero     | 18 ÷ 42 m | 400 m         | 0°43'             | 0,1647               |
| “N” Normale     | 18 ÷ 42 m | 400 m         | 4°                | 0,2183               |
| “M” Medio       | 18 ÷ 54 m | 400 m         | 8°                | 0,2762               |
| “P” Pesante     | 18 ÷ 42 m | 400 m         | 16°               | 0,3849               |
| “V”Vertice      | 18 ÷ 54 m | 400 m         | 32°               | 0,3849               |
| “C”Capolinea    | 18 ÷ 42 m | 400 m         | 60°               | 0,3849               |
| “E” Eccezionale | 18 ÷ 42 m | 400 m         | 100°              | 0,3849               |

Ogni tipo di sostegno ha un campo di impiego rappresentato da un diagramma di utilizzazione (vedere ad esempio, il diagramma di utilizzazione nell'elaborato “Caratteristiche Componenti: 380 kV semplice terna aerea, 132 kV semplice terna aerea” doc. n. EE12002E\_ACSF0031.

” 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

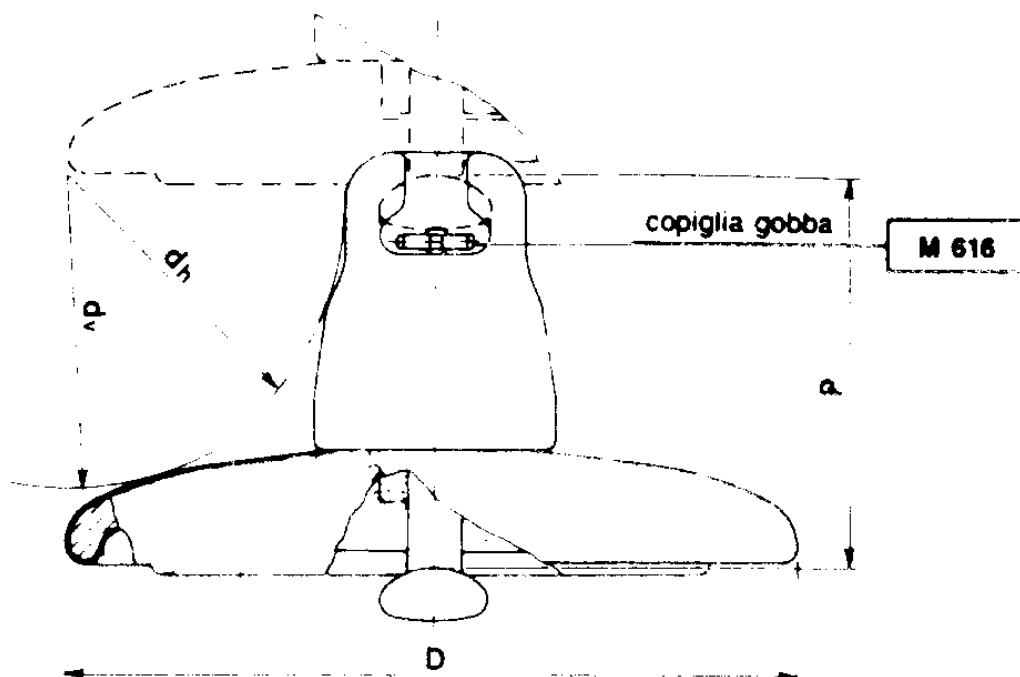
L'isolamento degli elettrodotti, previsto per una tensione massima di esercizio di 420 kV, sarà realizzato con isolatori a cappa e perno in vetro temprato, con carico di rottura di 160 e 210 kN nei due tipi “normale” e “antisale”, connessi tra loro a formare catene di almeno 19 elementi negli amari e 21 nelle sospensioni, come indicato nel grafico riportato al successivo paragrafo 6.7.1. Le catene di sospensione saranno del tipo a V o ad L (semplici o doppie per ciascuno dei rami) mentre le catene in amarro saranno tre in parallelo.

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.

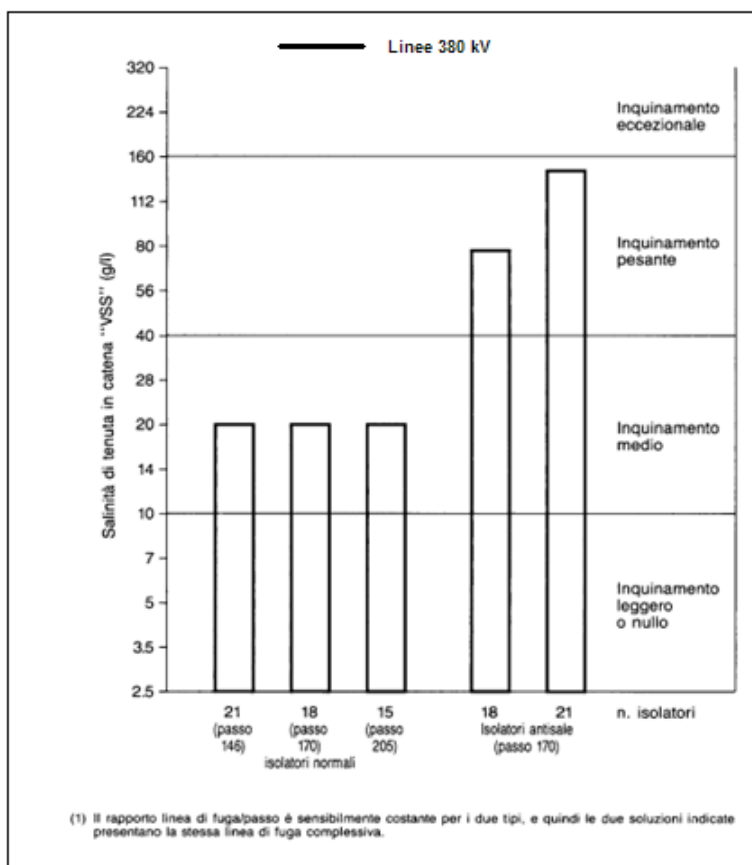
Per quanto riguarda il comportamento degli isolatori in presenza di inquinamento superficiale, nelle tabelle LJ1 e LJ2 allegate sono riportate, per ciascun tipo di isolatore, le condizioni di prova in nebbia salina, scelte in modo da porre ciascuno di essi in una situazione il più possibile vicina a 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 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.
- (\*) 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 21 isolatori (passo 146) tipo J 1/3 (normale) per tutti gli armamenti in sospensione e quella dei 18 isolatori (passo 170) tipo J1/4 (normale) per gli armamenti in amarro.

### 6.8 Morsetteria ed armamenti

Gli elementi di morsetteria per linee a 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   |
| triplo per amarro                       | 385/1 | 3 x 210                |        | TA    |
| triplo per amarro rovescio              | 385/2 | 3 x 210                |        | TAR   |
| doppio per amarro                       | 387/2 | 2 x 120                |        | DA    |
| doppio per amarro rovescio              | 387/3 | 2 x 120                |        | DAR   |
| ad "I" per richiamo collo morto         | 392/1 | 30                     |        | IR    |
| a "V" semplice per richiamo collo morto | 392/1 | 210                    | 210    | VR    |



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

## **6.9 Fondazioni**

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

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

Le fondazioni unificate sono utilizzabili su terreni normali, di buona o media consistenza.

Ciascun piedino di fondazione è composto di tre parti:

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

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

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

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

L'articolo 2.5.08 dello stesso D.M., prescrive che le fondazioni verificate sulla base degli articoli sopramenzionati, siano idonee ad essere impiegate anche nelle zone sismiche per qualunque grado di sismicità.

I sostegni utilizzati sono tuttavia stati verificati anche secondo le disposizioni date dal D.M. 9/01/96 (Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche).

L'abbinamento tra ciascun sostegno e la relativa fondazione è determinato nel progetto unificato mediante le "Tabelle delle corrispondenze" che sono le seguenti:

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

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

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

### **6.9.1 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.

### **6.9.2 Caratteristiche dei componenti**

Si rimanda alla consultazione del Doc. n. EE12002E\_ACSF0031 "Caratteristiche componenti: elettrodotti 380 kV semplice terna aerea, 132 kV semplice terna aerea".

## **7 TERRE E ROCCE DA SCAVO**

Si rimanda alla consultazione del Doc. n. REER12002BIAM02546 "Piano preliminare di Utilizzo delle TRS".

## **8 RUMORE**

Si faccia riferimento al cap. 9 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RG12002E\_ACSF0029).

## **9 INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE**

Si rimanda alla consultazione del Doc. n. REER12002BIAM02540 "Relazione geologica".

## **10 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI**

Si rimanda alla consultazione della relazione Doc. n. RG12002E\_ACSF0075 contenuta nell'Appendice D.

## **11 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Si faccia riferimento al cap. 11 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RG12002E\_ACSF0029).

## **12 AREE IMPEGNATE**

Si faccia riferimento al cap. 12 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RG12002E\_ACSF0029).

## **13 SICUREZZA CANTIERI**

Si faccia riferimento al cap. 14 della Relazione Tecnica Generale (Doc. n. RG12002E\_ACSF0029).