

**IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE ALLA TENSIONE DI 20 kV
PER UNA POTENZA IN IMMISSIONE DI 12000 KW**
**Connessione alla rete MT di e-distribuzione per un lotto di n. 2 impianti
di produzione da fonte solare e con un sistema di accumulo connessi
alla rete di e-distribuzione in MT per una potenza in immissione
complessiva richiesta di 12.000 kW sito nel Castel Volturno (CE)**

PROGETTO DEFINITIVO

DENOMINAZIONE ELABORATO:

SPECIFICHE TECNICHE CAVIDOTTO UTENTE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

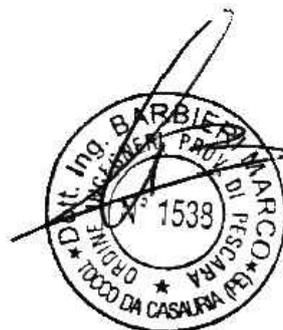
| Livello progettazione | Cod. Rintracciabilità | Tipo docum. | N° elaborato | N° foglio | Tot. fogli | NOME FILE | DATA | SCALA |
|-----------------------|-----------------------|-------------|--------------|-----------|------------|--|---------------|-------|
| PD | T0738302 | | 14 | | | CVolturno-rete14 - Specifiche cavidotto.pdf | Settembre '21 | -- |

REVISIONI

| REV | REV | DESCRIZIONE | ESEGUITO | VERIFICATO | APPROVATO |
|-----|-----|-------------|----------|------------|-----------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Progettazione

Ing. Barbieri Marco
Via Fonte Castello, n. 1
Cap. 65028 Tocco da Casauria (PE)
C.F. BRB MRC 78D14G 878C
Ord. Ing. Pescara N. 1538



Gestore Rete Elettrica

e-distribuzione Spa
Infrastrutture e Reti Italia
Area Sud
Sviluppo Rete - Progettazione Lavori
Centro Progettazione
Lavori Napoli

Richiedente

Nextpower Development Italia S.r.l.
Sede legale in Milano (MI)
Via San Marco n° 21, CAP 20121
Partita IVA 11091860962
npditalia@legalmail.it
P. IVA - C. F. 11091860962

PARTE I

CRITERI GENERALI

1 ADEMPIMENTI E RIFERIMENTI NORMATIVI

Le norme amministrative che regolano il procedimento di autorizzazione per la costruzione di linee elettriche sotterranee sono le seguenti:

- Regio Decreto 11/12/1933 n° 1775 recante il "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e sugli impianti elettrici";
- Legge Regionale, se vigente, in materia di autorizzazione per la costruzione di linee ed impianti elettrici fino a 150 kV.

Per quanto attiene l'aspetto tecnico le norme che disciplinano la progettazione, la costruzione e l'esercizio delle linee elettriche sotterranee della distribuzione sono:

- DM 24/11/1984 "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8";
- DM 21/03/1988 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione, e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne", limitatamente all'art. 2.1.17;
- D. Lgs. 285/92 "Codice della strada";
- DPR 16/12/92 n° 495 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della strada";
- DPR 16/09/96 n° 610 "Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 16 dicembre 1992, n° 495, concernente il regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della strada";
- Direttiva della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento delle Aree Urbane 03/03/1999 "Sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici"
- Norma CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo";
- Norma CEI 11-46 "Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi - Progettazione, costruzione, gestione e utilizzo - Criteri generali e di sicurezza";
- Norma CEI 11-47 "Impianti tecnologici sotterranei - Criteri generali di posa".
- Norma CEI EN 50086 2-4 "Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati"

2 LINEE UNIFICATE

2.1.1 Linee dorsali

Per la costruzione di linee dorsali si utilizzano cavi tripolari ad elica visibile con isolamento solido estruso in gomma etilenpropilenica HEPR o polietilene reticolato XLPE . Le sezioni unificate sono:

- 185 e 120 mm² per cavi con conduttori in alluminio (Tav. M1.1 e Tav. M1.2);
- 120 e 95 mm² per cavi con conduttori in rame (Tav. M1.3).

Le sezioni maggiori sono da utilizzare nella generalità dei casi e comunque sempre qualora si preveda la completa rialimentabilità dei carichi, in particolare per le reti MT al servizio di grandi centri urbani o industriali.

Le sezioni inferiori sono da utilizzare, in relazione all'andamento dei costi, all'interno di reti miste in cui non sia possibile sfruttare completamente la portata delle sezioni maggiori.

In casi del tutto particolari, ad esempio quando si debbano alimentare forniture singole di potenza particolarmente elevata, è ammesso l'utilizzo dei cavi unipolari in rame (Tav. M1.4), il cui principale impiego è peraltro previsto all'interno di impianti. In ogni caso si deve inoltre tenere presente che la posa in opera del cavo unipolare è più costosa rispetto a quella del cavo tripolare.

2.1.2 Linee di derivazione

Per la costruzione di linee di derivazione si utilizzano le stesse tipologie di cavi previste per le linee dorsali ma di sezione inferiore:

- 70 mm² per cavi con conduttori in alluminio (Tav. M1.1 e Tav. M1.2);
- 50 mm² per cavi con conduttori in rame (Tav. M1.3).

Il ricorso a queste sezioni è previsto solamente nei casi in cui:

- 1) la derivazione è destinata a rimanere tale a fronte delle previsioni del Piano Regolatore di Rete
- 2) la tenuta termica del cavo è compatibile con la corrente effettiva di cortocircuito trifase simmetrica nel punto d'inserimento del nuovo ramo (Vedi 3.1.2).

3 PROGETTAZIONE ELETTRICA

3.1 SCELTA DEI CAVI

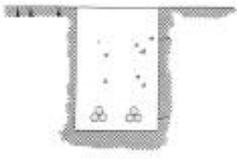
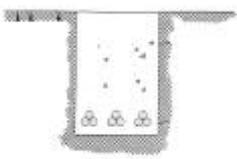
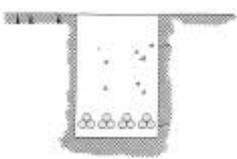
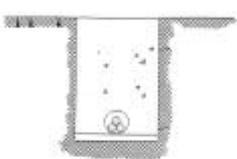
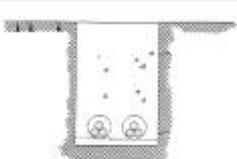
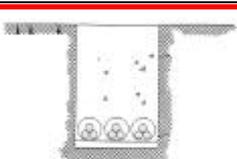
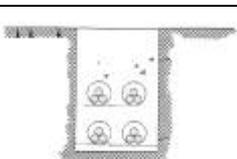
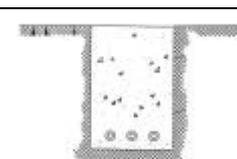
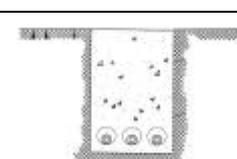
Una volta individuata la soluzione come in 2.1.1 e 2.1.2, occorre procedere alle seguenti verifiche elettriche del cavo scelto:

- portata in regime permanente;
- tenuta termica alle correnti di forte intensità e di breve durata;
- caduta di tensione.

3.1.1 Portata dei cavi

Occorre verificare che, nelle normali condizioni di esercizio, per i carichi attesi, non sia superata la portata al limite termico stabilita dall'unificazione e riassunta in Tab.1

Tab. 1

| N° CAVI E TIPO DI POSA | TIPO DI CAVO | PORTATA [A] |
|---|--|-------------------------|
|  | Cu 50 - Al 70 Cu 95 - Al 120 Cu 120 - Al 185 | 200 A 280 A 360 A |
|  | Cu 50 - Al 70 Cu 95 - Al 120 Cu 120 - Al 185 | 180 A 252 A 324 A |
|  | Cu 50 - Al 70 Cu 95 - Al 120 Cu 120 - Al 185 | 164 A 230 A 295 A |
|  | Cu 50 - Al 70 Cu 95 - Al 120 Cu 120 - Al 185 | 156 A 218 A 281 A |
|  | Cu 50 - Al 70 Cu 95 - Al 120 Cu 120 - Al 185 | 180 A 252 A 324 A |
|  | Cu 50 - Al 70 Cu 95 - Al 120 Cu 120 - Al 185 | 164 A 230 A 295 A |
|  | Cu 50 - Al 70 Cu 95 - Al 120 Cu 120 - Al 185 | 140 A 196 A 252 A |
|  | Cu 50 - Al 70 Cu 95 - Al 120 Cu 120 - Al 185 | 120 A 168 A 216 A |
|  | Cu 95 Cu 120 | 257 A 327 A |
|  | Cu 95 Cu 120 | 253 A 321 A |

3.1.2 Tenuta termica al cortocircuito

In caso di cortocircuito occorre verificare che le relative correnti non determinino delle temperature eccessive nei conduttori e nell'isolamento.

I cavi unificati da impiegare nelle linee dorsali sono caratterizzati da una corrente massima ammissibile per la durata di 0,5 s, sempre superiore al valore unificato della corrente di cortocircuito trifase 12,5 kA assunto per la rete MT a 15 e 20kV.

In Tab. 2 sono riportati i cavi, da impiegare nelle linee di derivazione, le cui correnti di danneggiamento massime ammissibili risultano inferiori a 12,5 kA.

| TIPO DI CAVO | | Id (0,3 s) [kA] | Id (0,5 s) [kA] |
|-------------------|-------|--------------------|--------------------|
| ELICA VISIBILE | CU 50 | > 12,5 | 10,1 |
| | AL 70 | 12 | 9,1 |

Tab. 2

Utilizzando i programmi di calcolo automatico disponibili, deve essere verificata la tenuta termica del cavo prescelto per il nuovo ramo in funzione della corrente effettiva di cortocircuito trifase simmetrica nel punto d'inserimento dello stesso.

La verifica deve essere effettuata con riferimento a:

- potenza del trasformatore AT/MT e consistenza di rete MT esistenti
- potenza del trasformatore AT/MT e consistenza di rete MT previste nei Piani Regolatori di Rete AT e MT entro cinque anni.

Nell'allegato 1 alla presente Guida "Verifica della tenuta termica dei conduttori alle correnti di elevata intensità e breve durata" sono illustrati i criteri seguiti per la determinazione della corrente massima ammissibile dei cavi e della corrente di cortocircuito in rete, allo scopo di verificare la tenuta termica dei cavi stessi alle correnti di elevata intensità di breve durata.

Per quanto attiene il tempo della durata del cortocircuito, si ritiene accettabile prendere in considerazione il valore di 0,3 s.

Allo scopo si riportano due tabelle riepilogative Tab. 3 e 4 che in riferimento ai parametri sopra descritti contengono la lunghezza minima del cavo dorsale misurata in km dall'uscita della CP da rispettare affinché il cavo derivato sia protetto nei confronti della corrente di cortocircuito.

| | | CAVO DI DERIVAZIONE | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------|----------------------|----|------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 3x 1x70 Al (G7 / E4) | | | | | | | | | | | |
| TENSIONE [kV] | | 10 | | | | 15 | | | | 20 | | | |
| POTENZA TRASFORMATORE [MVA] | | 16 | 25 | 40 | 63 | 16 | 25 | 40 | 63 | 16 | 25 | 40 | 63 |
| 3x1x150 | ARC4HLRX | 0 | 0 | 0,27 | 1,43 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3x1x240 | ARC4HLRX | 0 | 0 | 0,30 | 1,86 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3x1x120 | ARG7H1RX | 0 | 0 | 0,25 | 1,25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3x1x185 | ARG7H1RX | 0 | 0 | 0,28 | 1,63 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3x1x120 | ARE4H1RX | 0 | 0 | 0,25 | 1,25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3x1x185 | ARE4H1RX | 0 | 0 | 0,28 | 1,63 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3x1x95 | RG7H1RX | 0 | 0 | 0,25 | 1,42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3x1x120 | RG7H1RX | 0 | 0 | 0,27 | 1,60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1x95 | RG7H1RX | 0 | 0 | 0,19 | 1,19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1x150 | RG7H1RX | 0 | 0 | 0,21 | 1,40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3x1x95 | ARC4HLRX | 0 | 0 | 0,23 | 1,07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tab. 3

| | | CAVO DI DERIVAZIONE | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------|---------------------|----|----|------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 3x 1x50 Cu (G7) | | | | | | | | | | | |
| TENSIONE [kV] | | 10 | | | | 15 | | | | 20 | | | |
| POTENZA TRASFORMATORE [MVA] | | 16 | 25 | 40 | 63 | 16 | 25 | 40 | 63 | 16 | 25 | 40 | 63 |
| 3x1x150 | ARC4HLRX | 0 | 0 | 0 | 1,14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3x1x240 | ARC4HLRX | 0 | 0 | 0 | 1,47 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3x1x120 | ARG7H1RX | 0 | 0 | 0 | 1,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3x1x185 | ARG7H1RX | 0 | 0 | 0 | 1,29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3x1x120 | ARE4H1RX | 0 | 0 | 0 | 1,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3x1x185 | ARE4H1RX | 0 | 0 | 0 | 1,29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3x1x95 | RG7H1RX | 0 | 0 | 0 | 1,13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3x1x120 | RG7H1RX | 0 | 0 | 0 | 1,26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1x95 | RG7H1RX | 0 | 0 | 0 | 0,94 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1x150 | RG7H1RX | 0 | 0 | 0 | 1,09 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3x1x95 | ARC4HLRX | 0 | 0 | 0 | 0,87 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tab. 4

Il collegamento fra la cabina di distribuzione Enel e la sezione ricevitrice dei Clienti alimentati in MT deve essere effettuata, in qualsiasi punto della rete, mediante cavo unipolare in rame da 95 mm² idoneo a sopportare il valore unificato della corrente di cortocircuito trifase di 12,5 kA

3.1.3 Caduta di tensione

La verifica della caduta di tensione nelle reti MT in cavo, sia per la loro limitata lunghezza che per i bassi valori di impedenza specifica, non è in genere determinante nella scelta delle sezioni. In genere risulta assai più determinante la verifica della portata.

Di seguito si riporta la formula per il calcolo della caduta di tensione percentuale:

$$\Delta V \% = \frac{\Delta v \cdot \ell \cdot I}{V} \cdot 100$$

dove:

- V = tensione di linea [V];
- Δv = caduta di tensione specifica, $\sqrt{3}(r \cos \mathbf{j} + x \sin \mathbf{j})$ [V/km A];
- ℓ = lunghezza della linea [km];
- I = corrente di carico [A].
- r = resistenza specifica [Ω /km];
- x = reattanza specifica [Ω /km].
- $\cos \mathbf{j}$ = fattore di potenza

Nella Tab. 5 sono riportati i valori di caduta di tensione specifica Δv , per un chilometro di linea e per un ampere di carico per ciascuna linea unificata calcolata a $\cos \mathbf{j} = 0.9$.

| FORMAZIONE | RESISTENZA a 20°C r [W/km] | REATTANZA x [W/km] | CADUTA DI TENSIONE Dv [V/A km] |
|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---|
| 3 x 1 x 95 ARC4HLRX-12/20 kV | 0,320 | 0,128 | 0,595 |
| 3 x 1 x 150 ARC4HLRX-12/20 kV | 0,206 | 0,120 | 0,412 |
| 3 x 1 x 240 ARC4HLRX-12/20 kV | 0,125 | 0,110 | 0,278 |
| 3 x 1 x 70 ARG7H1RX-12/20 kV | 0,443 | 0,135 | 0,792 |
| 3 x 1 x 120 ARG7H1RX-12/20 kV | 0,253 | 0,124 | 0,488 |
| 3 x 1 x 185 ARG7H1RX-12/20 kV | 0,164 | 0,115 | 0,342 |
| 3 x 1 x 70 ARE4H1RX-12/20 kV | 0,443 | 0,135 | 0,792 |
| 3 x 1 x 120 ARE4H1RX-12/20 kV | 0,253 | 0,124 | 0,488 |
| 3 x 1 x 185 ARE4H1RX-12/20 kV | 0,164 | 0,115 | 0,342 |
| 3 x 1 x 50 RG7H1RX-12/20 kV | 0,391 | 0,145 | 0,719 |
| 3 x 1 x 95 RG7H1RX-12/20 kV | 0,195 | 0,128 | 0,401 |
| 3 x 1 x 120 RG7H1RX-12/20 kV | 0,154 | 0,124 | 0,334 |
| 1 x 95 RG7H1R-12/20 kV * | 0,195 | 0,173 | 0,435 |
| 1 x 150 RG7H1R-12/20 kV * | 0,126 | 0,163 | 0,319 |

* I valori di r, x e Δv sono riferiti a 3 cavi unipolari disposti in piano.

Tab. 5

3.2 COLLEGAMENTI A TERRA

Gli schermi dei cavi MT devono essere messi a terra ad entrambe le estremità di ogni tratta, in corrispondenza delle terminazioni.

Qualora risulti necessario impedire il trasferimento di potenziali di terra pericolosi da un capo all'altro di un cavo, deve essere interrotta la continuità metallica dello schermo.

Ciò si realizza mantenendo scollegato dall'impianto di terra locale un estremo dello schermo in corrispondenza del terminale (Tav. C8.1)¹, ovvero mediante l'esecuzione di appositi giunti di interruzione dello schermo (Tav. M2.3).

La decisione di isolare, in uno dei modi sopraddetti, gli schermi delle linee MT in uscita da una cabina primaria dall'impianto di terra della stessa, dovrà essere assunta in accordo con il Centro AT, che valuterà, caso per caso, in relazione al tipo di rete AT cui è allacciata la cabina primaria, se avvalersi del contributo degli schermi dei cavi a MT per drenare fuori dall'impianto di terra della cabina primaria parte della corrente di guasto AT. I criteri da seguire in tal senso, volti ad ottimizzare dal punto di vista tecnico ed economico il dimensionamento della rete di terra delle cabine primarie, sono riportati nel documento DK 4281 "Impianti di terra delle cabine primarie".

La presenza di giunti d'isolamento dello schermo di un cavo MT ovvero del collegamento a terra di una sola estremità dello stesso, deve essere segnalata in corrispondenza di entrambe le terminazioni mediante l'apposizione di cartelli sul cavo.

3.3 PROTEZIONE CONTRO LE SOVRATENSIONI

I terminali dei cavi MT installati all'esterno su sostegni capolinea dove si effettua il collegamento con linee aeree in conduttori nudi devono essere protetti contro le sovratensioni mediante scaricatori.

I criteri di protezione contro le sovratensioni dei suddetti terminali sono riportate in Tab. 6; le specifiche soluzioni costruttive sono illustrate nelle Tavole C7.2 – C7.3 e, per quanto riguarda la configurazione del dispersore in relazione alla presenza o meno sul sostegno di apparecchiature di sezionamento, nelle Tavole C7.4 e C7.5.

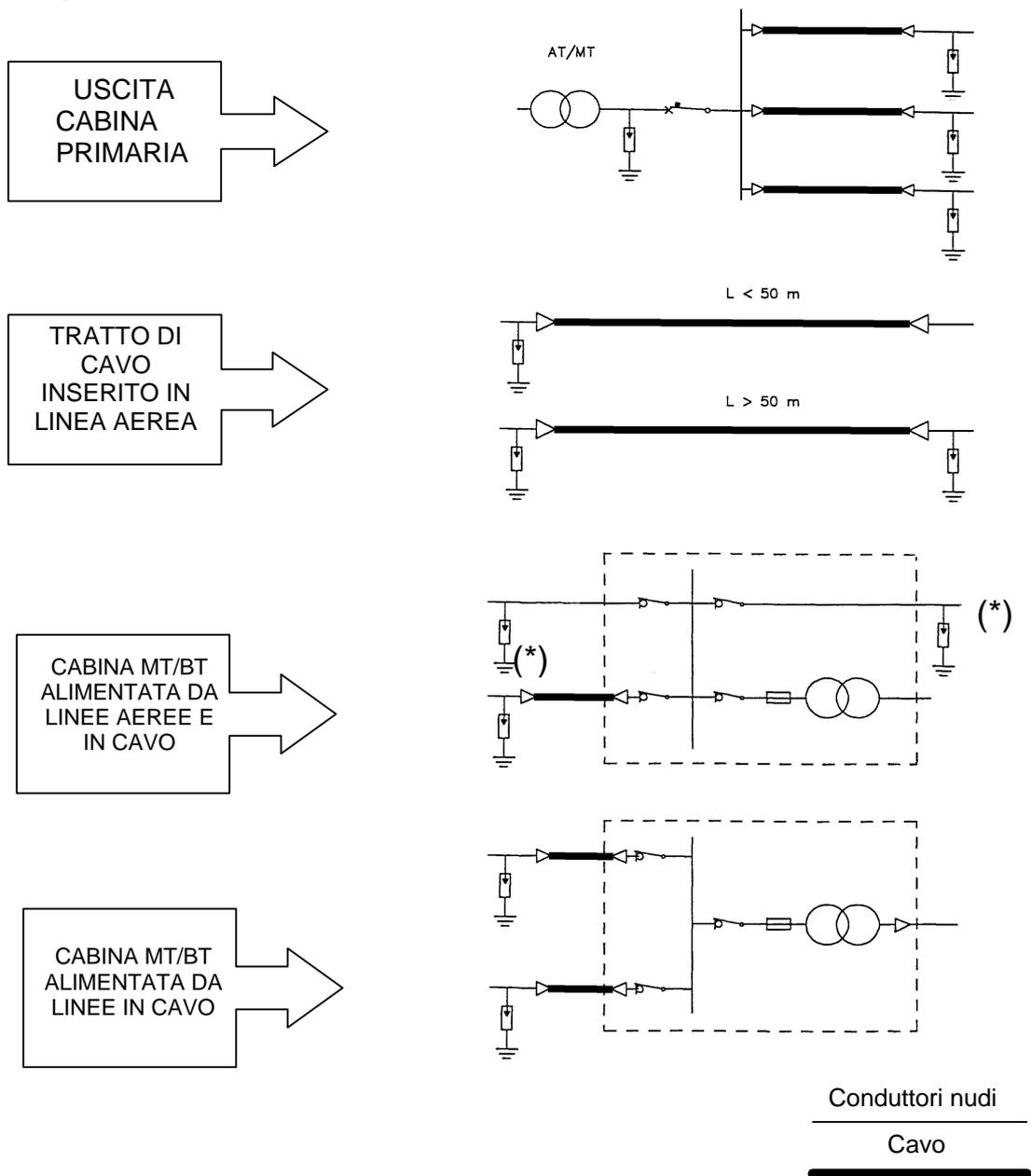
¹ In tali casi si raccomanda che la tensione totale di terra non superi 5 kV

| IMPIANTO | TIPO DI APPARECCHIO | NOTE | | | |
|------------------|---------------------|---|---------------------|-------------------------------|---------|
| NUOVO | SCARICATORE | Del tipo con corrente nominale di scarica In = 5 kA Il tipo con In = 10 kA deve essere in ogni caso previsto su sostegni capolinea immediatamente in uscita dalle Cabine Primarie. | | | |
| ESISTENTE | S.C.S. | La bonifica può essere omessa in un raggio indicativamente di 2÷3 km dalle Cabine Primarie. Lo spazio spinterometrico deve essere regolato secondo i valori riportati a lato. | Tensione della rete | Distanza spinterometrica [mm] | |
| | | | [kV] | Senza SCS | Con SCS |
| | | | 15 | 20+20 | 15+15 |
| | | | 20 | 28+28 | 20+20 |

Tab. 6

Fermi restando i criteri suddetti, per i nuovi impianti si ritiene di dover utilizzare sempre gli scaricatori in quanto offrono un maggior grado di protezione rispetto agli SCS e, nel contesto di una nuova costruzione, il maggior costo risulta irrilevante. Per quanto riguarda invece gli impianti esistenti in cui siano presenti spinterometri a corna su catene di isolatori irrigidite è necessario verificare in termini di costi-benefici se sia opportuna la loro sostituzione con gli SCS. A questo scopo si ricorda che gli SCS contribuiscono a ridurre in modo significativo le interruzioni transitorie brevi, mentre gli spinterometri a corna sono efficaci in tal senso solo fino a 2÷3 km dalla Cabina Primaria e sempre che la corrente di guasto a terra non sia superiore a 60÷80 A. In tali condizioni e se non sussistono criticità dovute a formazione di ghiaccio, galaverna o atmosfera fortemente inquinata può essere opportuno non effettuare la sostituzione degli spinterometri a corna.

Nella Fig. 1 sono riportati, per le sezioni d'impianto classiche, i punti d'installazione degli scaricatori.



- Fig. 1 -

(*) Per cabine poste in aree con densità annuale di fulmini al suolo $N_t < 4$ fulmini/km² anno, con I.M.S. normalmente chiusi, può essere sufficiente un solo apparecchio.

3.4 PROTEZIONE CONTRO I RISCHI DI INCENDIO

L'esperienza ha posto in evidenza elevati livelli di rischio di incendio causati da guasti in giunti su cavi MT posati in aria e collocati in strutture quali sottoquadri di cabine primarie, cunicoli, camerette, gallerie od altro.

Tali eventi di innesco e propagazione di incendio, oltre alla perdita del servizio, possono provocare danni all'ambiente.

Le prove effettuate in laboratorio hanno evidenziato che i vari tipi di giunti (in resina, a miscela o retraibili) in caso di guasto possono rappresentare un centro di pericolo anche per valori modesti di corrente.

In genere l'incendio si sviluppa dal giunto in guasto e si propaga ai giunti delle fasi adiacenti o, eventualmente, a quelli di altre linee. In quei casi, quando non è possibile prevenire la propagazione dell'incendio mediante un consistente riempimento di sabbia, bisogna ricorrere all'impiego di protezioni ignifughe, di cui nella Tav. C9.1, C9.2 e C9.3 sono riportate caratteristiche e modalità di installazione.

In sede di progettazione di nuove linee occorre evitare la presenza di giunti installati in adiacenza a fasci di cavi esposti all'aria che facilitano la propagazione dell'incendio in caso di guasto di un giunto. L'eventuale bonifica, per gli impianti esistenti, considerata la notevole onerosità, si ritiene necessaria quando ricorrono entrambi i sotto indicati fattori di rischio impiantistico:

- linee che possono essere coinvolte nell'incendio ≥ 3 ;
- impossibilità di totale rialimentazione della potenza interrotta dal guasto.

3.5 UBICAZIONI E CARATTERISTICHE DEI SEZIONAMENTI

Il sezionamento di linee dorsali in cavo sotterraneo, comprese le transizioni linea aerea-linea sotterranea, deve essere sempre realizzato mediante I.M.S. installati in cabina in muratura ovvero su palo (Tav. C8.1).

Il sezionamento delle derivazioni in cavo sotterraneo da linee aeree in conduttori nudi, ove ritenuto necessario, va effettuato tramite sezionatori da palo verticali come riportato nella Tav. C8.2.

Il sezionamento delle derivazioni in cavo sotterraneo (sez. $\leq 120 \text{ mm}^2$) da linee aeree in cavo (sez. $\leq 95 \text{ mm}^2$) o viceversa va effettuato tramite giunto di derivazione unipolare per terminali sconnettibili MT a cono esterno come riportato nella Tav. C8.3. e C8.4.

4 PROGETTAZIONE DELLE CANALIZZAZIONI

Per canalizzazione si intende l'insieme del *canale*, delle protezioni e degli accessori indispensabili per la realizzazione di una linea in cavo sotterraneo (trincea, riempimenti, protezioni, segnaletica).

La materia è disciplinata, eccezione fatta per i riempimenti, dalla Norma CEI 11-17. In particolare detta norma stabilisce che l'integrità dei cavi deve essere garantita da una robusta protezione meccanica supplementare, in grado di assorbire, senza danni per il cavo stesso, le sollecitazioni meccaniche, statiche e dinamiche, derivanti dal traffico veicolare (resistenza a schiacciamento) e dagli abituali attrezzi manuali di scavo (resistenza a urto).

La protezione meccanica supplementare non è necessaria nel caso² di cavi MT posati a profondità maggiore di 1,7 m.

La profondità minima di posa per le strade di uso pubblico è fissata dal Nuovo Codice della Strada ad 1 m dall'estradosso della protezione; per tutti gli altri suoli e le strade di uso privato valgono i seguenti valori, dal piano di appoggio del cavo, stabiliti dalla norma CEI 11-17:

- 0,6 m (su terreno privato);
- 0,8 m (su terreno pubblico);

In seguito, come distinto dall'Elenco Compensi, chiameremo condizione:

- TIPO A per profondità di posa 0.6 ÷ 1 m
- TIPO B per profondità di posa >1 m fino a 1.4 m.

Il riempimento della trincea e il ripristino della superficie devono essere effettuati, nella generalità dei casi, ossia in assenza di specifiche prescrizioni imposte dal proprietario del suolo, rispettando i volumi dei materiali stabiliti dal "Capitolato tecnico per l'appalto dei lavori della distribuzione" e indicati nelle Tavole C1.1÷C3.4 (sezioni stradali standard).

La presenza dei cavi deve essere rilevabile mediante l'apposito *nastro monitore* (Tav. M6.1) posato a non meno di 0,2 m dall'estradosso del cavo ovvero della protezione, come raffigurato nelle tavole C1.1÷C3.4.

Le modalità di fissaggio della fune per il traino del cavo, le sollecitazioni massime applicabili e i raggi di curvatura massimi sono riportati nelle Tavole U1.1 ÷ U2.2.

Di norma non sono da prevedere pozzetti o camerette di posa dei cavi in corrispondenza di giunti e deviazioni del tracciato.

² Qualora il proprietario della strada imponga comunque la posa entro tubo (esclusivamente allo scopo di non mantenere aperta la trincea per lunghi periodi di tempo) possono anche essere previsti tubi con grado di resistenza a schiacciamento inferiore ai livelli minimi prescritti per i *cavidotti*, riportati in Tav. M8.1

4.1 CRITERI PER L'INDIVIDUAZIONE DEL TRACCIATO

La progettazione delle linee in cavo sotterraneo deve essere improntata a criteri di sicurezza, sia per quanto attiene le modalità di realizzazione sia per quanto concerne la compatibilità in esercizio con le opere interferite.

La progettazione deve altresì mirare all'ottimizzazione del tracciato di posa in funzione del costo del cavo in opera, tenendo in particolare considerazione la riduzione dei tempi e dei costi di realizzazione.

In base alle disposizioni di legge in materia di affidamento di lavori in appalto, è fatto obbligo commissionare l'esecuzione dei lavori solamente a fronte dell'autorizzazione all'esecuzione degli scavi.

Le distanze di sicurezza da mantenere nei riguardi delle opere interferite, desunte dalle norme CEI e dalle norme di legge di cui al punto 1, sono riportate nelle Tav. U3.1÷U3.13.

Si dovrà privilegiare, nei limiti del possibile, il percorso delle strade pubbliche o aperte al pubblico.

Per definire dettagliatamente il tracciato occorre:

- rilevare, interpellando i proprietari interessati, la posizione degli altri servizi esistenti nel sottosuolo, quali: tubazioni di gas, acquedotti, cavi elettrici o telefonici, fognature ecc.;
- eseguire se necessario anche operazioni di sondaggio del terreno, praticando alcuni scavi ad intervalli opportuni e possibilmente in coincidenza dei punti di derivazione o giunzione;
- verificare la transitabilità dei macchinari.

Le occupazioni longitudinali devono essere di norma realizzate nelle fasce di pertinenza stradale, al di fuori della carreggiata, e possibilmente alla massima distanza dal margine della stessa.

4.2 CANALIZZAZIONI UNIFICATE

La posa direttamente interrata è da prevedere solo per cavi con caratteristica di resistenza all'urto (Tav. M1.2).

4.2.1 Posa direttamente interrata tradizionale

La posa direttamente interrata è prevista per tracciati particolarmente tortuosi nei quali i cavi vengono calati nella trincea a cielo aperto.

Questo tipo di posa offre il vantaggio di sfruttare al massimo la portata del cavo semplificandone la posa.

In linea generale le sezioni di scavo sono quelle riportate nelle Tav. C1.1 ÷ C1.3.

4.2.2 Posa direttamente interrata meccanizzata

La posa del cavo avviene mediante un'apposita macchina che esegue contemporaneamente lo scavo ed il successivo reinterro.

Le macchine per la posa meccanizzata possono essere classificate, in base alle modalità di lavoro dell'utensile che utilizzano; in due sistemi:

- taglio del terreno, senza asportazione di materiale (*Aratro*, Tav. C3.1);
- esecuzione di una trincea di larghezza e profondità uniformi e predeterminate, con asportazione di materiale e contemporaneo riempimento dello scavo (*Macchina a catena*; Tav. C3.2 e C3.3).

Per poter praticare la posa meccanizzata devono essere verificati:

- I) la transitabilità della macchina:
il tracciato deve consentire il passaggio della macchina di posa con cingoli (larghezza d'ingombro massima di 3 m) oltre all'escavatore, alla pala-ruspa e all'autocarro con porta bobina per lo stendimento del cavo sul terreno;
- II) la natura del terreno:
le macchine di posa più comuni sono in grado di operare su terreni di qualsiasi natura e compatti (riconducibili al tipo "roccia tenera") e, per la sola macchina a catena, anche su strade "bianche" o asfaltate; l'esperienza maturata ha evidenziato alcune difficoltà nella posa con macchina a catena in terreni argillosi particolarmente bagnati, in presenza di falda acquifera.

In linea generale questa soluzione riesce più conveniente, rispetto a quelle di tipo tradizionale, nei terreni agricoli nei quali generalmente il tracciato determina un numero modesto di interferenze. Per altri terreni, a parità di numero di interferenze, risulta in genere più conveniente la posa tradizionale.

Di conseguenza occorre preliminarmente verificare che il tracciato deve:

- presentare un limitato numero di interferenze nel sottosuolo al fine di contenere il più possibile le operazioni preparatorie per il transito della macchina stessa;
- interessare aree rurali, sia di pianura che di collina o montagna (pendenza $\leq 30\%$);
- caratterizzarsi per una ridotta *tortuosità*; infatti in prossimità di un angolo di deviazione del tracciato particolarmente accentuato il cavo deve essere posato secondo la tecnica tradizionale, come illustrato nella Tav. C3.4.

4.2.3 Posa entro tubo di materiale plastico

Questo tipo di posa deve ritenersi la soluzione da privilegiare nella generalità dei casi.

Rispetto alla soluzione della posa direttamente interrata tradizionale, pur determinando una riduzione della portata del cavo, facilita l'ottenimento delle

autorizzazioni allo scavo su suolo pubblico, in particolare per le restrizioni introdotte dal Nuovo Codice della Strada, in applicazione del quale gli Enti proprietari tendono a non autorizzare scavi a cielo aperto di lunghezza rilevante.

In ogni caso il diametro interno del tubo e relativi accessori (curve, manicotti, ecc.) non deve essere inferiore a 1,4 volte il diametro del cavo ovvero il diametro circoscritto del fascio di cavi (Norma CEI 11-17)

I tubi e gli accessori impiegati devono rispondere alle caratteristiche riportate in Tav. M8.1.

Le sezioni di scavo sono quelle riportate nella Parte II (Tav. C2.1 ÷ C2.7).

4.2.4 Posa entro tubo con calcestruzzo

La posa dei cavi all'interno di un tubo in materiale plastico rivestito con bauletto in calcestruzzo, essendo una soluzione generalmente più costosa di quelle precedenti, deve essere limitata ai soli casi eccezionali dove è consentita la posa a profondità ridotta (art. 2.3.11-f Norma CEI 11-17).

Le sezioni di scavo sono quelle riportate nelle Tav. C2.8 ÷ C2.9.

Questa tipologia di canalizzazione non richiede l'utilizzo di tubi con particolari caratteristiche meccaniche in quanto la resistenza è affidata al rivestimento protettivo in calcestruzzo, il quale deve essere realizzato rispettando lo spessore minimo prescritto di 100 mm in tutte le direzioni, in armonia con quanto prescritto dal Capitolato tecnico per l'appalto dei lavori della distribuzione.

Il calcestruzzo dovrà avere una *classe di resistenza* C12/15 ($R_{ck} \geq 15 \text{ N/mm}^2$)

Le dimensioni dei tubi da utilizzare per le canalizzazioni sono di diametro 160 mm e spessore 2,5 mm.

4.2.5 Posa con trivellazione orizzontale controllata

Gli attraversamenti sotterranei di opere per le quali non è possibile effettuare lo scavo a cielo aperto dovranno essere effettuati con la tecnica della "**trivellazione orizzontale controllata**" (T.O.C.) mediante l'impiego di macchine spingitubo o similari che utilizzano tubi di acciaio o in Polietilene ad Alta Densità (PEAD).

Nel caso di impiego di cavi con caratteristica di resistenza all'urto (Tav. M.1.2) questa tecnica di posa può essere utilizzata anche senza l'impiego di tubi.

Nella Tav. C4.1 è mostrata una tipica utilizzazione.

Tale soluzione può essere adottata, in alternativa alle precedenti e qualora ne sia verificata la convenienza, anche per la realizzazione dei normali tracciati. Ciò specialmente in presenza di pavimentazioni di difficile ripristino, per il disfacimento delle quali può risultare difficoltoso l'ottenimento delle autorizzazioni e quando gli spazi a disposizione non consentono di mantenere l'ingombro giornaliero del cantiere e la necessaria circolazione delle macchine escavatrici di tipo tradizionale.

In ogni caso il ricorso a questa tecnica per i normali tracciati di lunghezza rilevante su suolo pubblico, presuppone una verifica preliminare di convenienza con riferimento ai seguenti punti:

- prospezione del sottosuolo col metodo georadar o altro equivalente, al fine di individuare con precisione la posizione dei servizi sotterranei;
- individuazione della consistenza del terreno, anche mediante sondaggi, al fine di un'adeguata scelta, dal punto di vista prestazionale, della macchina operatrice da utilizzare;
- oneri da corrispondere per l'occupazione temporanea del suolo pubblico nell'ipotesi di utilizzo di altre metodologie di lavoro.

4.2.6 Strutture sotterranee polifunzionali

In alcune grandi aree urbane da qualche tempo sono in atto sperimentazioni che prevedono la costruzione di **Strutture Sotterranee Polifunzionali** (SSP), espressamente previste per far coesistere, in spazi ristretti, individuabili e sempre agibili, servizi a rete di diversa natura, fra cui quello elettrico della distribuzione.

Qualora, per imposizione delle amministrazioni pubbliche competenti, si debba aderire a tale iniziativa, occorrerà verificare la loro rispondenza alla norma CEI 11-46 (CEI-UNI 70029). Essa definisce i criteri di sicurezza da seguire nelle fasi di progettazione, costruzione, gestione e utilizzo contro il verificarsi di *eventi non voluti*, sia all'interno che all'esterno della SSP.

In ogni caso:

- all'interno della SSP si deve prevedere solo il transito dei cavi;

- i sezionamenti MT (cabine) devono essere realizzati all'esterno della struttura;
- la SSP deve essere predisposta per permettere, lungo il percorso, ad intervalli prestabiliti da 30 m a 50 m, l'ingresso e l'uscita dei cavi per poter realizzare la rete di distribuzione esterna;
- la SSP deve permettere che i cavi possano traslare, entrare ed uscire anche dal lato opposto a quello di installazione senza creare interferenze con gli altri servizi a rete; ciò si realizza mediante la creazione di appositi spazi predisposti lungo le pareti della SSP;
- i cavi devono essere posati su passerelle, supporti, canaline distinte per i diversi sistemi;
- i cavi con tensioni superiori a 1 kV devono essere in grado di limitare la propagazione della fiamma⁽³⁾;
- in casi eccezionali possono essere allocati giunti purché vengano protetti mediante un rivestimento di materiale ignifugo (copertina), al fine di evitare che un eventuale guasto interno possa coinvolgere le reti circostanti; i giunti stessi devono essere fatti coincidere con gli appositi spazi allargati previsti nella struttura;
- nella SSP non devono essere esposte fiamme libere: gli eventuali giunti di riparazione devono essere di tipo elastico o retraibile a freddo;
- è necessario disporre del manuale operativo per l'esercizio della SSP.

Nella Fig. 2 è indicativamente rappresentata una sezione tipica di una struttura SSP.

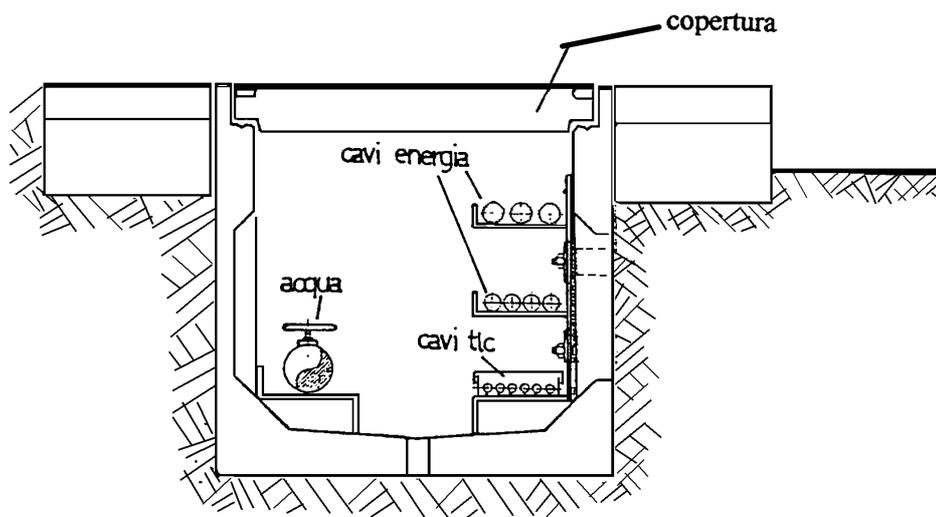


Fig. 2

4.2.7 Sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici (Direttiva della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento delle Aree Urbane 03/03/1999)

Qualora, allo scopo di assicurare un razionale sfruttamento del sottosuolo in ambito urbano, i Comuni abbiano recepito le indicazioni della Direttiva della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento delle Aree Urbane 03/03/1999, i cavi sotterranei devono essere posati secondo le prescrizioni della Norma CEI 11-47 (CEI-UNI 70030).

Tale Norma, che fornisce criteri generali per la posa degli impianti tecnologici sotterranei (energia elettrica, telecomunicazioni, gas, acqua, illuminazione pubblica,

⁽³⁾ I cavi MT unificati ENEL rispondono a questi requisiti.

fognature), va applicata anche in caso di ricostruzione che eventualmente risultasse necessaria a seguito di interventi estesi di riqualificazione o di recupero delle aree oppure di rifacimento o di ristrutturazione sostanziale di estese tratte di rete viaria urbana. Essa prescrive che gli impianti vengano ubicati sotto il marciapiede secondo le disposizioni riportate nelle Tav. C6.1 e C6.2, con modalità di posa descritte nel seguito (direttamente interrata, entro cavidotto, ecc.).

4.3 DOCUMENTAZIONE

4.3.1 Cartografia di progetto

Deve essere redatta secondo le indicazioni riportate nel *Capitolato tecnico per la progettazione di impianti della distribuzione e per le attività correlate*.

4.3.2 Registrazione del tracciato

A lavori ultimati, allo scopo di conoscere con esattezza, nel tempo, la posizione del cavo e delle giunzioni, l'impresa appaltatrice dovrà rilevare e rappresentare il percorso e le quote effettive cui è stato posato il cavo nonché quelle dei servizi interferenti con lo stesso. Tale rilievo deve essere riportato su planimetria in scala opportuna (1:500 o altra scala più idonea al caso e in accordo con quanto stabilito dal Capitolato tecnico per l'appalto dei lavori), corredata di monografie e con indicato:

- la distanza del cavo da manufatti facilmente individuabili e possibilmente inamovibili;
- la posizione dei giunti;
- la profondità dei cavi;
- la distanza e l'interferenza con le altre opere interrate.

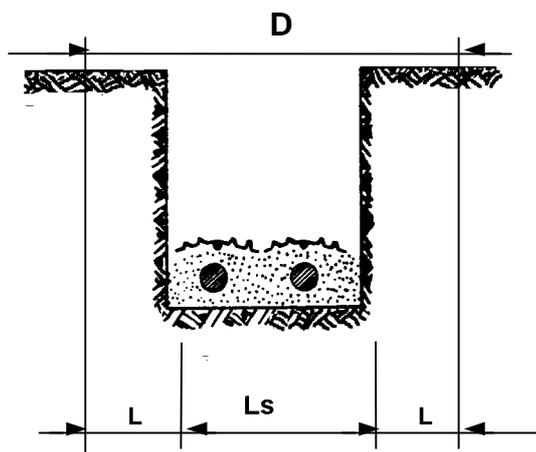
4.3.3 Fascia di asservimento dei cavi MT

Gli elettrodotti interrati, posti su suolo di pertinenza di pubbliche Amministrazioni, sono oggetto di specifiche autorizzazioni da stipularsi in conformità dei regolamenti adottati dalle medesime. Queste concessioni, definite "atti di sottomissione" per la posa su strade Comunali, Provinciali o Statali, seguono degli appositi schemi, variabili a seconda dell'Ente, che fissano generalmente la durata, le condizioni e gli oneri economici.

L'occupazione di suolo privato determinata dalla posa di una condotta per cavi elettrici, non essendo "apparente" (visibile) e quindi usucapibile, di norma deve essere oggetto di costituzione di servitù di elettrodotto mediante atto notarile di scrittura privata autenticata e/o atto pubblico.

La servitù dovrà essere, per quanto possibile, **inamovibile**. L'atto sarà inoltre corredato dalla planimetria recante il tracciato dei cavi, in modo che risulti opponibile ai terzi aventi causa anche ai fini delle responsabilità connesse con la sicurezza in caso di lavori di escavazione in prossimità dell'elettrodotto.

La larghezza complessiva della fascia di asservimento D (Fig. 3) viene assunta indicativamente di almeno 3 m. Le fasce di rispetto, L, laterali alla canalizzazione devono essere in ogni caso commisurate alle necessità connesse con l'effettuazione di possibili interventi di manutenzione sul cavo e pertanto variabili da 1m (posa di canalizzazioni con più cavi) fino a circa 2m (posa semplice di un singolo cavo).



D = fascia di asservimento 3 m

L_s = larghezza dello scavo

L = fascia di rispetto laterale

Fig. 3

5 COLLAUDO DEI CAVI MT DOPO LA POSA

La Norma CEI 11-17 raccomanda il collaudo dei cavi MT dopo la posa.

Questo tipo di collaudo è volto a verificare l'esistenza di difettosità, grossolani errori di confezionamento dei giunti e terminali e danneggiamenti intervenuti durante la posa.

L'effettuazione di tale prova di collaudo può essere decisa in relazione all'importanza del tratto di cavo e alle modalità seguite nella posa.

Nella Tav. U4.1 sono riportate le prove di tensione da effettuare desunte dalla norma sopra richiamata.

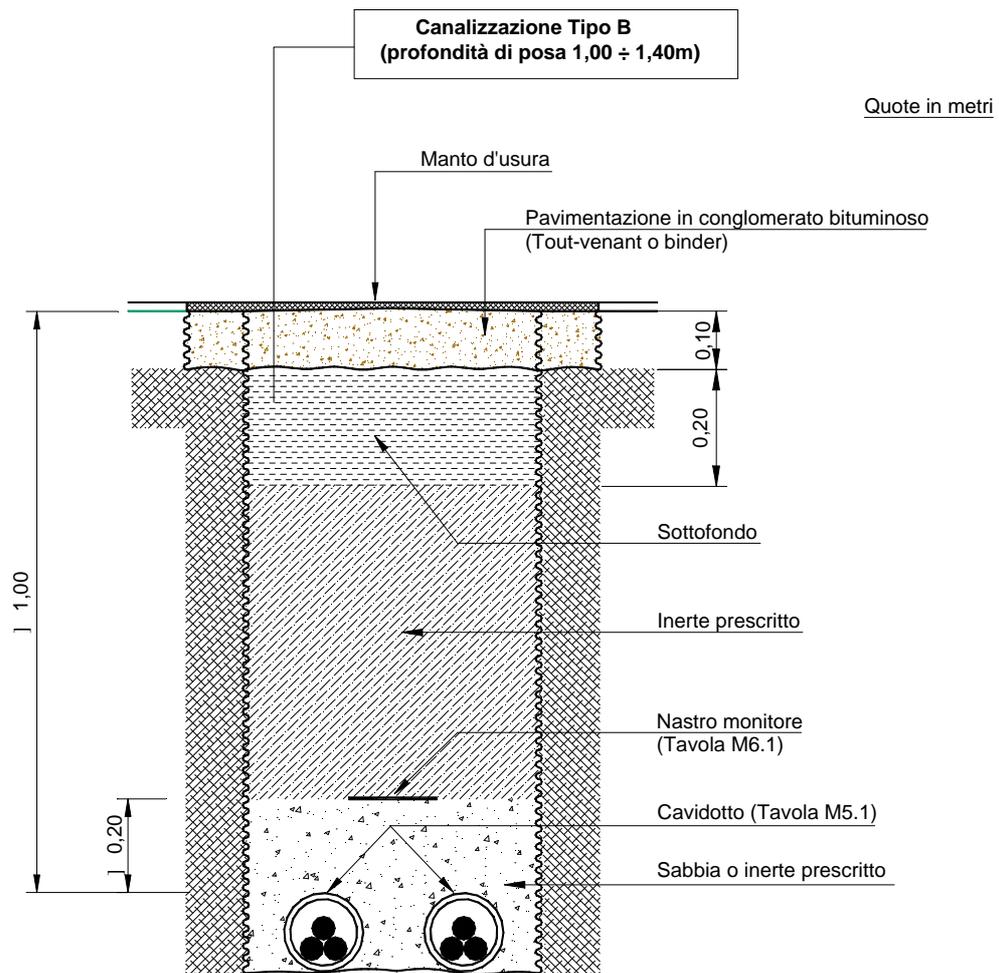
Per i cavi isolati in XLPE o HEPR è da evitare la prova in corrente continua che può provocare tensioni di polarizzazione che combinandosi con la tensione di rete alla messa in servizio del cavo potrebbe esporre l'isolante a tensioni elevate con possibili deterioramenti dello stesso.

In alternativa si può effettuare la prova con tensione a frequenza di 0,1 Hz o, come previsto dalla norma CEI 11-17 V1, la messa in servizio alla tensione di rete per 24 ore previa verifica dell'isolamento con idonea strumentazione.

PARTE II

SOLUZIONI COSTRUTTIVE

Posa di n° 2 cavi MT su strada asfaltata pubblica (Nuovo codice della strada)



N.B. : - per la posa su strada asfaltata in proprietà privata deve essere prevista la canalizzazione tipo A. In questo caso, infatti, valgono le prescrizioni delle Norme CEI 11-17 (art. 2.3.11.e) che stabiliscono una profondità minima, tra il *piano di appoggio del cavo* e la *superficie del suolo*, di 0,60 m.



**UTILIZZAZIONE DEI CAVI
ELENCO DELLE TAVOLE
SOMMARIO**

U0.1

Ed. I Giugno 2003

DIREZIONE RETE – SUPPORTO INGEGNERIA

| | Tavola | Ed. |
|--|---------------|------------|
| SOMMARIO | U0.1 | I - 06/03 |
| TIRI DI SICUREZZA PER LA POSA DEI CAVI | U1.1 | I - 06/03 |
| | U1.2 | I - 06/03 |
| | U1.3 | I - 06/03 |
| RAGGI DI CURVATURA AMMESSI | U2.1 | I - 06/03 |
| | U2.2 | I - 06/03 |
| DISTANZE DI RISPETTO DA IMPIANTI E OPERE INTERFERENTI | U3.1 | I - 06/03 |
| | U3.2 | I - 06/03 |
| | U3.3 | I - 06/03 |
| | U3.4 | I - 06/03 |
| | U3.5 | I - 06/03 |
| | U3.6 | I - 06/03 |
| | U3.7 | I - 06/03 |
| | U3.8 | I - 06/03 |
| | U3.9 | I - 06/03 |
| | U3.10 | I - 06/03 |
| | U3.11 | I - 06/03 |
| | U3.12 | I - 06/03 |
| | U3.13 | I - 06/03 |
| COLLAUDO DEI CAVI MT DOPO LA POSA | U4.1 | I - 06/03 |

L'articolo 2.3.04 delle Norme CEI 11-17 "Sollecitazioni a trazione" prescrive: - *gli sforzi di tiro necessari durante le operazioni di posa dei cavi non vanno applicati ai rivestimenti protettivi, bensì ai conduttori per i quali si raccomanda di non superare una sollecitazione di:*

| | | |
|----------------------------|----------|------------------------------------|
| 60 N/mm² | ▷ | per conduttori in rame |
| 50 N/mm² | ⇒ | per conduttori in alluminio |

Per questo motivo, quando la posa del cavo viene effettuata con l'ausilio di un argano idraulico, lo stesso dovrà essere provvisto di un dispositivo dinamometrico per l'impostazione e il controllo del tiro, nonché di un freno ad intervento automatico.

Di seguito vengono riportate le tabelle riepilogative dei tiri massimi ammissibili per i cavi MT unificati di normale impiego.

CAVI PER MT AD ELICA VISIBILE IN ALLUMINIO ISOLATI IN HEPR O IN XLPE
(ARG7H1RX - 12/20 kV) - (ARE4H1RX - 12/20 kV)

| Formazione (n° x mm²) | Tiro di sicurezza [N] |
|---|------------------------------|
| 3 x (1 x 70) | 10500 |
| 3 x (1 x 120) | 18000 |
| 3 x (1 x 185) | 27750 |

CAVI PER MT AD ELICA VISIBILE IN RAME ISOLATI IN HEPR
(RG7H1RX - 12/20 kV)

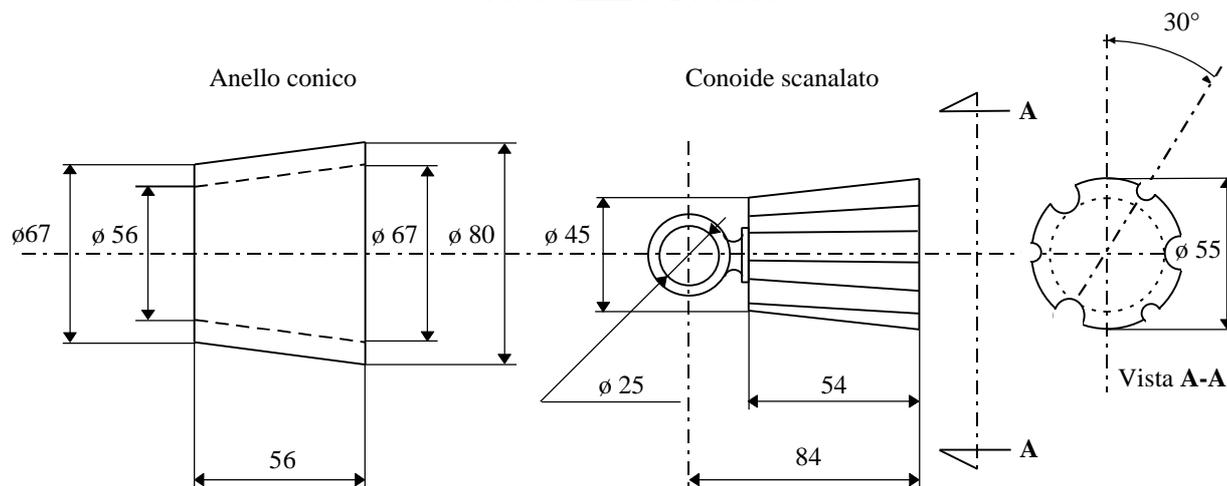
| Formazione (n° x mm²) | Tiro di sicurezza [N] |
|---|------------------------------|
| 3 x (1 x 50) | 9000 |
| 3 x (1 x 95) | 17100 |
| 3 x (1 x 120) | 21600 |

CAVI PER MT UNIPOLARI IN RAME ISOLATI IN HEPR
(RG7H1R - 12/20 kV)

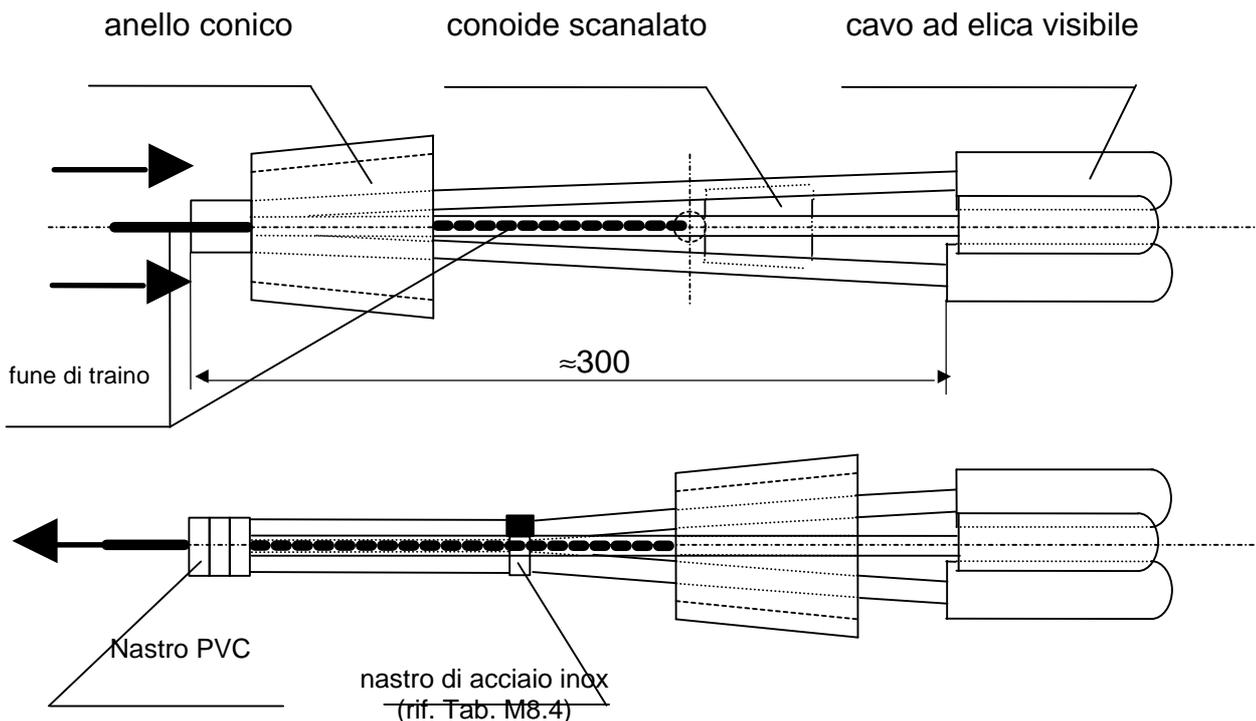
| Formazione (n° x mm²) | Tiro di sicurezza [N] |
|---|------------------------------|
| 1 x 25 | 1500 |
| 1 x 95 | 5700 |
| 1 x 150 | 9000 |

Come precisato alla tav. U1.1, il tiro del cavo può essere effettuato unicamente sui conduttori, per questo motivo devono essere utilizzati idonei dispositivi d'ancoraggio da posizionare in testa al cavo, con l'interposizione, fra quest'ultimo e la fune di tiro, di un giunto a snodo, indispensabile per evitare che sul cavo si trasmetta la sollecitazione a torsione sviluppata sulla fune traente. A tale scopo di seguito viene illustrato, a titolo esemplificativo, un dispositivo idoneo.

ATTREZZO DI TIRO



MODALITA' D'IMPIEGO PER L'ESECUZIONE DEL TIRO DI POSA

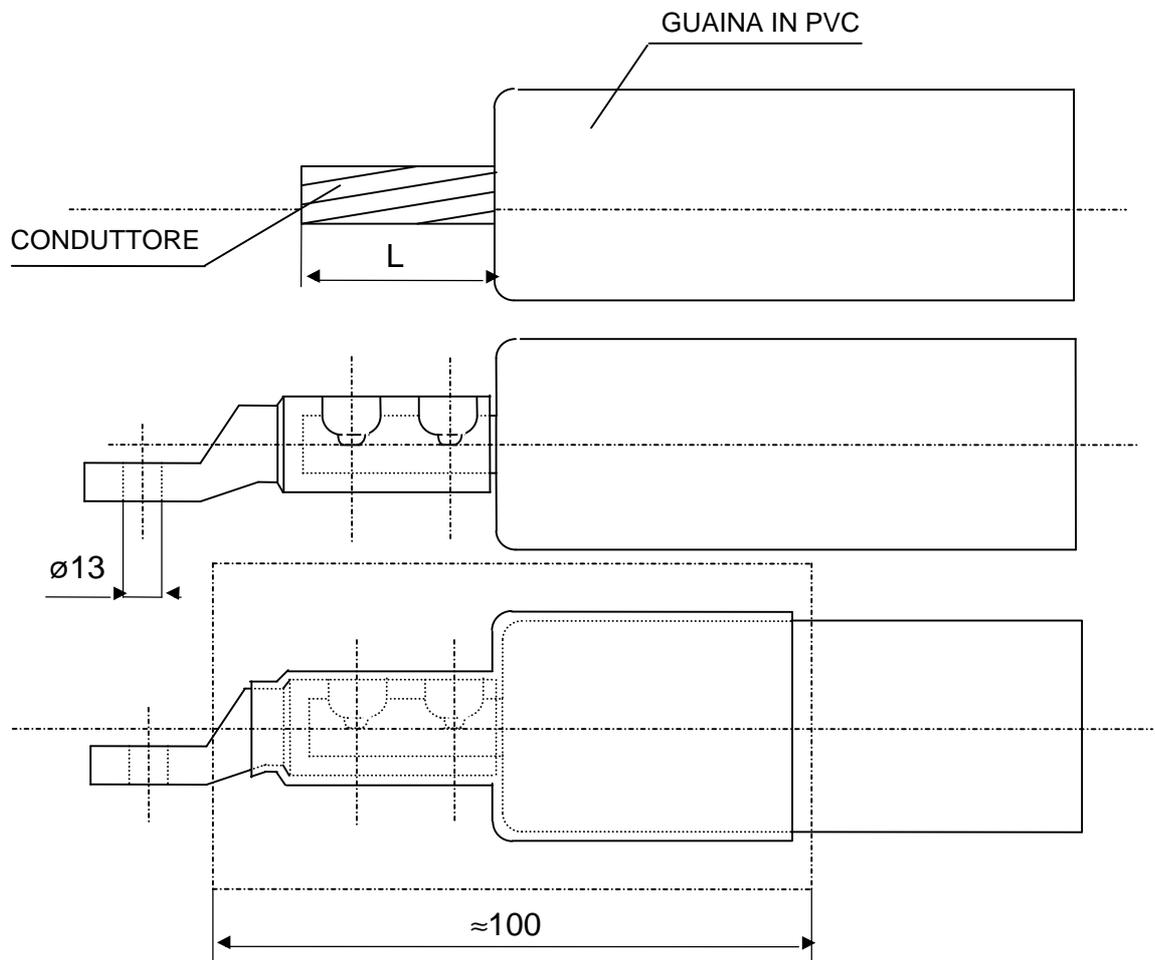


Occorre tenere presente inoltre che per la posa di cavi in presenza d'acqua, al fine di evitare infiltrazioni sotto la guaina esterna o fra i trefoli dei conduttori che nel tempo potrebbero provocare dannose ossidazioni, sarà necessario prevedere una idonea sigillatura fra cavo e dispositivo d'ancoraggio.

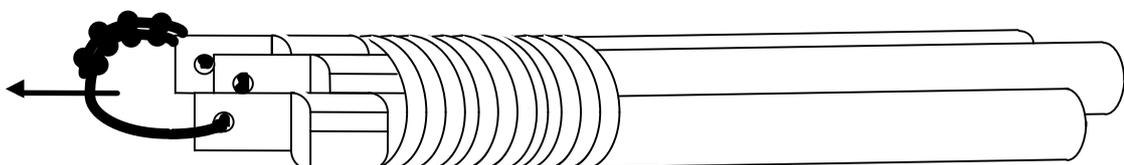
Una soluzione potrebbe essere quella illustrata più sotto, consistente nell'impiego di tre capicorda (Tav. M3.3) con la sovrapposizione di manicotti termorestringenti 40/13 (Tav. M6.1) di lunghezza 100 mm circa.

Al fine di non rendere poi vana la precauzione appena detta, è necessario che al termine delle operazioni di posa, qualora non si proceda contestualmente al confezionamento degli accessori previsti (giunti o terminali), le estremità del cavo rimangano protette dai capicorda sopradescritti, ovvero mediante l'installazione di calotte termorestringenti autosigillanti (Tav. M8.3) nel caso di posa con attrezzo di tiro di posa in assenza d'acqua (rif. Tav. U1.3).

PREPARAZIONE DELLE TESTE CAVI PER LA POSA IN PRESENZA D'ACQUA



ESECUZIONE DEL TIRO DI POSA



Durante le operazioni di posa dei cavi per installazione fissa, se non altrimenti indicato da norme specifiche o dai costruttori stessi, le Norme CEI 11-17 all'articolo 2.3.03 prescrivono che *i raggi di curvatura misurati sulla generatrice interna dei cavi, non devono mai essere inferiori a:*

- 16 D** \geq per cavi sotto guaina in piombo
- 14 D** \geq per cavi con schermatura a fili o nastri o a conduttore concentrico
- 12 D** \geq per cavi senza alcun rivestimento metallico

dove **D** = diametro esterno

Per cavi multipolari costituiti da più cavi unipolari cordati ad elica visibile, il diametro D da prendere a riferimento è pari a 1,5 volte il diametro esterno del cavo unipolare di maggiori dimensioni.

Il superamento di questi limiti potrebbe generare deformazioni permanenti sul cavo compromettendone l'affidabilità in esercizio.

Di seguito vengono riportate le tabelle riepilogative dei raggi di curvatura minimi (valori arrotondati per eccesso) per cavi MT unificati di normale impiego.

CAVI PER MT AD ELICA VISIBILE IN ALLUMINIO ISOLATI IN HEPR
(ARG7H1RX - 12/20 kV)

| Formazione (n° x mm ²) | Raggio di curvatura minimo [m] |
|------------------------------------|--------------------------------|
| 3 x (1 x 70) | 0,65 |
| 3 x (1 x 120) | 0,75 |
| 3 x (1 x 185) | 0,80 |

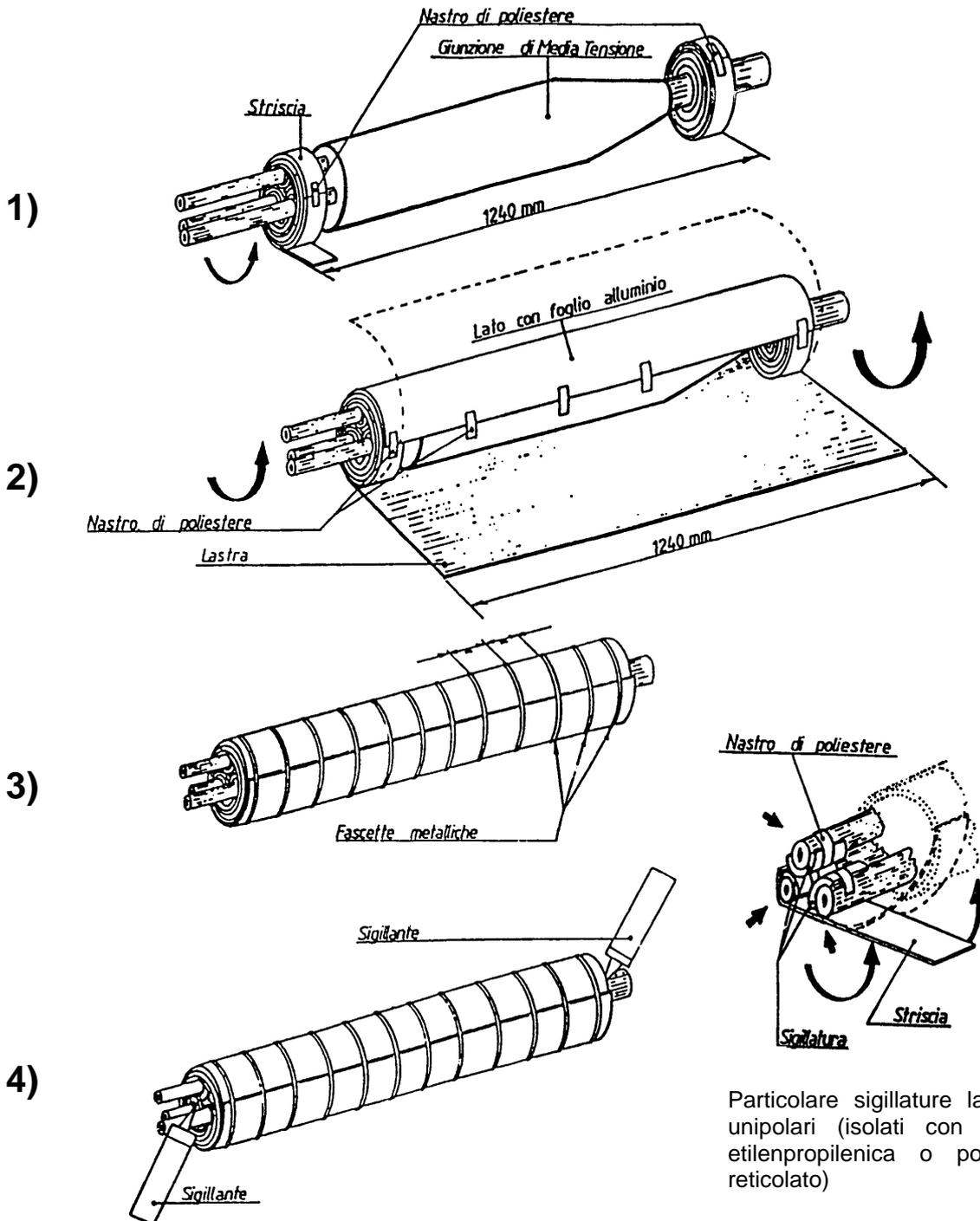
CAVI PER MT AD ELICA VISIBILE IN ALLUMINIO ISOLATI IN XLPE
(ARE4H1RX - 12/20 kV)

| Formazione (n° x mm ²) | Raggio di curvatura minimo [m] |
|------------------------------------|--------------------------------|
| 3 x (1 x 70) | 0,75 |
| 3 x (1 x 120) | 0,80 |
| 3 x (1 x 185) | 0,90 |

Protezioni ignifughe unificate per giunti MT

| Tipo di protezione | Tavola | Esempio di impiego (tipo di giunto) |
|--|---------------|---|
| GRANDEZZA 1 Protezione ignifuga per giunti dritti unipolari con diametro fino a 85 mm | C11.2 | <ul style="list-style-type: none">◆ Giunti dritti unipolari e di transizione, a iniezione di resina o in materiale retraibile (auto o termorestringenti), per cavi isolati con carta impregnata, gomma etilenpro- pilenica (G7) o polietilene reticolato (E4). ◆ Giunti dritti unipolari per interruzione dello schermo, a iniezione di resina o in materiale retraibile, per cavi isolati con carta impregnata, gomma etilenpro- pilenica (G7) o polietilene reticolato (E4). |
| GRANDEZZA 2 Protezione ignifuga per giunti dritti unipolari e tripolari con diametro fino a 170 mm | C11.2 | <ul style="list-style-type: none">◆ Giunti dritti unipolari a riempimento di miscela per cavo isolato con carta impregnata. ◆ Giunti dritti tripolari a iniezione di resina per cavi cinturati (es. ASCOLR/36). |
| GRANDEZZA 3 Protezione ignifuga per giunti tripolari speciali con diametro fino a 300 mm | C11.3 | <ul style="list-style-type: none">◆ Giunti dritti tripolari speciali a iniezione di resina o termorestringenti per il collegamento di cavi isolati con gomma etilenpropilenica (G7) o polietilene reticolato (E4) con cavi cinturati. ◆ Giunti dritti tripolari a riempimento di miscela per cavi cinturati. |

Esempio di installazione della protezione su un giunto diretto tripolare speciale fra una terna di cavi unipolari ed un cavo cinturato



Particolare sigillature lato cavi unipolari (isolati con gomma etilenpropilenica o polietilene reticolato)

**DISTANZE DI RISPETTO DA IMPIANTI E
OPERE INTERFERENTI****U3.1**

Ed. I Giugno 2003

ELENCO DELLE TAVOLE**OPERE INTERFERENTI****Tavola****CAVI DI TELECOMUNICAZIONE**PARALLELISMI
PARALLELISMI
ATTRAVERSAMENTIU3.2
U3.3
U3.4**TUBAZIONI METALLICHE ADIBITE AL TRASPORTO E DISTRIBUZIONE DI FLUIDI
(ACQUEDOTTI, OLEODOTTI, ECC)**PARALLELISMI
CAVO POSATO SULLA VERTICALE DELLA TUBAZIONE
ATTRAVERSAMENTIU3.5
U3.5
U3.6**TUBAZIONI METALLICHE PER IL TRASPORTO E LA DISTRIBUZIONE DEL GAS
NATURALE CON DENSITA' ρ 0,8 (METANO)**PARALLELISMI
PARALLELISMI
ATTRAVERSAMENTI
ATTRAVERSAMENTIU3.7
U3.8
U3.9
U3.10**SERBATOI DI LIQUIDI E GAS INFIAMMABILI**

U3.11

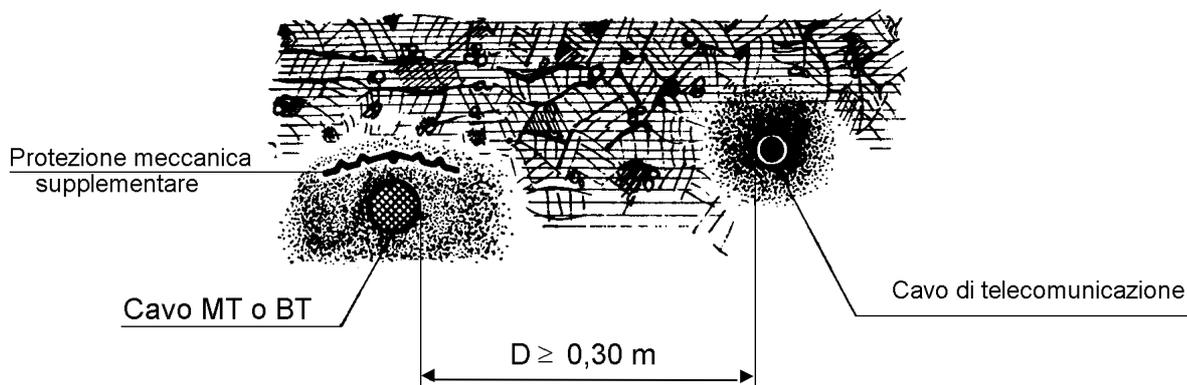
FERROVIE, TRAMVIE, FUNICOLARI TERRESTRIFERROVIE DI GRANDE COMUNICAZIONE
FERROVIE SECONDARIE, TRAMVIE, FUNICOLARI TERRESTRI
CASO PARTICOLARE DI CAVO POSATO IN GALLERIE PRATICABILI
SOTTOPASSANTI L'OPERA DA ATTRAVERSAREU3.12
U3.12
U3.13

OPERE INTERFERENTI: CAVI DI TELECOMUNICAZIONE

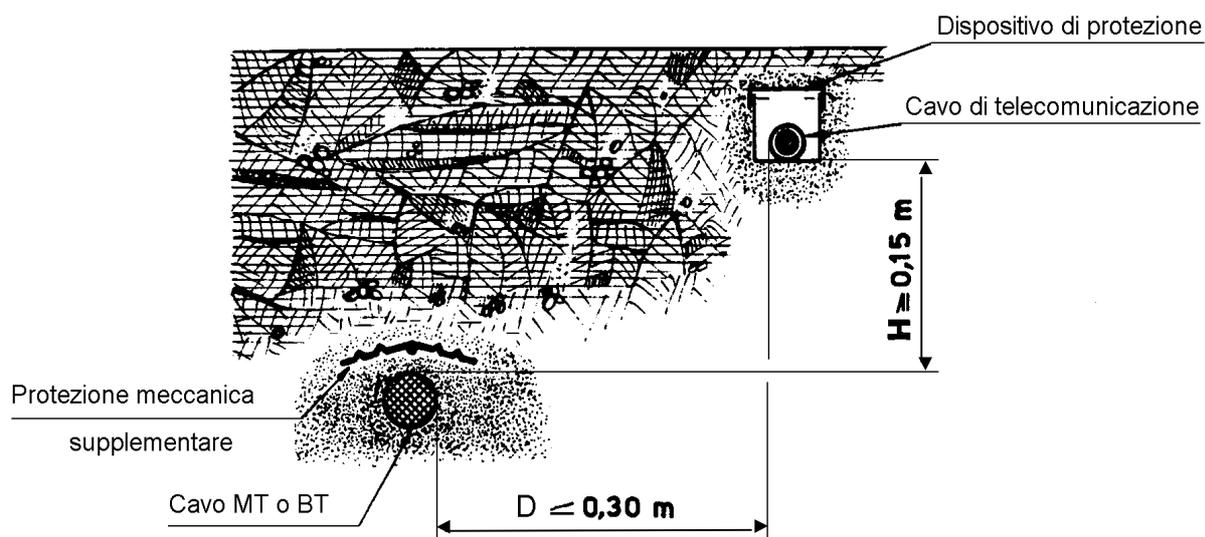
PARALLELISMI (art. 4.1.02 Norme CEI 11-17)

1) Posa dei cavi: direttamente interrata o meccanizzata

- ◆ $D \geq 0,30$ m: nessun dispositivo di protezione^(*) sul cavo di telecomunicazione:



- ◆ $D < 0,30$ m; $H \geq 0,15$ m: dispositivo di protezione^(*) da applicare solo sul cavo posato alla minore profondità:

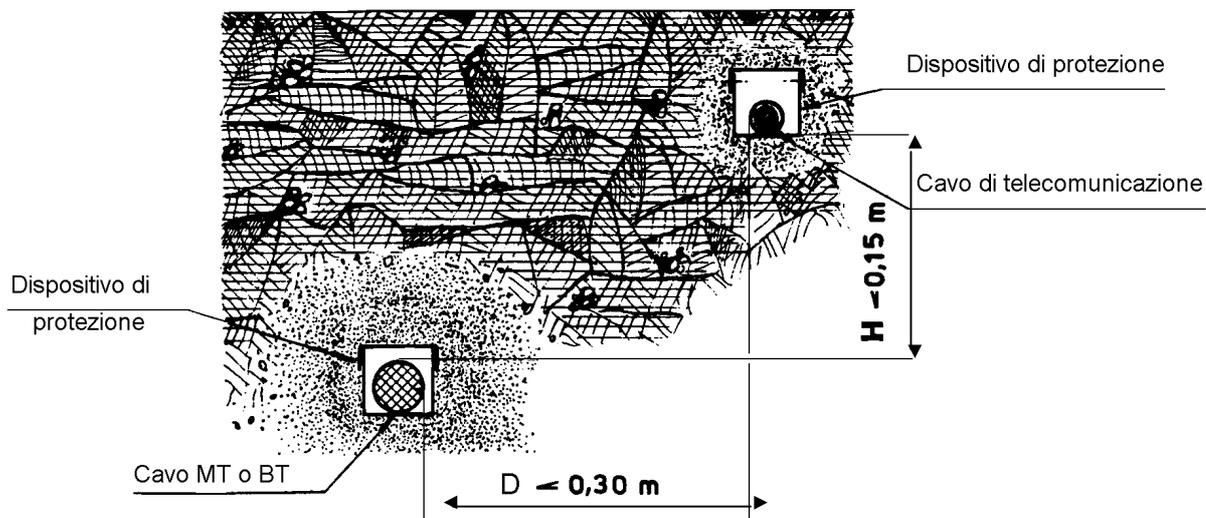


^(*) canaletta metallica

OPERE INTERFERENTI: CAVI DI TELECOMUNICAZIONE

PARALLELISMI (art. 4.1.02 Norme CEI 11-17)

- ♦ $D < 0,30$ m; $H < 0,15$ m: dispositivi di protezione^(*) da applicare su entrambi i cavi:



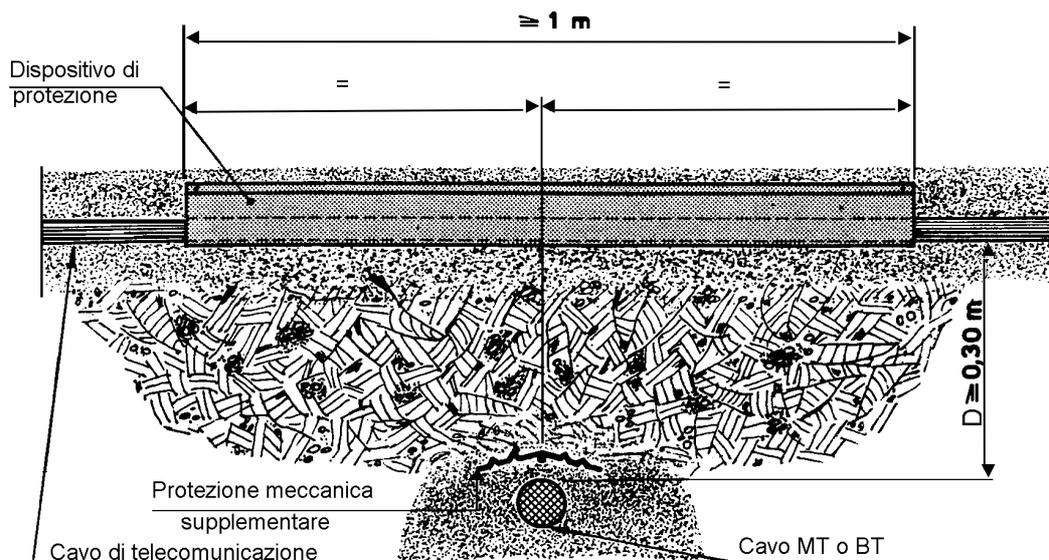
- 2) Posa dei cavi: in tubazione: non è prescritta nessuna distanza minima.

^(*) canaletta metallica

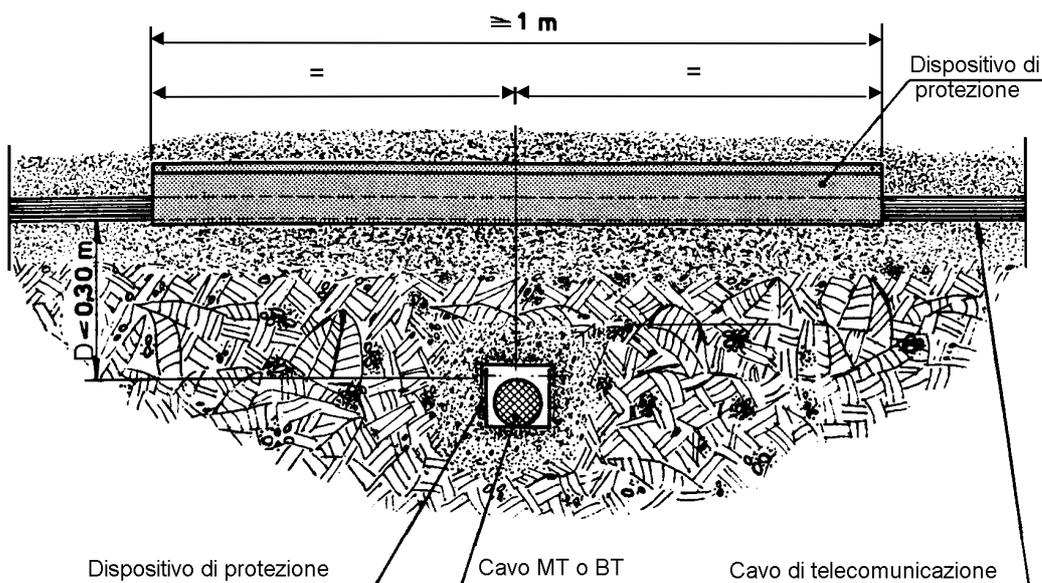
OPERE INTERFERENTI: CAVI DI TELECOMUNICAZIONE

ATTRAVERSAMENTI (art. 4.1.01 Norme CEI 11-17)

- 1) **Caso normale ($D \geq 0,30$ m):** dispositivo di protezione^(*) da applicare solo sul cavo posto superiormente:



- 2) **Caso eccezionale ($D < 0,30$ m):** dispositivi di protezione^(*) da applicare su entrambi i cavi:

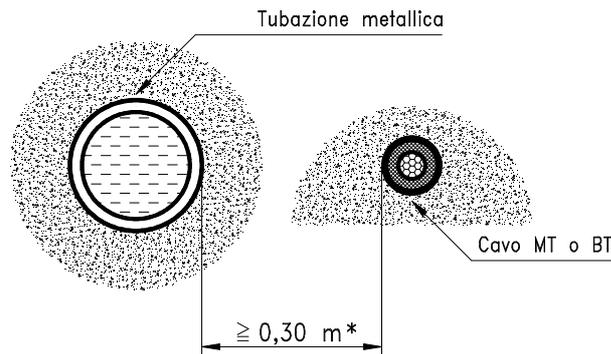


^(*) canaletta metallica

**OPERE INTERFERENTI: TUBAZIONI METALLICHE PER IL TRASPORTO E LA
DISTRIBUZIONE DI FLUIDI (Acquedotti, oleodotti, ecc.)**

PARALLELISMI (art. 4.3.02 Norme CEI 11-17)

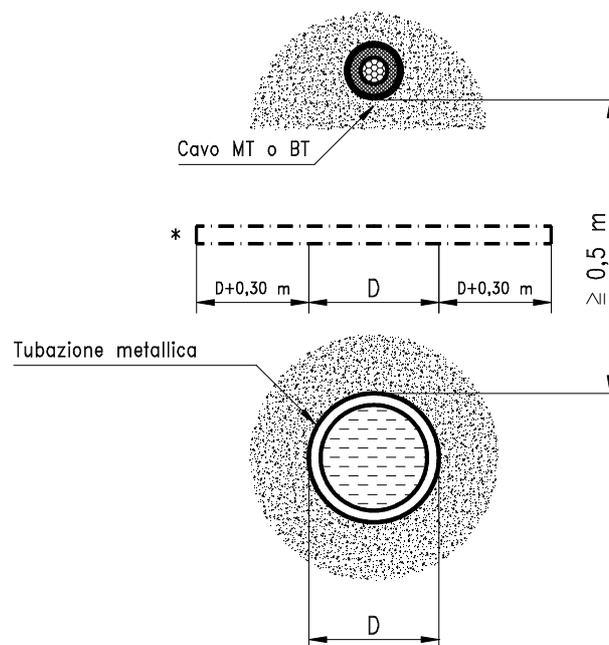
Non devono mai essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubazioni convoglianti fluidi infiammabili; per le tubazioni per altro uso tale tipo di posa è invece consentito, previo accordo fra gli Enti interessati, purché il cavo e la tubazione non siano posti a diretto contatto fra loro.



* i cavi e tubazioni metalliche devono comunque essere sempre posati alla maggiore distanza possibile fra loro.

◆ Cavo posato sulla verticale della tubazione:

- per differenze di quota > 0,50 m, previo accordo con gli esercenti, si possono installare cavi sulla verticale delle tubazioni senza protezioni.

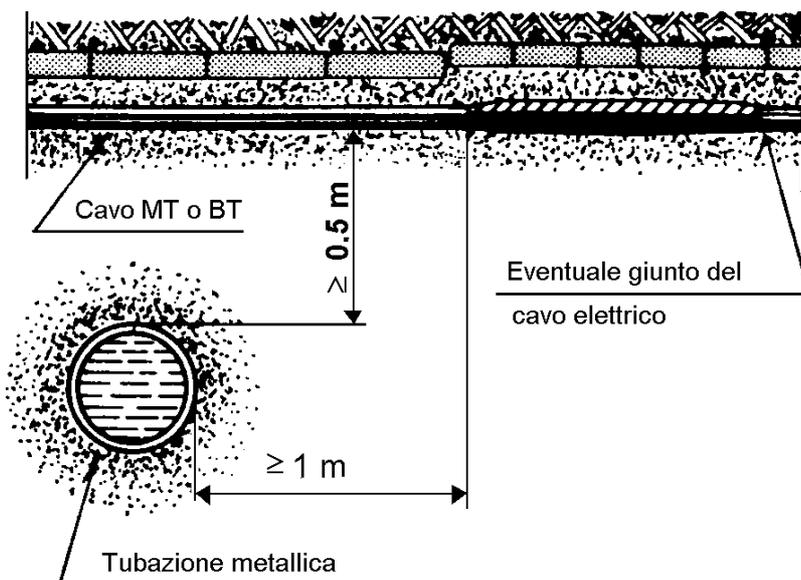


- per differenze di quota comprese fra 0,30 m e 0,50 m si devono interporre elementi separatori* con dimensioni minime pari alla proiezione verticale dell'altra opera interferente maggiorata di 0,30 m per lato, a meno che la tubazione non sia contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

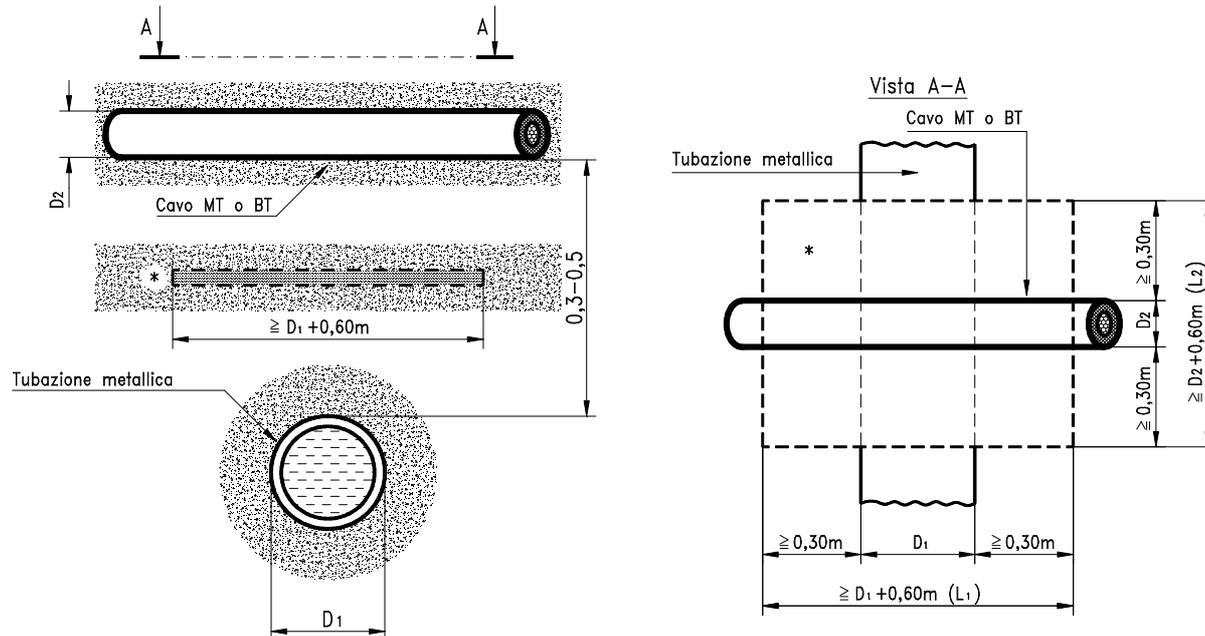
**OPERE INTERFERENTI: TUBAZIONI METALLICHE PER IL TRASPORTO E LA
DISTRIBUZIONE DI FLUIDI (Acquedotti, oleodotti, ecc.)**

ATTRAVERSAMENTI (art. 4.3.01 Norme CEI 11-17)

L'incrocio fra cavi di energia e tubazioni metalliche non deve effettuarsi sulla proiezione verticale di giunti non saldati, delle tubazioni metalliche stesse. Non si devono avere giunti nei cavi di energia ad una distanza inferiore di 1 m dal punto di incrocio.



- ◆ Provvedimenti da adottare nel caso in cui non sia possibile rispettare la distanza minima di 0,50 m:

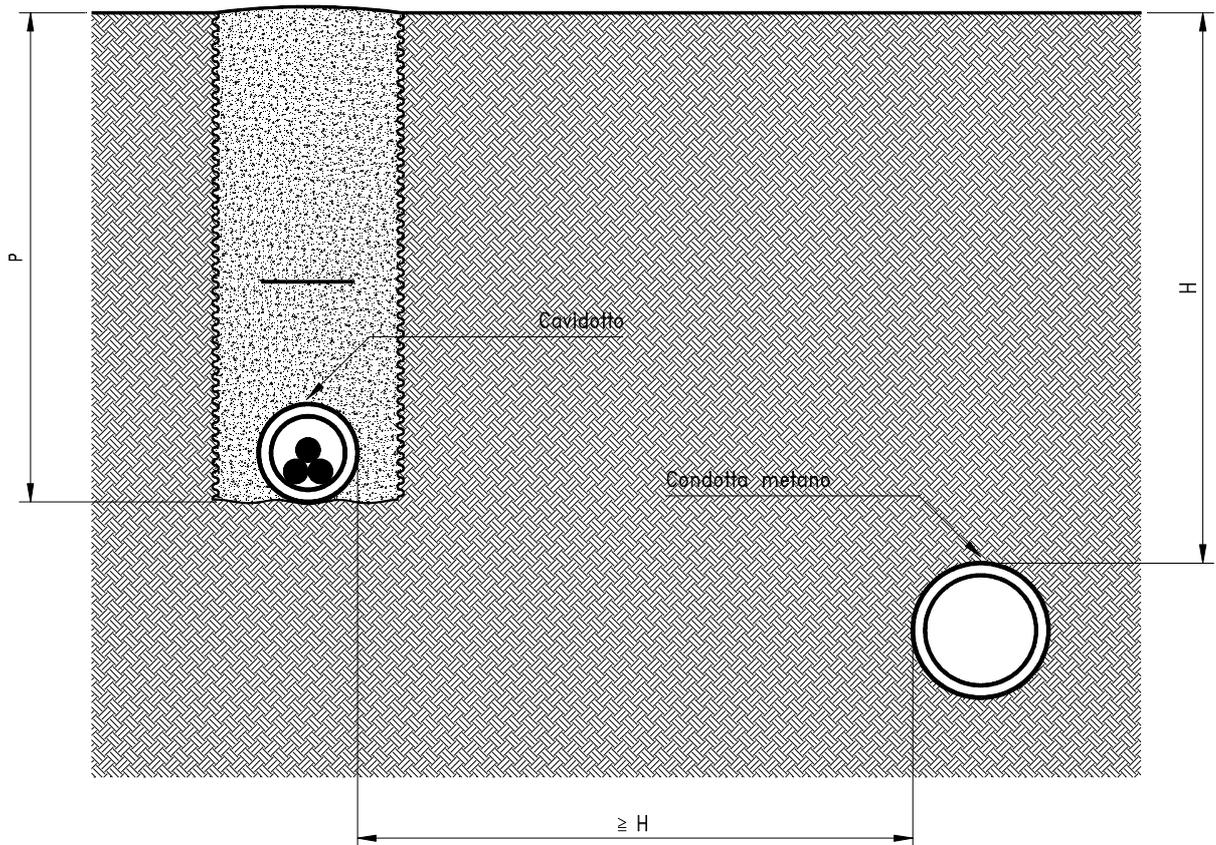


*elemento separatore rigido in materiale non metallico avente le dimensioni minime $L_1 = D_1 + 0,60$ m, $L_2 = D_2 + 0,60$ m; le prescrizioni indicate valgono anche nel caso in cui il cavo di energia incroci inferiormente la tubazione metallica.

**OPERE INTERFERENTI: TUBAZIONI METALLICHE PER IL TRASPORTO E LA
DISTRIBUZIONE DEL GAS NATURALE CON DENSITA'
£ 0,8 (Metano)****PARALLELISMI**

1) Condotte con pressione massima di esercizio > 5 bar (1^a, 2^a e 3^a specie);

◆ Posa dei cavi: in tubazione (art. 2.4.2.e D.M. 24.11.1984):



P = profondità di posa del cavidotto (Vedi Tavole C2.1÷ C2.6 Parte II)

H = profondità di posa della condotta (≥ 0,9 m)

Nel caso in cui non sia possibile rispettare la distanza minima indicata devono essere interposti elementi separatori non metallici che costituiscano un diaframma continuo^(*).

Le stesse prescrizioni devono essere rispettate dalla Società proprietaria o concessionaria delle condotte se il cavo è preesistente alla posa di queste ultime.

◆ Posa dei cavi: direttamente interrata o meccanizzata (art. 4.3.02 Norme CEI 11-17):

Vedi Tavola U3.5

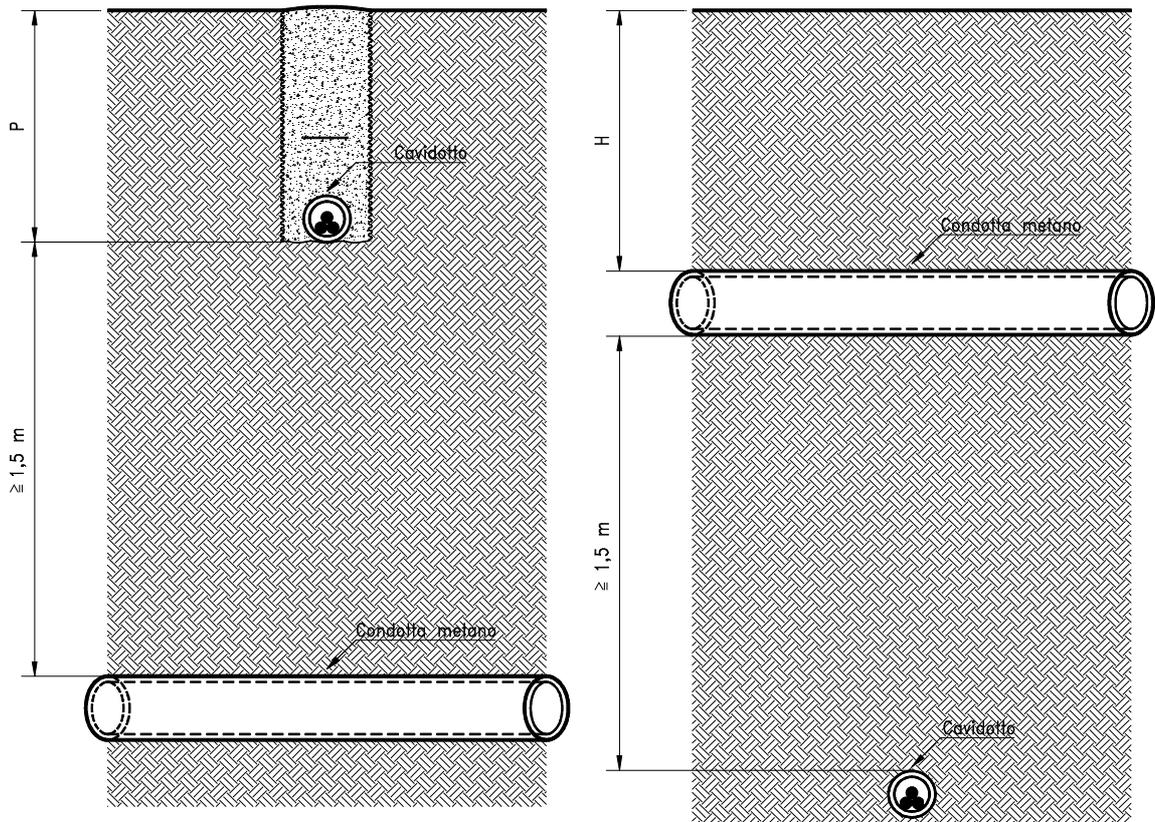
^(*) la riduzione delle distanze di rispetto deve essere sempre concordata con la Società proprietaria o concessionaria delle condotte.

**OPERE INTERFERENTI: TUBAZIONI METALLICHE PER IL TRASPORTO E LA
DISTRIBUZIONE DEL GAS NATURALE CON DENSITA'
£ 0,8 (Metano)**

ATTRAVERSAMENTI

1) Condotte con pressione massima di esercizio > 5 bar (1^a, 2^a e 3^a specie);

◆ Posa dei cavi: in tubazione (art. 2.4.2.e D.M. 24.11.1984):



P = profondità di posa del cavidotto (Vedi Tavole C2.1÷ C2.6 Parte II)
H = profondità di posa della condotta (≥ 0,9 m)

Nel caso in cui non sia possibile rispettare la distanza minima indicata devono essere interposti elementi separatori non metallici che costituiscano un diaframma continuo^(*).

Le stesse prescrizioni devono essere rispettate dalla Società proprietaria o concessionaria delle condotte se il cavo è preesistente alla posa di queste ultime, altrimenti le condotte devono essere collocate entro un manufatto o altra tubazione di protezione che deve essere prolungata da entrambi i lati per:

- 1 m in caso di incrocio superiore;
- 3 m in caso di incrocio inferiore.

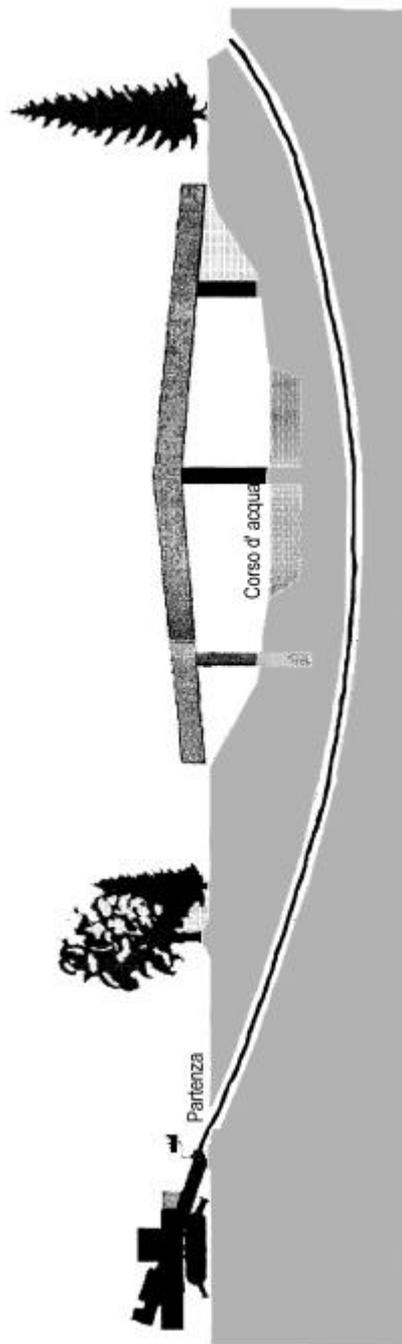
Le suddette distanze devono essere misurate a partire dalle tangenti verticali alla superficie esterna del cavidotto.

◆ Posa dei cavi: direttamente interrata o meccanizzata (art. 4.3.02 Norme CEI 11-17):

Vedi Tavola U3.6

^(*) la riduzione delle distanze di rispetto deve essere sempre concordata con la Società proprietaria o concessionaria delle condotte.

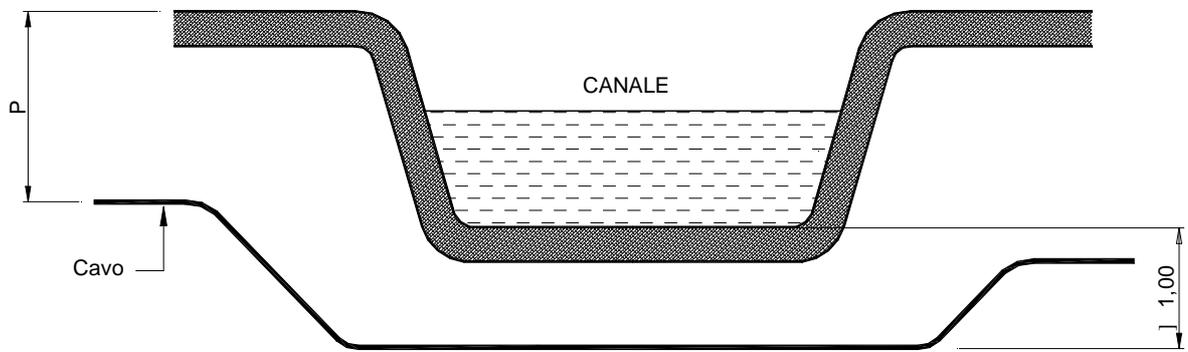
Schema del tracciato della trivella



N.B.: I tubi che vengono abitualmente posati, compatibilmente alla tecnologia intrinseca della T.O.C., sono classificati PEAD UNI 7611-76 tipo 312. Questi tubi, in modo particolare per quanto riguarda la resistenza alle sollecitazioni meccaniche, non costituiscono protezione meccanica supplementare ai sensi delle Norme CEI 11-17 e di conseguenza devono essere posati ad una profondità minima di 1,7 m. Il colore deve essere diverso da arancio, giallo, rosso, nero e nero a bande blu.

Sottopasso

Quote in mm



P = Profondità di posa su terreno di qualsiasi natura ai lati dell'attraversamento (Vedi Tavole da C1.1 a C3.3).

N.B.: Le sponde devono essere preventivamente adeguate per il passaggio della macchina a catena con uno sbancamento e successivamente ripristinate; per la posa con T.O.C. Vedi nota di tavola C4.1.

PARTE III

MATERIALI

| | | |
|---|--|---|
|  | SPECIFICA DI COSTRUZIONE | Pagina 1 di 10 |
| | Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al , isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE | DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008 |
| | Sigla designazione cavi: ARE4H5EX ARP1H5EX | |

Il presente documento è di proprietà intellettuale della società ENEL DISTRIBUZIONE S.p.A. ; ogni riproduzione o divulgazione dello stesso dovrà avvenire con la preventiva autorizzazione della suddetta società la quale tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

This document is intellectual property of ENEL DISTRIBUZIONE S.p.A. ; reproduction or distribution of its contents in any way or by any means whatsoever is subject to the prior approval of the above mentioned company which will safeguard its rights under the civil and penal codes.

INDICE

| | | |
|--|------------|-------------|
| 1. Scopo | pag | 2 |
| 2. Campo di applicazione | “ ” | 2 |
| 3. Componenti | “ ” | 2 |
| 4. Prescrizioni di riferimento | “ ” | 3 |
| 5. Unità di misura | “ ” | 4 |
| 6. Caratteristiche tecniche | “ ” | 4 |
| 7. Caratteristiche costruttive | “ ” | 4-5 |
| 8. Pezzature e imballi di fornitura | “ ” | 6-10 |

| Revisione | Natura della modifica |
|-----------|--|
| 1 | Prima emissione |
| 2 | Introduzione cavo isolato con materiale elastomerico termoplastico Introduzione § “Pezzature ed Imballi di fornitura” |

| Ente | Emissione | Collaborazioni e verifiche | | | Approvazione |
|---------|------------------------|----------------------------|---------|--|--------------|
| | DIS-IUN-UML | DIS-IUN-UML | DIS-QSA | | DIS-IUN |
| Firmato | E.Cesari V.Spinelli | R.Grimaldi | | | E. Di Marino |

| | | |
|---|--|---|
|  | SPECIFICA DI COSTRUZIONE | Pagina 2 di 10 |
| | Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al , isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE | DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008 |
| | Sigla designazione cavi: ARE4H5EX ARP1H5EX | |

1. Scopo

Le presenti prescrizioni hanno lo scopo di indicare le caratteristiche dei cavi MT ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al, isolamento estruso a spessore ridotto in XLPE o in materiale elastomerico termoplastico, schermo in tubo di Al e guaina in PE. Tali cavi avranno la sigla di designazione ARE4H5EX in caso di isolamento estruso in XLPE e ARP1H5EX in caso di isolamento estruso in materiale elastomerico termoplastico.

2. Campo di applicazione

I cavi previsti in specifica sono destinati a sistemi elettrici di distribuzione con $U_0/U=12/20$ kV e tensione massima $U_m=24$ kV.

3. Componenti

I cavi previsti in specifica sono di seguito illustrati:

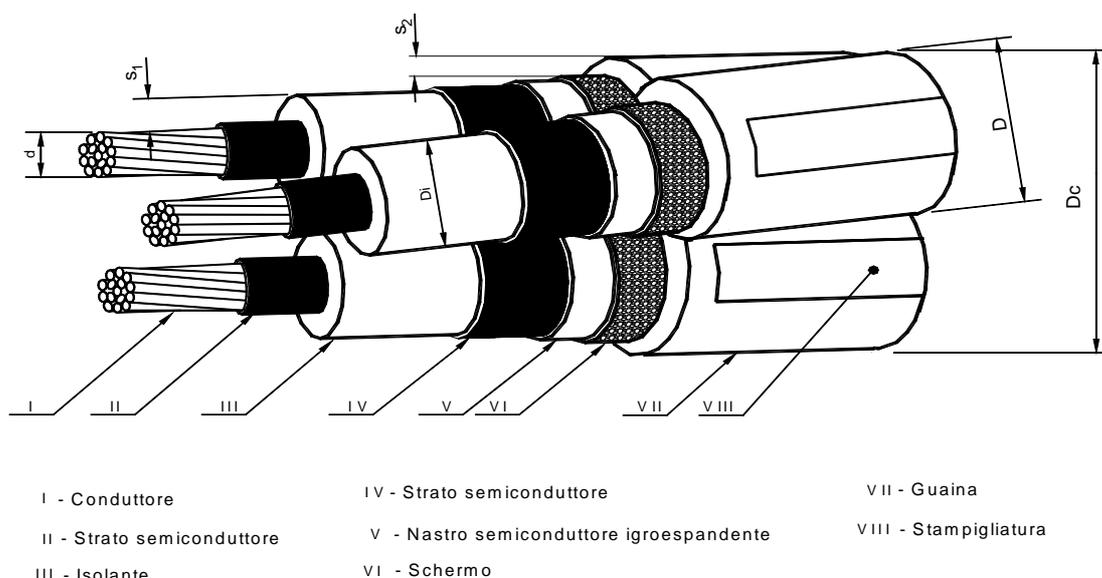


Fig. 1

| | | |
|--|---|---|
|  Enel L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA. Enel Distribuzione | SPECIFICA DI COSTRUZIONE | Pagina 3 di 10 |
| | Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al , isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE | DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008 |
| Sigla designazione cavi: ARE4H5EX ARP1H5EX | | |

PROSPETTO 1 - Caratteristiche dei cavi

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------|-----------|----------|---|------------------------------------|---------------------|-----------------|---|
| Matricola | Tipo | Isolante | Numero di conduttori per sezione nominale (n° x mm ²) | Diametro circoscritto Dc max. (mm) | Massa circa (kg/km) | Portata (1) (A) | Corrente termica di corto circuito (2) (kA) |
| 33 22 82 | DC 4385/1 | XLPE | 3 x (1x70) | 65 | 2150 | 200 | 9 |
| | DC 4385/3 | HPTE | | | | | |
| 33 22 84 | DC 4385/2 | XLPE | 3 x (1x185) | 78 | 3550 | 360 | 24 |
| | DC 4385/4 | HPTE | | | | | |

- I valori di portata valgono in regime permanente per il cavo posato singolarmente e direttamente interrato alla profondità di 1,2 m, temperatura dei conduttori non superiore a 90 °C; temperatura del terreno 20 °C e resistività termica del terreno 1 °C m/W
(Poiché allo stato attuale non esiste una normativa che recepisce pienamente il cavo in tabella, si consiglia di preferire la posa in tubo, in questo caso i limiti di portata sono circa : 160 A e 288 A).
- I valori della corrente termica di corto circuito valgono nelle seguenti condizioni: durata del corto circuito 0,5 s, temperatura iniziale dei conduttori pari alla temperatura massima ammissibile in regime permanente (90 °C), temperatura finale dei conduttori 250 °C.

ESEMPIO DI DESCRIZIONE RIDOTTA

C A V O X X X X X X X 1 2 / 2 0 k V 3 x (1 x X X X)

4. Prescrizioni di riferimento

- cavo del tipo ARE4H5EX (isolamento in XLPE)
 - costruzione: CEI 20-68 (esclusa guaina e per quanto applicabile)
HD 620 S1 o IEC 60502-2 (guaina)
 - collaudo: Specifica Enel DC 4587 (esclusa guaina)
Specifiche Enel DC 4585, DC4585a (guaina)

- cavo del tipo ARP1H5EX (isolamento in materiale elastomerico termoplastico)
 - costruzione : Norma CEI 20-86
 - collaudo : Specifica Enel DC 4582 Ed.II giugno 2008

| | | |
|--|---|---|
|  Enel L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA. Enel Distribuzione | SPECIFICA DI COSTRUZIONE | Pagina 4 di 10 |
| | Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al , isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE | DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008 |
| Sigla designazione cavi: | | |
| ARE4H5EX ARP1H5EX | | |

5. Unità di misura

L'unità di misura con la quale deve essere espressa la quantità di cavo è il metro.

6. Caratteristiche tecniche

Le principali caratteristiche tecniche dei cavi sono riportate nel prospetto seguente :

PROSPETTO II- Caratteristiche del cavo

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|--|---|---------------------------------------|--|----------------------------------|-----------|---|--|--|---------------------------|-----------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Sezione nomin. delle anime (mm ²) | Numero dei fili del conduttore min. (n°) | Diametro del conduttore d (mm) | Spessore dell'isolante min. S1 (mm) | Diametro sull'isolante Di | | Sezione nominale dello schermo min. (mm ²) | Spessore del nastro dello schermo min. (mm) | Spessore medio della guaina S2 min. (mm) | Diametro esterno D | | Resistenza Elettrica a 20 ° C (1) | |
| | | | | min. (mm) | max. (mm) | | | | min. (mm) | max. (mm) | del conduttore max (Ω/km) | dello schermo max (Ω/km) |
| 70 | 12 | 9,5 ^{-0,1} _{+0,4} | 4,3 | 19,0 | 20,9 | 24 | 0,3 | 2,0 | 24,0 | 30,0 | 0,443 | 1,438 |
| 185 | 30 | 15,8 ^{-0,2} _{+0,4} | 4,3 | 25,0 | 27,2 | 30 | 0,3 | 2,0 | 30,0 | 35,0 | 0,164 | 1,045 |

Nota (1) - Il valore della resistenza elettrica è riferito all'unità di lunghezza del cavo tripolare e non della singola anima

7. Caratteristiche costruttive

7.1 Anime

- Conduttori di alluminio a corda rigida rotonda compatta; (HD 383)
- Strato semiconduttore estruso sul conduttore, di spessore minimo 0.3 mm;
- Isolante: polietilene reticolato XLPE (HD 620 Part 1, table 2A, tipo DIX 8) o materiale elastomerico termoplastico (CEI 20-86, Tabella1)
- Strato semiconduttore estruso sopra l'isolante, di spessore compreso fra 0.3 e 0.6 mm,
- Strato semiconduttore (eventuale) realizzato con nastri avvolti con sormonto minimo 25 %.

| | | |
|---|--|---|
|  | SPECIFICA DI COSTRUZIONE | Pagina 5 di 10 |
| | Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al , isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE | DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008 |
| | Sigla designazione cavi: ARE4H5EX ARP1H5EX | |

7.2 Schermi e rivestimenti protettivi

- Strato realizzato con nastro semiconduttore igroespandente con sormonto minimo 10%. In alternativa tale strato può essere realizzato con mezzi ed accorgimenti diversi purchè equivalenti;
- Schermo : nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale, con bordi sovrapposti di almeno 5 mm ed incollato allo strato protettivo;
- Rivestimento protettivo : guaina PE (HD 620 Type DMP 2) di colore rosso RAL 3000.
- Anime riunite ad elica visibile con senso di cordatura sinistro e passo di riunione non superiore a 39 Dmax.

7.3 Stampigliatura

Sulla guaina esterna deve essere riportata per impressione in rilievo una stampigliatura, con **CARATTERI INCOLONNATI O AFFIANCATI** secondo quanto riportato in figura 1:

h: 4,0 ±1,0 mm

L: 2,0 ± 0,5 mm

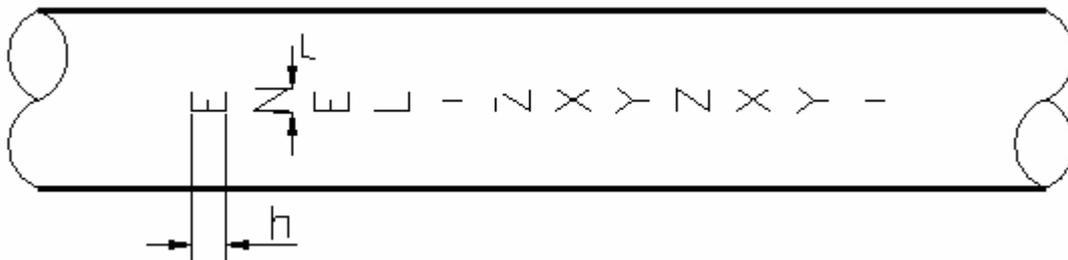


figura 1

La distanza tra la fine della marcatura e l'inizio della marcatura identica successiva deve essere conforme al documento HD 620 Part.1.3 contenente le seguenti iscrizioni nell'ordine indicato :

- a) la sigla di proprietà seguita da :
 - la sigla UNEL (completa di tensione)
 - la sezione
 - il nome o il marchio del Costruttore
 - la lettera identificante lo stabilimento di costruzione
 - l' indice di progetto
 - l' anno e mese di fabbricazione
 - l'identificazione della fase, ripetuta almeno ogni 100 mm, negli intervalli tra due successive serie di iscrizioni;
- b) la metricatura, solo sulla fase 1; è ammessa anche la stampigliatura ad inchiostro

| | | |
|---|--|---|
|  | SPECIFICA DI COSTRUZIONE | Pagina 6 di 10 |
| | Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al , isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE | DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008 |
| | Sigla designazione cavi: ARE4H5EX ARP1H5EX | |

In alternativa alla suddetta modalità è ammesso riportare la stampigliatura di cui sopra con passo di 1 m.

Esempio di stampigliatura sull'anima di fase 1 :

ENEL ARE4H5EX 12/20kV 185 XXXXXX B 01 2007 12 0000 FASE 1 ... FASE 1 ...)

ENEL ARP1H5EX 12/20kV 185 XXXXXX B 01 2007 12 0000 FASE 1 ... FASE 1 ...)

8. Pezzature e imballi di fornitura

8.1 Lunghezze delle pezzature

Pezzatura :

- cavo 3x(1 x 70) - 400 m
- cavo 3x(1 x 185) - 300 m

La tolleranza ammessa per una pezzatura è pari a $\pm 3\%$ della lunghezza indicata in ordine; lunghezze inferiori sono ammesse al massimo per il 10% delle pezzature costituenti il lotto di consegna (stesso documento di trasporto), purché ciascuna sia di almeno 100 m; nel conteggio del suddetto 10% sono escluse le pezzature campione la cui lunghezza si è ridotta a causa delle prove di accettazione.

8.2 Imballi

Le bobine da utilizzare per la consegna dei cavi MT possono essere:

- a norma UNI-CEI 2-1 e 2-2 (Tipo "A" - RIUTILIZZABILI)
- non a norma UNI-CEI 2-1 e 2-2 (Tipo "B" - NON RIUTILIZZABILI)

Sulla parete esterna della flangia deve essere riportata, in aggiunta a quanto prescritto dal § 8.4 "Targature" della presente specifica, la dicitura "**TIPO A**" o "**TIPO B**".

Per entrambe le tipologie, nel caso di bobine in legno prodotti al di fuori della Comunità Europea, è necessario che tali imballi siano realizzati nel rispetto di quanto stabilito nella direttiva 2000/29/CE e successive modifiche "Misure di protezione contro l'introduzione nella Comunità di organismi nocivi ai vegetali o ai prodotti vegetali e contro la loro diffusione nella comunità" e risultino conformi alla nota ISPM 15 del 18/03/2002.

8.2.1 Bobine a norma UNI-CEI 2-1 e 2-2 (Tipo "A" - RIUTILIZZABILI)

Bobine conformi alle prescrizioni della norma UNI-CEI 2-1 e 2-2 e rispondenti ai requisiti riportati nel PROSPETTO seguente:

| | | |
|---|--|---|
|  | SPECIFICA DI COSTRUZIONE | Pagina 7 di 10 |
| | Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al , isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE | DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008 |
| | Sigla designazione cavi: ARE4H5EX ARP1H5EX | |

| BOBINE UNI-CEI 2-1 | | | | PEZZATURE | CAVI |
|--------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Tipo | Diametro minimo della flangia | Diametro minimo del tamburo | Larghezza max della bobina | Lunghezza pezzature max | |
| (#) | (mm) | (mm) | (mm) (4) | (m) | |
| 22 (2) | 2240 | 1400 | 1400 | 400 300 | 3x (1 x 70) 3x (1 x 185) |

(#) La consegna delle pezzature "corte" definite al § 8.1 è possibile anche su bobine (dimensione) inferiore a quello prescritto, purchè sia rispettata ogni altra prescrizione.
(2) Bobina provvista di chiocciola su una faccia interna della flangia atta a portare la testa interna del cavo all'esterno.

8.2.2 Bobine non a norma UNI-CEI 2-1 e 2-2 (Tipo "B" – NON RIUTILIZZABILI)

In alternativa al tipo "A" si possono utilizzare bobine non riconducibili alla norma di cui sopra purché venga presentata ad ENEL in fase di certificazione o nel corso dell'iter di gara, una relazione tecnica (di seguito "RT") strutturata secondo le linee guida descritte nel seguito.

Le bobine si intenderanno accettate in prova per un periodo di sei mesi a partire dalla data di prima consegna. Qualora ENEL non richieda di apportare modifiche, le bobine costruite in conformità alla RT si intenderanno Approvate.

In caso contrario, ed in ogni caso di aggiornamento della RT, il periodo di prova decorrerà nuovamente dalla data di prima consegna delle bobine oggetto di modifiche.

Relazione tecnica (RT)

La relazione tecnica (RT) deve essere composta dai documenti di seguito descritti.

Si precisa che nei seguenti paragrafi alcuni requisiti sono preceduti dalla dicitura "Prescrizione", ed altri dalla dicitura "Indicazione". Nel primo caso i requisiti sono prescrittivi e pertanto la rispondenza agli stessi si intende condizione necessaria (non sufficiente) per l'accettazione in prova. Nel secondo caso, invece, il contenuto delle informazioni richieste non risulta vincolante per l'accettazione in prova.

- Documento tecnico: disegno tecnico costruttivo della bobina, comprendente la rappresentazione delle due sezioni (longitudinale e trasversale) completo di tutte le misure dimensionali e dell'evidenza (schema ingrandito del particolare) dei punti di ancoraggio del tamburo alle flange.

| | | |
|---|--|---|
|  | SPECIFICA DI COSTRUZIONE | Pagina 8 di 10 |
| | Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al , isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE | DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008 |
| | Sigla designazione cavi: ARE4H5EX ARP1H5EX | |

Devono essere riportate le seguenti caratteristiche dimensionali:

- parti in legno

| | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - per la flangia <ul style="list-style-type: none"> o larghezza tavole o diametro o spessore o diametro del foro assiale o spessore contro-flange - larghezza della bobina | <ul style="list-style-type: none"> - per il tamburo <ul style="list-style-type: none"> o larghezza tavole o diametro o larghezza o spessore doghe - per i tiranti <ul style="list-style-type: none"> o numero o diametro o lunghezza |
|---|---|

- parti metalliche

dimensioni e numero dei componenti metallici (tiranti, piastre di supporto e di fissaggio)

- Documentazione fotografica:

una foto vista laterale ed una vista frontale raffigurante la bobina vuota, la bobina con cavo avvolto priva di copertura esterna, la bobina completa di copertura esterna (per un totale di almeno 6 foto) ed il particolare relativo alla targa identificativa dove sono riportati i dati della bobina e della fornitura (ad un livello di ingrandimento tale da consentire la lettura delle informazioni ritratte).

- Scheda tecnica del legname:

Prescrizioni:

devono essere impiegate specie legnose provenienti dalle conifere o altro legname di documentate caratteristiche prestazionali equivalenti.

Il legname utilizzato deve essere esente da attacchi di funghi e di insetti; le tavole devono essere prive di smussi e nodi non aderenti (morti)

Indicazioni:

riportare la percentuale di umidità massima del legname al termine del processo di fabbricazione della bobina.

Riportare la descrizione degli eventuali trattamenti cui è stato sottoposto il legname

- Scheda tecnica dei metalli:

Indicazioni:

indicare il tipo di materiale utilizzato

| | | |
|---|--|---|
|  | SPECIFICA DI COSTRUZIONE | Pagina 9 di 10 |
| | Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al , isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE | DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008 |
| | Sigla designazione cavi: ARE4H5EX ARP1H5EX | |

- Modalità costruttive

Prescrizioni:

le bobine non devono in nessun caso presentare sporgenze metalliche di alcun genere (queste potrebbero infatti procurare tagli o lesioni in fase di movimentazione).

Le eventuali parti in legno non devono essere verniciate.

La superficie esterna del tamburo e quella interna delle flange devono essere piallate e le tavole costituenti le flange devono essere accostate; la chiodatura delle tavole per le flange deve essere ribadita all'esterno e la testa del chiodo deve penetrare, con apposita ribaditura, all'interno delle tavole.

Le tavole del tamburo devono avere i bordi smussati ed essere accostate; non sono ammesse tavole sconnesse o gradini tra tavola e tavola o tra tavole e tiranti metallici.

Indicazioni:

riportare la tipologia/tecnica di saldatura (ove presente) e i trattamenti anti-ossidazione.

- Dichiarazione sintetica

Deve essere riportato il testo che segue: "Si dichiara che le bobine descritte nel presente documento sono equivalenti, dal punto di vista funzionale, a quelle descritte dalla norma **UNI-CEI 2-1 e 2-2** e rispondono ai medesimi requisiti in termini di sicurezza nella movimentazione e nella posa/svolgimento del cavo. Inoltre, si dichiara che le bobine hanno una solidità strutturale tale da garantire la tenuta di almeno 24 mesi, anche se esposte agli agenti atmosferici"

8.3 Protezioni

I cavi devono essere protetti in modo da evitare danneggiamenti o manomissioni durante i trasporti e le movimentazioni, ivi compresi quelli in ambito ENEL.

Nel caso si intenda utilizzare un tipo di protezione in alternativa alle doghe, questo non dovrà essere realizzato con materiali che, in fase di smaltimento, risultino classificabili come rifiuti pericolosi ; in ogni caso tutte le protezioni alternative alle doghe dovranno essere esplicitamente approvate da ENEL in fase di certificazione o nel corso dell'iter di gara.

Le estremità libere del cavo devono essere opportunamente protette contro la penetrazione di acqua e di umidità durante il trasporto, l'immagazzinamento, che può essere anche all'aperto, e la posa.

Presso il Costruttore le bobine di cavo finito e collaudato non possono essere parcheggiate senza doghe o protezioni equivalenti in zone esposte alle intemperie (sole, pioggia, etc.) e ad urti accidentali se non per il tempo necessario alla loro dogatura o protezione similare.

Salvo diversamente previsto nella lettera d'ordine, la protezione (dogatura o altro) delle bobine deve essere effettuata al 100%.

Il distanziamento tra lo strato esterno del cavo e la dogatura deve essere sufficiente ad evitare danneggiamenti al cavo stesso e, comunque, mai inferiore a **50 mm**; per ottemperare a detta prescrizione si possono privilegiare, se necessario, pezzature di lunghezza ridotta fino alla minima ammessa.

| | | |
|---|--|---|
|  | SPECIFICA DI COSTRUZIONE | Pagina 10 di 10 |
| | Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al , isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE | DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008 |
| | Sigla designazione cavi: ARE4H5EX ARP1H5EX | |

8.4 Targature

Sulla superficie esterna di almeno una delle **flange della bobina** di trasporto, , devono essere riportati, con caratteri chiaramente leggibili ed indelebili, oltre a quant'altro previsto nell'ordine, almeno i seguenti dati, ove applicabile:

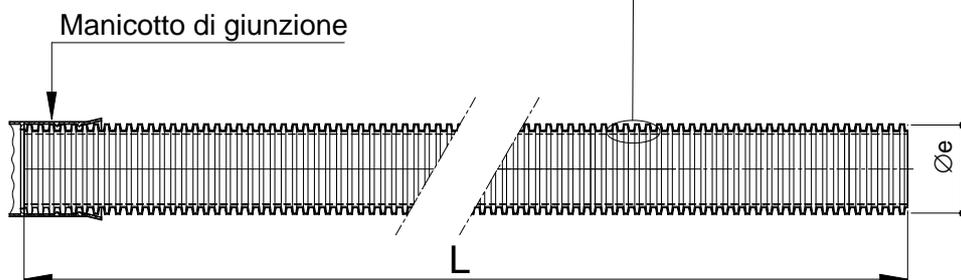
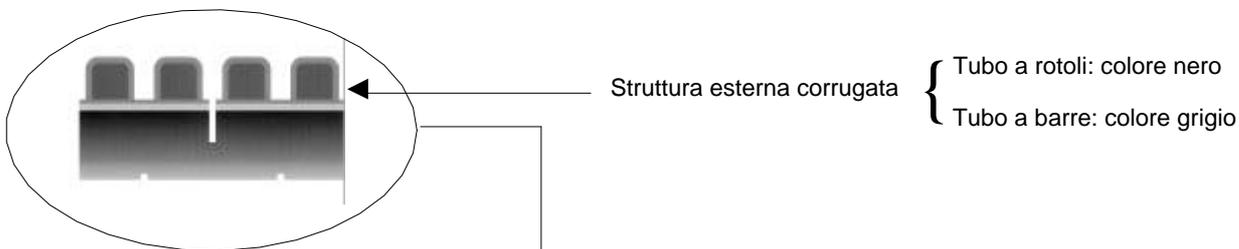
- la matricola ENEL del cavo;
- il nome o il marchio della ditta proprietaria della bobina;
- il nome del Costruttore del cavo;
- la sigla e la formazione del cavo;
- il tipo e la matricola della bobina;
- il peso complessivo lordo (soltanto per le pezzature su bobina)
- il peso netto;
- il peso di un metro di cavo;
- la lunghezza effettiva della pezzatura;
- gli estremi dell'ordinazione ENEL;
- il numero e la data dell'avviso di spedizione

N.B. Sulle due facce esterne delle flange per bobine realizzate in legno, deve essere riportato il marchio che dimostri come il legno utilizzato per la loro costruzione sia stato sottoposto a trattamento come stabilito nella direttiva 2000/29/CE richiamata nel § 8.2.

8.5 Trasporto

Al fine di agevolare le operazioni di scarico, le bobine devono essere disposte sugli automezzi mantenendo tra le flange la distanza necessaria per inserire i mezzi di sollevamento, ovvero in modo tale da consentire lo scarico con idonei mezzi di movimentazione a forche.

PROTEZIONI MECCANICHE: TUBI IN POLIETILENE



Conformi alle Norme CEI EN 50086-2-4 (23-46) (tubo "N" normale)

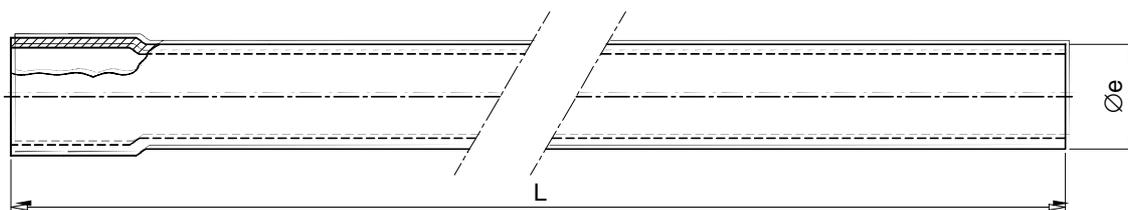
- resistenza all'urto: - tubo Øe 25450 mm: 15 J;
- tubo Øe 63 mm: 20 J;
- tubo Øe 125 mm: 28 J;
- tubo Øe 160 mm: 40 J.

DIREZIONE RETE – SUPPORTO INGEGNERIA

| Tipo | Diametro esterno [mm] | L [m] | Marche | Matricola ⁽¹⁾ | Tabella |
|----------------------------|--------------------------|-----------|---|--------------------------|---------|
| Tubo "corrugato" in rotoli | 25 | 50 | (da applicare alle estremità del tubo) • sigla o marchio del costruttore • materiale impiegato • anno di fabbricazione • CEI EN 50086-2-2 CEI EN 50086-2-4/tipo "N" | 295510 | DS 4247 |
| | 32 | 50 | | 295511 | |
| | 50 | 50 | | 295512 | |
| | 63 | 50 | | 295513 | |
| | 125 | 50 | | 295514 | |
| | 160 | 25 | | 295515 | |
| Tubo "corrugato" in barre | 125 | 6 | (da applicare sulla superficie esterna con passo = 1 m) • sigla o marchio del costruttore • diametro nominale esterno in mm • ENEL • anno di fabbricazione • marchio IMQ | 295526 | DS 4235 |
| | 160 | | | 295527 | |

⁽¹⁾ Materiale di fornitura impresa o acquistabile a catalogo on-line.

PROTEZIONI MECCANICHE: TUBI IN PVC AUTOESTINGUENTE



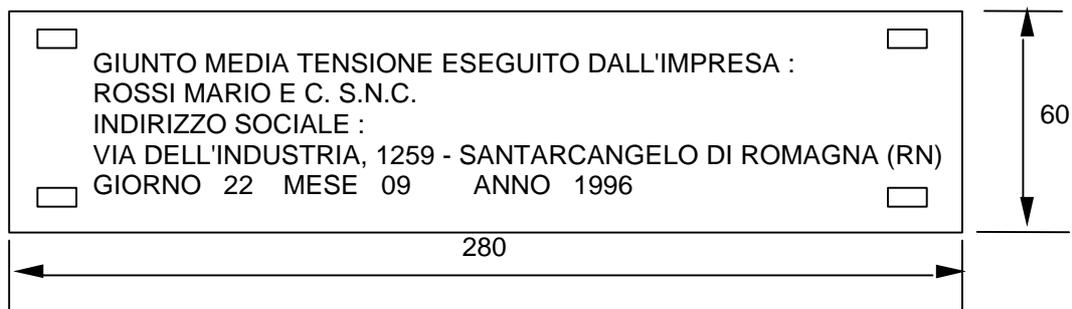
| Diametro esterno \varnothing_e [mm] | L [m] | Colore | Marcature | Matricola ⁽¹⁾ | Tabella |
|---------------------------------------|-------|--------|--|--------------------------|---------|
| 25 | 3 | Grigio | (da applicare sulla superficie esterna con passo = 1 m) <ul style="list-style-type: none"> • sigla o marchio del costruttore • diametro nominale esterno in mm • ENEL • anno di fabbricazione • marchio IMQ | 295520 | DS 4235 |
| 32 | | | | 295521 | |
| 50 | | | | 295522 | |
| 63 | | 295523 | | | |
| 125 | | 295524 | | | |
| 160 | | 295525 | | | |
| | | Nero | | | |

⁽¹⁾ Materiale di fornitura impresa o acquistabile a catalogo on-line.

Quote in mm

ENEL-CAVI

Fig. A



(Esempio di targa identificatrice esecutore giunto)
Materiale : PVC Sp.= 4 mm o Acciaio inox Sp.= 1mm

Fig. B

DIREZIONE RETE – SUPPORTO INGEGNERIA

| Fig. | Denominazione | Matricola | Tabella |
|------|---|-------------------------|---------|
| A | Nastro monitore per indicazione della presenza dei cavi elettrici interrati | 85 88 33 ⁽¹⁾ | DS 4285 |
| B | Targa identificatrice esecutore giunto | ---- | ---- |

(1) Materiale di fornitura impresa

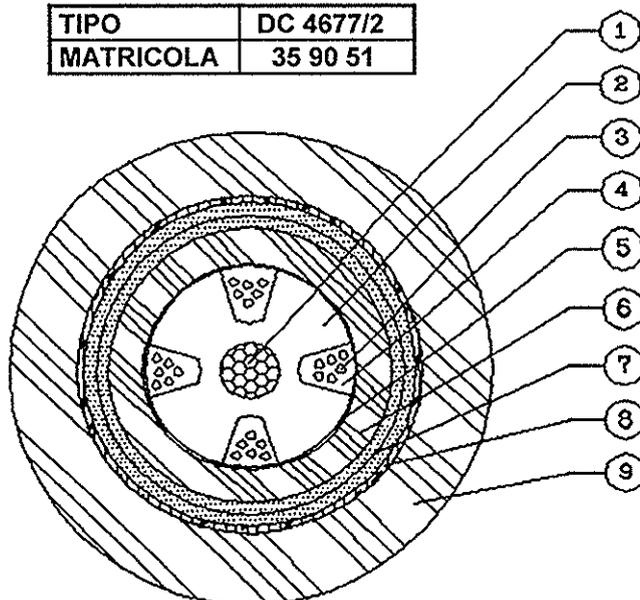
Revisione dell'edizione in vigore

Cavo a 24 fibre
Sigla: TOS4 24 4 (6SMR) T/EKE**BOZZA**

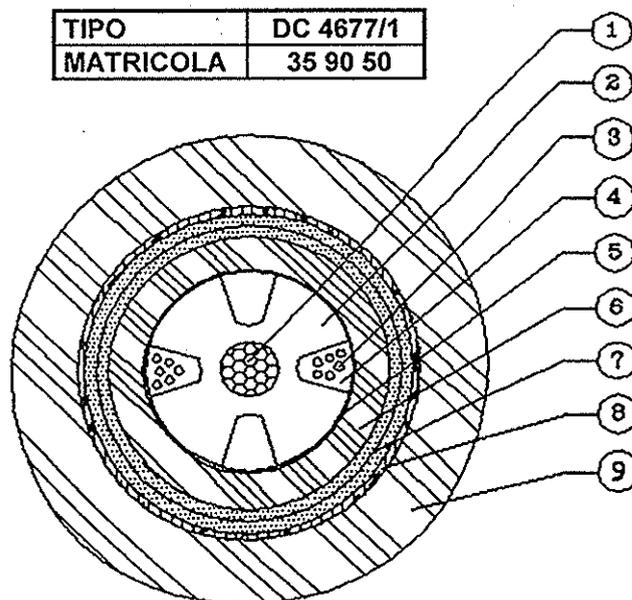
Giugno 1998

Cavo a 12 fibre
Sigla: TOS4 12 2 (6SMR) T/EKE

| | |
|-----------|-----------|
| TIPO | DC 4677/2 |
| MATRICOLA | 35 90 51 |



| | |
|-----------|-----------|
| TIPO | DC 4677/1 |
| MATRICOLA | 35 90 50 |



1 - Elemento centrale dielettrico
2 - Nucleo scanalato in materiale termoplastico
3 - Fibra ottica

4 - Tamponante
5 - Fasciatura con nastri sintetici
6 - Guaina di polietilene nero

7 - Filati aramidici
8 - Fasciatura con nastri sintetici
9 - Guaina di polietilene nero

NOTA: Le fibre sono di tipo monomodali adatte per la trasmissione di segnali di Teleprotezioni, Teleoperazioni, Telemisure, Trasmissione dati, Fonia, Video.

La disposizione delle fibre nelle cave è indicativa. Le sezioni dei cavi non sono in scala.

| 1 - CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DEL CAVO | GRANDEZZA | UNITA' DI MISURA | VALORE |
|---|---------------------------|------------------|-----------|
| Elemento centrale dielettrico | diametro nominale | mm | 1,7 ÷ 2 |
| Nucleo scanalato ad elica a 4 cave | diametro nominale | mm | 6,0 ÷ 6,5 |
| Fibre Ottiche | numero per cava | n. | 6 |
| Cave utilizzate: - potenzialità 24 fibre - potenzialità 12 fibre | numero di cave utilizzate | n. | 4 2 |
| Guaina interna di polietilene nero | spessore nominale | mm | 1,0 |
| | spessore medio | mm | ≥ 0,9 |
| | spessore min. assoluto | mm | 0,8 |
| Guaina esterna di polietilene nero | spessore nominale | mm | 2,0 |
| | spessore medio | mm | ≥ 1,8 |
| | spessore min. assoluto | mm | 1,6 |
| Diametro esterno | nominale | mm | 14 ± 1 |
| Massa | indicativa | kg/km | 150 |
| Raggio di curvatura | minimo | mm | 250 |
| Carico applicabile durante la posa | massimo | daN | 240 |

Esempio di designazione abbreviata:

CAV OTT TOS4 24 4 12 2 6SMR T/EKE

2 - CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DEL CAVO

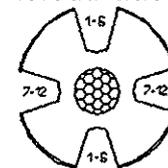
- Elemento centrale di supporto in vetroresina.
- Struttura scanalata ad elica a 4 cave in polietilene o polipropilene. I profili delle cave devono essere uniformi tra loro e di dimensioni tali da consentire un alloggiamento lasco delle fibre. Struttura scanalata ed elemento centrale devono essere solidali tra loro. Per il cavo con potenzialità 12 fibre 2 cave restano vuote.
- Tamponatura delle cave a base di grasso siliconico.
- Legatura con filati o nastri sintetici.
- Fasciatura protettiva con nastri sintetici.
- Guaina di polietilene nero bassa densità.
- Doppia armatura di filati aramidici.
- Fasciatura con nastro sintetico.
- Guaina esterna di polietilene nero bassa densità.

3 - CODICE DEI COLORI DELLE CAVE E DELLE FIBRE

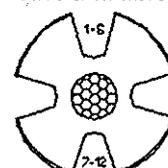
- La struttura scanalata deve essere di colore blu.
- Le cave devono essere facilmente identificabili tra di loro colorando due creste adiacenti:
 - ⇒ cresta rossa = cresta pilota
 - ⇒ cresta gialla = cresta direzionale
- La cava n. 1 è quella compresa tra la cresta pilota e la cresta direzionale.
- Le fibre devono essere colorate in modo omogeneo e continuo come segue:

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| ⇒ 1° fibra: colore rosso | ⇒ 7° fibra: rosa |
| ⇒ 2° fibra: colore verde | ⇒ 8° fibra: arancio |
| ⇒ 3° fibra: colore giallo | ⇒ 9° fibra: grigio |
| ⇒ 4° fibra: colore marrone | ⇒ 10° fibra: nero |
| ⇒ 5° fibra colore blu | ⇒ 11° fibra: turchese |
| ⇒ 6° fibra colore violetto | ⇒ 12° fibra: bianco |

Cavo a 24 fibre



Cavo a 12 fibre



Ciascuna colorazione deve essere mantenuta costante per tutte le pezzature per facilitare la individuazione delle fibre alle estremità della singola pezzatura.

Nel cavo con 12 fibre devono essere utilizzati i 12 colori e le fibre devono essere disposte come segue: nella cava 1 le fibre 1÷6, nella cava 3 le fibre 7÷12.

Nel cavo con 24 fibre devono essere utilizzati i 12 colori e le fibre devono essere disposte in modo sequenziale: nella cava 1 le fibre 1÷6, nella cava 2 le fibre 7÷12, ecc..

4 - IMBALLO E PEZZATURE

Il cavo viene avvolto su bobine di legno di grandezza opportuna. La lunghezza nominale delle pezzature è di 2.100 ± 50 m, salvo diversa prescrizione in sede di ordine. Nel caso di pezzature con lunghezza imposta si accettano tolleranze sulla lunghezza stessa di -0, +3%

| 5. - CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DELLE FIBRE | | GRANDEZZA | UNITÀ DI MISURA | VALORE |
|---|---------------------------|-----------|-----------------|--------------|
| Diametro del rivestimento primario | fibra ottica non colorata | nominale | μm | 245 ± 10 |
| | fibra ottica colorata | nominale | μm | 250 ± 15 |
| Diametro del mantello | | nominale | μm | 125 ± 2 |
| Non circolarità del mantello | | massimo | % | 2 |
| Errore di concentricità mantello / campo modale | | massimo | μm | 1,0 |

NOTE :

- a) Le dimensioni, le tolleranze e gli errori su riportati sono conformi alle Raccomandazioni ITU-T G.652, CEI CECC/EN 188100 (par. 4) e IEC 60793-2 Amend. 2 (table 12)
- b) Il raggio minimo di curvatura permanente delle fibre deve essere di 50 mm (il raggio minimo di curvatura assume importanza ai fini del cablaggio, come ad esempio nelle scatole di giunzione).
- c) Le fibre devono essere state sottoposte ad una prova di trazione, di durata di 1s, che ne abbia causato un allungamento minimo del 1% (IEC 60793-2 par. 34).

| 6 - CARATTERISTICHE TRASMISSIVE DELLE FIBRE CABLATE | GRANDEZZA | UNITA' DI MISURA | VALORE |
|---|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Attenuazione $\lambda=1310$ nm $\lambda=1550$ nm | (IEC 60793-2 § 35.1) max max | dB/km dB/km | 0,43 0,26 |
| Centri di scattering ⁽¹⁾ | nessuno | | |
| Numero massimo di centri di attenuazione concentrata (singola fibra / pezzatura) relativo valore: $\lambda=1310$ nm $\lambda=1550$ nm | (IEC 60794-3 § 4.2.2.1) max max | n. dB dB | 1 0,05 0,1 |
| Uniformità longitudinale di retrodiffusione: $\lambda=1310$ nm $\lambda=1550$ nm | (Tab.Unificazione Enel DC 4678) | dB dB | $\pm 0,05$ $\pm 0,05$ |
| Diametro del campo modale (Petermann II) $\lambda=1310$ nm $\lambda=1550$ nm | (IEC 60793-2 § 35.3) | μ m μ m | $9,3 \pm 0,5$ $10,6 \pm 1$ |
| Dispersione cromatica: $\lambda=1280 \div 1330$ nm $\lambda=1525 \div 1575$ nm | (IEC 60793-2 § 35.2) max max | ps/(nm•km) ps/(nm•km) | 3,5 20 |
| Lunghezza d'onda di taglio λ_c ⁽²⁾ | (IEC 60794-3 § 4.3) max | nm | 1280 |

(1) Per "centri di scattering" si intendono le anomalie concentrate che appaiono sulla traccia OTDR il cui valore piccolo supera i limiti previsti per la linearità della caratteristica di attenuazione.

(2) La lunghezza d'onda di taglio λ_c della fibra col solo rivestimento primario è compresa tra 1150 e 1330 nm se misurata con il metodo di riferimento previsto dall' ITU; come prova di routine viene eseguita la misura di λ_c garantendo in ogni caso per la λ_{oc} il valore sopra indicato.

7 - CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DELLE FIBRE

- Fibra di silice/silice drogata, di tipo SM-R (Single Mode Reduced).
- Profilo d'indice di tipo a gradino.
- Rivestimento primario protettivo composito costituito da un doppio strato di acrilato.

8 - STAMPIGLIATURA

Sulla guaina esterna di ogni pezzatura deve essere impressa, ad intervalli di 1 m e senza arrecare deformazioni o danneggiamenti al cavo, la seguente stampigliatura di colore bianco:

XXXXXX - CAVO OTTICO - YY FO - ENEL - (ANNO) - WWWWW - ZZZZ

dove X indica il marchio o nome del costruttore del cavo, Y il numero delle fibre, W il numero identificativo della fibra ottica, Z la marcatura metrica sequenziale il cui inizio può essere diverso da zero.

9 - NORME E PRESCRIZIONI PER IL COLLAUDO

Collaudo: - Prescrizioni Enel DC 4678

10 - UNITA' DI MISURA: metro