

Comune di SAN MARCO DEI CAVOTI

(Provincia di Benevento)

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DA 29,4 MW

in località "Ielardi, Macchioni, Montagna, Riccetto e Franzese"

Elaborato 3

CALCOLO ELETTRICO

COMMITTENTE

ECOENERGIA S.R.L.Via Cardito n. 5
83012 - CERVINARA (AV)**ECOENERGIA S.r.l.**Via Cardito, 5
83012 - CERVINARA (AV)
P. IVA 02195650649*Saverio Vitagliano*PROGETTISTA
Ing. Saverio VitaglianoDATA
Marzo 2022

SPAZIO PER I VISTI

Caratteristiche Tecniche

Il cavidotto sarà costituito da una linea formata da una terna di conduttori di energia in cavi unipolari estrusi (HEPR) aventi ognuno le seguenti caratteristiche:

- Tensione nominale : 30 KV;
- Tensione massima del sistema: 33 KV
- Corrente nominale: 533 A
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Sezione del cavo: 300 mmq
- Categoria Sistema/Neutro: Classe "A" con neutro isolato e durata massima di funzionamento terra fino a 8 ore;

Isolamento elettrico

Il cavo impiegato ha isolamento tipo XLPE e in PVC.

Sicurezza di Esercizio

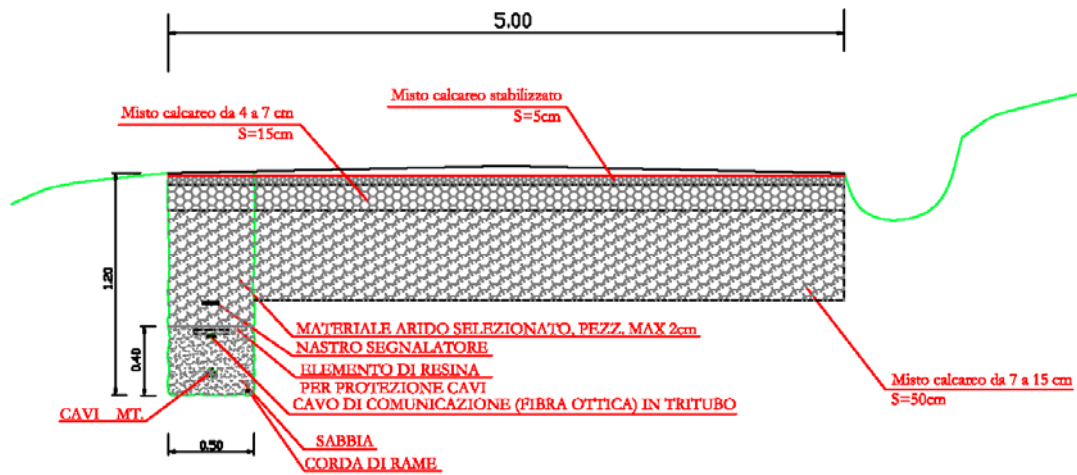
Ai fini della sicurezza dell'esercizio, la messa a terra dell'elettrodotto sarà realizzata attraverso il collegamento a terra, agli estremi, dell'apposita guaina metallica protettiva che involupa la sezione conduttrice di ciascun cavo di energia.

Dati generali di progetto**Sistemazione dei cavi**

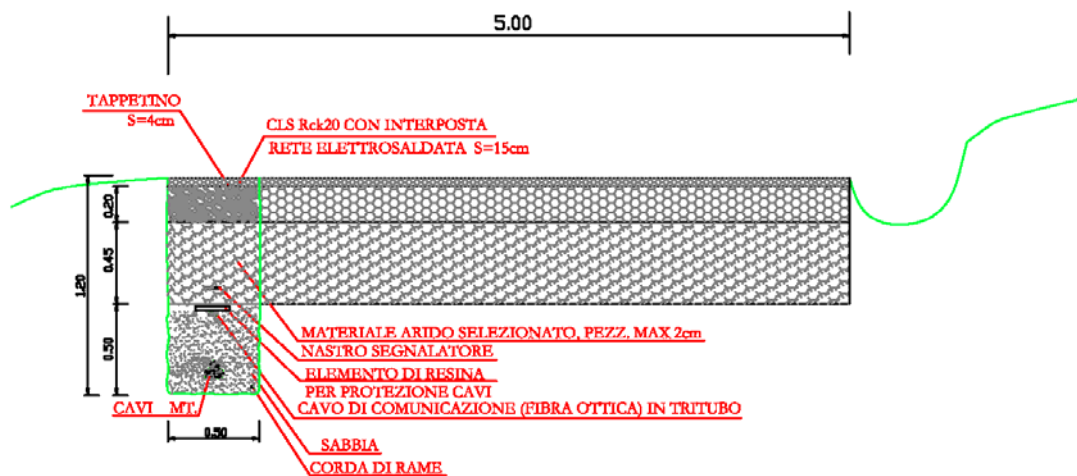
I cavi saranno posati in trincea, con disposizione a trifoglio, ad una profondità di circa 1,20 metri.

Nei successivi riquadri si riportano i disegni relativi alle diverse soluzioni tipo di realizzazione del cavidotto d'impianto.

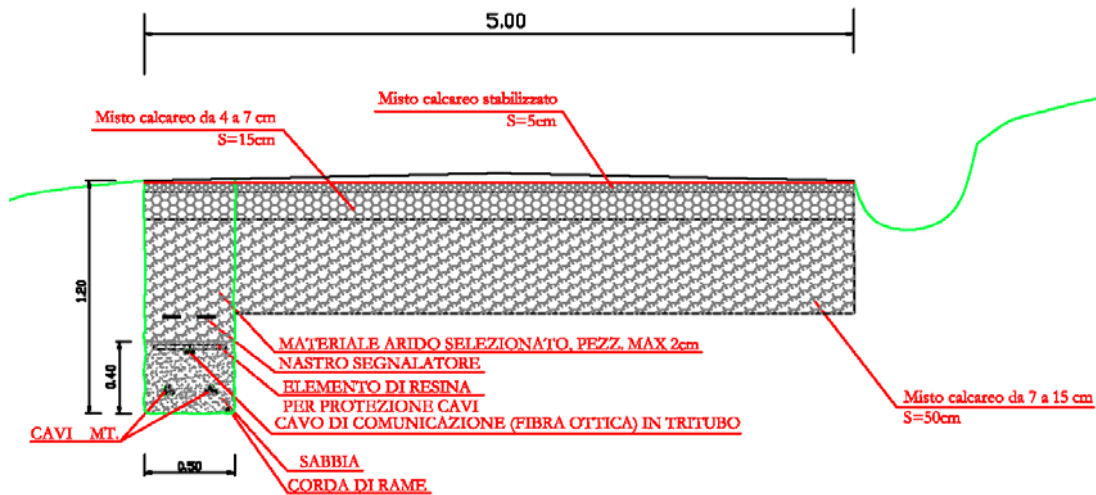
SEZIONE CAVIDOTTO "TIPO A"
 N. 1 TERNA 30 KV
 SU STRADE STERRATE ESISTENTI
 SU STRADE NUOVE INTERNE AL SITO



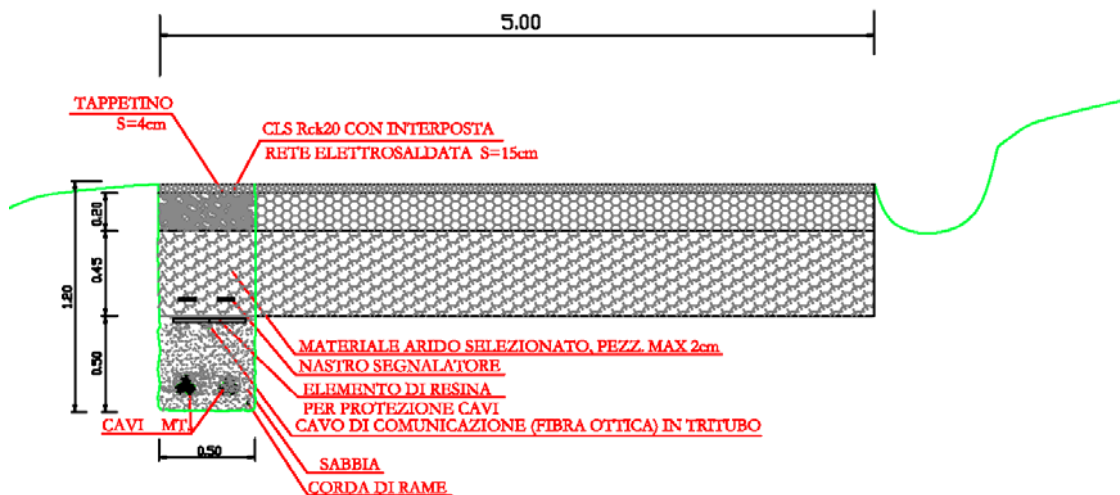
SEZIONE CAVIDOTTO "TIPO A1"
 N. 1 TERNA 30 KV
 SU STRADA ESISTENTE ASFALTATA



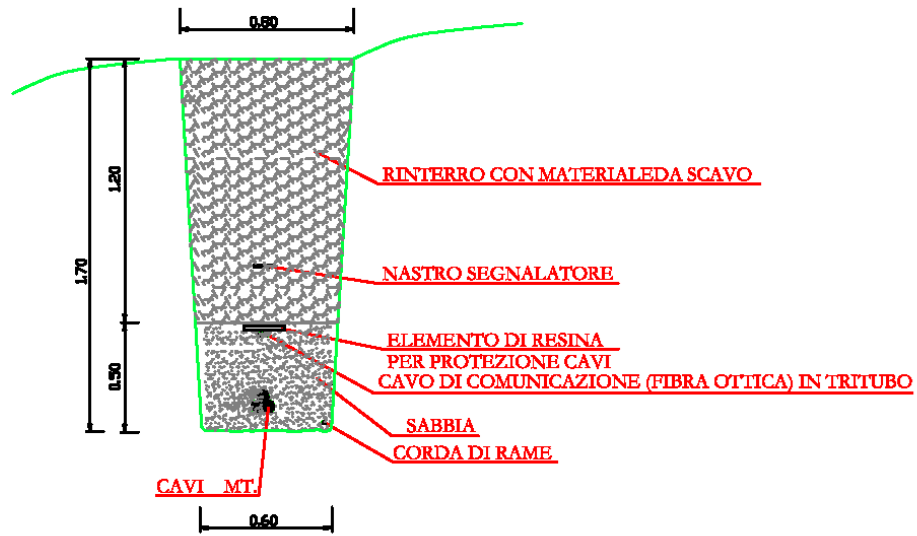
SEZIONE CAVIDOTTO "TIPO B"
 N. 2 TERNE 30 KV
 SU STRADE STERRATE ESISTENTI
 SU STRADE NUOVE INTERNE AL SITO



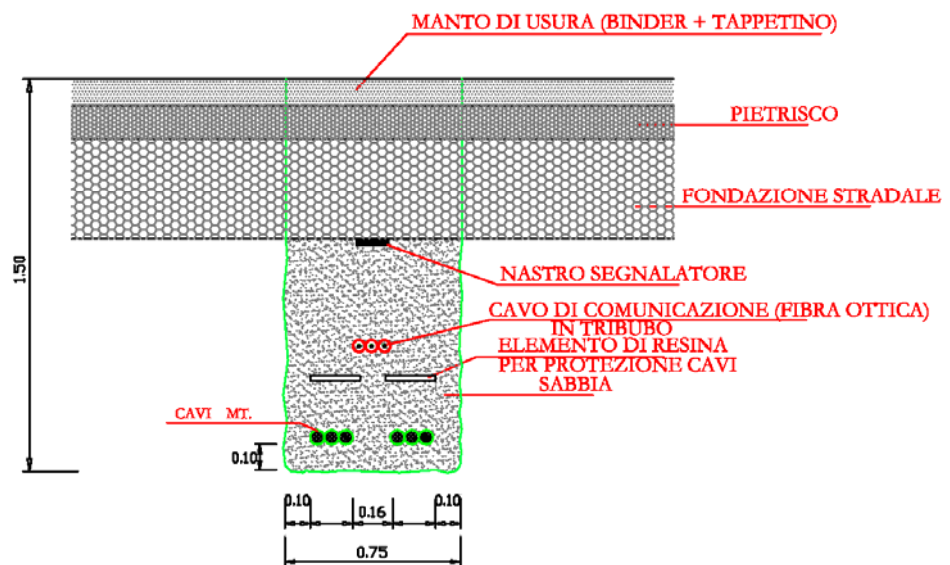
SEZIONE CAVIDOTTO "TIPO B1"
 N. 2 TERNE 30 KV
 SU STRADA ESISTENTE ASFALTATA



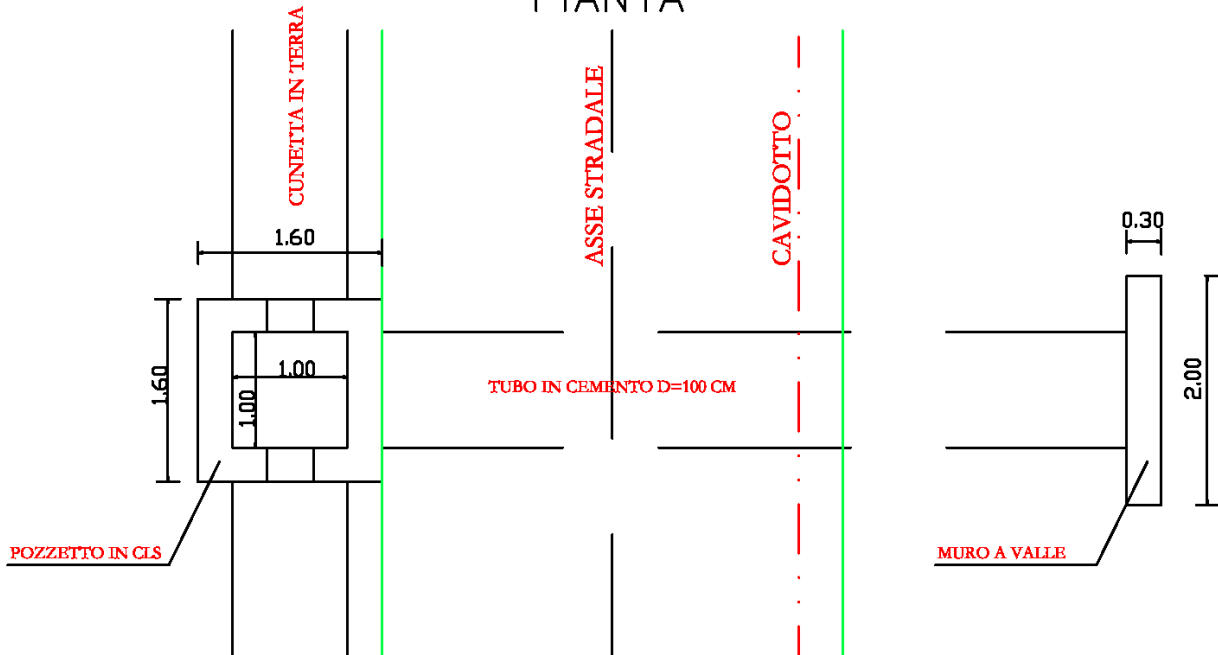
SEZIONE CAVIDOTTO "TIPO C"
 N. 1 TERNA 30 KV
 SU TERRENO



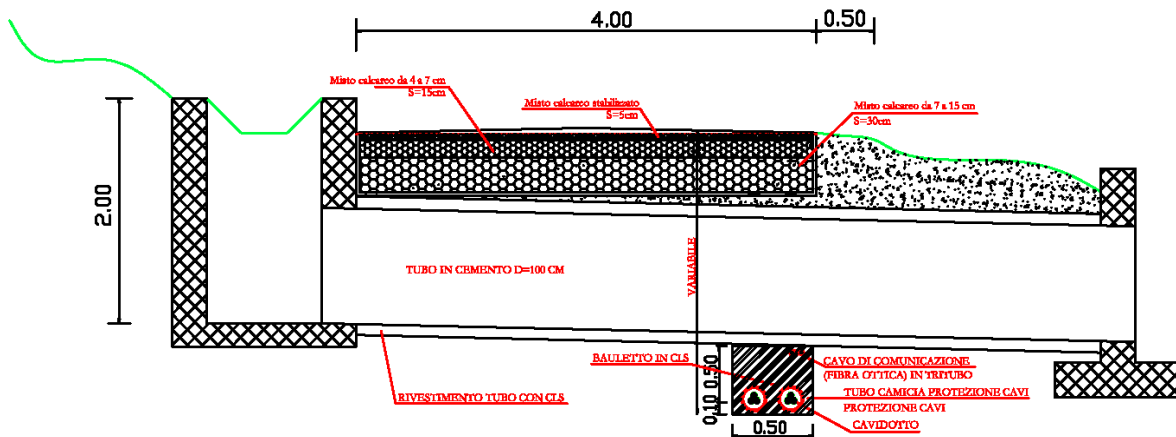
SEZIONE TIPO CAVIDOTTO
 ATTRAVERSAMENTO STRADE PROVINCIALI



ATTRAVERSAMENTO STRADALE SCARICO ACQUE PIANTA



SEZIONE



Sezioni tipo cavidotto

Le **interferenze con la rete idrografica**, saranno risolte ricorrendo a tecniche “no dig” (senza scavo), in particolare utilizzando macchine perforatrici con sonde teleguidate e attestando il cavidotto a profondità di **2,00/3,00 metri** in corrispondenza del punto più depresso dell’alveo.

Le operazioni di perforazione in sub alveo saranno realizzate in un periodo di totale assenza di acqua nei valloni, minimizzando l’azione sulla flora esistente. L’intervento, per quanto possibile, conserverà le caratteristiche di naturalità dell’alveo e delle adiacenti aree.

All'interno di ciascuna perforazione (per i cavi e per la fibra ottica) sarà posato un tubo camicia in Pead. I tubi camicia avranno lunghezza superiore alle dimensioni trasversale degli alvei con almeno un franco di due metri per lato.

Con tale tecnica l'alveo dei corsi d'acqua non subiranno alterazione.

L'accessibilità al sito interessati dagli attraversamenti saranno garantiti mediante la realizzazione di strade nuove e provvisorie opportunamente adeguate al transito dei mezzi d'opera.

In generale tutti i lavori di adeguamento stradale e di scavo per la posa del cavidotto e di ripristino saranno eseguiti senza indurre effetti negativi sull'ambiente circostante.

L'intervento si intende a carattere permanente vista la previsione di durata in esercizio dell'impianto non inferiore ai 25/30 anni.

Normativa di riferimento

La progettazione dei cavi e le modalità per la loro messa in opera sono rispondenti alle norme contenute nel D.M. 21/03/1988, regolamento di attuazione della legge n. 339 del 28/06/1986, alle norme CEI 11-7, nonché al DPCM 08/07/2003 per quanto concerne i limiti massimi di esposizione ai campi elettromagnetici.

Calcolo Elettrico Dimensionamento Potenza 18 MW

L'impianto sarà dimensionato per una potenza max di 30 MW e l'energia prodotta sarà veicolata su n° 2 terne di cavi.

Per il calcolo della sezione dei cavi consideriamo un carico concentrato avente potenza max 18 MW distante 5,0 Km dal Punto di consegna.

$$P = 18 \text{ MW} \quad V = 30 \text{ Kv} \quad \cos \Phi = 0.9 \rightarrow I = 385 \text{ A}$$

Per la posa interrata adoperiamo un cavo tipo ARE4H1R 18/30 KV 3x1x300 mmq la cui portata è $I_z = 533 \text{ A}$.

Tipo di posa

- Cavi direttamente interrati ad una profondità di 1,2 m.
- Il terreno presenta le seguenti caratteristiche : compatto con umidità normale;
- il circuito è posato insieme ad altri due circuiti distanziati fra di loro di 25 cm;
- la temperatura del terreno risulta di 15 °C;

Portata del cavo

Considerando il paragrafo 3, la portata I_z del cavo deve essere corretta con i seguenti parametri:

- $K_1 = 0.96$: relativo alla sua posa in terreno ad una profondità diversa da 80 cm;
- $K_2 = 1.05$: relativo alla temperatura diversa da 20 °C;
- $K_3 = 0.77$: relativo alla posa insieme ad altri due circuiti distanziati fra di loro di 25 cm;

Dalla scheda tecnica del cavo si evince che la $I_z = 533 \text{ A}$, segue che

$$I_{z_{corr}} = K_1 K_2 K_3 I_z = 413 \text{ A}$$

Carico alimentato e numero di cavi per fase

Il carico di 18 MW è di tipo concentrato ubicato a 5000 m distante dal punto di generazione, pertanto la corrente assorbita risulta :

$$I_b = \frac{P_{load}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \phi} = \frac{18000000}{\sqrt{3} \cdot 30.000 \cdot 0.9} = 385 \text{ A}$$

Quindi il cavo in base alla portata è idoneo, in quanto verifica la relazione :

$$I_b \leq I_{z_{corr}}$$

Che consente di utilizzare un cavo per fase.

Caduta di Tensione

La caduta di tensione effettiva

$$DV = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot (r_l \cos \Phi + x_l \sin \Phi) \quad \text{dove } L = 5,0 \text{ Km} \quad I = 385 \text{ A}$$

$$\cos \Phi = 0.9 \quad \sin \Phi = 0.43 \quad x_l = 0.105 \text{ } \Omega/\text{Km} \quad r_l = 0.101 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

$$DV = 453,60$$

$$DV \% = \frac{DV}{V_n} \cdot 100 = \frac{453,60}{30.000} \cdot 100 = 1,51\%$$

Temperatura Effettiva del Cavo

In base ai dati precedenti e tenendo conto delle caratteristiche termiche dell'anima in alluminio e dell'isolante, la temperatura di esercizio effettiva risulta

$$T_{eff} = 76 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Tale valore è stato calcolato secondo il metodo IEC, considerando la sovratemperatura del cavo rispetto l'ambiente di posa:

$$\Delta\Theta = B_1\pi_1 + B_2\pi_2 + B_3n(\pi_3 + \pi_4) \text{ } ^\circ\text{C}$$

dove

- $B_1 = I^2 R + 1/2 Wd$ – flusso termico (tra conduttore e guaina);
- $B_2 = I^2 R(1 + \lambda) + Wd$ – flusso termico (tra guaina e armatura);
- $B_3 = I^2 R(1 + \lambda + \lambda) + Wd$ – flusso termico (tra armatura e ambiente);
- I = corrente ;
- R = resistenza in c.a. per unità di lunghezza alla sua temperatura massima);
- π_1 = resistenza termica per unità di lunghezza tra conduttore e guaina;
- π_2 = c.s. tra guaina e armatura;
- π_3 = resistenza termica per unità del rivestimento esterno del cavo;
- π_4 = resistenza termica per unità del cavo ed il mezzo ambiente rivestimento;
- n = numero di conduttori percorsi da corrente;

- λ_1 = rapporto tra le perdite nella guaina metallica e le perdite totali in tutti i conduttori;
- λ_2 = rapporto tra le perdite nell'armatura e le perdite totali in tutti i conduttori;

Energia Specifica passante

La corrente massima di cortocircuito in base ai data sheet del cavo risulta:

$$I_{ccmax} = 37.8 \text{ Ka per un secondo}$$

Pertanto l'energia specifica passante risulta:

$$I^2_{ccmax} \times 1 \text{ sec} = 1\,428\,840\,000$$

Prova di isolamento

Prima della messa in servizio saranno eseguite le prove prescritte dalla Norma CEI 11-7.

Calcolo Elettrico Dimensionamento Potenza 15MW

Parte dell'impianto sarà dimensionato per una potenza max di 15 MW e l'energia prodotta sarà veicolata su n° 1 terna di cavi. Il cavidotto sarà costituito da una linea formata da una terna di conduttori di energia in cavi unipolari estrusi (HEPR) aventi ognuno le seguenti caratteristiche:

- Tensione nominale : 30 KV;
- Tensione massima del sistema: 33 KV
- Corrente nominale: 475 A
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Sezione del cavo: 300 mmq
- Categoria Sistema/Neutro: Classe "A" con neutro isolato e durata massima di funzionamento terra fino a 8 ore;

Per il calcolo della sezione dei cavi consideriamo un carico concentrato avente potenza max 15 MW distante 5,0 Km dal Punto di consegna.

$$P = 15 \text{ MW} \quad V = 30 \text{ Kv} \quad \cos \Phi = 0.9 \rightarrow I = 321 \text{ A}$$

Per la posa interrata adoperiamo un cavo tipo ARE4H1R 18/30 KV 3x1x300 mmq la cui portata è $I_z = 475 \text{ A}$.

Tipo di posa

- Cavi direttamente interrati ad una profondità di 1,2 m.
- Il terreno presenta le seguenti caratteristiche : compatto con umidità normale;
- il circuito è posato insieme ad altri due circuiti distanziati fra di loro di 25 cm;
- la temperatura del terreno risulta di 15 °C;

Portata del cavo

Considerando il paragrafo 3, la portata I_z del cavo deve essere corretta con i seguenti parametri:

- $K_1 = 0.96$: relativo alla sua posa in terreno ad una profondità diversa da 80 cm;

- $K_2 = 1.05$: relativo alla temperatura diversa da 20 °C;
- $K_3 = 0.77$: relativo alla posa insieme ad altri due circuiti distanziati fra di loro di 25 cm;

Dalla scheda tecnica del cavo si evince che la $I_z = 475 \text{ A}$, segue che

$$I_{z\text{corr}} = K_1 K_2 K_3 I_z = 368 \text{ A}$$

Carico alimentato e numero di cavi per fase

Il carico di 15 MW è di tipo concentrato ubicato a 5000 m distante dal punto di generazione, pertanto la corrente assorbita risulta :

$$I_b = \frac{P_{\text{load}}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \phi} = \frac{15000000}{\sqrt{3} \cdot 30.000 \cdot 0.9} = 321 \text{ A}$$

Quindi il cavo in base alla portata è idoneo, in quanto verifica la relazione :

$$I_b \leq I_{z\text{corr}}$$

Che consente di utilizzare un cavo per fase.

Caduta di Tensione

La caduta di tensione effettiva

$$DV = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot (r_l \cos \Phi + x_l \sin \Phi) \quad \text{dove } L = 5,0 \text{ Km} \quad I = 321 \text{ A}$$

$$\cos \Phi = 0.9 \quad \sin \Phi = 0.43 \quad x_l = 0.110 \text{ } \Omega/\text{Km} \quad r_l = 0.133 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

$$DV = 464,23$$

$$DV \% = \frac{DV}{V_n} \cdot 100 = \frac{464,23}{30.000} \cdot 100 = 1,54\%$$

Temperatura Effettiva del Cavo

In base ai dati precedenti e tenendo conto delle caratteristiche termiche dell'anima in alluminio e dell'isolante, la temperatura di esercizio effettiva risulta

$$T_{\text{eff}} = 76 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Tale valore è stato calcolato secondo il metodo IEC, considerando la sovratemperatura del cavo rispetto l'ambiente di posa:

$$\Delta\Theta = B_1 \pi_1 + B_2 \pi_2 + B_3 n(\pi_3 + \pi_4) \text{ } ^\circ\text{C}$$

dove

- $B_1 = I^2 R + 1/2 W_d$ – flusso termico (tra conduttore e guaina);

- $B2 = I^2 R(1 + \lambda) + Wd$ – flusso termico (tra guaina e armatura);
- $B2 = I^2 R(1 + \lambda + \lambda) + Wd$ – flusso termico (tra armatura e ambiente);
- I = corrente ;
- R = resistenza in c.a. per unità di lunghezza alla sua temperatura massima);
- π_1 = resistenza termica per unità di lunghezza tra conduttore e guaina;
- π_2 = c.s. tra guaina e armatura;
- π_3 = resistenza termica per unità del rivestimento esterno del cavo;
- π_4 = resistenza termica per unità del cavo ed il mezzo ambiente rivestimento;
- n = numero di conduttori percorsi da corrente;
- λ_1 = rapporto tra le perdite nella guaina metallica e le perdite totali in tutti i conduttori;
- λ_2 = rapporto tra le perdite nell'armatura e le perdite totali in tutti i conduttori;

Energia Specifica passante

La corrente massima di cortocircuito in base ai data sheet del cavo risulta:

$$I_{ccmax} = 27.6 \text{ Ka per un secondo}$$

Pertanto l'energia specifica passante risulta:

$$I^2_{ccmax} \times 1 \text{ sec} = 761\,760\,000$$

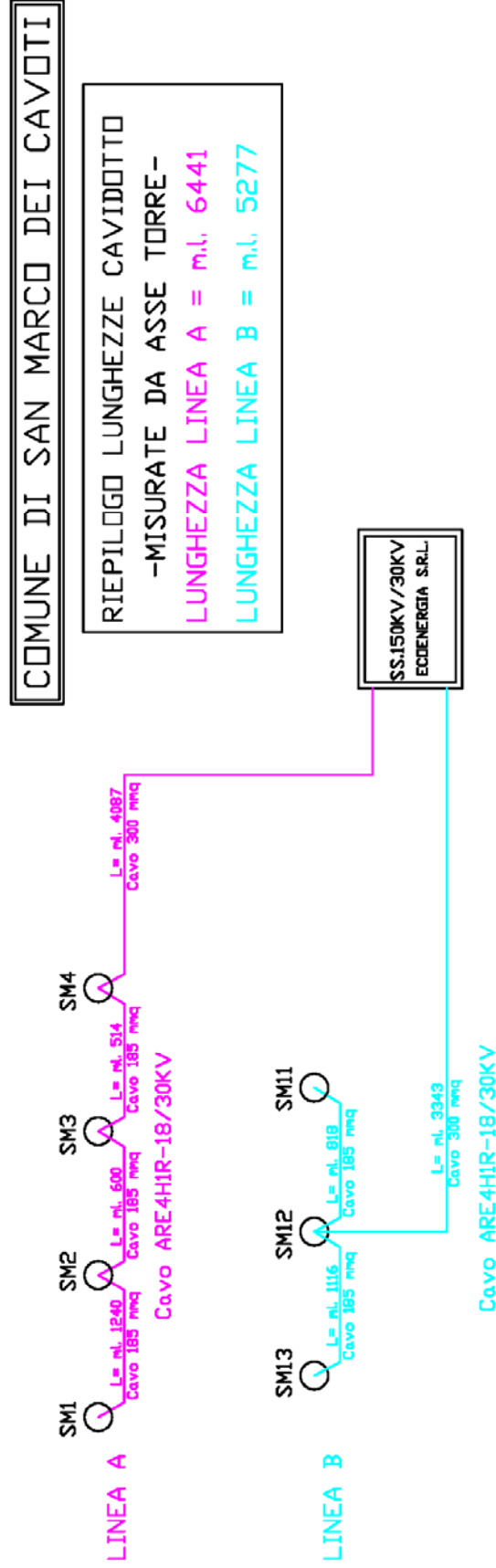
Prova di isolamento

Prima della messa in servizio saranno eseguite le prove prescritte dalla Norma CEI 11-7.

Protezioni della linea

La protezione di questa linea sarà realizzata con protezioni a microprocessore con funzioni di 50-51-50n-51n-27-59Vo

N. 7 Turbine da 4,2 MW - Potenza totale 29,4 MW



NEXANS

Power Cable Division

CAVI 30kV

SIGLA DEL CAVO	ARE4H1RX - 18/30kV	ARE4H1R - 18/30kV
Posizione	3	4
U ₀ /U	kV 18/30	18/30
N° di anime	3x1	1
Sezione	mm ² 185	400
Materiale	AL	AL
D conduttore	mm 16,1	23,5
T isolante	mm 5,5	5,5
D sull'isolante	mm 28,1	35,5
T guaina esterna	mm 2,2	2,5
D fase (approx)	mm 42,5	51,0
D cavo (approx) ⁽¹⁾	mm 91,5	---
P cavo (indicativo)	kg/km 5.300	2.700

IMBALLO

Pezatura std	m 500	1.000
Bobina tipo	28P	25P
- diametro	mm 2.680	2.510
- larghezza	mm 1.400	1.400
- peso (bob. vuota)	kg 943	712

RESISTENZA / RETTANZA

R _{max} a 20 °C (c.c.)	Ω/km 0,164	0,078
R a 90 °C (c.a.)	Ω/km 0,211	0,101
X a 50 Hz	Ω/km 0,117	0,105

Capacità

	μF/km 0,21	0,28
--	------------	------

PORTATA ⁽²⁾

- in aria a 30 °C	A 426	671
- interrata a 20 °C	A 357	533

CORRENTE CORTO-CIRCUITO

- conduttore	kA x 1,0 s 17,5	37,8
- schermo	kA x 0,5 s 3,4	3,4

Nota (1): il diametro è quello circoscritto.

Lista dei simboli:

Nota (2):

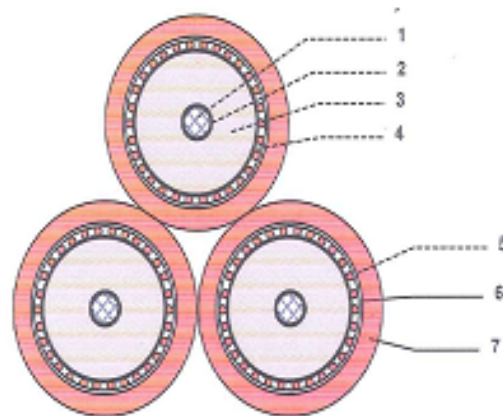
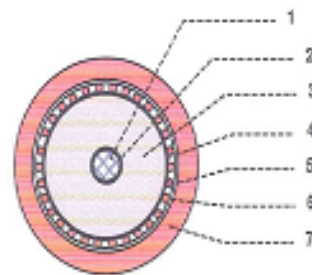
- D = diametro

- Profondità di posa = 1.200 mm

- T = spessore

- Resistività termica del terreno = 1,0 °Cm/W

- P = peso



DISEGNO (Indicativo)

- 1 Conduttore
- 2 Semiconduttore interno
- 3 Isolante
- 4 Semiconduttore esterno
- 5 Schermo metallico
- 6 Controspira
- 7 Guaina esterna

Issued by:
TECHNICAL SERVICE

RDO/A n°286/07
Rev. 0 - 21/11/2007

Customer:
PLC SYSTEM

30kV CABLE DATA SHEET - Al 1x300 mmq

1	Main Design Data		
1.1	Supplier	**	
1.2	Type of cable	AL/XLPE/Cu wire/PVC	
1.3	Number of cores		1
1.4	Applicable standard		IEC 60502-2
1.5	Rated system voltage U ₀ /U	kV/kV	18/30
1.6	Highest voltage for equipment (IEC) U _m	kV	36
1.7	Cable designation	ARE4H1R 18/30kV	
2	Conductors		
2.1	Material		AL
2.2	Cross section	mm ²	300
2.3	Resistance at 50Hz and 90°C	Ω/km	0,133
2.4	Inductive reactance at 50Hz	Ω/km	0,110
2.5	Capacity at 50Hz	μF/km	0,260
2.6	Continuous current rating in soil	A	475
2.7	Fault current capability of conductor (1s)	kA	27,6
2.8	Max. continuous conductor temperature	°C	90
2.9	Max. Short time conductor temperature	°C	250
3	Conductor Insulation		
3.1	Material of insulation		XLPE
3.2	Material of screen		Cu
3.3	Cross section of screen	mm ²	6
3.4	Fault current capability of screen (1s)	kA	1,08
4	Outer Insulation		
4.1	Material of sheath		PVC
4.2	Armouring		No
4.3	Material and type of armouring		N/A

* Laying details

Trefoil formation, one circuit, 20°C ambient temp., 1.2 K.m/W, load fac. 1.0, depth of laying 1,1m

** CCC GmbH - Berlin/PIRELLI/NEXANS/TRATOS or other primary firm