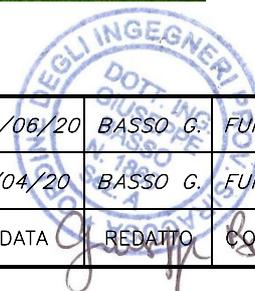


# REGIONE SARDEGNA

Provincia di Sassari (SS)

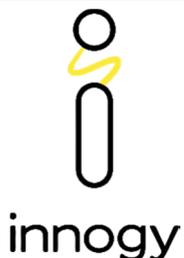
## COMUNI DI NULE E BENETUTTI



1	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	15/06/20	BASSO G.	FURNO C.	NASTASI A.
0	EMISSIONE PER COMMENTI	23/04/20	BASSO G.	FURNO C.	NASTASI A.
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.

Committente:

**INNOGY ITALIA S.p.A.**

  
innogy

Sede legale in Milano, via F. Restelli, 3/1 – 20124 Milano. Codice Fiscale e P. IVA 0259064021

Società di Progettazione: *Ingegneria & Innovazione*

 Via Pippo Fava, 1 – 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1813283  
Web: [www.antexgroup.it](http://www.antexgroup.it) e-mail: [info@antexgroup.it](mailto:info@antexgroup.it)

Progetto:				Livello:	
<b>PARCO EOLICO DI NULE E BENETUTTI</b>				<b>DEFINITIVO</b>	
Elaborato:				Progettista/Resp. Tecnico	
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI				Dott. Ing. Furno Cesare	
Scala:	Nome DIS/FILE:	Allegato:	F.to:		
NA	C 19023S05-PD-RT-09-01	1/1	A4		

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.  
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.  
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.


## INDICE

1. Premessa .....	3
2. Scopo .....	3
3. Dimensionamento dei cavi in funzione delle condizioni di posa .....	3
4. Specifiche Tecniche Cavi in Alluminio MT - ARG7H1RNR – 18/30 kV .....	6
5. Determinazione delle potenze/correnti di cortocircuito .....	10
6. Dimensionamento dei cavi in funzione delle sollecitazioni termiche di cortocircuito.....	12
7. Dimensionamento dei cavi in funzione della caduta di tensione.....	14
8. Dimensionamento dei cavi in funzione della temperatura di funzionamento .....	16
9. Linee MT in cavo in terrato – Attraversamenti di canali .....	16
10. Linee MT in cavo in terrato – Distanze di rispetto da impianti e opere interferenti .....	17

## 1. Premessa

Su incarico di INNOGY ITALIA SpA, la società ANTEX GROUP Srl ha redatto il progetto definitivo relativo alla realizzazione di un impianto eolico nei comuni di Nule e Benetutti, nella provincia di Sassari.

Il progetto prevede l'installazione di n. 11 nuovi aerogeneratori con potenza unitaria di 5,7 MW, per una potenza complessiva di impianto di 62,7 MW.

Nel dettaglio il progetto prevede l'installazione di n.7 aerogeneratori nei terreni del Comune di Nule (SS) e di n.4 aerogeneratori nei terreni del Comune di Benetutti (SS).

Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Stazione di trasformazione Utente, posta nel comune di Buddusò (SS), tramite cavidotti interrati con tensione nominale pari a 30 kV.

La stazione di trasformazione utente riceverà l'energia proveniente dall'impianto eolico a 30 kV e la eleverà alla tensione di 150 kV.

Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete tramite collegamento in antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV, in GIS denominata "Buddusò", già in iter nel Piano di Sviluppo di Terna.

Le attività di progettazione definitiva e di studio di impatto ambientale sono state sviluppate dalla società di ingegneria ANTEX Group Srl.

ANTEX Group Srl è una società che fornisce servizi globali di consulenza e management ad Aziende private ed Enti pubblici che intendono realizzare opere ed investimenti su scala nazionale ed internazionale.

È costituita da selezionati e qualificati professionisti uniti dalla comune esperienza professionale nell'ambito delle consulenze ingegneristiche, tecniche, ambientali, gestionali, legali e di finanza agevolata.

Sia ANTEX che INNOGY pongono a fondamento delle attività e delle proprie iniziative, i principi della qualità, dell'ambiente e della sicurezza come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e ISO 18001 nelle loro ultime edizioni.

Difatti, le Aziende citate, in un'ottica di sviluppo sostenibile proprio e per i propri clienti e fornitori, posseggono un proprio Sistema di Gestione Integrato Qualità-Sicurezza-Ambiente.

## 2. Scopo

Scopo della presente relazione tecnica è il dimensionamento dei cavi in media tensione da utilizzare nell'impianto eolico "Nule-Benetutti" sito nei territori dei comuni di Nule e Benetutti - Sassari (SS).

## 3. Dimensionamento dei cavi in funzione delle condizioni di posa

La Norma CEI UNEL 35027 - "Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV - Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata", fornisce le portate in corrente dei cavi unificati MT in funzione delle condizioni di posa in terra ed in aria.

Per cavi interrati di queste categorie di tensioni viene fornita la portata in corrente di riferimento  $I_0$  nelle seguenti condizioni:

- $T_a$  temperatura ambiente 20 °C;
- Profondità di posa 0,8 m;
- $R_t$  resistività termica media radiale del terreno 1,5 k\*m/W;
- Connessione schermi metallici in cortocircuito e a terra ad entrambe le estremità (solid bonding).

Per condizioni diverse viene fornita poi la seguente formula correttiva:

$$I_z = I_0 * K_1 * K_2 * K_3 * K_4$$

Dove:

- $I_z$  portata in corrente nelle condizioni in esame;
- $I_0$  portata in corrente nelle condizioni di riferimento;
- $K_1$  fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20°C;
- $K_2$  fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano;
- $K_3$  fattore di correzione per profondità di interramento diverse da 0,8 m;
- $K_4$  fattore di correzione per resistività termica del terreno diversa da 1,5 k\*m/W.

Le condizioni di posa dei cavi MT impiegati nel progetto in oggetto differiscono dalle condizioni di riferimento poiché:

- La profondità di interramento è pari a 1,1 m:  $K_3 = 0,97$

Tab. IV **Fattori di correzione per differenti valori di profondità di posa**

Profondità di posa (m)	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5
Fattore di correzione	1,02	1,00	0,98	0,96	0,94

- È stata considerata una resistività termica del terreno pari a 2 k\*m/W (terreno secco):  $K_4 = 0,90$

Tab. V **Fattori di correzione per differenti valori di resistività termica del terreno**

Cavi unipolari					
Resistività del terreno (K*m/W)	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5
Fattore di correzione	1,08	1,05	1,00	0,90	0,82

- È stato considerato il caso peggiore di raggruppamento dei circuiti presenti nello stesso strato (in questo progetto) 4 circuiti nello stesso strato distanziati tra loro 25 cm:  $K_2 = 0,80$

Tab. III Fattori di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano

Numero di cavi	DISTANZA FRA I CIRCUITI <sup>(a)</sup> (m)			
	a contatto	0,25	0,5	1
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90

- Resta invariata la temperatura del terreno pari a 20 °C:  $K_1 = 1$

Pertanto la formula diventa:

$$I_z = I_0 * 1 * 0,80 * 0,97 * 0,90 = I_0 * 0,6984$$

Si riporta di seguito la tabella delle portate in corrente dei cavi scelti alle condizioni di riferimento e alle condizioni operative impiegate nel progetto.

Valori di  $I_0$  alle condizioni di riferimento:

Sezione nominale [mmq]	Portata [A] (Trifoglio)	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]	Reattanza di fase [Ohm/km]	Impedenza a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]
120	281	0,3250	0,13	0,35
150	318	0,2650	0,12	0,29
185	361	0,2110	0,12	0,24
240	418	0,161	0,11	0,19
300	472	0,13	0,11	0,17
400	543	0,102	0,11	0,15
500	621	0,0801	0,1	0,13
630	706	0,0635	0,099	0,12

Valori di  $I_z$  alle condizioni operative, (applicando i coefficienti correttivi):

Sezione nominale [mmq]	Portata [A] (Trifoglio)	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]	Reattanza di fase [Ohm/km]	Impedenza a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]
120	196,25	0,3250	0,13	0,35
150	222,09	0,2650	0,12	0,29
185	252,12	0,2110	0,12	0,24
240	291,93	0,1610	0,11	0,19
300	329,64	0,1300	0,11	0,17
400	379,23	0,1020	0,11	0,15
500	433,71	0,0801	0,1	0,13
630	493,07	0,0635	0,099	0,12

#### 4. Specifiche Tecniche Cavi in Alluminio MT - ARG7H1RNR – 18/30 kV

La Norma CEI 20-13 “Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV” definisce le principali regole costruttive per i cavi isolati con gomme di qualità G5 e G7 a base di elastomeri etilenpropilenici e stabilisce le prescrizioni di prova a cui devono rispondere nel collaudo. Il paragrafo 4.1.02 “Portate di corrente” afferma che per le portate in regime permanente si deve fare riferimento alla Norma CEI 20-21 “Calcolo delle portate dei cavi elettrici in regime permanente (fattore di carico 100%)” e alle tabelle CEI-UNEL 35027 (nel nostro caso). La Norma CEI-UNEL 35027 è ricavata dalla serie di Norme CEI 20-21 (recepimento della Norma IEC 60287 - serie) ed incorpora la revisione dei valori delle portate in corrente citate nelle Norme CEI. Poiché la sezione massima dei conduttori citata in questa Norma è di 300 mm<sup>2</sup> (cavi in Cu e Al), per i valori di portata in corrente in regime permanente di cavi di dimensioni superiori rimanda alle specifiche tecniche rilasciate dai costruttori per i cavi costruiti in conformità alla CEI 20-13.

# ARG7H1RNR-12/20 kV ÷ 18/30 kV ARG7H1RNRX-12/20 kV ÷ 18/30 kV

Costruzione, requisiti elettrici,  
fisici e meccanici:

CEI 20-13

IEC 60502

EN 60228

Non propagazione della fiamma: EN 60332-1-2

Non propagazione dell'incendio: CEI 20-22 III



**ARG7H1RNR / Descrizione**

- Cavi unipolari isolati in gomma HEPR di qualità G7, sotto guaina di PVC.
- Conduttore: alluminio, formazione rigida compatta, classe 2
- Strato semiconduttore interno: estruso
- Isolamento: gomma HEPR, qualità G7 senza piombo
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo
- Schermo: fili di rame rosso con nastro di rame in controspirale
- Guainetta: PVC
- Armatura: due nastri di alluminio, avvolti a coprigiunto
- Guaina: mescola a base di PVC, qualità Rz
- Colore: rosso

**ARG7H1RNRX / Descrizione**

- Cavi tripolari precordati, isolati in gomma HEPR di qualità G7, sotto guaina di PVC.
- Conduttore: alluminio, formazione rigida compatta, classe 2
- Strato semiconduttore interno: estruso
- Isolamento: gomma HEPR, qualità G7 senza piombo
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo
- Schermo: fili di rame rosso con nastro di rame in controspirale
- Guainetta: PVC
- Armatura: due nastri di alluminio, avvolti a coprigiunto
- Guaina: mescola a base di PVC, qualità Rz
- Colore: rosso

**Marcatura**

Pb free LA TRIVENETA CAVI ARG7H1RNR [tens. nominale] [form.] [anno] [ordine] [metrica]  
Pb free LA TRIVENETA CAVI ARG7H1RNRX [tens. nominale] [form.] [anno] [ordine] [metrica] FASE 1/2/3

**Caratteristiche funzionali**

- Tensione nominale di esercizio  
ARG7H1RNR(X) -12/20 kV: U<sub>o</sub>/U 12/20 kV  
ARG7H1RNR(X) -18/30 kV: U<sub>o</sub>/U 18/30 kV
- Tensione U max:  
ARG7H1RNR(X) -12/20 kV: U<sub>m</sub> 24 kV  
ARG7H1RNR(X) -18/30 kV: U<sub>m</sub> 36 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di esercizio: -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C

**ARG7H1RNR / Condizioni di posa**

- Temperatura minima di posa: 0°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 14 volte il diametro del cavo
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 50 N/mm<sup>2</sup> di sezione del conduttore

**ARG7H1RNRX / Condizioni di posa**

- Temperatura minima di posa: 0°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 10 volte il diametro del cavo
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 50 N/mm<sup>2</sup> di sezione del rame

**Impiego e tipo di posa**

Adatto per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze. Per posa in aria libera, in tubo o canale.  
Ammissa la posa interrata anche non protetta, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

## ARG7H1RNR - 18/30 kV

U<sub>0</sub>/U: 18/30 kV

U max: 36 kV

### Caratteristiche tecniche

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Ø esterno max	Peso indicativo cavo	Portata di corrente A			
					in aria		interrato*	
n° x mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	kg/km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano
1 x 50	8,2	8,0	36,1	1600	174	183	168	177
1 x 70	9,8	8,0	38,2	1795	218	229	207	218
1 x 95	11,45	8,0	39,7	1960	266	280	247	260
1 x 120	12,9	8,0	42,4	2245	309	325	281	296
1 x 150	14,2	8,0	43,7	2405	352	371	318	335
1 x 185	16,0	8,0	45,7	2625	406	427	361	380
1 x 240	18,4	8,0	48,3	2985	483	508	418	440
1 x 300	20,5	8,0	51,8	3345	547	576	472	497
1 x 400	23,6	8,0	55,2	4005	640	674	543	572
1 x 500	26,55	8,0	58,35	4440	740	779	621	654
1 x 630	30,1	8,0	62,8	5135	862	907	706	743

(\*) I valori di portata si riferiscono alle seguenti condizioni:

- Resistività termica del terreno: 1 K-m/W
- Temperatura ambiente 20°C
- profondità di posa: 0,8 m

### Caratteristiche elettriche

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Resistenza apparente a 90°C e 50Hz		Reattanza di fase		Capacità a 50Hz
		a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano	
n° x mm <sup>2</sup>	Ω/Km	Ω/km	Ω/km	Ω/Km	Ω/Km	μF/km
1 x 50	0,641	0,822	0,822	0,15	0,20	0,15
1 x 70	0,443	0,568	0,568	0,14	0,20	0,16
1 x 95	0,320	0,411	0,411	0,13	0,19	0,18
1 x 120	0,253	0,325	0,325	0,13	0,18	0,19
1 x 150	0,206	0,265	0,265	0,12	0,18	0,20
1 x 185	0,164	0,211	0,211	0,12	0,12	0,22
1 x 240	0,125	0,161	0,161	0,11	0,17	0,24
1 x 300	0,100	0,130	0,129	0,11	0,17	0,27
1 x 400	0,0778	0,102	0,101	0,11	0,16	0,29
1 x 500	0,0605	0,0801	0,0794	0,10	0,16	0,32
1 x 630	0,0469	0,0635	0,0625	0,099	0,16	0,36

### 5. Determinazione delle potenze/correnti di cortocircuito

Per calcolare la potenza di cortocircuito in un punto dell'impianto, si può fare l'ipotesi che la resistenza sia trascurabile rispetto alla reattanza, perché solitamente il rapporto reattanza/resistenza di una rete di distribuzione (fino alle sbarre) è superiore a sette. In pratica, l'impedenza si può ritenere coincidente con la reattanza:

$$Z = \sqrt{(R^2 + X^2)} = \sqrt{((X/7)^2 + X^2)} = \sqrt{[(X^2/49) + X^2]} = 1,01 * X \sim X$$

Questo consente, in questa fase preliminare, di calcolare la potenza di cortocircuito di un sistema elettrico costituito da n elementi in serie (generatori, linee, trasformatori) le cui potenze di cortocircuito siano  $P_1, P_2, \dots, P_n$ .

La potenza (apparente) di cortocircuito trifase ( $P_{CC}$ ) vale:

$$P_{CC} = \sqrt{3} * U_n * I_{cc}$$

Dove:

- $U_n$  è la tensione nominale (concatenata);
- $I_{cc}$  è la corrente di cortocircuito trifase.

D'altra parte, nell'ipotesi  $X \sim Z$  si ha:

$$I_{cc} = E/X$$

Dove  $E = U_n/\sqrt{3}$  è la tensione di fase:

$$I_{cc} = U_n/\sqrt{3} * X$$

Si ottiene dunque:

$$P_{CC} = \sqrt{3} * U_n * U_n/\sqrt{3} * X = U_n^2/X$$

La potenza di cortocircuito di un sistema a tensione  $U$  composto da n elementi in serie aventi reattanze  $X_1, X_2, \dots, X_n$  è:

$$P_{CC} = U_n^2/(X_1 + X_2 + \dots + X_n)$$

Poiché, la reattanza  $X_i$  del generico elemento del sistema elettrico con potenza di cortocircuito  $P_i$  vale:

$$X_i = U_n^2/P_i$$

Dunque:

$$P_{CC} = U_n^2/(U_n^2/P_1 + U_n^2/P_2 + \dots + U_n^2/P_n) = 1/[(1/P_1) + (1/P_2) + \dots + (1/P_n)]$$

*Potenza di cortocircuito della rete AT:*

La potenza (apparente) di cortocircuito trifase ( $P_r$ ) della rete AT è la potenza espressa in MVA, che si ottiene dalla corrente di cortocircuito simmetrica trifase ( $I_{cc}$ ) alla tensione nominale della rete ( $U_n$ ):

$$P_r = c * \sqrt{3} * U_n * I_{cc}$$

Dove:

- c coefficiente di margine indicato dalla Norma CEI per le reti AT e MT, che tiene conto del possibile aumento della tensione in rete (valore = 1,1).
- $U_n = 150$  kV

- $I_{cc} = 31,5 \text{ kA}$

Pertanto:

$$P_r = 1,1 * \sqrt{3} * 150 * 31,5 = 9002,34 \text{ MVA}$$

*Potenza di cortocircuito di un trasformatore:*

La potenza (apparente) di cortocircuito trifase ( $P_{tr}$ ) di un trasformatore è:

$$P_{tr} = 100 * P/u_{cc}$$

Dove:

- $P$  è la potenza nominale del trasformatore
- $u_{cc}$  è la tensione di cortocircuito percentuale

La potenza di cortocircuito del trasformatore 150/30 kV da 69 MVA con  $u_{cc} = 12,5\%$  è pari a:

$$P_{tr/69} = 100 * 69/12,5 = 552 \text{ MVA}$$

La potenza di cortocircuito del trasformatore 30/0,75 kV da 6,35 MVA con  $u_{cc} = 8\%$  presente negli aerogeneratori vale:

$$P_{tr/6.35} = 100 * 6,35/8 = 79,375 \text{ MVA}$$

*Potenza di cortocircuito di un generatore:*

La potenza (apparente) di cortocircuito trifase ( $P_G$ ) di un generatore è:

$$P_G = 100 * P/X_d''$$

Dove:

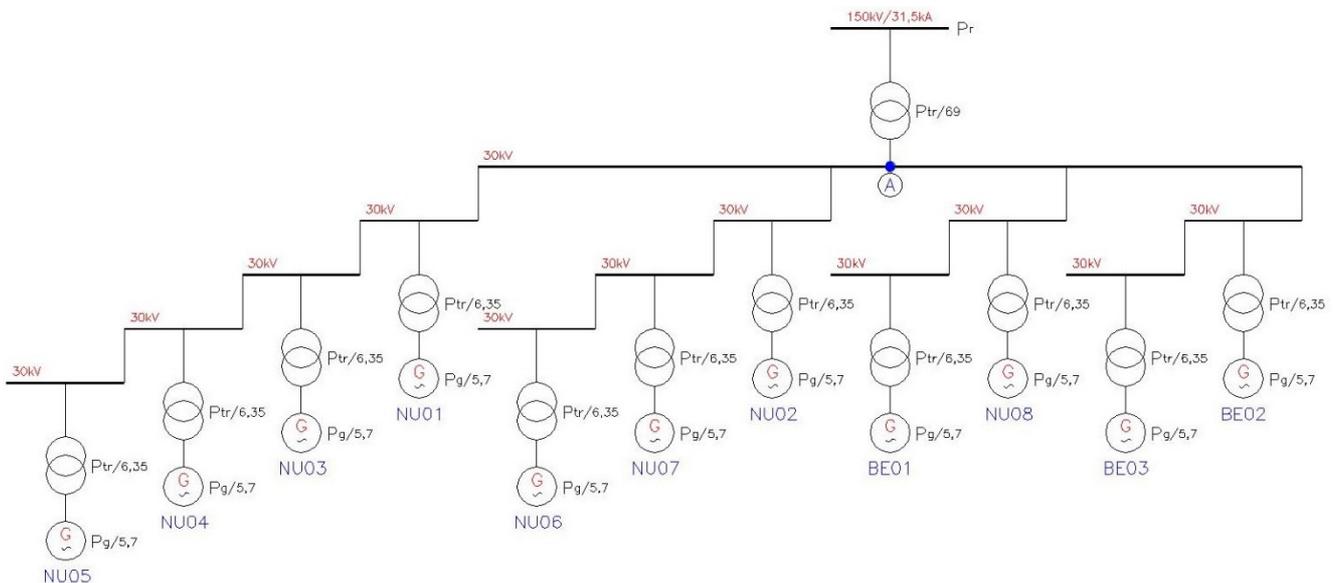
- $P$  è la potenza nominale del generatore, 5,7 MVA
- $X_d''$  è la reattanza sub-transitoria diretta, (valore tipico pari 15%)

Quindi:

$$P_G = 100 * 5,7/15 = 38 \text{ MVA}$$

*Potenza di cortocircuito massima alle sbarre 30kV (punto A)*

Schematizzando la rete di distribuzione dell'impianto in oggetto come mostrato nella figura seguente:



La potenza di cortocircuito massima alle sbarre 30kV (punto A) è data da:

$$P_{cc/A} = \{1/[(1/P_r)+(1/P_{tr/69})]\} + \{1/[(1/P_{tr/6,35})+(1/P_G)]\} * 11 =$$

$$= \{1/[(1/9002,34)+(1/552)]\} + \{1/[(1/79,375)+(1/38)]\} * 11 = 802,78 \text{ MVA}$$

La corrente di cortocircuito massima alle sbarre 30kV (punto A) vale:

$$I_{cc/A} = P_{cc/A} / (\sqrt{3} * U_n) = 802,78 / (\sqrt{3} * 30) = 15,44 \text{ kA}$$

Questo è il valore di riferimento per il dimensionamento dei cavi (e delle apparecchiature MT). Si fa presente che valori tipici del potere d'interruzione delle apparecchiature MT sono: 16, 20, 25 kA.

## 6. Dimensionamento dei cavi in funzione delle sollecitazioni termiche di cortocircuito

La Norma CEI 11-17 al paragrafo 2.2.02 definisce le modalità di calcolo per la scelta del conduttore in relazioni a condizioni di sovracorrente. La scelta è fatta in modo tale che la temperatura del conduttore per effetto della sovracorrente non sia dannosa, come entità e durata, per l'isolamento o per gli altri materiali con cui il conduttore è in contatto o in prossimità.

Considerata la sovracorrente praticamente costante e il fenomeno termico sia di breve durata (cortocircuito) in modo da potersi considerare di puro accumulo (regime adiabatico), la sezione del conduttore può determinarsi mediante la seguente relazione:

$$K^2 S^2 \geq (I^2 t)$$

Dove:

- S è la sezione del conduttore in mm<sup>2</sup>;
- I è la corrente di cortocircuito, pari a 15,44 kA (valore precedentemente calcolato);

- $t$  è la durata della corrente di cortocircuito, pari a 0,5 s (coincide con il tempo di eliminazione del guasto stabilito dal progettista)
- $K$  costante termica del cavo scelto, ( $K = 92$ ).

I valori del coefficiente  $K$  sono riportati nella seguente tabella per conduttori di rame e di alluminio in funzione delle temperature iniziali e finali di cortocircuito.

Tab. 2.2.02 Valori del coefficiente  $K$  in funzione delle temperature iniziali e finali di cortocircuito per conduttori di rame e di alluminio

	Temperatura iniziale $\theta_0$ (°C)	1	2	3	4	5	6
		Temperatura finale $\theta_{cc}$ (°C)					
		140	160	180	200	220	250
Conduttori di rame	130	37	64	81	95	106	120
	120	53	74	89	102	113	126
	110	65	83	97	109	119	132
	100	76	92	105	116	125	138
	90	86	100	112	122	131	143
	85	90	104	115	125	134	146
	80	94	108	119	129	137	149
	75	99	111	122	132	140	151
	70	103	115	125	135	143	154
	65	107	119	129	138	146	157
	60	111	122	132	141	149	160
	50	118	129	139	147	155	165
	40	126	136	145	153	161	170
30	133	143	152	159	166	176	
20	141	150	158	165	172	181	
Conduttori di alluminio	130	24	41	52	61	68	78
	120	34	48	58	66	73	81
	110	42	54	63	70	77	85
	100	49	59	67	75	81	89
	90	55	64	72	79	85	92
	85	58	67	74	81	86	94
	80	61	69	77	83	88	96
	75	64	72	79	85	90	98
	70	66	74	81	87	92	99
	65	69	76	83	89	94	101
	60	72	79	85	91	96	103
	50	77	83	90	95	100	105
	40	81	88	94	99	104	110
30	86	92	98	103	107	114	
20	91	97	102	107	111	117	

Così come indicato nella Norma CEI 11-17, la temperatura iniziale del conduttore si assume uguale a quella massima ammissibile in regime permanente (massima temperatura di servizio) e la temperatura finale di cortocircuito si assume uguale a quella massima di cortocircuito per i diversi isolanti.

Nel nostro caso verranno impiegati cavi in Alluminio ARG7H1RNR – 18/30 kV con isolante in gomma HEPR di qualità G7 aventi massima temperatura di servizio pari a 90 °C e massima temperatura di cortocircuito pari a 250 °C. Pertanto con tali valori di temperatura si ricava il valore della costante termica  $K$  che è pari a 92. Risolvendo la relazione precedente per  $S$ :

$$S = (I_{cc} * \sqrt{t}) / K = [15,44 * \sqrt{(0,5)}] / 92 = 118,7 \text{ mm}^2$$

La sezione minima scelta è pari a 120 mm<sup>2</sup>.

## 7. Dimensionamento dei cavi in funzione della caduta di tensione

Il fenomeno di abbassamento di tensione tra due punti, uno a monte e l'altro a valle, in una rete elettrica di distribuzione, viene denominato caduta di tensione. In tutti gli impianti elettrici occorre valutare che la differenza tra la tensione del punto d'origine dell'alimentazione e la tensione all'utilizzatore d'energia sia adeguatamente contenuta, nei limiti normativi e nei limiti di funzionamento delle apparecchiature utilizzatrici.

Un'eccessiva differenza tra i due valori nuoce al funzionamento ed al rendimento degli impianti, inoltre elevate differenze di tensione tra monte e valle è sinonimo di perdite sulla linea elettrica, con conseguente cattivo dimensionamento e non ottimizzazione dell'impianto di trasmissione dell'energia.

La caduta di tensione sarà contenuta mediante un corretto calcolo dimensionale delle linee. Il valore della caduta di tensione può essere determinato mediante la formula:

$$\Delta V = I * L * \sqrt{3} (R * \cos\phi + X * \sin\phi)$$

Dove:

- $\Delta V$  è la caduta di tensione in V;
- I è la corrente nominale della linea in A;
- R è la resistenza della linea (rif. 90 °C – 50 Hz) in  $\Omega/\text{km}$ ;
- X è la reattanza della linea (rif. 90 °C – 50 Hz) in  $\Omega/\text{km}$ ;
- L è la lunghezza della linea in km.

La caduta di tensione percentuale sarà quindi:

$$\Delta V\% = 100 * \Delta V / V$$

Dove:

- V è la tensione ad inizio linea in V.

La perdita di potenza è calcolata tramite la relazione:

$$P_{\text{loss}} = 3 * R * L * I_n^2$$

La perdita di potenza percentuale è calcolata tramite la relazione:

$$P_{\text{loss}}\% = 100 * P_{\text{loss}} / N_{\text{WTG}} * P_{\text{WTG}}$$

Dove:

- $N_{\text{WTG}}$  è il numero di aerogeneratori considerato nella linea
- $P_{\text{WTG}}$  è la potenza nominale del singolo aerogeneratore

Si riportano di seguito i dimensionamenti per le quattro linee dell'impianto

<b>Condizioni di esercizio</b>	$\cos\phi =$ 0,980	$P_{\text{tot}} =$ 62,7 [MW]
	$\sin\phi =$ 0,199	
	$V_n =$ 30000 [V]	
	$P_{n1} =$ 5700 [KW]	
	$I_{n1} =$ 111,9 [A]	

### Linea 1 (4 WTG - 22,8 MW) NULE (SS)

n° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	NU05>>NU04	111,9	1260	300	36,5	0,122	6,2	0,108	ST - Trifoglio
2	NU04>>NU03	223,9	1460	400	69,0	0,230	22,4	0,196	ST - Trifoglio
3	NU03>>NU01	335,8	3310	630	157,7	0,526	71,1	0,416	ST - Trifoglio
4	NU01>>CSEZ01	447,7	1650	630	104,8	0,349	63,0	0,276	ST - Trifoglio
4	CSEZ01>>SSE-INNOGY	447,7	13500	630	857,8	2,859	515,6	2,261	ST - Trifoglio
<b>TOTALE</b>			<b>21180</b>		<b>1225,8</b>	<b>4,086</b>	<b>678,2</b>	<b>3,258</b>	

### Linea 2 (3 WTG - 17,1 MW) NULE (SS)

n° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	NU06>>NU07	111,9	700	150	38,5	0,128	7,0	0,122	ST - Trifoglio
2	NU07>>NU02	223,9	2200	300	127,4	0,425	43,0	0,377	ST - Trifoglio
3	NU02>>CSEZ01	335,8	3650	500	208,9	0,696	98,9	0,578	ST - Trifoglio
3	CSEZ01>>SSE-INNOGY	335,8	13500	500	772,6	2,575	365,8	2,139	ST - Trifoglio
<b>TOTALE</b>			<b>20050</b>		<b>1147,4</b>	<b>3,825</b>	<b>514,7</b>	<b>3,217</b>	

### Linea 3 (2 WTG - 11,4 MW) BENETUTTI (SS)

n° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	BE01>>NU08	111,9	4700	150	258,4	0,861	46,8	0,821	ST - Trifoglio
2	NU08>>CSEZ02	223,9	6450	500	246,1	0,820	77,7	1,363	ST - Trifoglio
2	CSEZ02>>SSE-INNOGY	223,9	13500	500	515,1	1,717	162,6	2,852	ST - Trifoglio
<b>TOTALE</b>			<b>24650</b>		<b>1019,6</b>	<b>3,399</b>	<b>287,1</b>	<b>5,037</b>	

### Linea 4 (2 WTG - 11,4 MW) BENETUTTI (SS)

n° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	BE03>>BE02	111,9	1050	150	57,7	0,192	10,5	0,183	ST - Trifoglio
2	BE02>>CSEZ02	223,9	10650	500	406,3	1,354	128,3	1,125	ST - Trifoglio
2	CSEZ02>>SSE-INNOGY	223,9	13500	500	515,1	1,717	162,6	1,426	ST - Trifoglio
<b>TOTALE</b>			<b>25200</b>		<b>979,2</b>	<b>3,264</b>	<b>301,3</b>	<b>2,735</b>	

### 8. Dimensionamento dei cavi in funzione della temperatura di funzionamento

Per il dimensionamento alla temperatura di funzionamento si è utilizzata la seguente relazione:

$$T_r = T_a + [(T_e - T_a) * (I_n / (N * I_z))^2]$$

Dove:

- $T_r$  temperatura di regime (o di funzionamento) in °C;
- $T_a$  temperatura ambiente del terreno, 20 °C;
- $T_e$  temperatura massima di esercizio, 90 °C;
- $I_n$  è la corrente nominale di linea in A;
- $I_z$  è la portata nominale di linea (corretta dai coefficienti) in A;
- $N$  è il numero di conduttori per fase, 1.

Si riportano di seguito i valori delle temperature di regime per le quattro linee dell'impianto:

Linea 1 (4 WTG - 22,8 MW) NULE (SS)				
n° WTG	TRATTA	In [A]	Sez. cavo [mmq]	Tr [°C]
1	NU05>>NU04	111,9	300	28,1
2	NU04>>NU03	223,9	400	44,4
3	NU03>>NU01	335,8	630	52,5
4	NU01>>CSEZ01	447,7	630	77,7
4	CSEZ01>>SSE-INNOGY	447,7	630	77,7

Linea 2 (3 WTG - 17,1 MW) NULE (SS)				
n° WTG	TRATTA	In [A]	Sez. cavo [mmq]	Tr [°C]
1	NU06>>NU07	111,9	150	37,8
2	NU07>>NU02	223,9	300	52,3
3	NU02>>CSEZ01	335,8	500	62,0
3	CSEZ01>>SSE-INNOGY	335,8	500	62,0

Linea 3 (2 WTG - 11,4 MW) BENETUTTI (SS)				
n° WTG	TRATTA	In [A]	Sez. cavo [mmq]	Tr [°C]
1	BE01>>NU08	111,9	150	37,8
2	NU08>>CSEZ02	223,9	500	38,7
2	CSEZ02>>SSE-INNOGY	223,9	500	38,7

Linea 4 (2 WTG - 11,4 MW) BENETUTTI (SS)				
n° WTG	TRATTA	In [A]	Sez. cavo [mmq]	Tr [°C]
1	BE03>>BE02	111,9	150	37,8
2	BE02>>CSEZ02	223,9	500	38,7
2	CSEZ02>>SSE-INNOGY	223,9	500	38,7

### 9. Linee MT in cavo in terrato – Attraversamenti di canali

Il tracciato della linea MT presenta un attraversamento di canale che sarà eseguito con una delle soluzioni tecniche descritte nelle tavole di riferimento seguenti:

	<p>REALIZZAZIONE PARCO EOLICO DI NULE E BENETUTTI</p> <p><b>CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI</b></p>	 <p>Ingegneria &amp; Innovazione</p>		
		15/06/2020	REV: 1	Pag.17

- Tav. C4.1 – **e-distribuzione**: Canalizzazione per attraversamenti con macchine speciali – Schema del tracciato della trivella.
- Tav. C5.1 - **e-distribuzione**: Attraversamenti di canali – Sovrappasso rialzato in tubo.
- Tav. C5.2 - **e-distribuzione**: Attraversamenti di canali – Sovrappasso in tubo.
- Tav. C5.3 - **e-distribuzione**: Attraversamenti di canali – Sottopasso.

### 10. Linee MT in cavo in terrato – Distanze di rispetto da impianti e opere interferenti

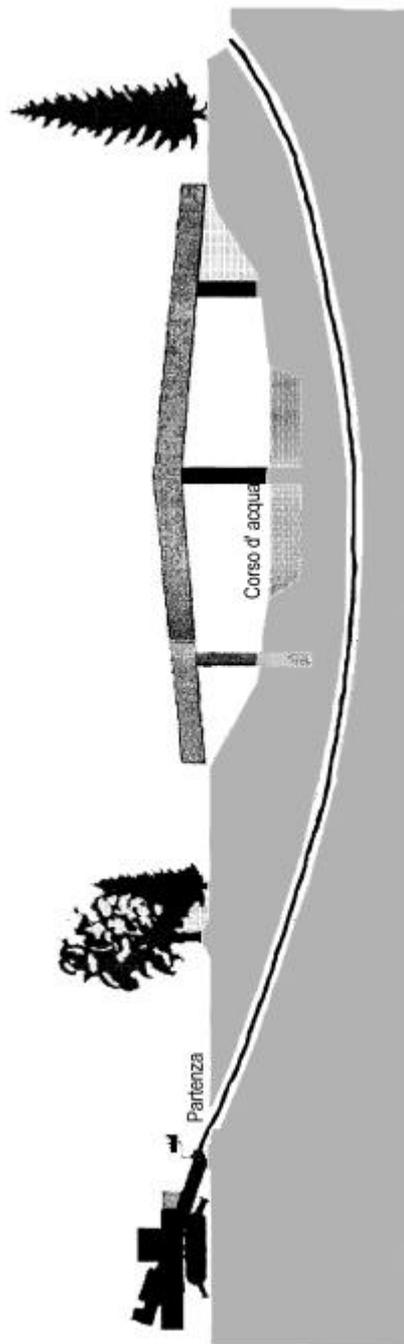
Le interferenze che si dovessero presentare lungo il tracciato della linea MT saranno trattate con una delle soluzioni tecniche descritte nelle tavole di riferimento seguenti:

- Tav. U3.2 –Enel: Distanze di rispetto da impianti e opere interferenti – Cavi di telecomunicazione.
- Tav. U3.3 –Enel: Distanze di rispetto da impianti e opere interferenti – Cavi di telecomunicazione.
- Tav. U3.4 –Enel: Distanze di rispetto da impianti e opere interferenti – Cavi di telecomunicazione.
- Tav. U3.5 –Enel: Distanze di rispetto da impianti e opere interferenti – Tubazioni metalliche per il trasporto e la distribuzione di fluidi (Acquedotti, oleodotti, ecc.).
- Tav. U3.6 –Enel: Distanze di rispetto da impianti e opere interferenti – Tubazioni metalliche per il trasporto e la distribuzione di fluidi (Acquedotti, oleodotti, ecc.).
- Tav. U3.7 –Enel: Distanze di rispetto da impianti e opere interferenti – Tubazioni metalliche per il trasporto e la distribuzione del gas naturale con densità  $\leq 0,8$  (Metano).
- Tav. U3.8 –Enel: Distanze di rispetto da impianti e opere interferenti – Tubazioni metalliche per il trasporto e la distribuzione del gas naturale con densità  $\leq 0,8$  (Metano).
- Tav. U3.9 –Enel: Distanze di rispetto da impianti e opere interferenti – Tubazioni metalliche per il trasporto e la distribuzione del gas naturale con densità  $\leq 0,8$  (Metano).
- Tav. U3.10 –Enel: Distanze di rispetto da impianti e opere interferenti – Tubazioni metalliche per il trasporto e la distribuzione del gas naturale con densità  $\leq 0,8$  (Metano).
- Tav. U3.11 –Enel: Distanze di rispetto da impianti e opere interferenti – Serbatoi di liquidi e gas infiammabili (art. 4.3.04 Norme CEI 11-17).
- Tav. U3.12 –Enel: Distanze di rispetto da impianti e opere interferenti – Ferrovie, tramvie, funicolari terrestri (art. 4.4.01 Norme CEI 11-17, art. 2.1.17 D.M. 21/03/1988).
- Tav. U3.13 –Enel: Distanze di rispetto da impianti e opere interferenti – Ferrovie, tramvie, funicolari terrestri (art. 4.4.01 Norme CEI 11-17, art. 2.1.17 D.M. 21/03/1988).

Il Progettista:

**Dott. Ing. Giuseppe Basso**

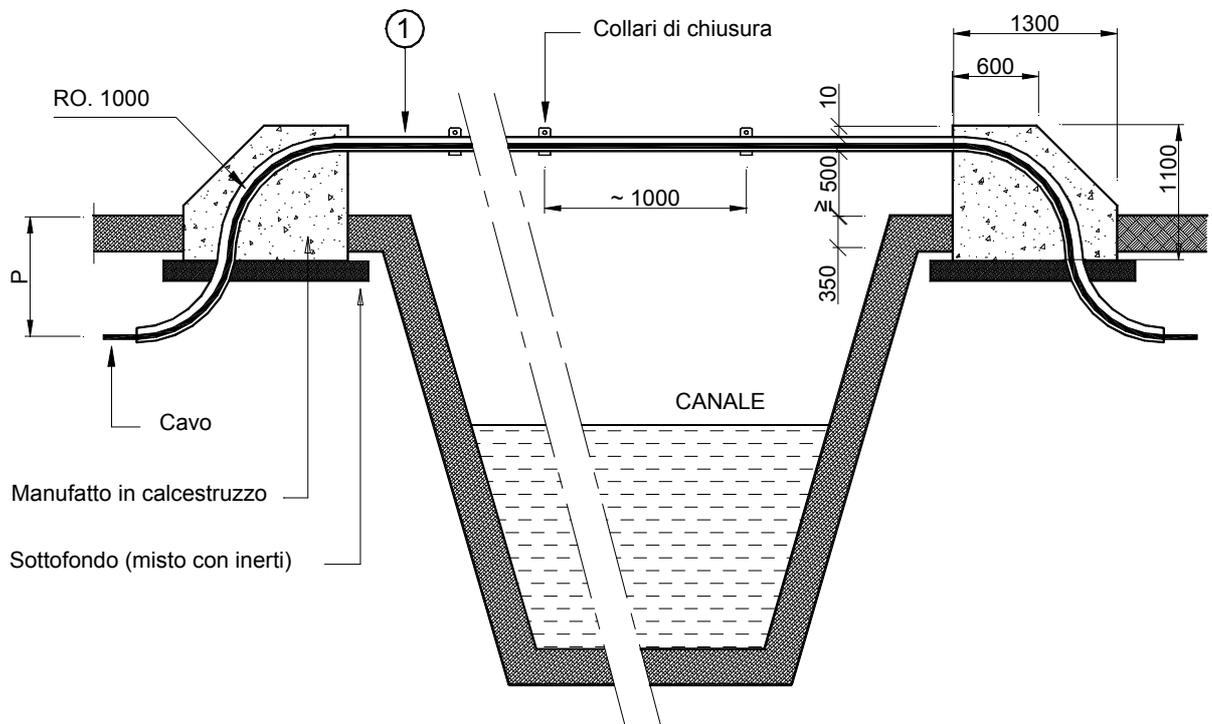
**Schema del tracciato della trivella**



**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.

Sovrappasso rialzato in tubo

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 quote di figura sono indicative per larghezze di canale  $\leq 5$  m; devono essere comunque adattate alla larghezza del canale e allo spazio disponibile.

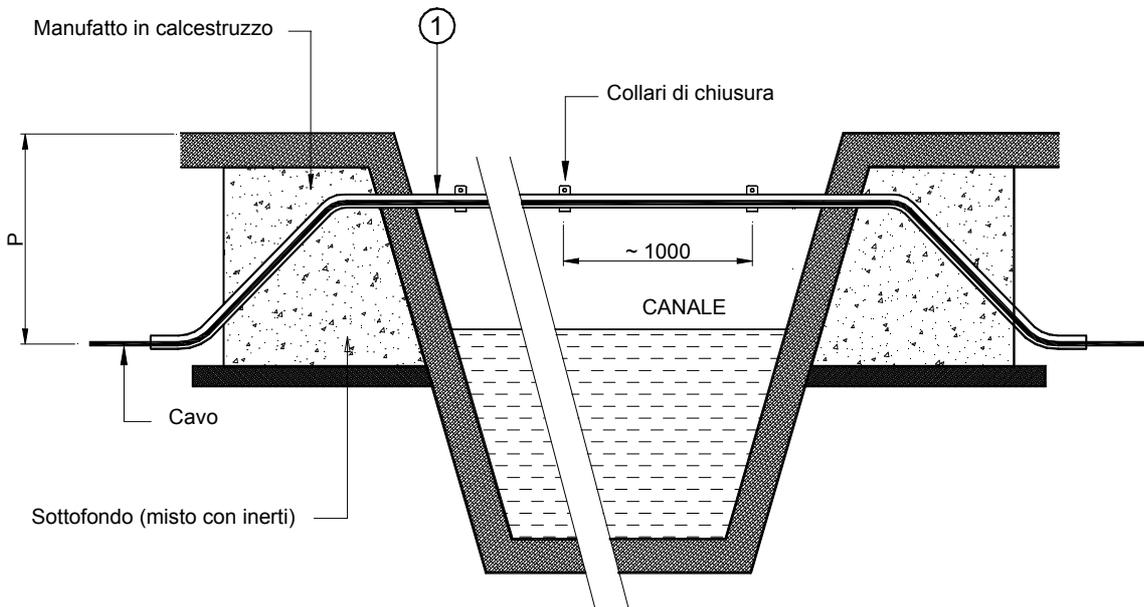
ELENCO MATERIALI

Rif.	Descrizione
1	Tubo di acciaio DN 150 <sup>(1)</sup> UNI 8863-87

<sup>(1)</sup> Diametro nominale in mm.

**Sovrappasso in tubo**

Quote in mm



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

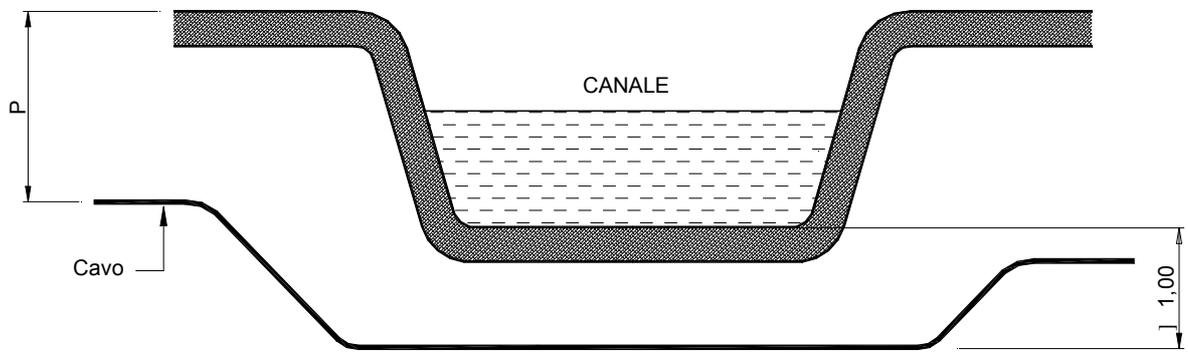
**ELENCO MATERIALI**

Rif.	Descrizione
1	Tubo di acciaio DN 150 <sup>(1)</sup> UNI 8863-87

(1) Diametro nominale in mm.

**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 ).

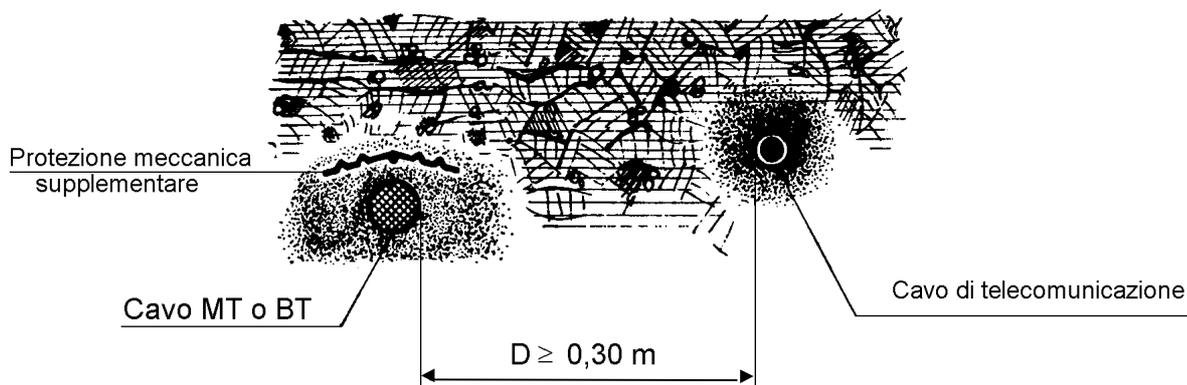
**N.B.:** Le sponde devono essere preventivamente adeguate per il passaggio della macchina a catena con uno sbancamento e successivamente ripristinate; per la posa con T.O.C. Vedi nota di tavola C4.1.

## OPERE INTERFERENTI: CAVI DI TELECOMUNICAZIONE

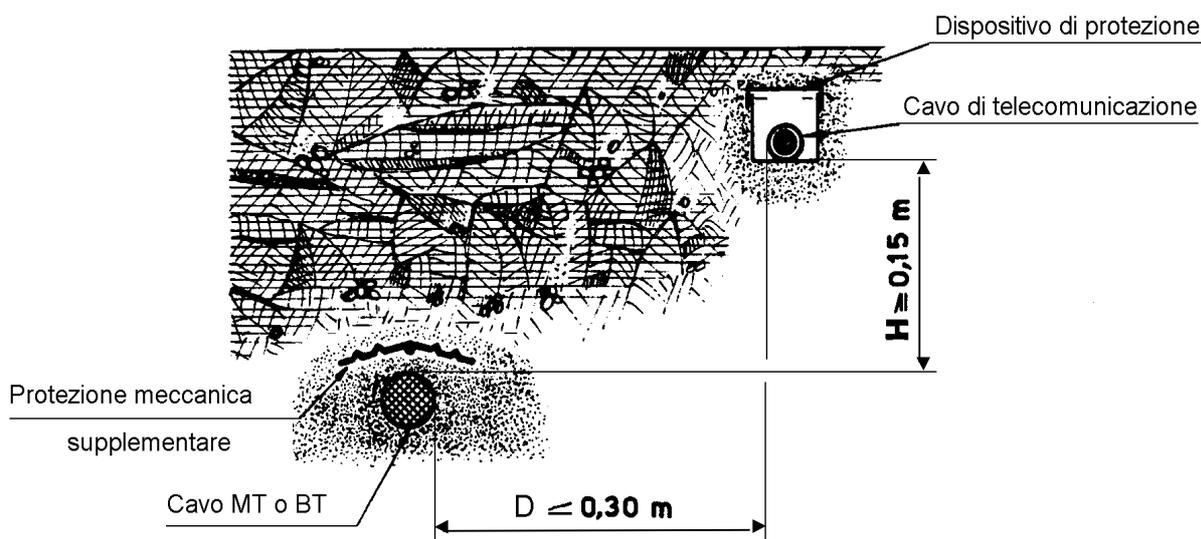
## PARALLELISMI (art. 4.1.02 Norme CEI 11-17)

1) Posa dei cavi: direttamente interrata o meccanizzata

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



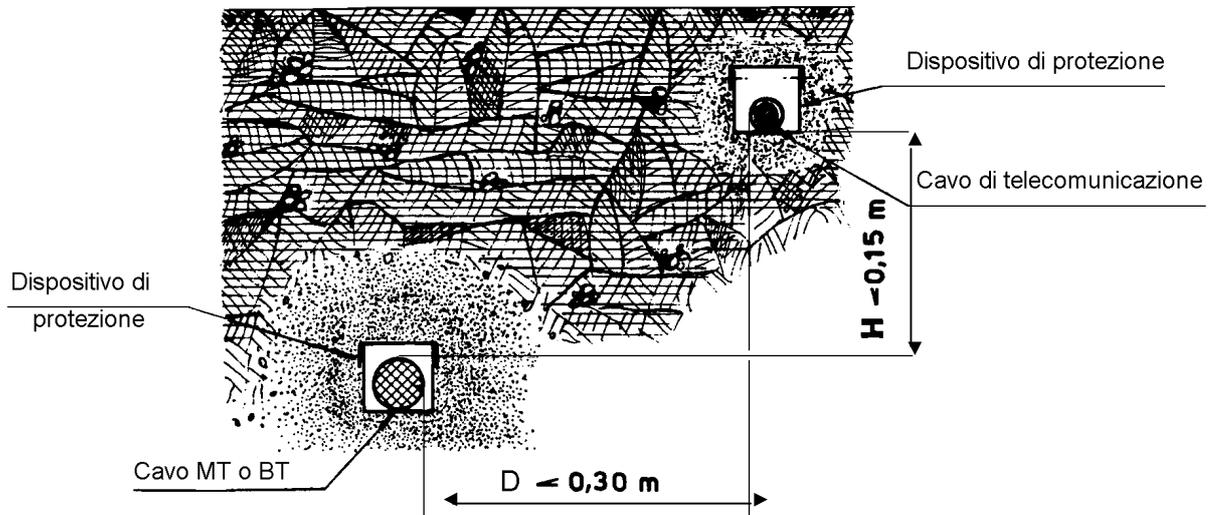
- ◆  $D < 0,30$  m;  $H \geq 0,15$  m: dispositivo di protezione<sup>(\*)</sup> da applicare solo sul cavo posato alla minore profondità:



<sup>(\*)</sup> 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<sup>(\*)</sup> da applicare su entrambi i cavi:



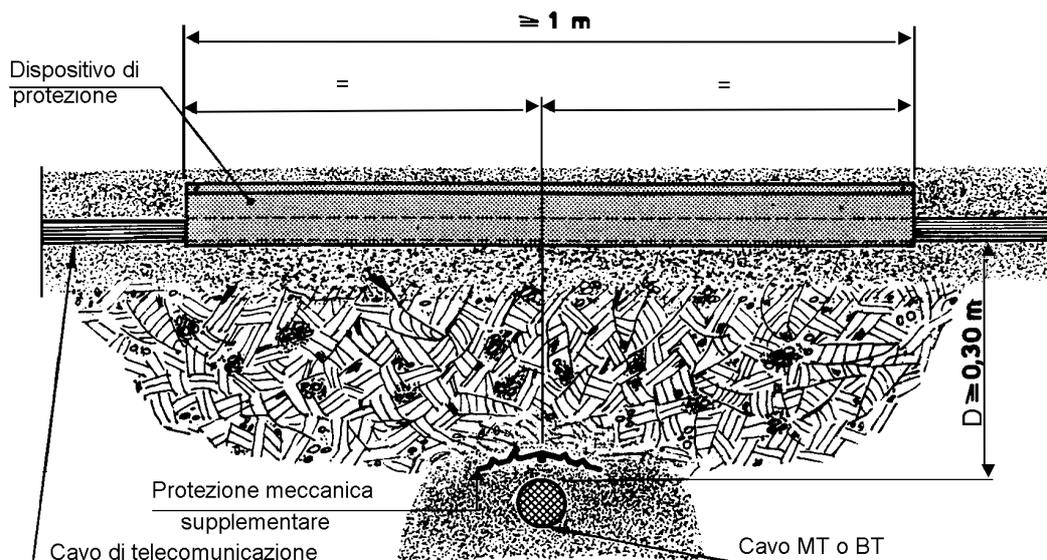
- 2) Posa dei cavi: in tubazione: non è prescritta nessuna distanza minima.

<sup>(\*)</sup> canaletta metallica

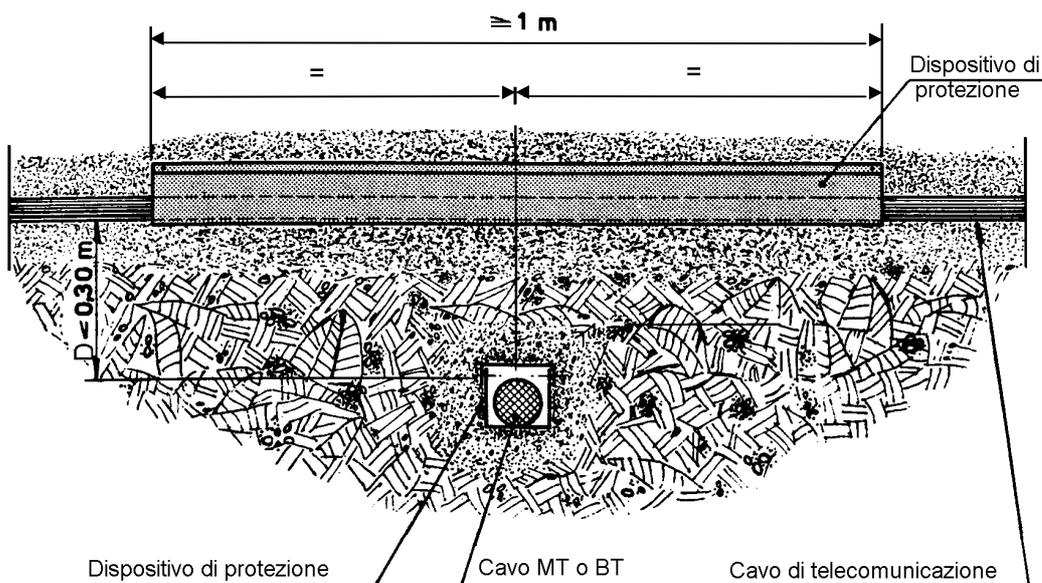
**OPERE INTERFERENTI: CAVI DI TELECOMUNICAZIONE**

**ATTRAVERSAMENTI (art. 4.1.01 Norme CEI 11-17)**

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



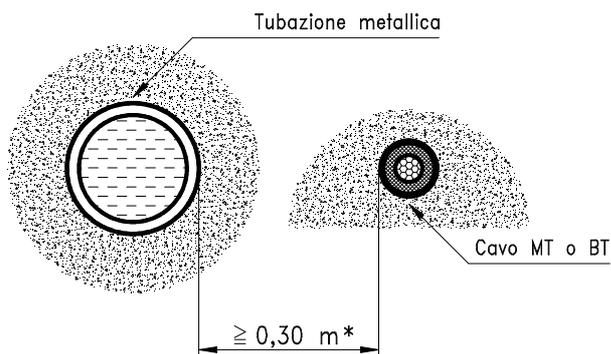
- 2) **Caso eccezionale ( $D < 0,30$  m):** dispositivi di protezione<sup>(\*)</sup> da applicare su entrambi i cavi:



<sup>(\*)</sup> 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)**

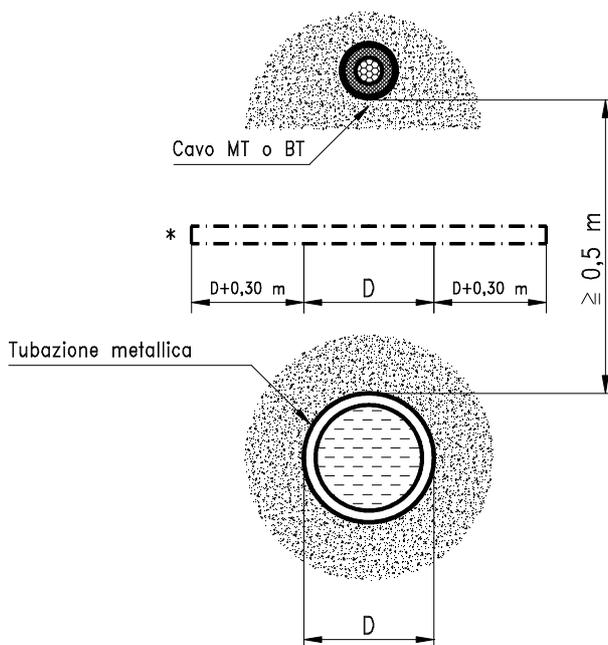
Non devono mai essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubazioni convoglianti fluidi infiammabili; per le tubazioni per altro uso tale tipo di posa è invece consentito, previo accordo fra gli Enti interessati, purché il cavo e la tubazione non siano posti a diretto contatto 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  $> 0,50 \text{ m}$ , previo accordo con gli esercenti, si possono installare cavi sulla verticale delle tubazioni senza protezioni.

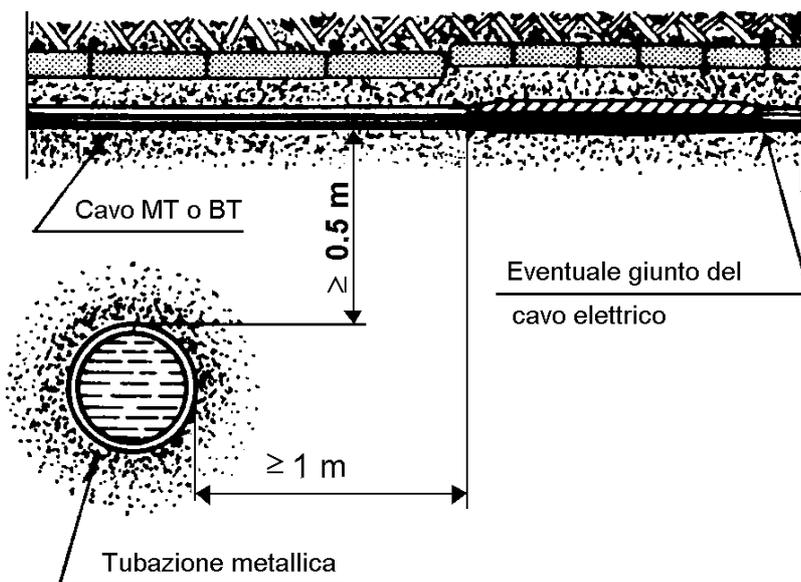


- per differenze di quota comprese fra  $0,30 \text{ m}$  e  $0,50 \text{ m}$  si devono interporre elementi separatori\* con dimensioni minime pari alla proiezione verticale dell'altra opera interferente maggiorata di  $0,30 \text{ m}$  per lato, a meno che la tubazione non sia contenuta in un manufatto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

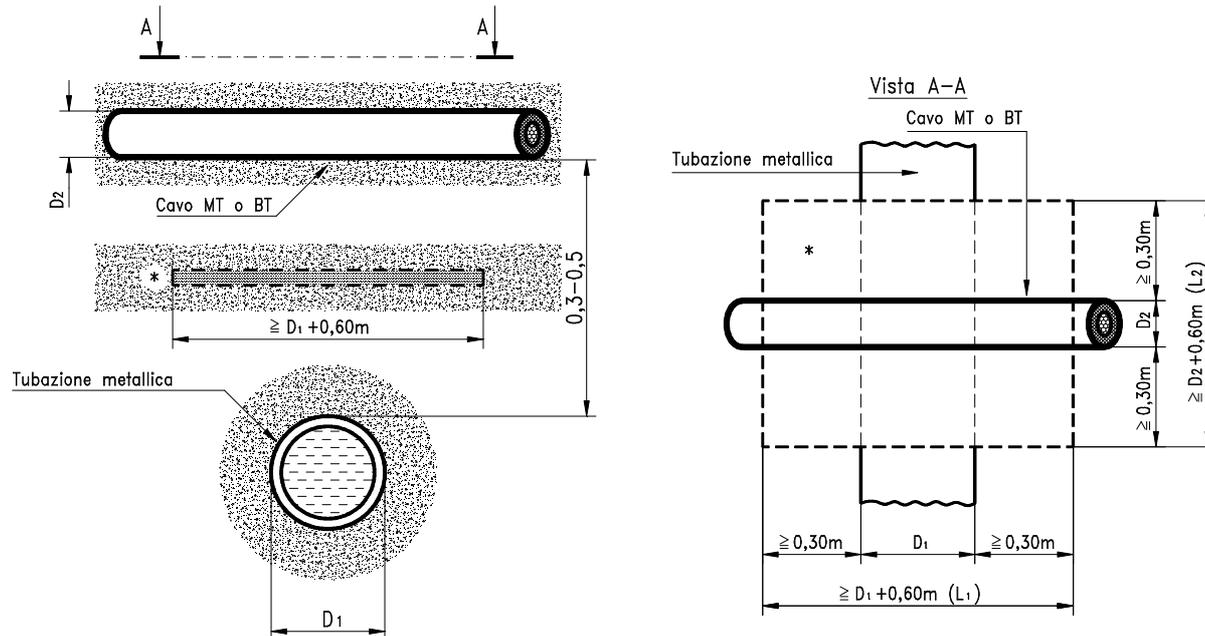
**OPERE INTERFERENTI: TUBAZIONI METALLICHE PER IL TRASPORTO E LA  
DISTRIBUZIONE DI FLUIDI (Acquedotti, oleodotti, ecc.)**

**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.



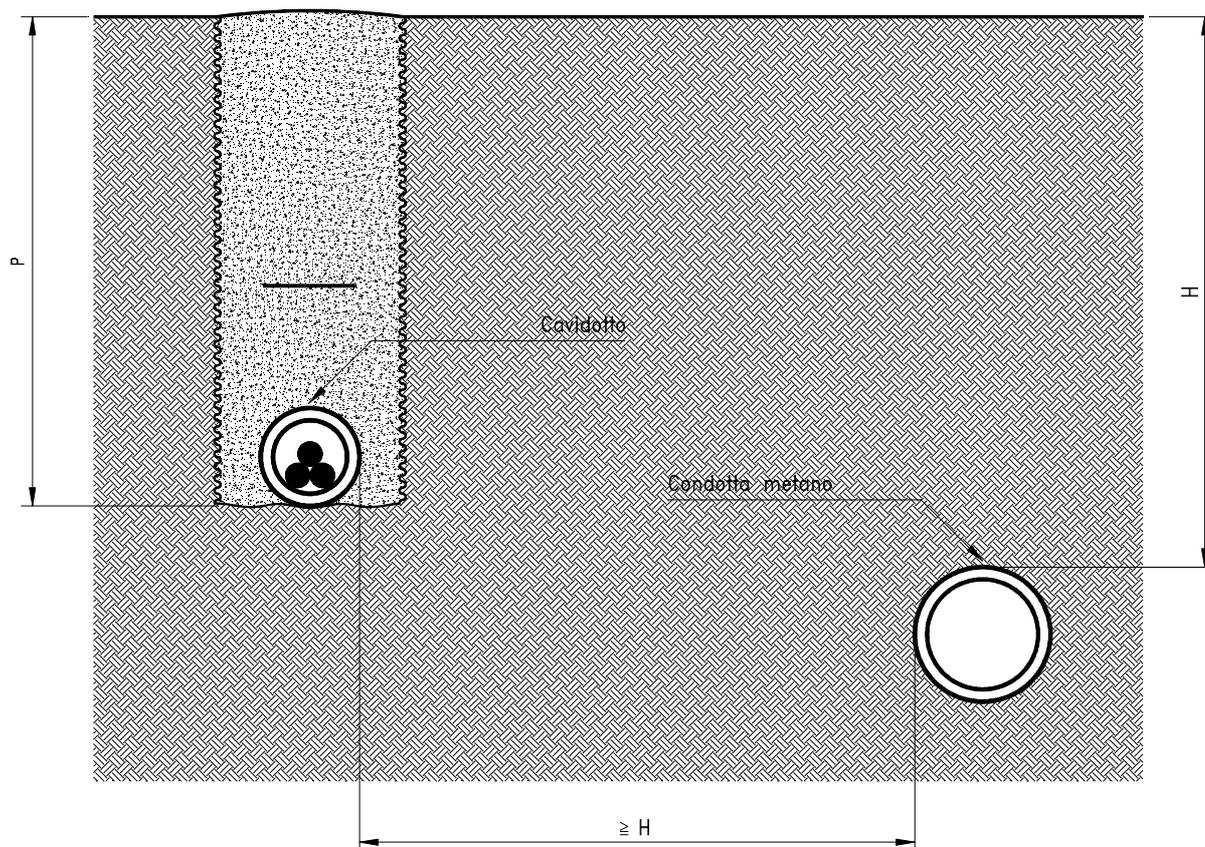
- ◆ Provvedimenti da adottare nel caso in cui non sia possibile rispettare la distanza minima di 0,50 m:



\*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'  
 $\leq 0,8$  (Metano)**
**PARALLELISMI**

 1) Condotte con pressione massima di esercizio  $> 5$  bar (1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> 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 ( $\geq 0,9$  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<sup>(\*)</sup>.

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

<sup>(\*)</sup> la riduzione delle distanze di rispetto deve essere sempre concordata con la Società proprietaria o concessionaria delle condotte.

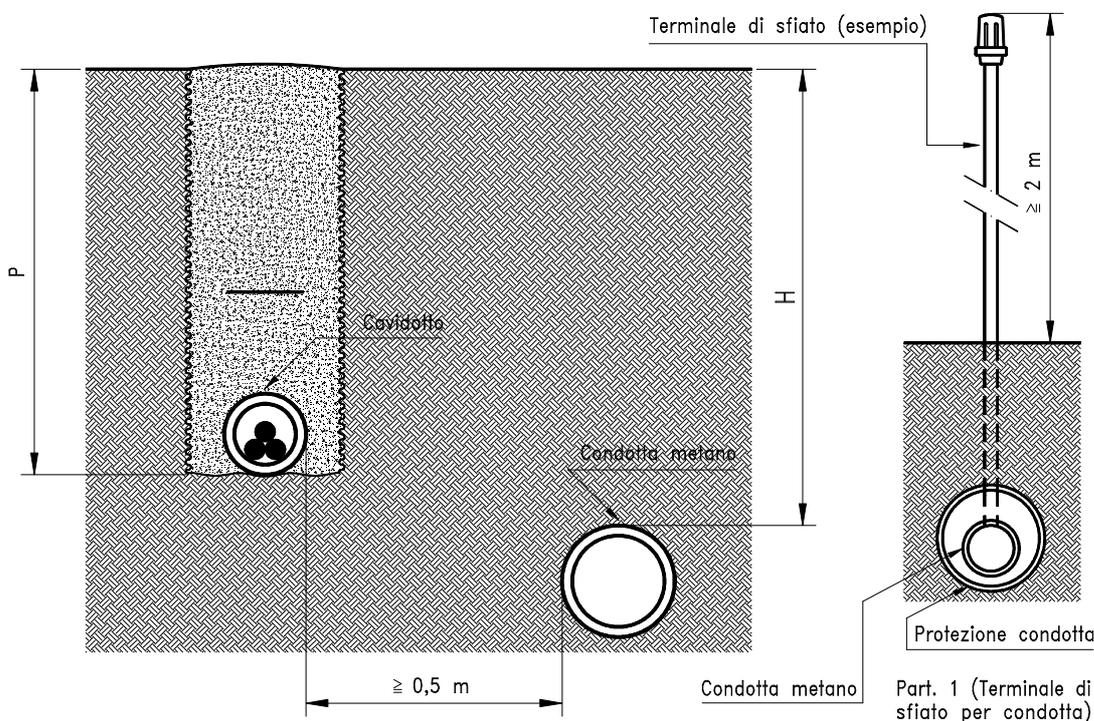
**OPERE INTERFERENTI: TUBAZIONI METALLICHE PER IL TRASPORTO E LA  
DISTRIBUZIONE DEL GAS NATURALE CON DENSITA'  
≤ 0,8 (Metano)**

**PARALLELISMI**

2) Condotte con pressione massima di esercizio ≤ 5 bar (4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup> e 7<sup>a</sup> specie);

◆ Posa dei cavi: in tubazione (art. 3.4.2.d D.M. 24.11.1984):

a) Distanza di rispetto per condotte con pressione massima di esercizio > 0,5 bar e ≤ 5 bar (4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> specie):



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 le condotte devono essere collocate entro un manufatto o altra tubazione di protezione. Se il parallelismo è di lunghezza superiore a 150 m, devono essere previsti sulle condotte diaframmi e dispositivi di sfiato verso l'esterno (Vedi part. 1), costruiti con tubi di diametro non inferiore a 30 mm e posati ad una distanza massima tra di loro di 150 m<sup>(\*)</sup>.

b) Distanza di rispetto per condotte con pressione massima di esercizio ≤ 0,5 bar (6<sup>a</sup> e 7<sup>a</sup> specie):

- non è prescritta nessuna distanza minima; essa deve essere comunque tale da consentire gli eventuali interventi di manutenzione su entrambi gli impianti.

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

Vedi Tavola U3.5

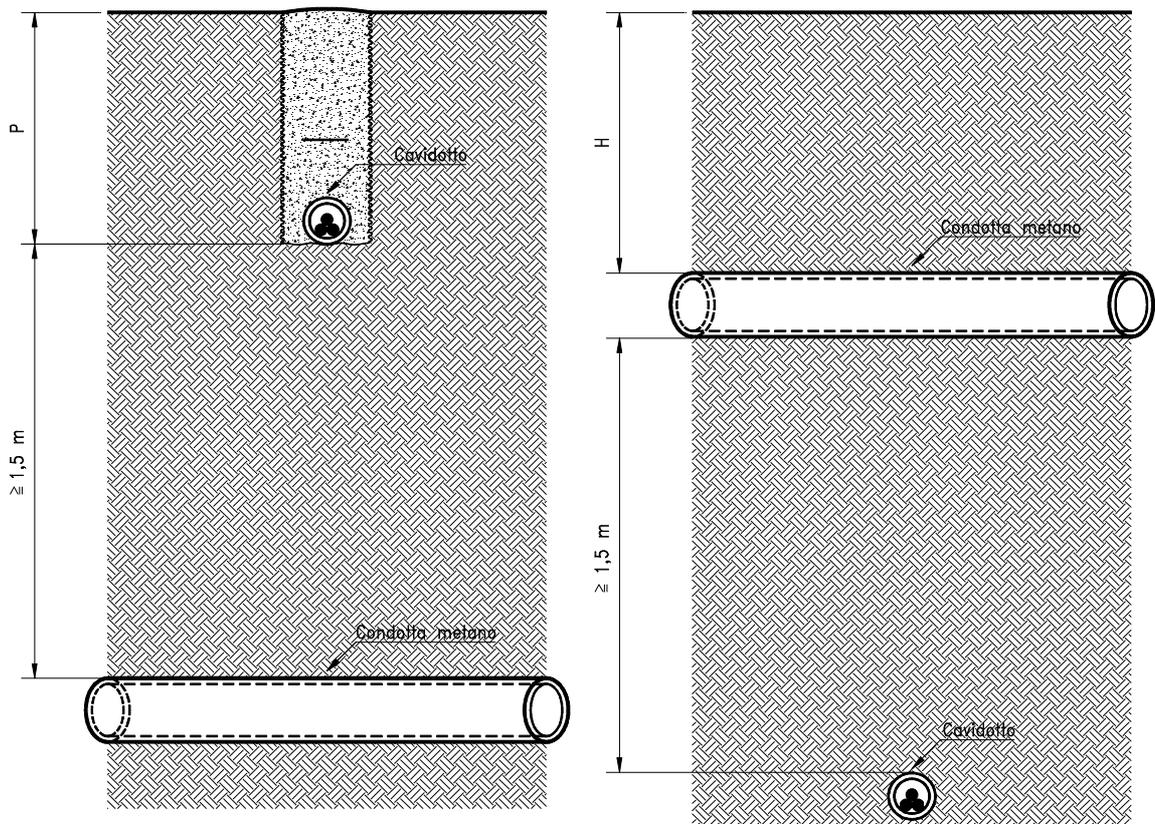
<sup>(\*)</sup> la riduzione delle distanze di rispetto deve essere sempre concordata con la Società proprietaria o concessionaria delle condotte.

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

**ATTRAVERSAMENTI**

1) Condotte con pressione massima di esercizio  $> 5$  bar (1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> 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 ( $\geq 0,9$  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<sup>(\*)</sup>.

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

<sup>(\*)</sup> la riduzione delle distanze di rispetto deve essere sempre concordata con la Società proprietaria o concessionaria delle condotte.

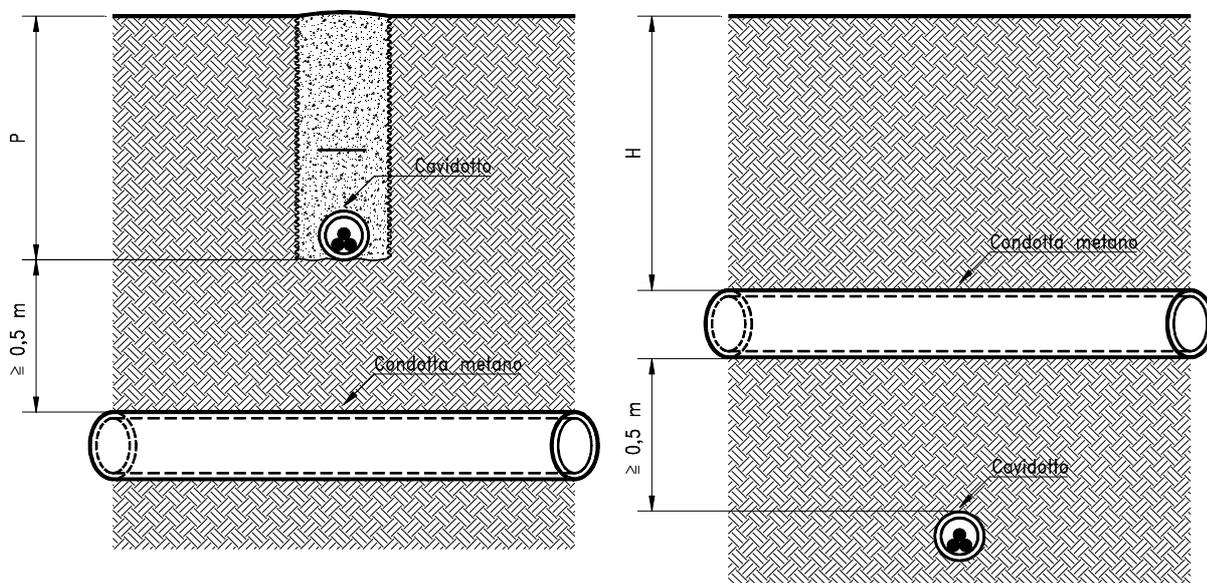
**OPERE INTERFERENTI: TUBAZIONI METALLICHE PER IL TRASPORTO E LA  
DISTRIBUZIONE DEL GAS NATURALE CON DENSITA'  
≤ 0,8 (Metano)**

**ATTRAVERSAMENTI**

2) Condotte con pressione massima di esercizio ≤ 5 bar (4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup> e 7<sup>a</sup> specie);

◆ Posa dei cavi: in tubazione (art. 3.4.2.d D.M. 24.11.1984):

a) Distanza di rispetto per condotte con pressione massima di esercizio > 0,5 bar e ≤ 5 bar (4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> specie):



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

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

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.

b) Distanza di rispetto per condotte con pressione massima di esercizio ≤ 0,5 bar (6<sup>a</sup> e 7<sup>a</sup> specie):

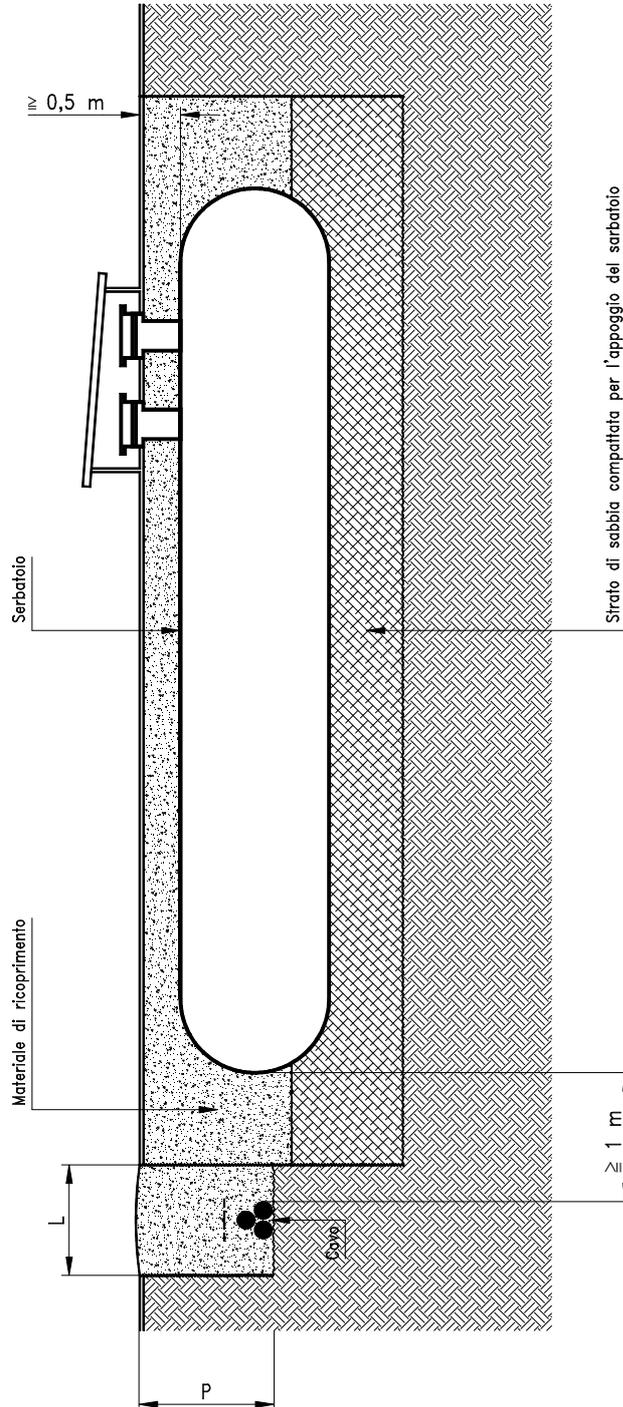
- non è prescritta nessuna distanza minima; essa deve essere comunque tale da consentire gli eventuali interventi di manutenzione su entrambi gli impianti.

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

Vedi Tavola U3.6

**OPERE INTERFERENTI: SERBATOI DI LIQUIDI E GAS INFIAMMABILI  
(art. 4.3.04 Norme CEI 11-17)**

DIREZIONE RETE – SUPPORTO INGEGNERIA

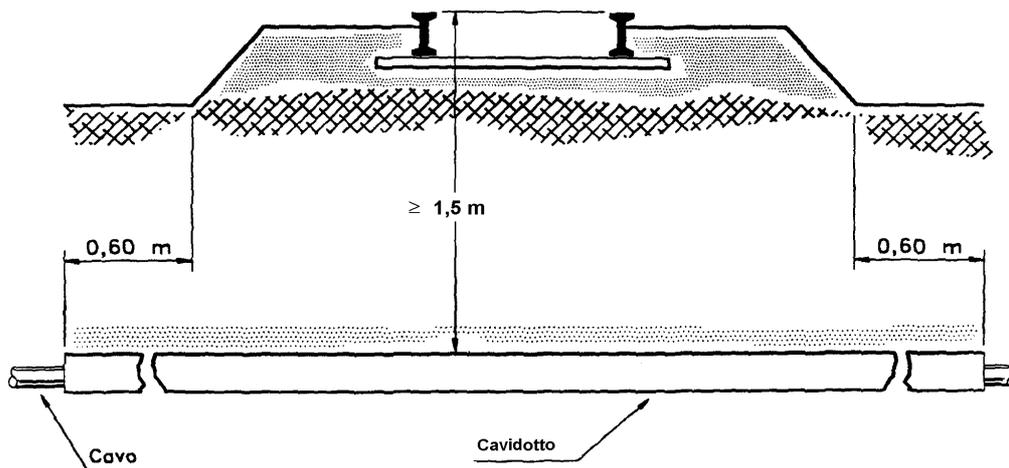


$P$  = profondità di posa del cavo o cavidotto } Vedi Tavole parte II  
 $L$  = larghezza della canalizzazione

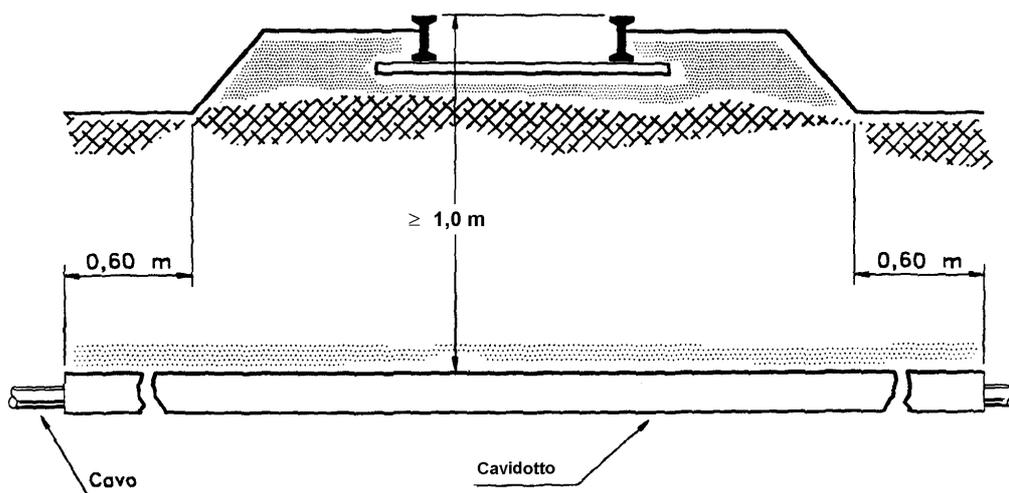
**N.B.:** In figura è rappresentato un esempio di serbatoio interrato di G.P.L. con capacità  $> 5 \text{ m}^3$ , la distanza minima indicata è valida anche per serbatoi di G.P.L. con capacità inferiore o di qualunque altro liquido infiammabile.

**OPERE INTERFERENTI: FERROVIE, TRAMVIE, FUNICOLARI TERRESTRI**  
(art. 4.4.01 Norme CEI 11-17, art. 2.1.17 D.M. 21.3.1988)

1) Ferrovia di grande comunicazione:



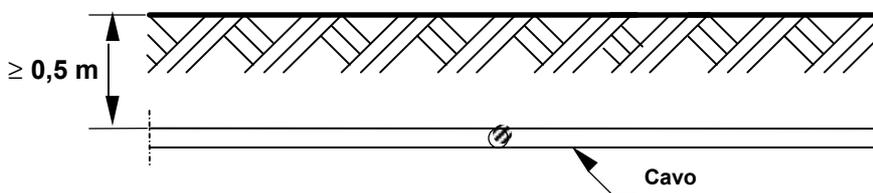
2) Ferrovie secondarie, tramvie, funicolari terrestri:



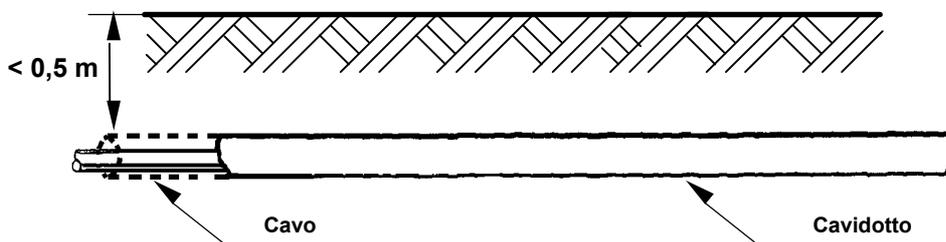
3) Caso particolare di cavo posato in gallerie praticabili sottopassanti l'opera da attraversare:



Galleria praticabile



Galleria praticabile



**N.B.:** Le gallerie praticabili devono avere gli accessi difesi da chiusure munite di serratura a chiave.