




**REGIONE  
PUGLIA**

**Comune di Foggia**  
Provincia di Foggia

**PROGETTO DEFINITIVO**

**PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO COLLEGATO ALLA  
RTN CON POTENZA NOMINALE DC 45.679,2 kWp E  
UNA POTENZA NOMINALE AC 44.000 kW DA REALIZZARSI NEL  
COMUNE DI FOGGIA (FG) – CONTRADA POPPI**

<i>Elaborato:</i>	<b>RELAZIONE TECNICA ELETTRODOTTO MT</b>		
<i>Relazione:</i>	<i>Disegnato:</i>	<i>Approvato:</i>	<i>Rilasciato:</i>
<b>REL_17</b>		<b>AP ENGINEERING</b>	<b>AP ENGINEERING</b>
		<i>Foglio 210x297 (A4)</i>	<i>Prima Emissione</i>
<i>Progetto:</i>	<i>Data:</i>	<i>Committente:</i>	
<b>IMPIANTO FOGGIA</b>	<b>30/07/2021</b>	<b>PHOTOVOLTAIC FARM S.R.L.</b> Strada Comunale delle Fonticelle sn, Capannone 3 Montesilvano (PE)	
<i>Cantiere:</i> <b>FOGGIA CONTRADA POPPI</b>		<i>Progettista:</i> 	



## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. ADEMPIMENTI E RIFERIMENTI NORMATIVI .....</b>	<b>5</b>
<b>3. PROGETTO DELL'ELETTRORODOTTO .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1. CRITERI PER L'INDIVIDUAZIONE DEL TRACCIATO E DEFINIZIONE DELLE DISTANZE DI SICUREZZA DA EVENTUALI SOTTOSERVIZI INTERRATI .....</b>	<b>6</b>
<b>3.2. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO .....</b>	<b>15</b>
<b>3.3. PROGETTAZIONE DELLA CANALIZZAZIONE.....</b>	<b>16</b>
<b>3.4. DESCRIZIONE DELL'OPERA .....</b>	<b>17</b>
<b>3.5. CRITERIO DI DIMENSIONAMENTO DEL CAVO.....</b>	<b>19</b>
<b>3.6. CRITERIO DI VERIFICA DEI CAVI .....</b>	<b>23</b>
<b>3.6.1. CALCOLO DELLA CADUTA DI TENSIONE .....</b>	<b>23</b>
<b>3.6.2. TENUTA TERMICA AL CORTOCIRCUITO.....</b>	<b>24</b>
<b>3.7. CAMPI ELETTROMAGNETICI .....</b>	<b>25</b>
<b>3.7.1. PREMESSA .....</b>	<b>25</b>
<b>3.7.2. CAMPI ELETTRICI DOVUTI A CAVI SCHERMATI.....</b>	<b>25</b>
<b>3.7.3. CAMPI MAGNETICI DOVUTI A LINEE IN CAVO INTERRATO .....</b>	<b>25</b>

## 1. PREMESSA

La presente relazione tecnica è parte integrante del progetto definitivo della “Centrale di Produzione di Energia Elettrica” da fonte energetica rinnovabile attraverso tecnologia fotovoltaica ed integrata con attività di coltivazione agricola e zootecnica, che la **Società Photovoltaic Farm S.r.l.** (“PF” o “la Società”) intende realizzare nel Territorio Comunale di Foggia (FG), in località Poppi, ed ha per oggetto il dimensionamento dell’elettrodotto di media tensione in cavo interrato, elettrificato a 30 kV, di collegamento tra la cabina di raccolta MT del campo fotovoltaico e la sezione di media tensione della Sottostazione Elettrica di Utenza MT/AT 30/150 kV.

Lo schema di connessione alla Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale RTN a 150 kV, prescritto dal Gestore di Rete con preventivo di connessione alla rete n° **201900148** prevede che l’impianto venga collegato in antenna a 150kV su un nuovo stallo della Stazione Elettrica a 380/150 kV della RTN di Foggia:

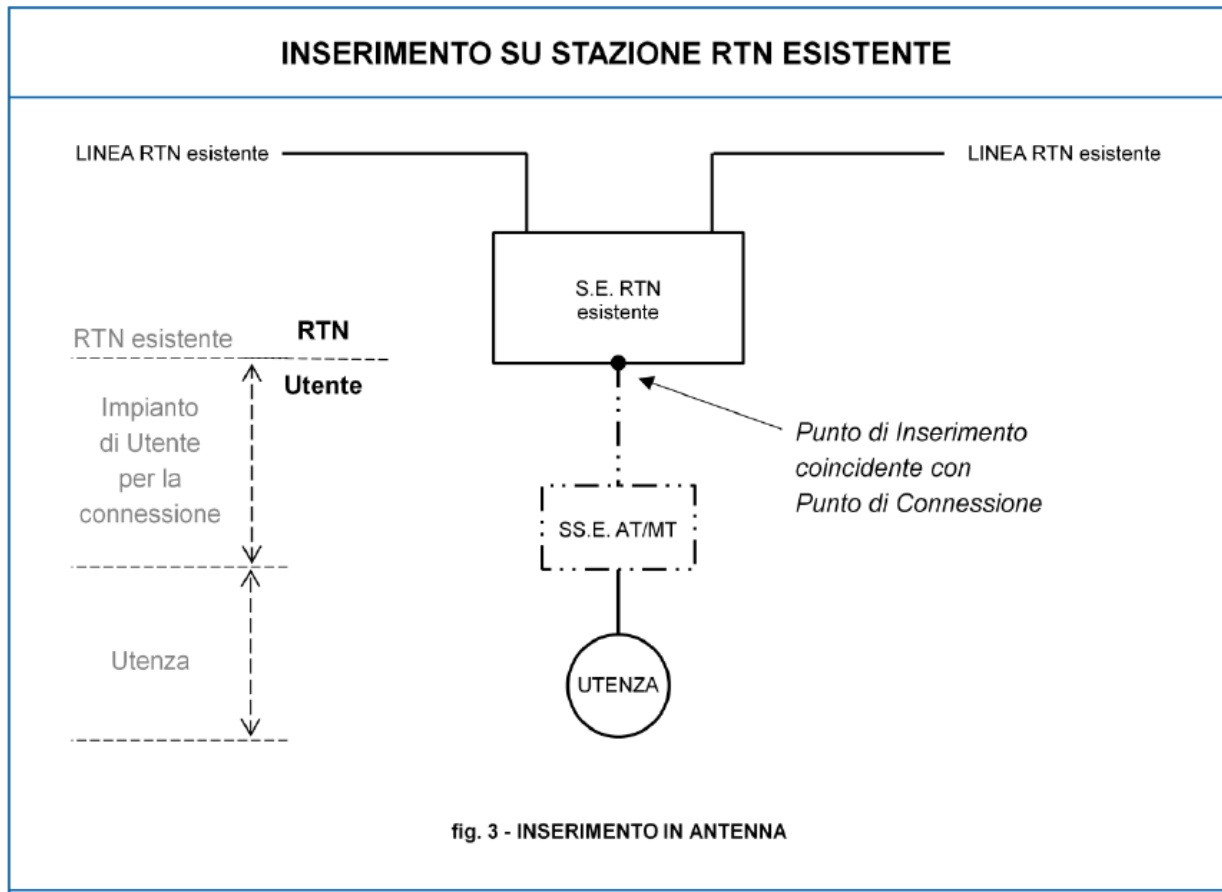


Figura 1: schema di inserimento in antenna su stazione RTN esistente

L'energia elettrica prodotta dalla centrale, verrà convogliata verso la Sottostazione Elettrica di Utente a mezzo di una linea elettrica di media tensione in cavo interrato, dove verrà innalzato il livello di tensione a 150 kV per la successiva immissione in rete.

Come meglio specificato di seguito, il cavo MT di collegamento, è stato dimensionato in funzione della potenza in immissione concessa dal Gestore di Rete, pari a **44 MW**, e verificato sia dal punto di vista della massima caduta di tensione che della sollecitazione termica prodotta in occasione di cortocircuito.

I criteri di dimensionamento e verifica adottati vengono illustrati nei paragrafi seguenti.

## 2. 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 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"

### 3. PROGETTO DELL'ELETTRORODOTTO

#### 3.1. CRITERI PER L'INDIVIDUAZIONE DEL TRACCIATO E DEFINIZIONE DELLE DISTANZE DI SICUREZZA DA EVENTUALI SOTTOSERVIZI INTERRATI

La progettazione della linea in cavo sotterraneo è stata 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 mira 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, l'esecuzione dei lavori verrà commissionata solamente a fronte dell'autorizzazione all'esecuzione degli scavi.

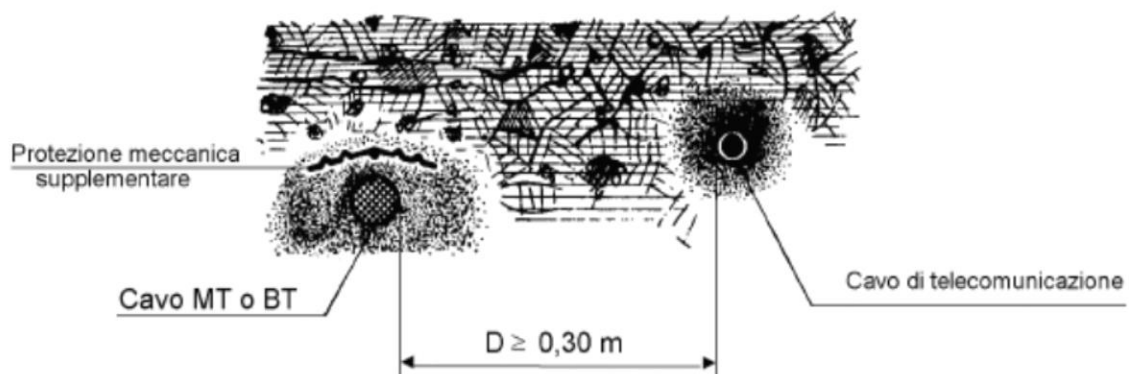
In fase di progettazione esecutiva e realizzazione dell'elettrodotto, in presenza di eventuali interferenze con altri servizi e sottoservizi interrati che potenzialmente si sviluppano lungo il tracciato individuato, verranno mantenute le distanze di sicurezza, desunte dalle norme CEI 11-17:

## 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>(1)</sup> sul cavo di telecomunicazione:



- ◆  $D < 0,30$  m;  $H \geq 0,15$  m: dispositivo di protezione<sup>(1)</sup> da applicare solo sul cavo posato alla minore profondità:

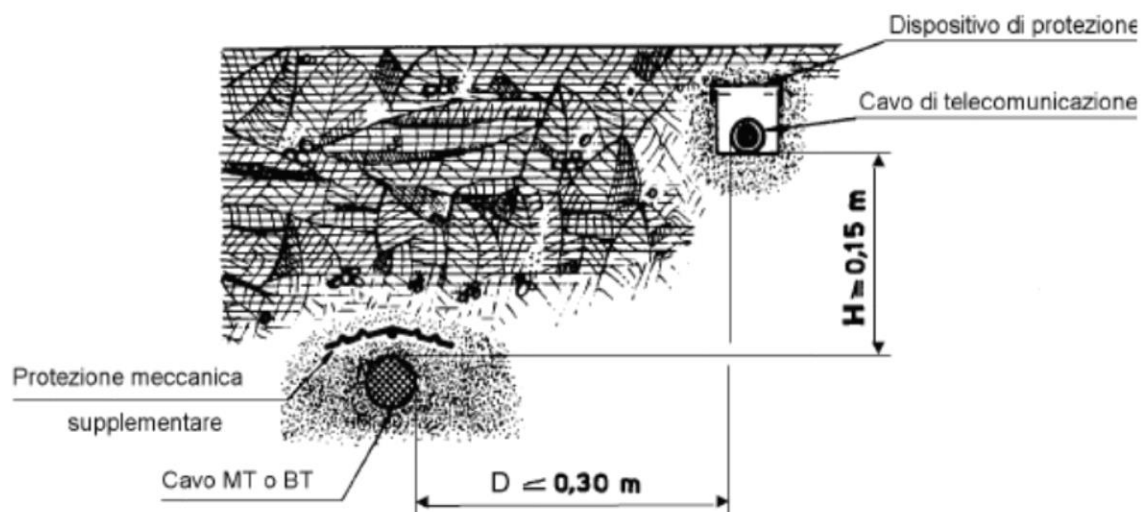


Figura 2: provvedimenti da adottare in caso di interferenze con cavi di telecomunicazione caso a)

Committente:

PHOTOVOLTAIC FARM S.R.L.

Progettista:

 AP engineering

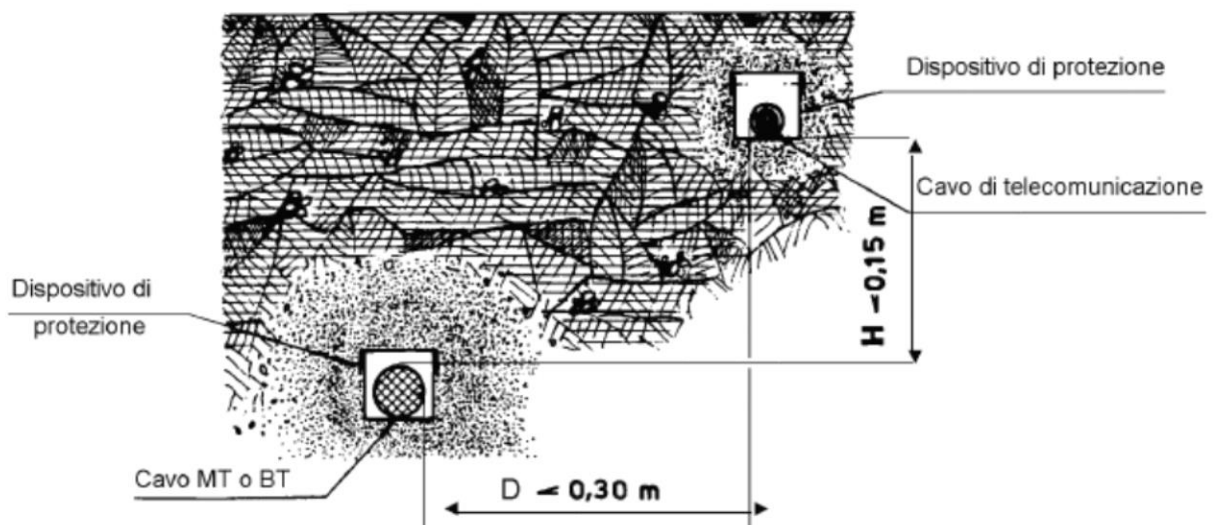
Pag. 7 | 30



## 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>(1)</sup> da applicare su entrambi i cavi:



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

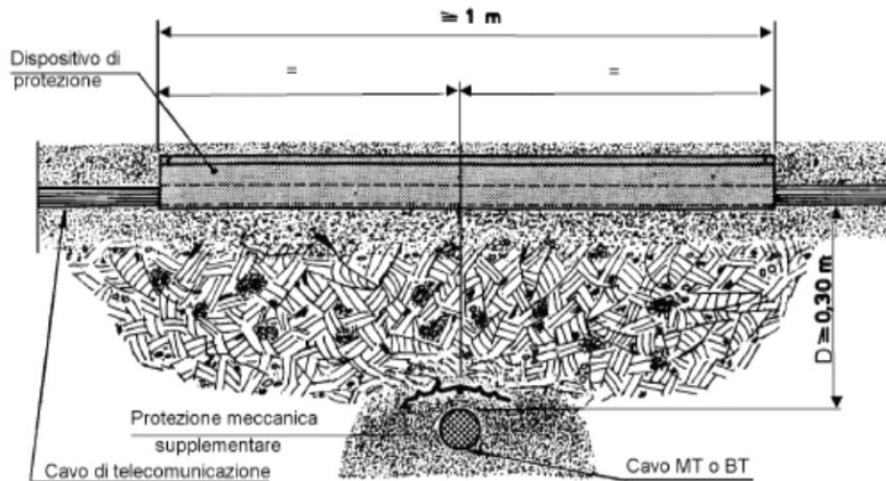
Figura 3: provvedimenti da adottare in caso di interferenze con cavi di telecomunicazione caso b)



## 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>(1)</sup> da applicare solo sul cavo posto superiormente:



- 2) **Caso eccezionale ( $D < 0,30$  m):** dispositivi di protezione<sup>(1)</sup> da applicare su entrambi i cavi:

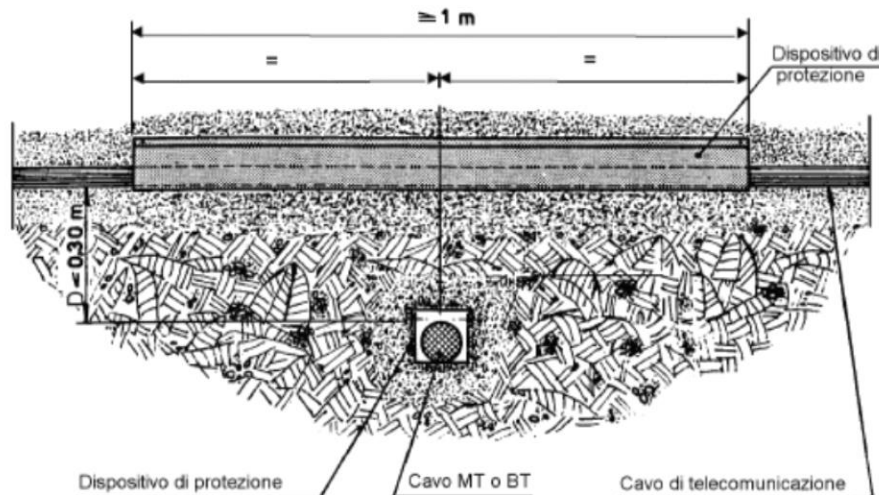


Figura 4: provvedimenti da adottare in caso di interferenze con linee di telecomunicazioni caso c)

Committente:

PHOTOVOLTAIC FARM S.R.L.

Progettista:

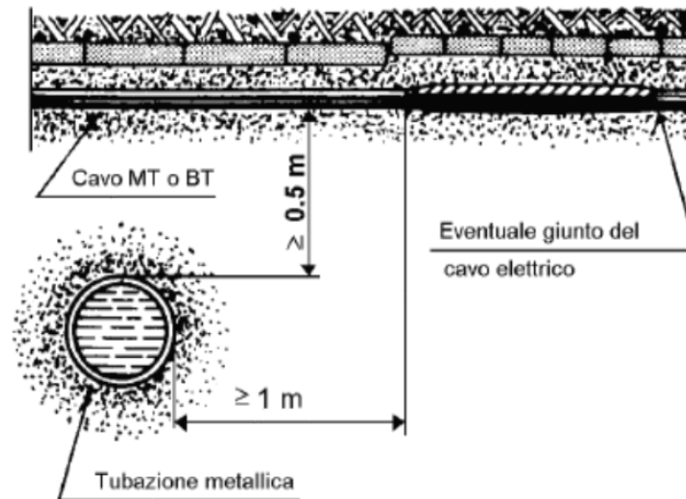
 AP engineering

Pag. 9 | 30

## 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:

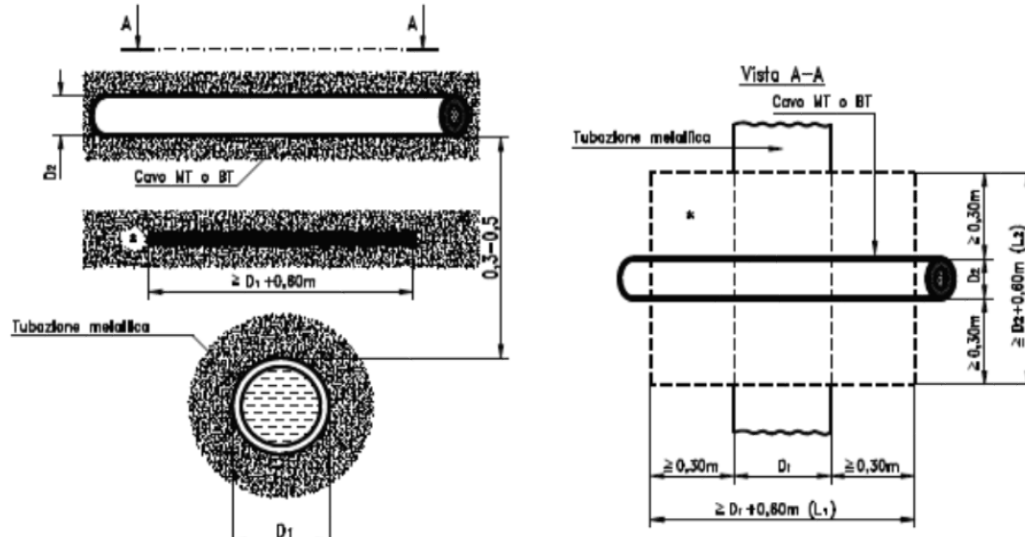


Figura 5: provvedimenti da adottare in caso di interferenze con tubazioni metalliche caso a)

Committente:

PHOTOVOLTAIC FARM S.R.L.

Progettista:

 AP engineering

Pag. 10 | 30

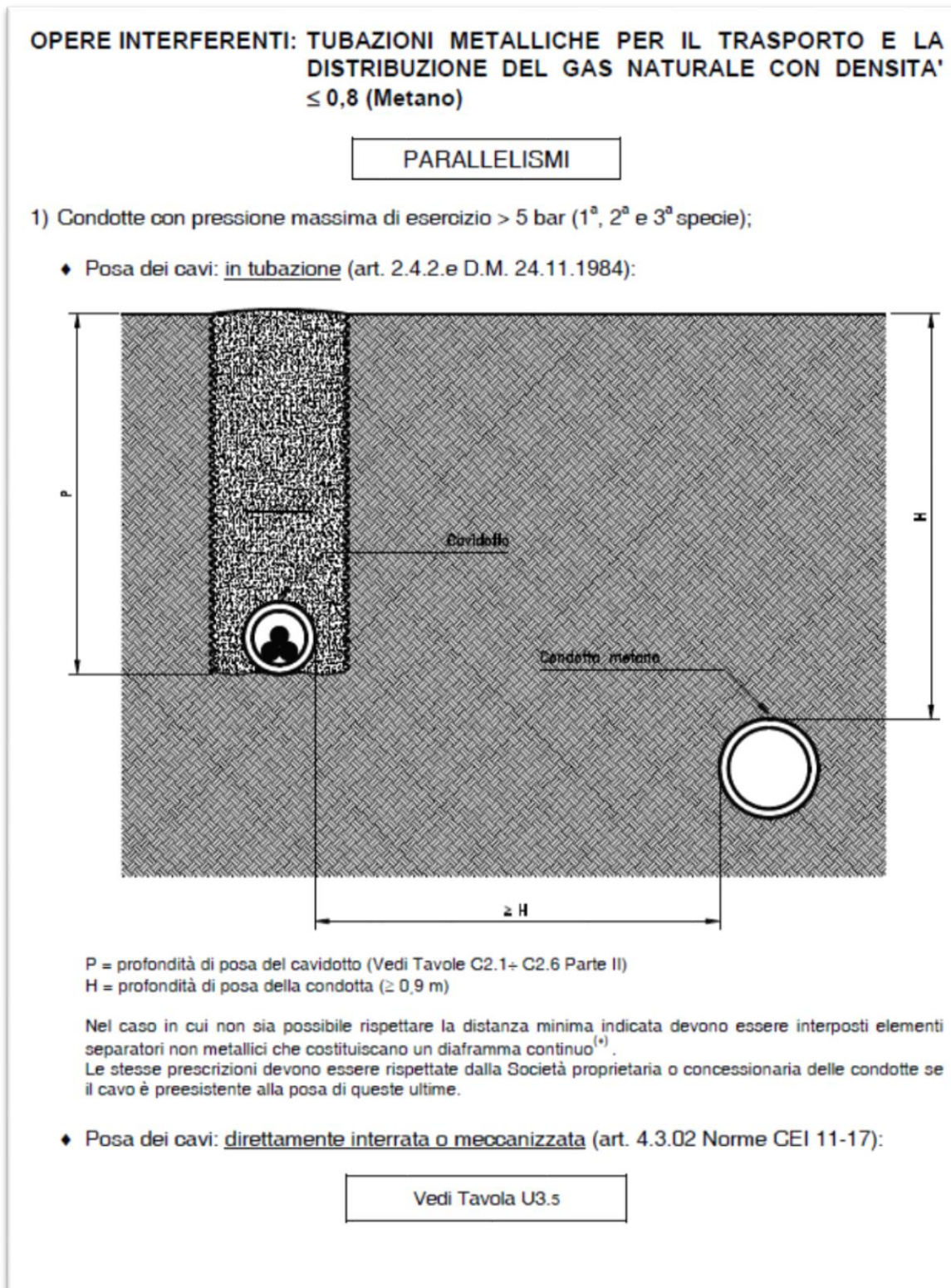


Figura 6: provvedimenti da adottare in caso di interferenze con tubazioni metalliche caso b)



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

### PARALLELISMI

2) Condotte con pressione massima di esercizio  $\leq 5$  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  $\leq 5$  bar (4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> specie):

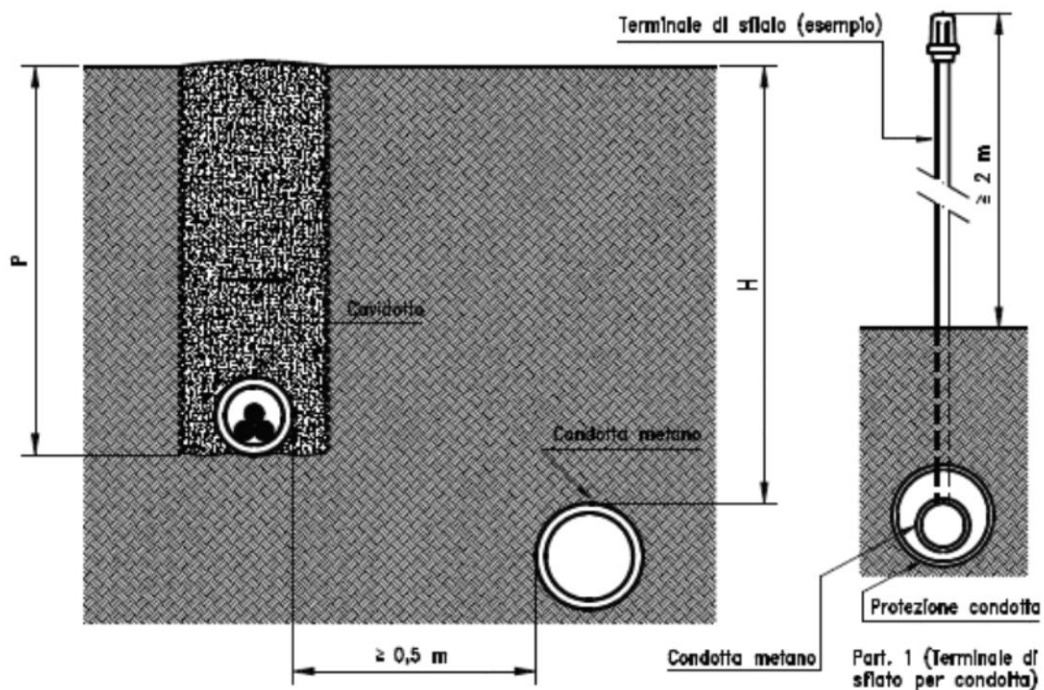


Figura 7: provvedimenti da adottare in caso di interferenze con tubazioni metalliche caso c)

Committente:

PHOTOVOLTAIC FARM S.R.L.

Progettista:

 AP engineering

Pag. 12 | 30

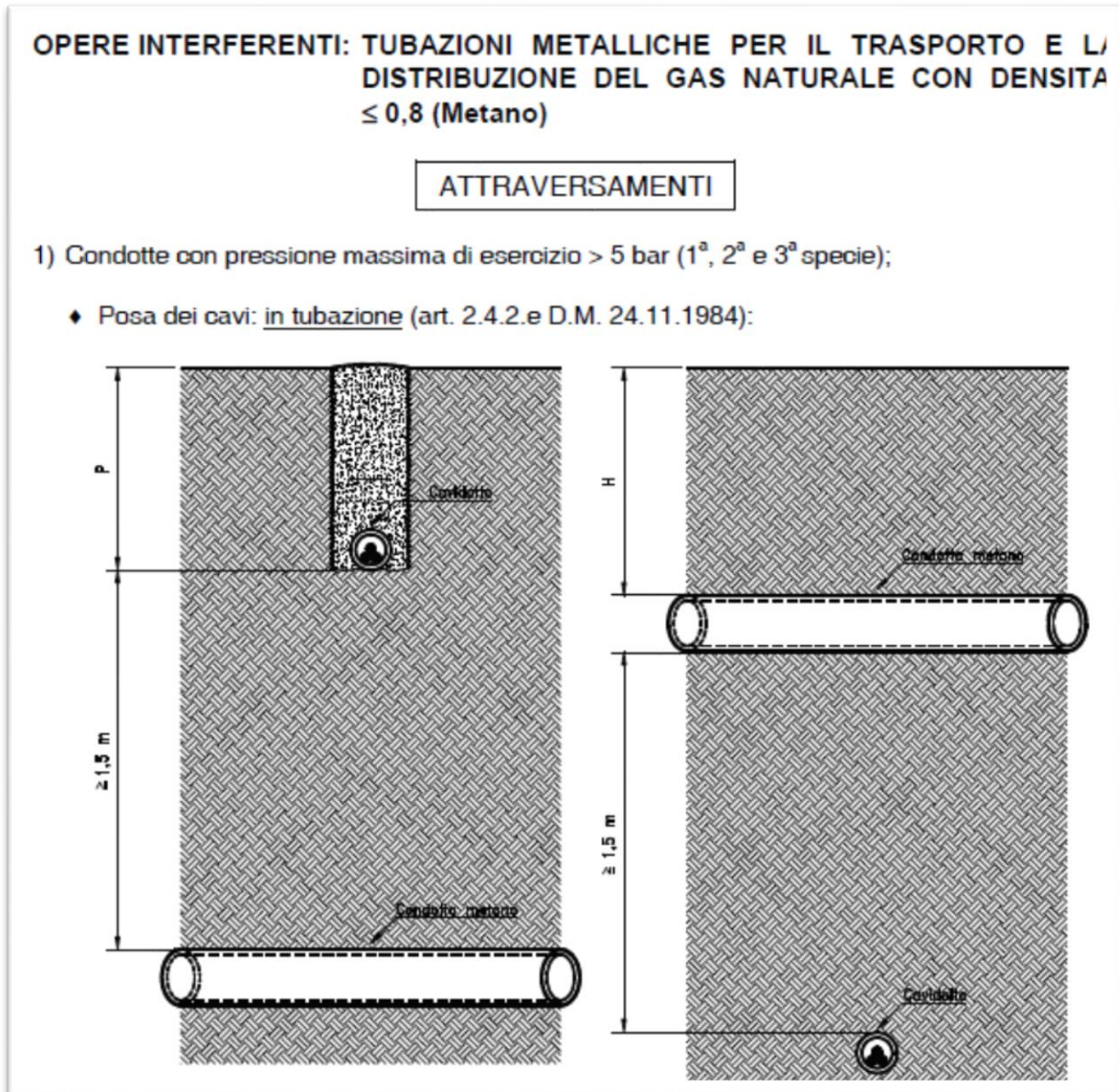


Figura 8: provvedimenti da adottare in caso di interferenze con tubazioni metalliche caso d)

È stato privilegiato, nei limiti del possibile, il percorso delle strade pubbliche o aperte al pubblico. Per definire dettagliatamente il tracciato è stato necessario:

- rilevare, interpellando i proprietari interessati, la posizione degli altri servizi esistenti nel sottosuolo, quali: tubazioni di gas, acquedotti, cavi elettrici o telefonici, fognature ecc.;
- verificare la transitabilità dei macchinari.

In fase esecutiva, se necessario verranno eseguite anche operazioni di sondaggio del terreno, praticando alcuni scavi ad intervalli opportuni e possibilmente in corrispondenza dei punti di giunzione e cambio direzione.

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

Committente:

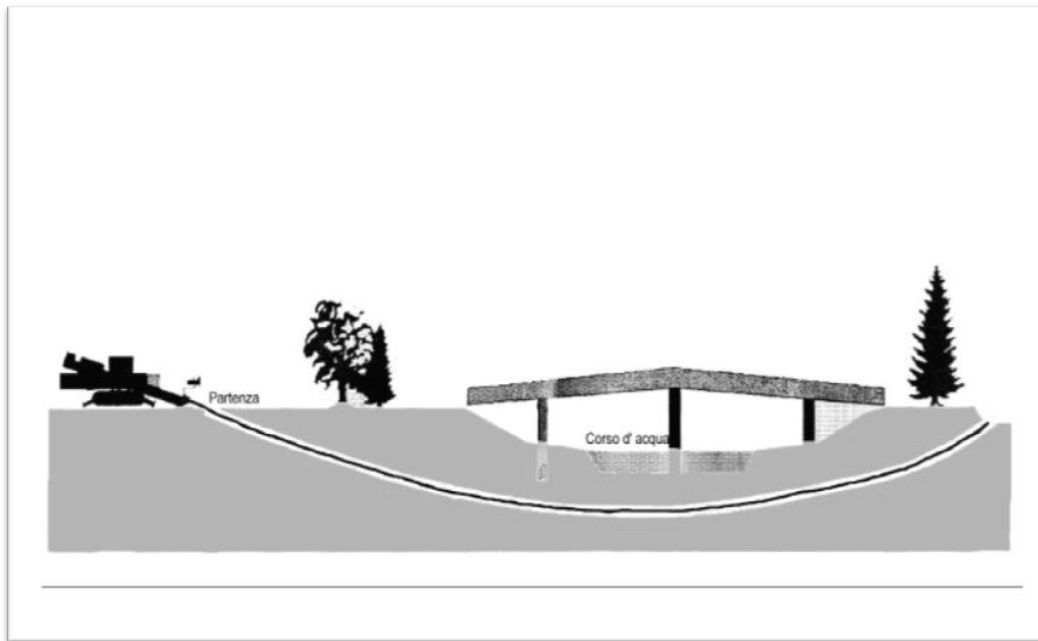
PHOTOVOLTAIC FARM S.R.L.

Progettista:

 AP engineering

Pag. 13 | 30

Gli attraversamenti sotterranei in corrispondenza dei quali non è possibile effettuare lo scavo a cielo aperto saranno 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).



*Figura 9: esempio tipico di trivellazione orizzontale controllata*

Tale soluzione potrà 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.

### 3.2. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Il tracciato della linea è stato studiato in armonia con quanto dettato dall'art.121 del T.U. 11-12-1933 n.1775, comparando le esigenze di pubblica utilità dell'opera con gli interessi sia pubblici che privati.

Nella definizione dell'opera sono stati adottati i seguenti criteri progettuali:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato sia per occupare la minor porzione possibile di territorio, sia per non superare certi limiti di convenienza tecnico economica;
- mantenere il tracciato del cavo il più possibile all'interno delle strade esistenti, soprattutto in corrispondenza dell'attraversamento di nuclei e centri abitati, tenendo conto di eventuali trasformazioni ed espansioni urbane future;
- evitare per quanto possibile di interessare case sparse e isolate, rispettando le distanze minime prescritte dalla normativa vigente;
- minimizzare l'interferenza con le eventuali zone di pregio naturalistico, paesaggistico e archeologico;

Inoltre, per quanto riguarda l'esposizione ai campi magnetici, in linea con il dettato dell'art. 4 del DPCM 08-07-2003 di cui alla Legge. n° 36 del 22/02/2001, nello studio del tracciato si è tenuto conto dell'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T del campo Induzione Magnetica.



### 3.3. PROGETTAZIONE DELLA CANALIZZAZIONE

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 caso 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);

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, procedendo come di seguito descritto:

- la prima parte del rinterro sarà eseguita con sabbia o terra vagliata successivamente irrorata con acqua in modo da realizzare una buona compattazione;
- la restante parete della trincea (esclusa la pavimentazione) sarà riempita a strati successivi di spessore non superiore a 0,3 m ciascuno utilizzando il materiale di risulta dello scavo.
- verrà ripristinata la pavimentazione stradale in conglomerato bituminoso.

La presenza dei cavi deve essere rilevabile mediante l'apposito *nastro monitore* posato a non meno di 0,2 m dall'estradosso del cavo ovvero della protezione.

Di norma non saranno previsti pozzetti o camerette di posa dei cavi in corrispondenza di giunti e derivazioni del tracciato, salvo esigenze specifiche in fase di progettazione esecutiva.

### 3.4. DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'elettrodotto di media tensione in cavo interrato a 30 kV, consentirà di collegare la cabina di raccolta dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte energetica rinnovabile, con la sezione dei media tensione a 30 kV della Sottostazione Elettrica di Utente MT/AT.

La linea si svilupperà secondo il tracciato riportato nella seguente figura:

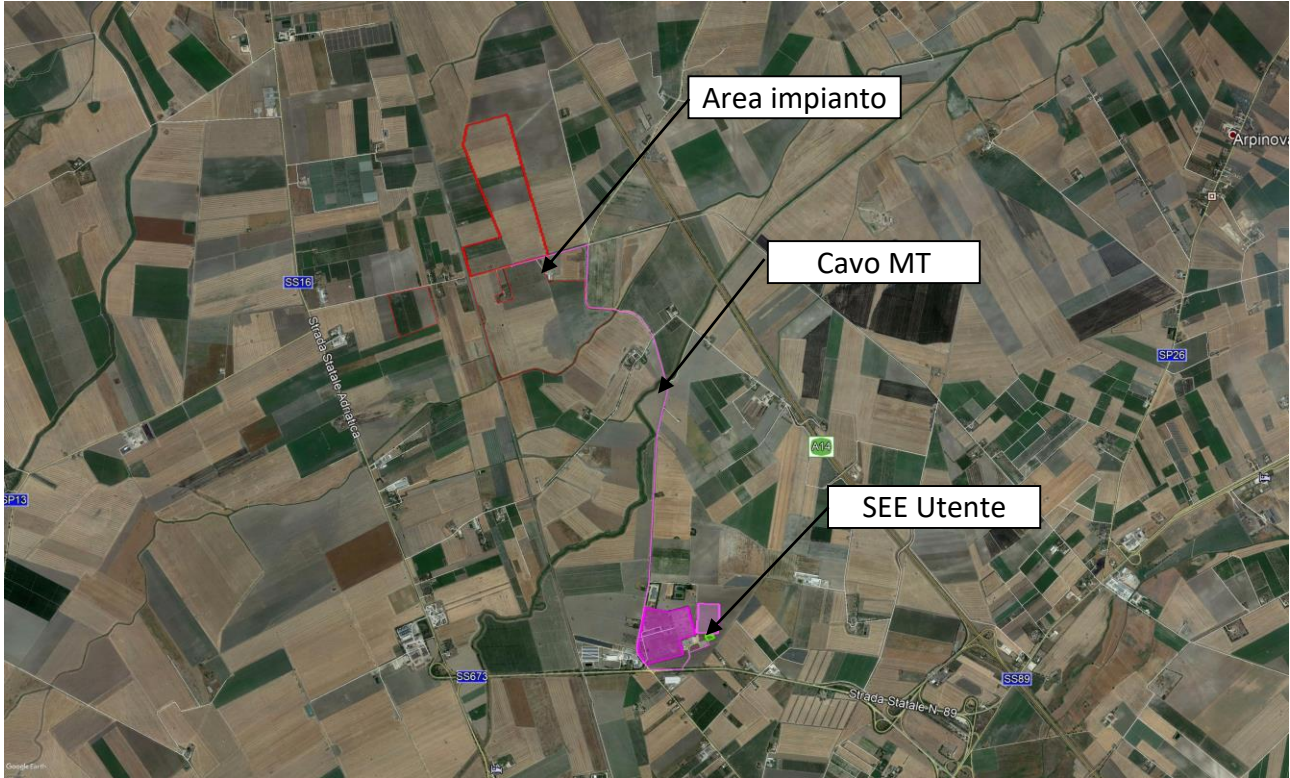


Figura 10: Stralcio percorso cavidotto

La linea sarà realizzata in **cavo tripolare ad elica visibile** per posa interrata e si svilupperà all'interno di una trincea di scavo **larga 1,20 m e profonda 1,50 m**, secondo il percorso indicato nelle tavole allegate. La profondità minima di posa per strade di uso pubblico è fissata dal Nuovo Codice della Strada ad 1 m dall'estradosso della protezione, mentre per tutti gli altri suoli e 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.

Tenendo conto delle prescrizioni normative, cautelativamente si è scelta una profondità di posa minima non **inferiore a 1,2 m** dall'estradosso del cavo, la quale consente, come vedremo, anche il rispetto dell'obiettivo di qualità fissato dal D.P.C.M. 8 luglio 2003 di 3 $\mu$ T per il campo induzione magnetica.

I cavi saranno posati direttamente nel terreno (posa diretta), previa realizzazione di un sottofondo di posa in sabbia, al fine di ridurre eventuali asperità che potrebbero danneggiare gli stessi e la presenza dei cavi elettrici verrà segnalata con apposito nastro monitore riportante la dicitura cavi elettrici. Per garantire la protezione contro eventuali sollecitazioni meccaniche, al di sopra dei cavi

Committente:

PHOTOVOLTAIC FARM S.R.L.

Progettista:



Pag. 17 | 30

sarà prevista una lastra di protezione meccanica in calcestruzzo. Questo tipo di posa offre il vantaggio di sfruttare al massimo la portata del cavo semplificandone la posa.

In alternativa, i cavi potranno essere installati all'interno di tubi protettivi opportunamente dimensionati. Rispetto alla soluzione di posa sopra descritta, 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.

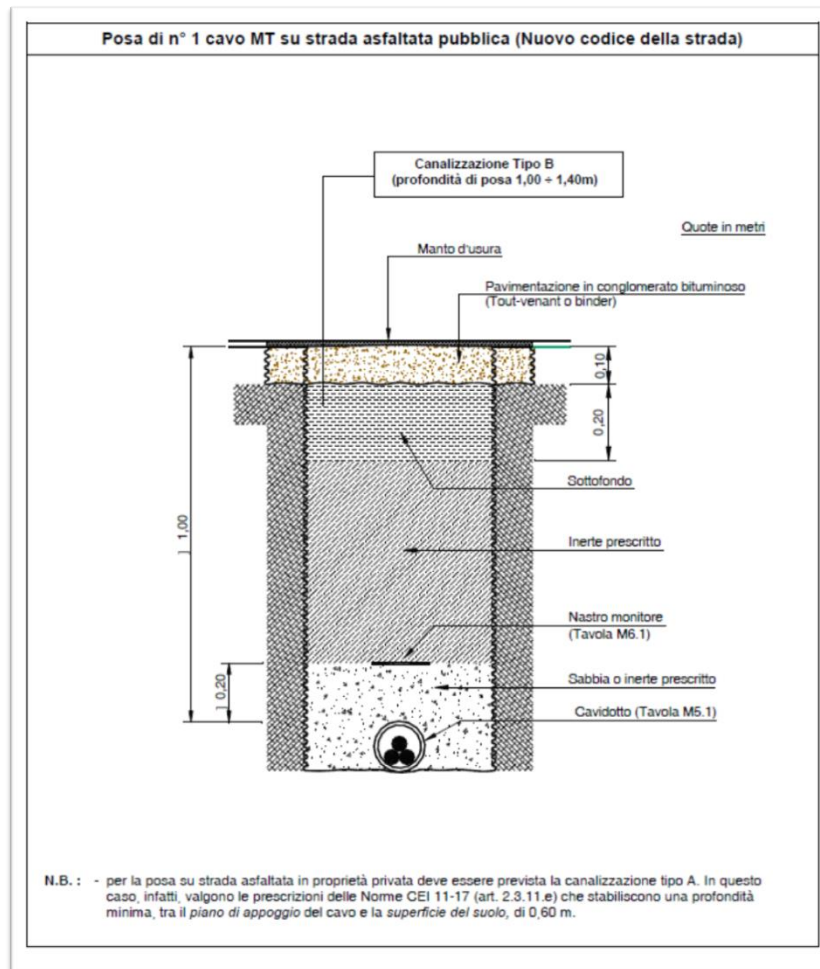


Figura 11: Posa indiretta cavi MT su strada pubblica

In quest'ultimo caso, il diametro interno del tubo e relativi accessori (curve, manicotti, ecc..) non deve essere inferiore a 1,4 volte il diametro (Norma CEI 11-17).

Per maggiori dettagli sul tracciato e sulle modalità di posa dei cavi, si rimanda alle tavole di progetto allegate.

### 3.5. CRITERIO DI DIMENSIONAMENTO DEL CAVO

La linea elettrica oggetto della presente relazione tecnica, è stata dimensionata in funzione della potenza da trasmettere, pari a 44 MW, assumendo le condizioni di posa di seguito indicate:

- profondità di posa pari a 1,2 m;
- resistività termica del terreno pari a 1°C m/W;
- temperatura di posa pari a 20°C;
- numero di circuiti presenti all'interno della stessa trincea di scavo pari a 2.

Il dimensionamento è stato eseguito applicando il criterio termico e la sezione scelta è stata verificata con il criterio della massima caduta di tensione.

In accordo con il criterio termico, la sezione del cavo è stata scelta in modo tale che nelle normali condizioni di esercizio, non sia superata la portata al limite termico stabilita dal costruttore.

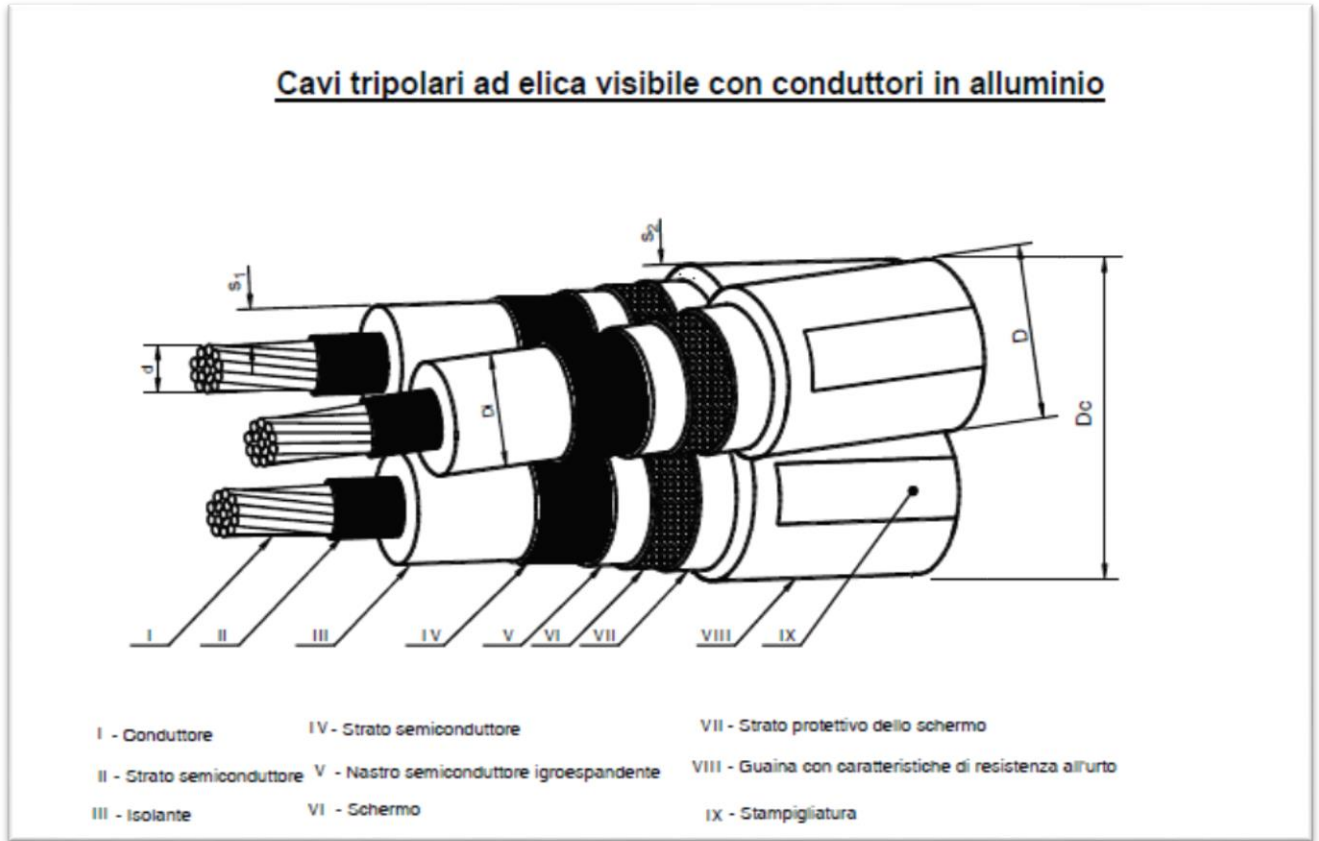
Al tal proposito, la condizione applicata ai fini del corretto dimensionamento è la seguente:

$$I_b \leq I_z$$

dove:

- $I_b$  è la corrente di impiego corrispondente alla potenza in immissione dell'impianto;
- $I_z$  è la portata del cavo dichiarata dal Costruttore.

In fase di progettazione definitiva, si è scelto di utilizzare **cavi tripolari ad elica visibile** per posa interrata **ARE4H5EX 18/30kV**, i quali, grazie alla distanza tra le fasi e alla loro continua trasposizione dovuta alla cordatura, consentono il rispetto dell'obiettivo di qualità di 3μT fissato dal DPCM 8 luglio 2003 per il campo induzione magnetica, a brevissima distanza dall'asse del cavo stesso.



*Figura 12: cavi tripolari ad elica visibile per posa interrata*

Considerando che l'impianto ha una potenza in immissione di circa 44 MW e che la linea sarà elettrificata a 30kV, la corrente di impiego nelle condizioni di esercizio più gravose vale circa 847 A.

Consultando i cataloghi tecnici dei cavi, la prima formazione con sezione commerciale che consente di soddisfare il criterio di dimensionamento applicato è quella di una doppia terna da 500 mm<sup>2</sup>. Ciò nonostante, non conoscendo a priori il valore della resistività termica del terreno e nell'ottica di limitare la caduta di tensione a valori non superiori al 4%, prudenzialmente è stata scelta formazione con sezione in doppia terna da **630 mm<sup>2</sup>**, salvo ulteriore verifica in fase di progettazione esecutiva.



Nome	Capacità nominale [µF / km]	Reattanza di fase a 50 Hz a trifoglio [Ohm/km]	Massima resistenza el. del cond. a 20°C in c.c. [Ohm/km]	Resistenza el. del cond. a 90°C in c.a. - trifoglio [Ohm/km]	Portata di corrente cavi in aria a 30°C - trifoglio [A]	Portata di corrente cavi interrati a 20°C - trifoglio [A]	Corrente di corto circuito nel conduttore 1s [kA]
ARE4H5E(X) 18/30 kV 240 mm <sup>2</sup> SK1	0,28	0,114	0,125	0,161	501	410	22,7
ARE4H5E(X) 18/30 kV 300 mm <sup>2</sup> SK1	0,304	0,11	0,1	0,129	574	463	28,3
ARE4H5E(X) 18/30 kV 400 mm <sup>2</sup> SK1	0,335	0,106	0,0778	0,101	669	530	37,8
ARE4H5E(X) 18/30 kV 500 mm <sup>2</sup> SK1	0,363	0,102	0,0605	0,08	777	604	47,2
ARE4H5E(X) 18/30 kV 630 mm <sup>2</sup> SK1	0,396	0,098	0,0469	0,063	901	687	59,5

Tabella 1: caratteristiche elettriche del cavo elettrico scelto

**Sezione: 2x[3x(1x630)] mm<sup>2</sup>**

**U<sub>0</sub>/U = 18/30 kV**

**U<sub>max</sub> = 36 kV**

**I<sub>zo</sub> = 2x (687 A)**

Lungo lo sviluppo della linea, in media ogni 250/300 m, è prevista la realizzazione di giunti di media tensione, di collegamento tra le varie pezzature di cavo.

Essi saranno costituiti da materiali simili o comunque compatibili con quelli del cavo stesso su cui saranno installati.

Essi dovranno provvedere:

- alla connessione dei conduttori di due pezzature di cavo mediante manicotti metallici chiamati connettori;
- all'isolamento del conduttore e al ripristino dei vari elementi del cavo;
- al mantenimento della continuità elettrica tra eventuali schermi metallici dei cavi;
- alla protezione dell'ambiente nel quale il giunto verrà posato.

Committente:

PHOTOVOLTAIC FARM S.R.L.

Progettista:



Pag. 21 | 30

Dato che le diverse pezzature di cavo appartenenti alla stessa linea presentano le stesse caratteristiche, in fase esecutiva verranno utilizzati giunti dritti come quelli rappresentati in figura:

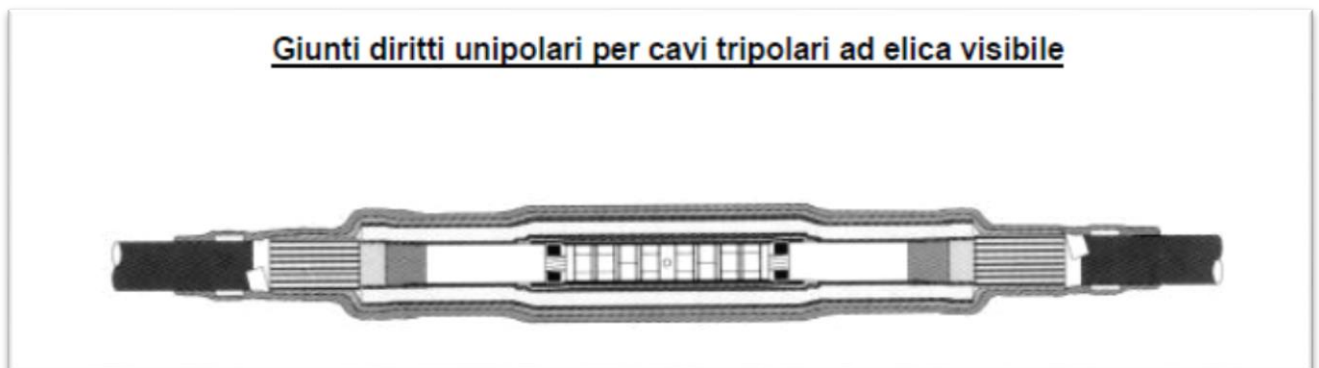


Figura 13: giunti unipolari dritti per cavi elettrici di media tensione

Alle estremità della linea è previsto l'uso di terminali unipolari per interno con capocorda, come quelli di seguito rappresentati:

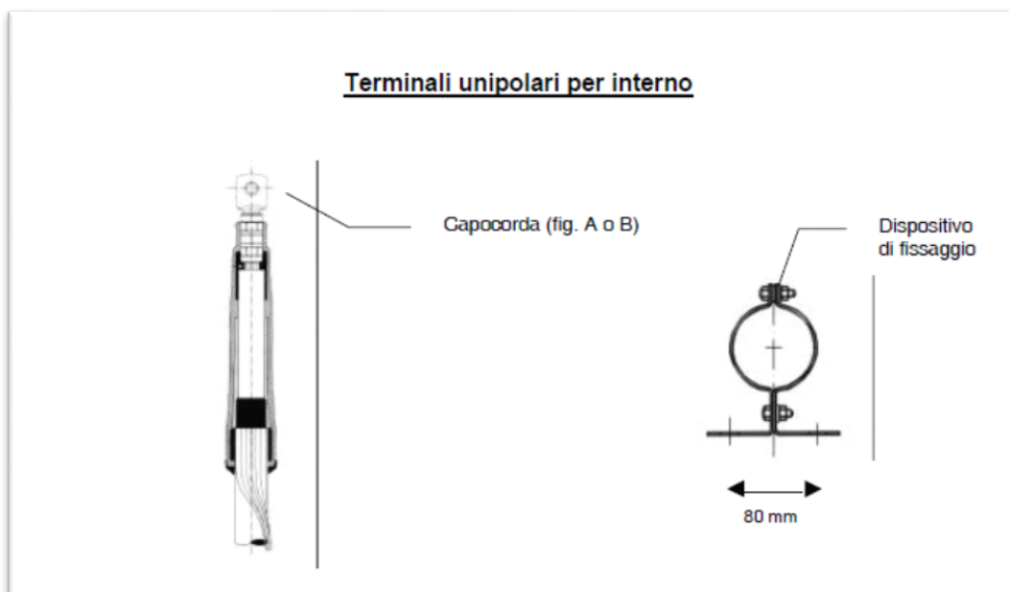


Figura 14: terminali unipolari per interno con capocorda

I quali provvederanno:

- alla connessione dei conduttori con le apparecchiature;
- al controllo del campo elettrico;
- alla sigillatura del cavo contro l'eventuale penetrazione di acqua o umidità.

Gli schermi dei cavi MT saranno 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, verrà interrotta la continuità metallica dello schermo.

Ciò si potrà realizzare mediante l'esecuzione di appositi giunti di interruzione dello schermo.

### 3.6. CRITERIO DI VERIFICA DEI CAVI

Una volta individuata la sezione commerciale in accordo con il criterio termico, sono state condotte le seguenti verifiche:

- caduta di tensione;
- tenuta termica alle correnti di forti intensità e di breve durata.

#### 3.6.1. CALCOLO DELLA 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.

Ciò nonostante, è stata fatta la verifica applicando la formula di seguito riportata:

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

dove:

- V = tensione di linea [V];
- $\Delta v$  = caduta di tensione specifica, [V/km A];
- $\ell$  = lunghezza della linea [km];
- I = corrente di impiego [A].
- r = resistenza specifica [W/km];
- x = reattanza specifica [W/km].

Tenendo conto delle caratteristiche elettriche del cavo scelto, della corrente di impiego e della lunghezza della linea (5815 m circa), attraverso l'applicazione della formula sopra riportata è stata valutata la caduta di tensione la quale, nelle condizioni di esercizio più gravose, risulta non superiore al 4%.

### 3.6.2. TENUTA TERMICA AL CORTOCIRCUITO

La sezione scelta, è stata verificata anche dal punto di vista della sollecitazione termica prodotta dalla corrente di cortocircuito in occasione di guasto. È necessario infatti verificare che le correnti di guasto, non determinino delle temperature eccessive nei conduttori e nell'isolante.

Per la suddetta verifica è stata applicata la relazione di seguito riportata:

$$S \geq \frac{I}{K} \times \sqrt{t}$$

dove:

- S è la sezione del cavo scelto;
- K è un coefficiente che dipende dal tipo di materiale costituente l'anima del cavo;
- I è la corrente di cortocircuito trifase netto, valutata in corrispondenza delle sbarre MT della Sottostazione Elettrica di Utanza MT/AT;
- t è il tempo di intervento del dispositivo di protezione installato sul montante MT arrivo linea dal campo fotovoltaico del quadro elettrico generale di media tensione della Sottostazione Elettrica di Utanza.

In questa fase della progettazione, considerando che non è stato ancora predisposto il **regolamento di esercizio** tra il Produttore e il Gestore di Rete e pertanto non è stato ancora comunicato ufficialmente da Terna il valore della corrente di guasto in corrispondenza del punto di connessione in occasione di cortocircuito trifase netto, è stata prudenzialmente considerata un valore di corrente di cortocircuito sulle sbarre MT della Sottostazione Elettrica di Utanza pari a 16 kA e un tempo di intervento del dispositivo di protezione pari a 2 sec. Sotto questa ipotesi, applicando la precedente relazione, si ottiene il valore di sezione al di sotto della quale la protezione non è più garantita:

$$S \geq 245,95 \text{ mm}^2$$

a cui corrisponde una sezione commerciale di 300 mm<sup>2</sup>. Considerando che la linea è stata dimensionata in funzione della potenza da trasmettere e che è stato scelto un **cavo tripolare ad elica visibile per posa interrata ARE4H5EX in formazione 2x [3x(1x630)] mm<sup>2</sup>**, possiamo affermare che è stata dimensionata correttamente.

### 3.7. CAMPI ELETTROMAGNETICI

#### 3.7.1. PREMESSA

Agli effetti dell'esposizione del corpo umano ai campi elettrici e magnetici generati dalla linea durante l'esercizio, si è fatto riferimento ai provvedimenti legislativi di seguito indicati:

- la Legge Quadro 22 febbraio 2001, n. 36 sulla protezione dall'esposizione a campi elettrici magnetici e elettromagnetici (da 0 Hz a 300 GHz), pubblicata sulla G.U. n. 55 del 7 marzo 2001;
- il Decreto (attuativo della legge summenzionata) del Presidente del Consiglio Dei Ministri 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti" (pubblicato su G.U. n. 200 del 29-8-2003).

#### 3.7.2. CAMPI ELETTRICI DOVUTI A CAVI SCHERMATI

L'utilizzo di cavi schermati è sufficiente a ridurre il campo elettrico a livelli trascurabili.

#### 3.7.3. CAMPI MAGNETICI DOVUTI A LINEE IN CAVO INTERRATO

Per i metodi di calcolo dei campi magnetici generati dalle linee durante l'esercizio, si è fatto riferimento alla Norma CEI 211-4 relativa alle linee aeree, ma utilizzabile anche nel caso di cavi interrati.

Per la misura e la valutazione dei campi magnetici a bassa frequenza, con riferimento all'esposizione umana ad essi, si è fatto riferimento alla Guida CEI 211-6.

Il profilo trasversale del campo magnetico, misurato a 1 m dal piano di calpestio, generato dalle linee in cavo interrate ha un andamento del tipo indicato nelle figure seguenti, dove:

- le curve della figura 14 si riferiscono a linee trifasi con conduttori distanziati tra loro di 0,20 m posati rispettivamente a 1,00 m, 1,50 m e a 2,00 m di profondità, paralleli tra loro e alla superficie di calpestio; la corrente di ogni fase è di 200 A;
- le tre curve di figura 15 sono riferite a linee con le tre fasi disposte a trifoglio e distanti tra loro 0,05 m, con profondità e corrente per fase di cui alla precedente figura.

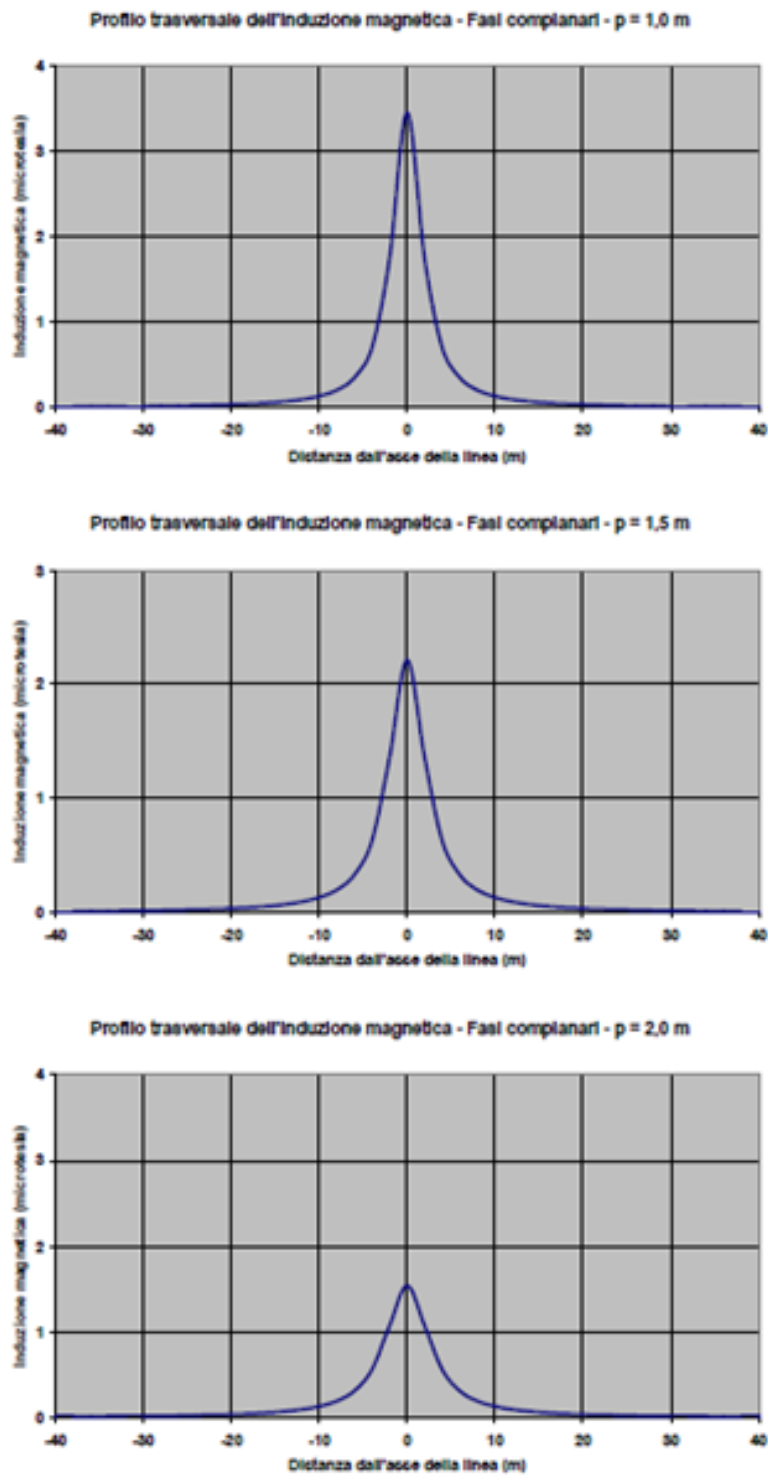


Figura a)

Figura 15: Figura a) tratta dalla Norma CEI 11-17

Committente:

PHOTOVOLTAIC FARM S.R.L.

Progettista:



Pag. 26 | 30

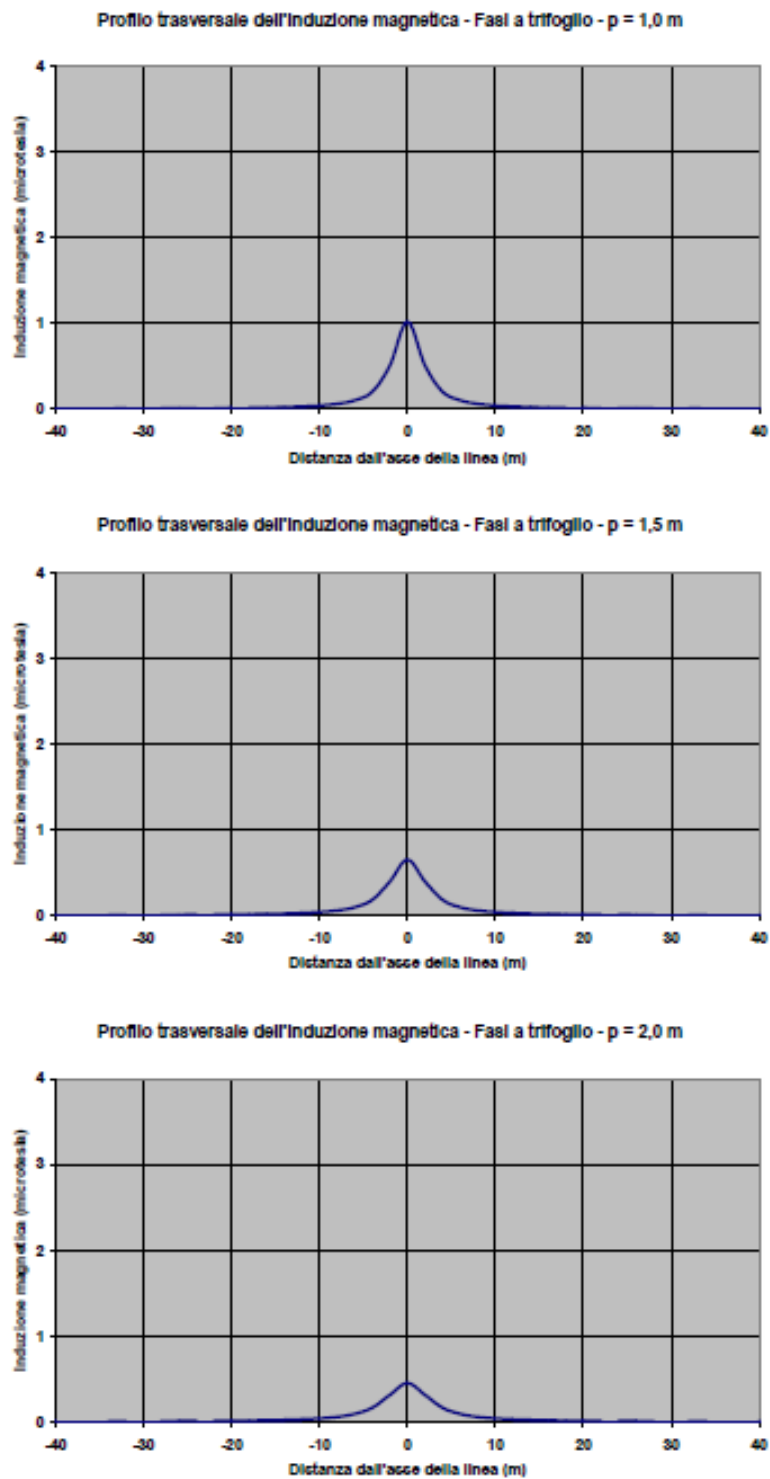


Figura b)

Figura 16: Figura b) tratta dalla Norma CEI 11-17

L'analisi dei grafici sopra rappresentati, mostra che l'intensità del campo magnetico generato decresce rapidamente con la distanza e che l'incremento della profondità di posa e l'avvicinamento delle fasi e la loro disposizione a trifoglio, a parità di altre condizioni, attenua il campo.

**Al contrario, nel caso di linea in doppia terna, a parità di profondità di posa, la configurazione con le fasi disposte in piano e a contatto è, in genere, migliore di quella a trifoglio, se le fasi delle due terne sono disposte in maniera ottimale, soprattutto per quanto riguarda i valori di induzione magnetica ad una certa distanza dall'asse della linea. Inoltre, in questi casi, anche la distanza tra le due terne rappresenta un fattore importante ai fini della mitigazione del campo magnetico. I risultati di calcolo riportati nella figura seguente, tratta dalla Norma CEI 106-11, illustrano tali affermazioni ed evidenziano come, nel caso della posa a trifoglio, i valori dell'induzione magnetica diminuiscano all'aumentare della distanza tra le due terne, mentre con la posa in piano si verifici esattamente l'opposto.**

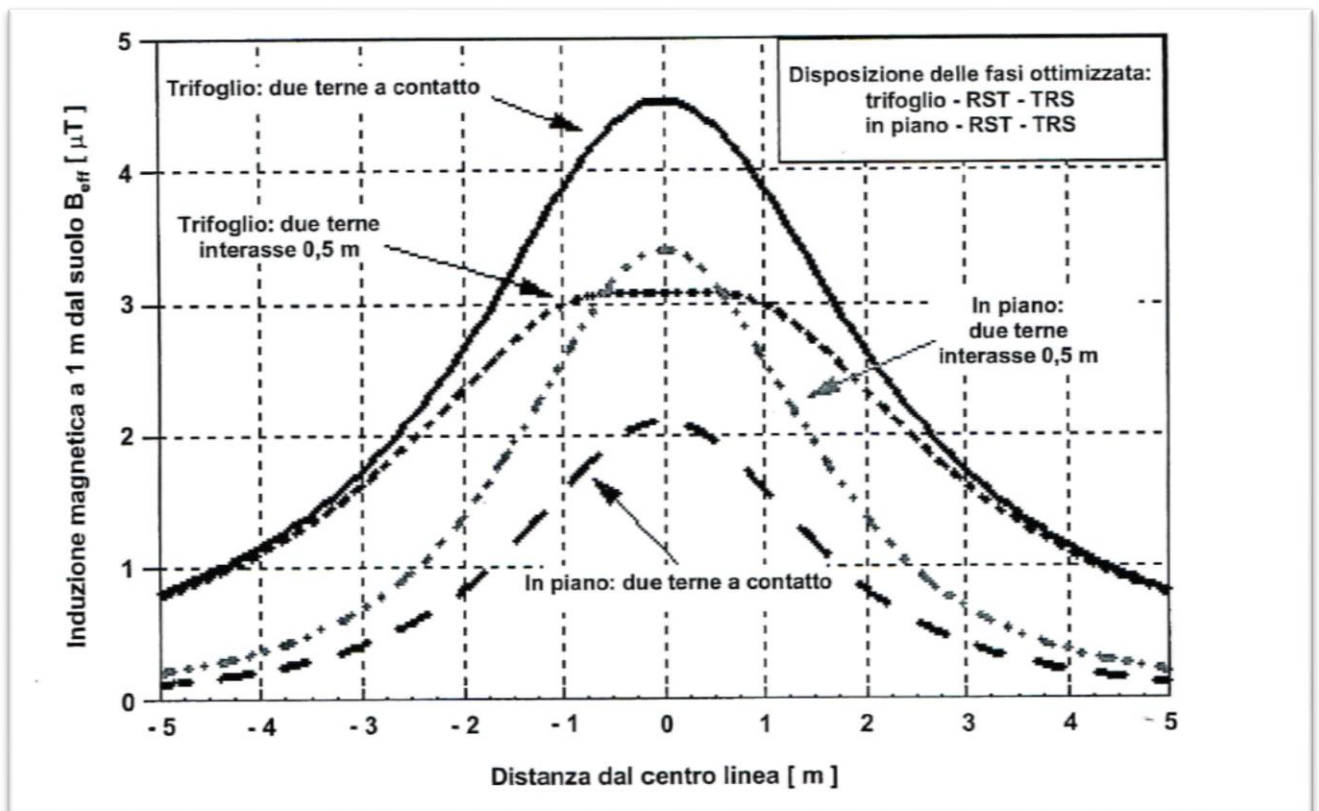


Figura 17: Diagramma campo magnetico

L'esempio riportato sopra dimostra inoltre come, nel caso dei cavi disposti in doppia terna, le combinazioni dei parametri geometrici ed elettrici che entrano in gioco nella determinazione della distribuzione del campo magnetico siano in pratica più numerose e/o maggiormente modificabili di quelle precedentemente individuate per tipiche linee elettriche aeree. Infatti, come è facilmente intuibile, esiste una maggior libertà nella scelta della geometria di posa delle due terne e nella disposizione delle fasi dei cavi.

Nel caso in esame, come specificato al paragrafo 5 della presente relazione, in fase di progettazione definitiva si è scelto di utilizzare **cavi tripolari ad elica visibile** ARE4H5EX adatti per posa interrata:

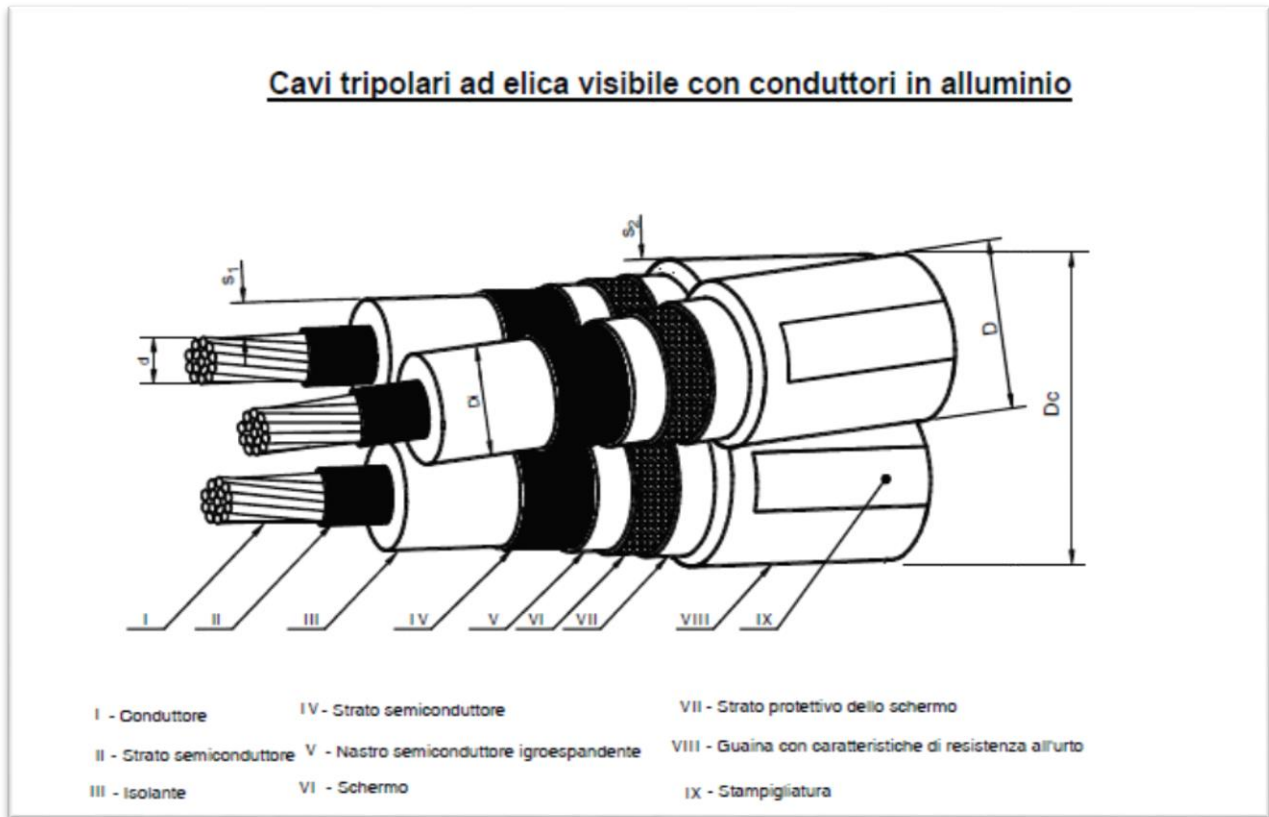


Figura 18: cavi tripolari ad elica visibile

***L'utilizzo di cavi unipolari avvolti reciprocamente a spirale, fa sì che l'obiettivo di qualità di  $3\mu T$  fissato dal D.P.C.M. 08/07/2003, venga raggiunto a brevissima distanza dall'asse del cavo stesso ( $50\div 80cm$ ), grazie alla ridotta distanza tra le fasi e alla loro continua trasposizione dovuta alla cordatura. Inoltre, considerando che la profondità di posa prevista è di 1,20 m, a livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a  $3\mu T$ , pertanto per questa tipologia di cavi non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque.***



Per esempio, quanto sopra descritto, trova riscontro nella guida e-Distribuzione “Linee guida per l’applicazione del paragrafo 5.1.3 dell’Allegato al DM 29.05.08 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee elettriche e cabine elettriche”, con particolare riferimento alle linee elettriche di distribuzione di media tensione di e-Distribuzione:

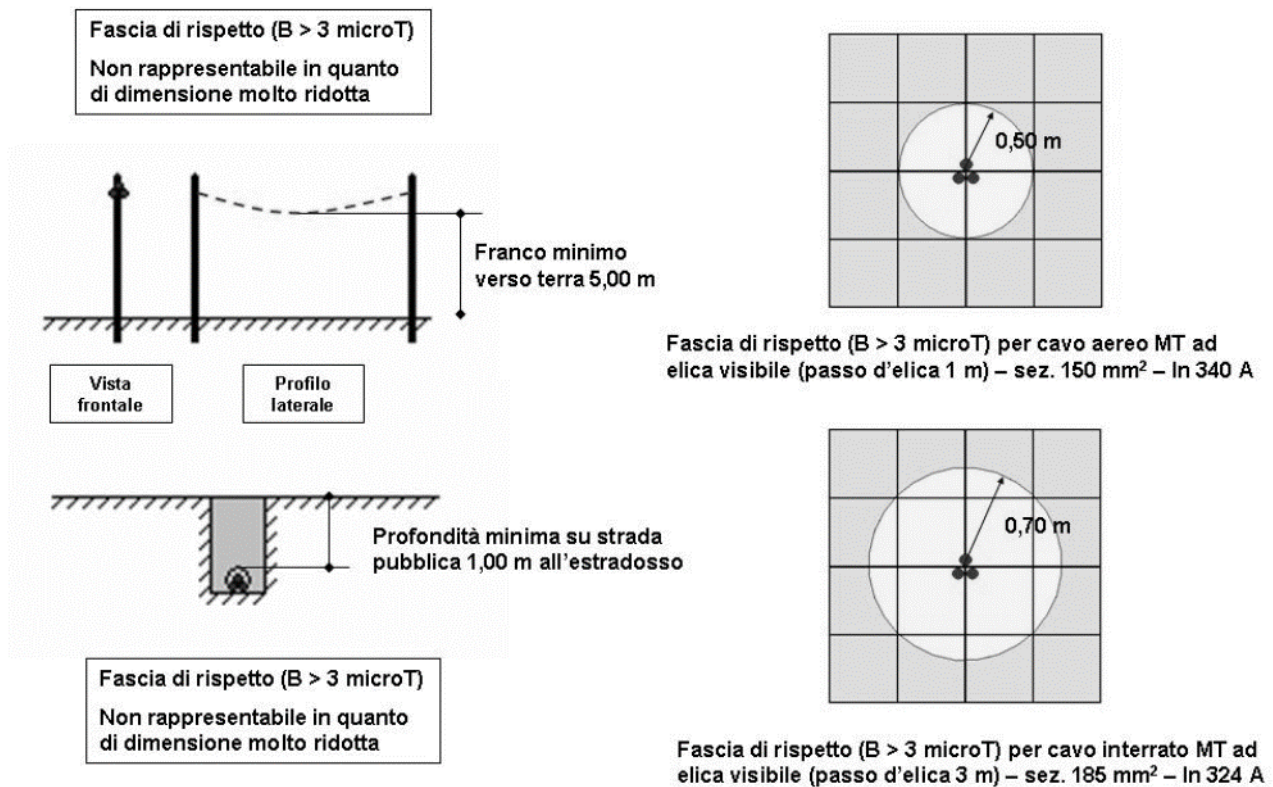


Figura 19: Fasce di rispetto linee elettriche in cavo tripolare ad elica e cabine elettriche di distribuzione