

<b>COMMITTENTE</b> WPD Piano d'Ertilia S.r.l. Via Aventino, 102 - Roma (RM)		 <b>3E Ingegneria srl</b>	<b>COD. ELABORATO</b> 036.19.01.R.01
<b>ELABORAZIONI</b> I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l. con socio unico - Via Santa Margherita 4, 09124 Cagliari Tel./Fax +39.070.658297 Web www.iatprogetti.it	<b>PAGINA</b> 1 di 2		

## REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DA 50.4 MW IN LOCALITÀ "MAMONE"

- COMUNI DI BITTI (NU) E BUDDUSÒ (SS) -



<b>OGGETTO</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO OPERE ELETTRICHE</b>		<b>TITOLO</b> <b>PIANO TECNICO DELLE OPERE</b>			
<b>PROGETTAZIONE</b> 3E Ingegneria S.r.l. Via G.Volpe n°92-56121-Ospedaletto-Pisa Tel.:050/44428-Fax.:050/2208475 <a href="http://www.3eingegneria.it">www.3eingegneria.it</a> e-mail: <a href="mailto:info@3eingegneria.it">info@3eingegneria.it</a> ING. GIOVANNI ANTONIO SARACENO					
Cod. pratica 2019/0183		Nome File: <b>036.19.01.R.01</b> - Piano tecnico delle opere - Impianto eolico_r01 (copertina)			
1	Luglio 2020	Modificato layout impianto eolico	Pardini	Saraceno	Saraceno
0	Gennaio 2020	Emissione	Daidone	Saraceno	Saraceno
	<b>DATA</b>	<b>DESCRIZIONE</b>	<b>ESEG.</b>	<b>CONTR.</b>	<b>APPR.</b>
Disegni, calcoli, specifiche e tutte le altre informazioni contenute nel presente documento sono di proprietà della I.A.T. Consulenza e progetti s.r.l. Al ricevimento di questo documento la stessa diffida pertanto di riprodurlo, in tutto o in parte, e di rivelarne il contenuto in assenza di esplicita autorizzazione.					



## INDICE

<b>1</b>	<b>OGGETTO E SCOPO</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORME TECNICHE</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'IMPIANTO</b> .....	<b>5</b>
3.1	Generalità .....	5
3.2	Descrizione del tracciato .....	6
3.2.1	Descrizione dell'opera .....	6
3.2.2	Comuni e Province interessate .....	7
3.2.3	Attraversamenti .....	7
3.3	Caratteristiche dei cavi MT .....	7
3.4	Fibre ottiche .....	8
3.4.1	Caratteristiche tecniche .....	8
<b>4</b>	<b>PROGETTAZIONE DELLA CANALIZZAZIONE</b> .....	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>GIUNZIONI, TERMINAZIONI ED ATTESTAZIONI</b> .....	<b>11</b>
5.1	Giunzione cavi MT .....	11
5.2	Terminazione ed attestazione cavi MT .....	11
5.3	Terminazione ed attestazione cavi in fibra ottica .....	11
<b>6</b>	<b>MODALITÀ DI POSA</b> .....	<b>13</b>
6.1	Generalità .....	13
6.2	Modalità di posa dei cavi MT .....	13
6.2.1	Posa dei cavi direttamente interrati .....	13
6.3	Modalità di posa dei conduttori di terra.....	15
6.4	Modalità di posa della fibra ottica.....	15
6.5	Coesistenza tra cavi elettrici ed altre condutture interrate.....	16
6.5.1	Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici .....	16
6.5.2	Incroci tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione .....	16
6.5.3	Parallelismo tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione.....	17
6.5.4	Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche interrate.....	17
<b>7</b>	<b>CALCOLO DEI CAMPI MAGNETICI</b> .....	<b>19</b>
7.1	Campi magnetici .....	19
7.2	Campi elettrici.....	21



## 1 OGGETTO E SCOPO

Scopo del presente documento è quello di definire le caratteristiche dei cavidotti di collegamento (cavidotti interni), in Media Tensione, dagli aerogeneratori del parco eolico, sito nel Comune di Bitti nella provincia di Nuoro e Buddusò, nella provincia di Sassari (SS), alla nuova stazione d'utenza (150/30 kV) (SSE di Utenza), denominata BITTI, per il collegamento dell'impianto alla RTN. La nuova stazione di utenza, ubicata nel territorio comunale di Buddusò, sarà collegata tramite un cavidotto in Alta Tensione alla nuova stazione RTN a 150 kV (SE di Rete) denominata Buddusò, immediatamente a est di questa. La SE di Rete sarà collegata in entra-esce sulle linee esistenti a 150 kV "Buddusò-Siniscola" a est e "Buddusò-Bono" a ovest.

L'impianto è costituito da 15 aerogeneratori di potenza pari a 3,36 MW per una potenza massima complessiva di 50,4 MW.

Ogni aerogeneratore è collegato con un cavo in media tensione (30 kV) all'aerogeneratore successivo, secondo quanto riportato nello schema unifilare allegato, fino a raggiungere la stazione d'utenza (30/150 kV) sopra detta la quale, tramite un trasformatore MT/AT, convoglia l'energia prodotta dal parco eolico alla nuova SE di Rete a 150 kV Buddusò.

Nel seguito vengono fornite le prescrizioni tecniche per la realizzazione delle linee elettriche sopra elencate.

036.19.01.R.01	1	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.- Sh.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Luglio 2020	3	21



## 2 NORME TECNICHE

- [1] Norma CEI 7-1 "Corde di rame"
- [2] Norma CEI 11-1 "Impianti elettrici con tensione superiore ad 1kV in corrente alternata"
- [3] Norma CEI 11-17 "Norme per gli impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica, linee in cavo"
- [4] Norma CEI 20-13 "Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 kV a 30 kV"
- [5] Norma CEI 20-16 "Cavi - Misura delle scariche parziali"
- [6] Norma CEI 20-21 "Cavi - Calcolo delle portate dei cavi elettrici"
- [7] Norma CEI 20-22 "Prova dei cavi non propaganti l'incendio"
- [8] Norma CEI 20-27 "Cavi per energia e per segnalamento - Sistema di designazione"
- [9] Norma CEI 20-29 "Conduttori per cavi isolati"
- [10] Norma CEI 20-36 "Prove di resistenza al fuoco dei cavi elettrici"
- [11] Norma CEI 20-37 "Prove sui gas emessi durante la combustione di cavi elettrici"

036.19.01.R.01	1	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.- Sh.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Luglio 2020	4	21



### 3 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'IMPIANTO

#### 3.1 Generalità

L'impianto eolico Piano d'Ertilia è costituito da 15 (quindici) aerogeneratori, ciascuno dei quali comprende un generatore asincrono trifase ( $V=690V$ ,  $P_{max}=3360\text{ kW}$ ) collegato al rispettivo trasformatore MT/BT di macchina ( $30/0.69kV$ ,  $S_n=3600\text{ kVA}$ ). I quindici gruppi di generazione sono stati suddivisi in due sottocampi aventi rispettivamente la potenza di 30,24 MW (sottocampo 1) e 20,16 MW (sottocampo 2). Le motivazioni che portano alla necessità di suddividere l'impianto in sottocampi sono le seguenti:

- la sezione e quindi la dimensione dei cavi di interconnessione fra i vari generatori risulta ridotta facilitandone la posa;
- in caso di disservizio di un sottocampo, l'impianto può continuare la produzione nella parte restante dei sottocampi, con una perdita di produttività relativamente contenuta.

Gli aerogeneratori sono tra loro connessi attraverso una linea in media tensione a 30 kV, realizzata in cavo con collegamento di tipo "entra-esci". L'energia prodotta dai due sottocampi sopra detti viene convogliata direttamente alla stazione d'utenza (30/150 kV) la quale, tramite un trasformatore MT/AT ed un cavidotto in AT, la convoglia successivamente alla nuova SE di Rete Buddusò.

Ogni aerogeneratore è dotato di tutte le apparecchiature e circuiti di potenza nonché di comando, protezione, misura e supervisione relativi alle macchine fino al quadro MT compreso.

L'impianto elettrico in oggetto comprende sistemi di categoria 0, I, II e III ed è esercito alla frequenza di 50 Hz. Si distinguono le seguenti parti:

- il sistema AT a 150 kV c.a., esercito con neutro a terra;
- il sistema MT a 30 kV c.a., esercito con neutro isolato;
- il sistema BT a 690 V c.a., esercito con neutro a terra (montante aerogeneratore);
- il sistema BT a 400 V c.a., esercito con neutro a terra (servizi ausiliari BT);
- Il sistema a 110 V c.c., per l'alimentazione dei servizi ausiliari della centrale eolica.

La centrale è pertanto composta dalle seguenti strutture:

n°1 stazione d'utenza

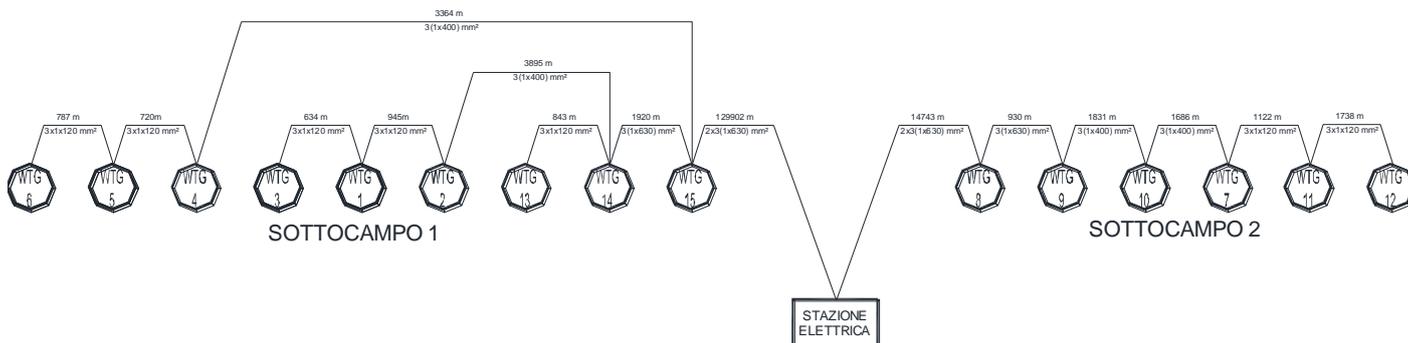
n°15 aerogeneratori

Nella seguente Figura 3.1 è riportato lo schema unifilare semplificato dell'impianto.

036.19.01.R.01	1	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.- Sh.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Luglio 2020	5	21



### SCHEMA DI COLLEGAMENTO WTG



**Figura 3.1: schema unifilare semplificato dell'impianto eolico Piano d'Ertilia**

## 3.2 Descrizione del tracciato

Il tracciato dell'elettrodotto in oggetto, riportato nell'allegata corografia in scala 1:5.000, è stato studiato secondo quanto previsto dall'art. 121 del T.U. 11/12/1933 n°1775, comparando le esigenze della pubblica utilità dell'opera con gli interessi sia pubblici che privati coinvolti.

Tale tracciato avrà una lunghezza complessiva di circa 33 km, ricadente nel Comuni di Bitti nella provincia di Nuoro e Buddusò, nella provincia di Sassari.

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;
- evitare di interessare 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 zone di pregio naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- transitare su aree di minore pregio interessando prevalentemente aree agricole e sfruttando la viabilità di progetto dell'impianto eolico.

### 3.2.1 Descrizione dell'opera

Il collegamento in cavo in esame segue per quanto possibile l'andamento di strade asfaltate e sterrate presenti nel sito. I cavidotti tra gli aerogeneratori si estendono per una lunghezza complessiva di circa 33 km e sono suddivisi in 8 diverse tipologie di posa di cui 5 per strade sterrate e 3 per strade asfaltate. Le 4 tipologie utilizzate per le strade sterrate sono le seguenti: circa 9,1 km sono costituiti da cavidotti con sezione di tipo "A" (1 cavo per scavo), circa 3 km da cavidotti con sezione di tipo "B" (2 cavi per scavo), circa 2,2 km da cavidotti con sezione di tipo "C" (3 cavi per scavo) e circa 0,8 km da

036.19.01.R.01	1	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.- Sh.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Luglio 2020	6	21



cavidotti con sezione di tipo "D" (4 cavi per scavo) e circa 9,5 km da cavidotti con sezione di tipo "D1" (4 cavi per scavo). Le 3 tipologie utilizzate per le strade asfaltate sono le seguenti: circa 1,9 km sono costituiti da cavidotti con sezione di tipo "AA" (1 cavo per scavo), circa 4,0 km da cavidotti con sezione di tipo "BA" (2 cavi per scavo) e circa 2,6 km da cavidotti con sezione di tipo "DA1" (4 cavi per scavo). Il tracciato dei cavidotti con tutte le sezioni di posa utilizzate è mostrato nelle planimetrie allegate (vedi tav. "036.19.01.W04"-Tracciato Cavidotti su CTR).

### 3.2.2 Comuni e Province interessate

PROVINCE: Nuoro e Sassari

COMUNI (NU): Bitti, Onani

COMUNI (SS): Buddusò

### 3.2.3 Attraversamenti

L'elenco delle opere attraversate dal cavidotto che realizza il collegamento tra cabina di impianto e stazione di utenza è riportato nell'elaborato allegato dove gli attraversamenti sono individuati con un numero d'ordine riportato nella già citata corografia.

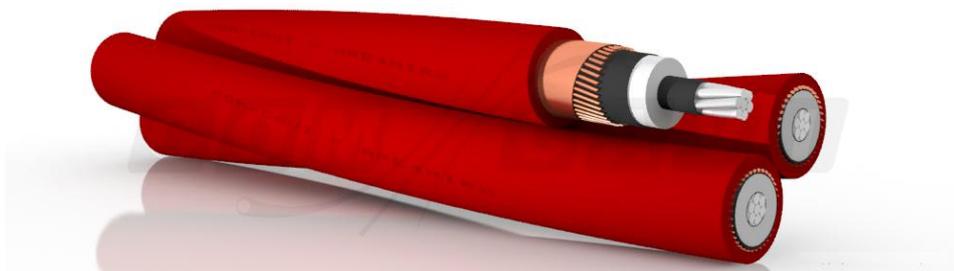
## 3.3 **Caratteristiche dei cavi MT**

I cavi per le linee MT avranno le seguenti caratteristiche di massima:

- Designazione: ARE4H1R(X)-Al
- Tripolari a spirale visibile con isolamento XLPE e guaina di PVC
- Conduttori a corda rotonda compatta di classe 2 di alluminio.
- Grado di isolamento : 18/30 kV
- Sezione nominale  $\geq 95 \text{ mm}^2$
- Tensione nominale: 30 kV
- Corrente massima di esercizio: 1021 A (\*) calcolata con  $\cos\phi=0,95$
- Potenza Nominale: 50,4 MW (\*)
- Frequenza Nominale: 50 Hz

(\*) riferita alla producibilità massima totale dell'impianto

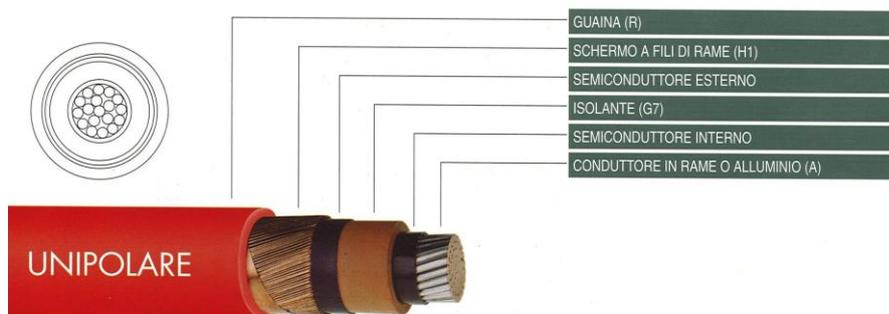
Nella figure seguenti sono riportate delle composizioni tipiche dei cavi.



036.19.01.R.01	1	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.- Sh.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Luglio 2020	7	21

 <b>3E Ingegneria S.r.l.</b> PISA	<b>- Piano d'Ertilia -</b> <b>- Cavidotti di coll. alla stazione d'utenza -</b> OGGETTO / SUBJECT	 CLIENTE / CUSTOMER
--	---	---

**Figura 3.2: composizione tipica cavo tripolare ad elica visibile (ARE4H1RX-AI)**



**Figura 3.3: composizione tipica cavo unipolare (ARE4H1R-AI)**

Essi saranno distribuiti come di seguito riportato.

Sottocampo n. 1

Da	a	D [m]	n° WTG	U(kV)	Ib [A]	Cavo	vie parall.	S [mm2]
WTG3	WTG1	634	1	30	<b>71.85</b>	A RE4H1RX-AI	1	3 x 1 x 120
WTG1	WTG2	945	2	30	<b>143.70</b>	A RE4H1RX-AI	1	3 x 1 x 120
WTG2	WTG14	3895	3	30	<b>215.54</b>	A RE4H1R-AI	1	1 x 400
WTG13	WTG14	843	1	30	<b>71.85</b>	A RE4H1RX-AI	1	3 x 1 x 120
WTG14	WTG15	1920	5	30	<b>359.24</b>	A RE4H1R-AI	1	1 x 630
WTG6	WTG5	787	1	30	<b>71.85</b>	A RE4H1RX-AI	1	3 x 1 x 120
WTG5	WTG4	720	2	30	<b>143.70</b>	A RE4H1RX-AI	1	3 x 1 x 120
WTG4	WTG15	3364	3	30	<b>215.54</b>	A RE4H1R-AI	1	1 x 400
WTG15	CABINA	12902	9	30	<b>646.63</b>	A RE4H1R-AI	2	1 x 630

Sottocampo n. 2

Da	a	D [m]	n° WTG	U(kV)	Ib [A]	Cavo	vie parall.	S [mm2]
WTG12	WTG11	1738	1	30	<b>71.85</b>	A RE4H1RX-AI	1	3 x 1 x 120
WTG11	WTG7	1122	2	30	<b>143.70</b>	A RE4H1RX-AI	1	3 x 1 x 120
WTG7	WTG10	1686	3	30	<b>215.54</b>	A RE4H1R-AI	1	1 x 400
WTG10	WTG9	1831	4	30	<b>287.39</b>	A RE4H1R-AI	1	1 x 400
WTG9	WTG8	930	5	30	<b>359.24</b>	A RE4H1R-AI	1	1 x 630
WTG8	CABINA	14743	6	30	<b>431.09</b>	A RE4H1R-AI	2	1 x 630

Il dimensionamento sopra elencato potrà subire modeste variazioni in sede di progettazione esecutiva.

### 3.4 Fibre ottiche

Di seguito si riportano le caratteristiche tecniche del cavo a fibre ottiche di tipo monomodale o multimodale adatto alla posa aerea ed interrata

#### 3.4.1 Caratteristiche tecniche

036.19.01.R.01	1	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.- Sh.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Luglio 2020	8	21



3E Ingegneria S.r.l.  
PISA

- Piano d'Ertilia -

- Cavidotti di coll. alla stazione d'utenza -  
OGGETTO / SUBJECT



CLIENTE / CUSTOMER

	TIPO DI FIBRA OTTICA	
	Multimodale	Monomodale
Numero delle fibre	12	12/24
Tipo di fibra	62.5/125	9/125/250
Diametro cavo	11,7 mm	9 mm
Peso del cavo	130 kg/km circa	75 kg/km circa
Massima trazione a lungo termine	3000 N	3000 N
Massima trazione a breve termine	4000 N	4000 N
Minimo raggio di curvatura in installazione	20 cm	20 cm
Minimo raggio di curvatura in servizio	10 cm	15 cm

036.19.01.R.01	1	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.- Sh.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Luglio 2020	9	21



## 4 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 norma che regola questa materia è la CEI 11-17, riempimenti esclusi.

In particolare la 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 degli abituali attrezzi manuali di scavo (resistenza a urto).

La protezione meccanica supplementare non è necessaria se i cavi MT sono posati ad una profondità superiore a 1,7 m.

Per quanto attiene le profondità minime di posa nel caso di attraversamento della sede stradale vale il Nuovo Codice della Strada che fissa un metro, dall'estradosso della protezione, per le strade di uso pubblico, mentre valgono le profondità minime stabilite dalla norma CEI 11-17 per tutti gli altri suoli e le strade ad uso privato.

In posizione sovrastante la protezione deve essere posato il nastro monitore, che avvisi della presenza del cavo.

La presenza dei cavi nel sottosuolo di strade asfaltate è opportuno che venga segnalata in superficie mediante l'apposizione, indicativamente a distanza di 50 m l'uno dall'altro e comunque in ogni deviazione di tracciato, di segnalatori di posizione cavi e giunti.

Nei casi di posa in terreni agricoli la presenza del cavo deve essere segnalata tramite paletti portanti cartelli indicatori "presenza cavo".

036.19.01.R.01	1	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.- Sh.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Luglio 2020	10	21



## 5 GIUNZIONI, TERMINAZIONI ED ATTESTAZIONI

### 5.1 Giunzione cavi MT

Per le tratte non coperte interamente dalle pezzature di cavo MT disponibile (lunghezza minima della pezzatura 500 m), si dovrà provvedere alla giunzione di due spezzoni.

Le giunzioni elettriche saranno realizzate mediante l'utilizzo di connettori del tipo diritto, a compressione, adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi sopra detti.

Le giunzioni dovranno essere effettuate in accordo con la norma CEI 20-62 ed alle indicazioni riportate dal Costruttore dei giunti.

L'esecuzione delle giunzioni sarà effettuata secondo le seguenti indicazioni:

- prima di tagliare i cavi controllare l'integrità della confezione e l'eventuale presenza di umidità;
- non interrompere mai il montaggio del giunto o del terminale;
- utilizzare esclusivamente i materiali contenuti nella confezione.

Ad operazione conclusa devono essere applicate delle targhe identificatrici su ciascun giunto in modo da poter individuare l'esecutore, la data e le modalità di esecuzione.

### 5.2 Terminazione ed attestazione cavi MT

Tutti i cavi MT posati dovranno essere terminati da entrambe le estremità.

Nell'esecuzione delle terminazioni all'interno delle celle dei quadri, si deve realizzare il collegamento di terra degli schermi dei cavi con trecce flessibili di rame stagnato, eventualmente prolungandole e dotandole di capocorda a compressione per l'ancoraggio alla presa di terra dello scomparto.

Lo schermo dovrà essere collegato a terra da entrambe le estremità.

Ogni terminazione deve essere dotata di una targa di riconoscimento in PVC atta ad identificare l'esecutore, data e modalità di esecuzione nonché l'indicazione della fase (R, S o T).

I cavi per l'impianto di media tensione a 30 kV saranno in alluminio di tipo unipolare schermati.

Il cavo di rame per la messa a terra dello schermo deve avere una sezione di 35mm<sup>2</sup>.

### 5.3 Terminazione ed attestazione cavi in fibra ottica

I cavi in fibra ottica dovranno essere terminati su appositi "cassetti ottici".

L'attestazione avverrà secondo il seguente schema di massima:

- posa del cavo, da terra al relativo cassetto ottico, previa eliminazione della parte eccedente, con fissaggio del cavo o a parete o ad elementi verticali con apposite fascette, ogni 0.50 m circa;
- sbucciatura progressiva del cavo, da eseguire "a regola d'arte";

036.19.01.R.01	1	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.- Sh.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Luglio 2020	11	21



3E Ingegneria S.r.l.  
PISA

- Piano d'Ertilia -

- Cavidotti di coll. alla stazione d'utenza -  
OGGETTO / SUBJECT



wpd  
think energy  
CLIENTE / CUSTOMER

- fornitura ed applicazione, su ciascuna fibra ottica, di connettore;
- esecuzione della "lappatura" finale del terminale;
- fissaggio di ciascuna fibra ottica.

036.19.01.R.01	1	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.- Sh.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Luglio 2020	12	21



## 6 MODALITÀ DI POSA

### 6.1 Generalità

Le linee elettriche ed in fibra ottica saranno posate in cavidotti direttamente interrati o, all'occorrenza, posate all'interno di tubi. Il tracciato dei cavidotti è riportato nel documento allegato.

I cavidotti in funzione della quantità e tipologia dei cavi, assumeranno la configurazione riportata nelle sezioni tipiche riportate nello stesso documento.

### 6.2 Modalità di posa dei cavi MT

#### 6.2.1 Posa dei cavi direttamente interrati

I cavi elettrici, rispetto ai piani finiti di strade o piazzali o alla quota del piano di campagna, saranno posati negli scavi alla profondità di circa 1,2m. I cavi saranno posati direttamente all'interno di uno strato di materiale sabbioso (pezzatura massima: 5 mm) di circa 30 cm, su cui saranno posati i tegoli o le lastre copricavo. Un nastro segnalatore sarà immerso nel rimanente volume dello scavo riempito con materiale arido.

La posa dei conduttori si articolerà quindi essenzialmente nelle seguenti attività:

- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità come indicato nel documento;
- posa dei conduttori e fibre ottiche. Particolare attenzione dovrà essere fatta per l'interramento della corda di rame che costituisce il dispersore di terra dell'impianto; infatti questa dovrà essere interrata in uno strato di terreno vegetale di spessore non inferiore a 20 cm nelle posizioni indicate dal documento;
- reinterro parziale con sabbia vagliata;
- posa dei tegoli protettivi;
- reinterro con terreno di scavo;
- inserimento nastro per segnalazione tracciato.

Nella posa degli stessi cavi dovranno essere rispettati alcuni criteri particolari per l'esecuzione delle opere secondo la regola dell'arte come di seguito indicati:

- *Tracciato delle linee:* Il tracciato delle linee di media tensione dovrà seguire più fedelmente possibile la linea guida indicata nella planimetria generale d'impianto. In particolare il tracciato dovrà essere il più breve possibile e parallelo al fronte dei fabbricati dove presenti.
- *Posa diretta in tubazioni:* I cavi saranno posizionati all'interno di tubi protettivi flessibili (tubi corrugati).

036.19.01.R.01	1	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.- Sh.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Luglio 2020	13	21



La posa del cavo deve essere preceduta dall'ispezione visiva delle tubazioni e dall'eventuale pulizia interna.

L'imbocco delle tubazioni deve essere munito di idoneo dispositivo atto ad evitare lesioni del cavo.

Nelle tratte di canalizzazioni comprensive di curve in tubo posato in sabbia, la tesatura del cavo deve essere realizzata con modalità di tiro che non produca lesioni al condotto di posa.

Per limitare gli sforzi di trazione si può attuare la lubrificazione della guaina esterna del cavo con materiale non reagente con la stessa.

La bobina sarà collocata in prossimità dell'ingresso della tubazione, con asse di rotazione perpendicolare all'asse longitudinale della tubazione stessa ed in modo che lo svolgimento del cavo avvenga dalla parte inferiore della bobina.

Il tiro dovrà essere effettuato mediante un argano dotato di frizione regolabile disposto il più vicino possibile al luogo di arrivo della tratta da posare. È necessario evitare che il cavo, nel passaggio fra bobina e tubo, venga assoggettato a piegature o a sforzi di torsione.

L'applicazione del tiro deve avvenire in maniera graduale e per quanto possibile continuo, evitando le interruzioni.

Gli sforzi di tiro non devono determinare scorrimenti tra conduttori e gli isolanti del cavo, a tal fine dovranno essere utilizzate metodologie atte a scaricare i momenti torcenti che si sviluppano durante il tiro.

Lo svolgimento del cavo deve avvenire mediante rotazione meccanica o manuale della stessa. È vietata la rotazione della bobina tramite il tiro del cavo stesso al fine di evitare anomali sollecitazioni del cavo.

Appositi rulli di scorrimento dovranno essere utilizzati al fine di evitare che durante l'introduzione il cavo strisci contro spigoli metallici (es. telai dei chiusini) o di cemento (es. imboccatura di polifore, pozzetti, canalette ecc.).

Al fine di limitare il più possibile il numero di giunzioni lungo il percorso saranno stese tratte di cavo di lunghezza massima possibile soddisfacendo comunque le prescrizioni di tiro massimo.

La presenza del cavo interrato dovrà essere segnalato con adeguati cippi se il tracciato è su strada oppure con cartelli su paletti se il tracciato attraversa terreni.

- *Posa diretta in trincea:* La posa del cavo può essere effettuato secondo i due metodi seguenti:

036.19.01.R.01	1	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.- Sh.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Luglio 2020	14	21



- **a bobina fissa:**

da adottare quando il percorso in trincea a cielo aperto è intercalato con percorsi in tubazioni e quando il percorso è prevalentemente rettilineo o con ampi raggi di curvatura.

La bobina deve essere posta sull'apposito alzabobine, con l'asse di rotazione perpendicolare all'asse mediano della trincea e in modo che si svolga dal basso.

Sul fondo della trincea devono essere collocati, ad intervalli variabili in dipendenza del diametro e della rigidità del cavo, i rulli di scorrimento. Tale distanza non deve comunque superare i 3 metri.

- **a bobina mobile:**

da adottare quando il percorso si svolge tutto in trincea a cielo aperto. Il cavo deve essere steso percorrendo con il carro portabobine il bordo della trincea e quindi calato manualmente nello scavo.

L'asse del cavo posato nella trincea deve scostarsi dall'asse della stessa di qualche centimetro a destra e a sinistra seguendo una linea sinuosa, al fine di evitare dannose sollecitazioni dovute all'assestamento del terreno.

- *Temperatura di posa:* Per tutto il tempo di installazione dei cavi, la temperatura degli stessi non deve essere inferiore a 0°C
- *Sforzi di tiro per la posa:* Durante le operazioni di posa, gli sforzi di tiro devono essere applicati ai conduttori, e non devono superare i 60 N/mm<sup>2</sup> di sezione totale.
- *Raggi di curvatura:* Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni di installazione non dovrà essere inferiore a 830 mm
- *Messa a terra degli schermi metallici:* Lo schermo metallico dei singoli spezzoni di cavo dovrà essere messo a terra da entrambe le estremità della linea. è vietato usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti dell'impianto.

### 6.3 Modalità di posa dei conduttori di terra

Il conduttore di terra deve essere interrato ad una profondità di circa 1,2m dal piano di campagna. Il conduttore in corda di rame nuda di sezione pari a 95 mm<sup>2</sup> dovrà essere interrato in uno strato di terreno vegetale di spessore non inferiore a 20 cm ubicato nel fondo scavo della trincea come indicato nei documenti "Tracciato Cavidotti su CTR" e "Tracciato Cavidotti su Catastale".

### 6.4 Modalità di posa della fibra ottica

I cavi in fibra ottica saranno allettati direttamente nello strato di sabbia.

036.19.01.R.01	1	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.- Sh.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Luglio 2020	15	21



Nella posa degli stessi cavi dovranno essere rispettati alcuni criteri particolari per l'esecuzione delle opere secondo la regola dell'arte come di seguito indicati:

- *Tracciato delle linee:* Il tracciato delle linee in cavo in fibra ottica dovrà seguire più fedelmente possibile la linea guida indicata nella planimetria generale d'impianto.
- *Posa diretta in tubazioni:* I cavi saranno posizionati all'interno di tubi protettivi flessibili (tubi corrugati).
- *Sforzi di tiro per la posa:* Durante le operazioni di posa, lo sforzo di tiro che può essere applicato a lungo termine sarà al massimo di 3000 N.
- *Raggi di curvatura:* Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni di installazione non dovrà essere inferiore a 20 cm

Durante le operazioni di posa è indispensabile che il cavo non subisca deformazioni temporanee. Il rispetto dei limiti di piegatura e tiro è garanzia di inalterabilità delle caratteristiche meccaniche della fibra durante le operazioni di posa. Se inavvertitamente il cavo subisce deformazioni o schiacciamenti visibili, la posa deve essere interrotta e dovrà essere effettuata una misurazione con OTDR per verificare eventuali rotture o attenuazioni eccessive provocate dallo stress meccanico.

Nel caso che il cavo subisca degli sforzi di taglio pronunciati, con conseguente rottura della guaina esterna, deve essere segnalato il punto danneggiato e si potrà procedere alla posa del cavo dopo aver preventivamente isolato la parte di guaina lacerata con nastro gommato vulcanizzante tipo 3M.

## 6.5 Coesistenza tra cavi elettrici ed altre condutture interrato

### 6.5.1 Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici

I cavi aventi la stessa tensione possono essere posati alla stessa profondità, ad una distanza di circa 3 volte il loro diametro nel caso di posa diretta.

### 6.5.2 Incroci tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione

Negli incroci il cavo elettrico, di regola, deve essere situato inferiormente al cavo di telecomunicazione. La distanza fra i due cavi non deve essere inferiore 0,30 m ed inoltre il cavo posto superiormente deve essere protetto, per una lunghezza non inferiore ad 1 m, mediante un dispositivo di protezione identico a quello previsto per i parallelismi. Tali dispositivi devono essere disposti simmetricamente rispetto all'altro cavo.

Ove, per giustificate esigenze tecniche, non possa essere rispettato il distanziamento minimo di cui sopra, anche sul cavo sottostante deve essere applicata una protezione analoga a quella prescritta per il cavo situato superiormente.

036.19.01.R.01	1	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.- Sh.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Luglio 2020	16	21



Non è necessario osservare le prescrizioni sopraindicate quando almeno uno dei due cavi è posto dentro appositi manufatti che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza necessità di effettuare scavi.

### 6.5.3 Parallelismo tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione

Nei parallelismi con cavi di telecomunicazione i cavi elettrici devono, di regola, essere posati alla maggiore distanza possibile fra loro e quando vengono posati lungo la stessa strada si devono posare possibilmente ai lati opposti di questa.

Ove, per giustificate esigenze tecniche, non sia possibile attuare quanto sopra è ammesso posare i cavi in vicinanza purché sia mantenuta tra i due cavi una distanza minima, in proiezione sul piano orizzontale, non inferiore a 0,30 m

Qualora detta distanza non possa essere rispettata è necessario applicare sui cavi uno dei seguenti dispositivi di protezione:

- Cassetta metallica zincata a caldo;
- Tubazione in acciaio zincato a caldo;
- Tubazione in PVC o fibrocemento, rivestite esternamente con uno spessore di calcestruzzo non inferiore a 10 cm.

I predetti dispositivi possono essere omessi sul cavo posato alla maggiore profondità quando la differenza di quota tra i due cavi è uguale o superiore a 0,15 m.

Le prescrizioni di cui sopra non si applicano quando almeno uno dei due cavi è posato, per tutta la parte interessata in appositi manufatti (tubazione, cunicoli, ecc.) che proteggono il cavo stesso rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza la possibilità di effettuare scavi.

### 6.5.4 Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche interrate

La distanza in proiezione orizzontale tra cavi elettrici e tubazioni metalliche interrate parallelamente ad esse non deve essere inferiore a 0,30 m.

Si può tuttavia derogare dalla prescrizione suddetta previo accordo tra gli esercenti quando:

1. la differenza di quota fra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0,50 m;
2. tale differenza è compresa tra 0,30 m e 0,50 m, ma si interpongono fra le due strutture elementi separatori non metallici nei tratti in cui la tubazione non è contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

036.19.01.R.01	1	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.- Sh.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Luglio 2020	17	21



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

Le superfici esterne di cavi d'energia e tubazioni metalliche interrato non deve essere effettuato sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni stesse.

Non si devono effettuare giunti sui cavi a distanza inferiore ad 1 m dal punto di incrocio.

Nessuna prescrizione è data nel caso in cui la distanza minima, misurata fra le superfici esterne di cavi elettrici e di tubazioni metalliche o fra quelle di eventuali loro manufatti di protezione, è superiore a 0,50 m.

Tale distanza può essere ridotta fino ad un minimo di 0,30 m, quando una delle strutture di incrocio è contenuta in manufatto di protezione non metallico, prolungato per almeno 0,30 m per parte rispetto all'ingombro in pianta dell'altra struttura oppure quando fra le strutture che si incrociano si venga interposto un elemento separatore non metallico (ad esempio lastre di calcestruzzo o di materiale isolante rigido); questo elemento deve poter coprire, oltre alla superficie di sovrapposizione in pianta delle strutture che si incrociano, quella di una striscia di circa 0,30 m di larghezza ad essa periferica.

Le distanze suddette possono ulteriormente essere ridotte, previo accordo fra gli Enti proprietari o Concessionari, se entrambe le strutture sono contenute in un manufatto di protezione non metallico.

Prescrizioni analoghe devono essere osservate nel caso in cui non risulti possibile tenere l'incrocio a distanza uguale o superiore a 1 m dal giunto di un cavo oppure nei tratti che precedono o seguono immediatamente incroci eseguiti sotto angoli inferiori a 60° e per i quali non risulti possibile osservare prescrizioni sul distanziamento.

036.19.01.R.01	1	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.- Sh.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Luglio 2020	18	21



## 7 CALCOLO DEI CAMPI MAGNETICI

### 7.1 Campi magnetici

Per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei campi elettrici e magnetici, esse in linea con il dettato dell'art. 4 del DPCM 08/07/2003 di cui alla Legge. n° 36 del 22/02/2001.

Il tracciato è stato eseguito tenendo conto del limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a  $3 \mu\text{T}$ .

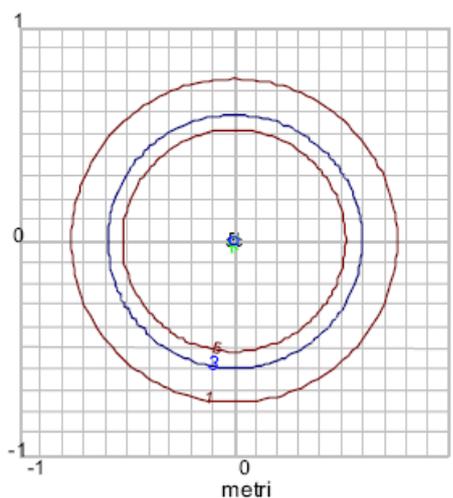
La disposizione delle fasi sarà quella indicata nelle sezioni cavidotti riportate nelle Tav. "Tracciato Cavidotti su CTR" e "Tracciato Cavidotti su Catastale".

In particolare, ai fini del calcolo, la tipologia di cavidotti presenti nell'impianto eolico si può racchiudere nelle due seguenti tipologie:

- cavidotti nei quali sono posati solo cavi elicordati
- cavidotti nei quali sono posati solo cavi unipolari

Nel primo caso, cavidotti nei quali sono posati solo cavi elicordati, vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17.

Infatti, come illustrato nella norma CEI 106-11 la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di  $3 \mu\text{T}$ , anche nelle condizioni limite di conduttori di sezione maggiore e relativa "portata nominale", venga raggiunto già a brevissima distanza ( $50 \div 80 \text{ cm}$ ) dall'asse del cavo stesso (*Figura 7.1*).



**Figura 7.1: Curve di equilivello per il campo magnetico di una linea MT interrata in cavo elicordato (dalla Norma CEI 106-11)**

Si fa notare in proposito che anche il decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi elicordati, pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nella norma richiamata. Ne consegue che

036.19.01.R.01	1	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.- Sh.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Luglio 2020	19	21



in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi elicordati si può considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto sia pari a 2m, a cavallo dell'asse del cavidotto, uguale alla fascia di asservimento della linea.

Nel secondo caso, cavidotti nei quali sono posati cavi unipolari, abbiamo considerato il caso peggiore, cavidotti di tipo D1 e DA1 nel quale sono posati quattro cavi da 630 mm<sup>2</sup> e per i quali è stato effettuato il calcolo del campo di induzione magnetica secondo quanto previsto dalla Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche".

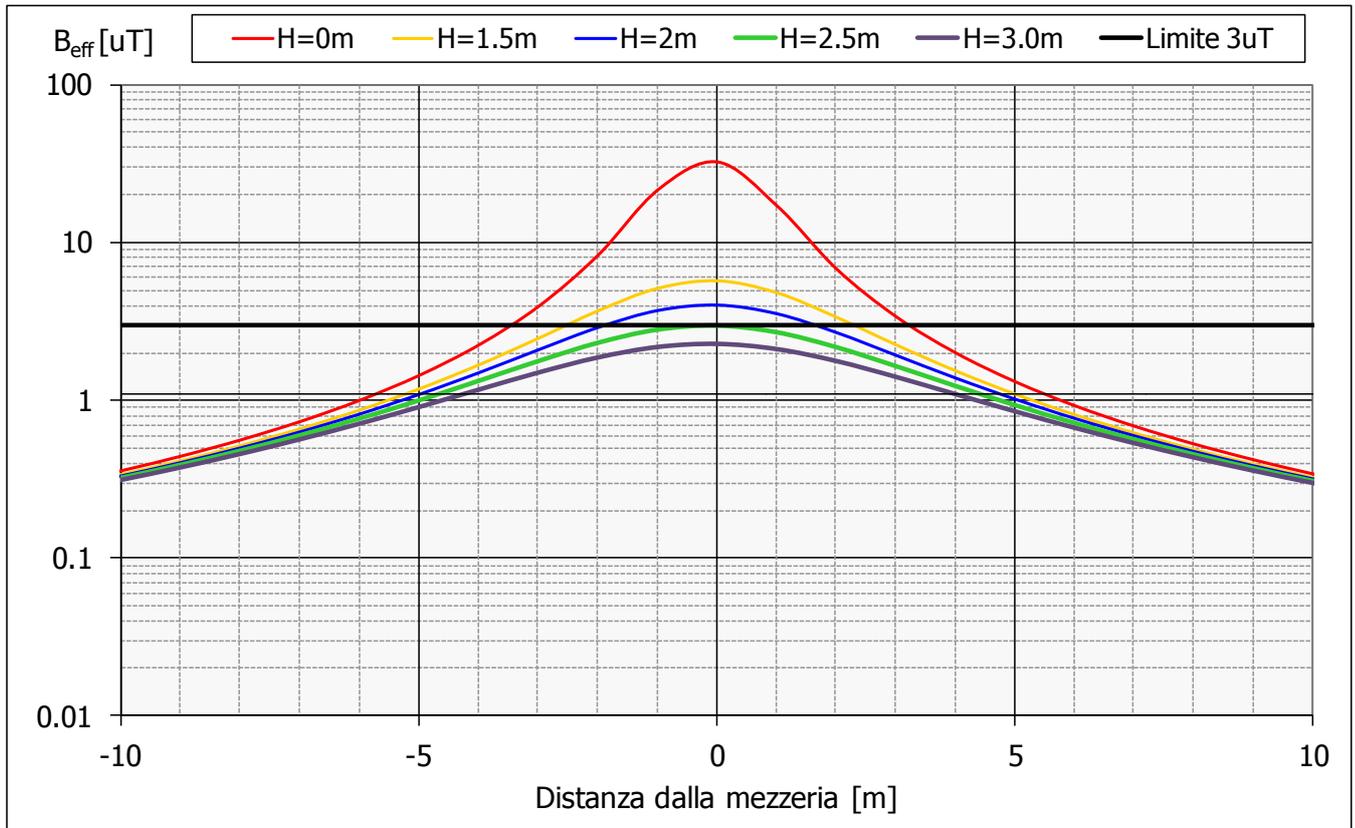
Tale norma considera la linea infinitamente lunga e consente di calcolare i campi elettromagnetici secondo una sezione trasversale della linea stessa.

Il software di calcolo utilizzato elabora le componenti verticali e orizzontali del campo magnetico prodotto dai singoli conduttori, tenendo conto dei loro sfasamenti, combina le varie componenti e fornisce come output principale il valore efficace del campo magnetico risultante.

In *Figura 7.2* sono riportati gli andamenti dell'induzione magnetica ad un metro e mezzo dal suolo (valore più realistico per valutare eventuali effetti sull'organismo umano), al suolo, a due metri, a due metri e mezzo ed a 3 metri, determinati nei cavidotti sopra detti. In particolare ognuno dei quattro cavi da 630 mm<sup>2</sup> ha una corrente pari a 709 A, pari alla portata massima dei rispettivi cavi, senza correzione della portata dovuta alla condizione di posa.

Si fa notare che i valori fissati come obiettivo di qualità dalla normativa vigente (3 µT) in materia di tutela alla esposizione ai campi elettromagnetici (legge 36/2001 e DPCM 08/07/2003) sono ampiamente rispettati in corrispondenza dei luoghi in cui è prevista una permanenza di persone superiore a 4 ore. Infatti, durante l'elaborazione del tracciato è stata sempre mantenuta una distanza di rispetto maggiore od uguale a 4 m da qualsiasi struttura all'interno della quale fosse possibile ipotizzare una presenza di persone per un tempo superiore alle 4 ore.

036.19.01.R.01	1	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.- Sh.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Luglio 2020	20	21



**Figura 7.2: Andamento del campo magnetico**

Inoltre in base al recente decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, si può considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto in questo secondo caso è pari a 7m, a cavallo dell'asse del cavidotto.

## 7.2 Campi elettrici

Il calcolo dei campi elettrici non è stato condotto in quanto tutti i cavi in media tensione impiegati sono dotati di schermo metallico connesso a terra che riduce drasticamente l'effetto del campo elettrico. Di conseguenza il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.