

Regione Siciliana



Comune di Partanna

Libero Consorzio Comunale di Trapani

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO E SISTEMA DI ACCUMULO DA COLLEGARE ALLA RTN CON POTENZA NOMINALE DC 49.490,40 kWp (FOTOVOLTAICO) + DC 30.000 kW (BESS) E POTENZA NOMINALE AC 76.600 kW DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI PARTANNA (TP) - C/DA LA PIANA_BIGGINI



Elaborato:	RELAZIONE TECNICA ELETTRODOTTO MT		
Relazione:	Redatto:	Approvato:	Rilasciato:
REL_18		AP ENGINEERING	AP ENGINEERING
		Foglio A4	Prima Emissione
Progetto: IMPIANTO PARTANNA 1	Data: 30/09/2022	Committente: AP GREEN ONE S.R.L. P.zza Falcone e Borsellino, 32 - 91100 Trapani (TP)	
Cantiere: PARTANNA C/DA LA PIANA & C/DA BIGGINI		Progettista: 	



INDICE

1. PREMESSA	2
2. ADEMPIMENTI E RIFERIMENTI NORMATIVI	5
3. PROGETTO DELL'ELETTRODOTTO	6
3.1. Criteri per l'individuazione del tracciato e definizione delle distanze di sicurezza da eventuali sottoservizi interrati	6
3.2. Descrizione del tracciato	15
3.3. Progettazione della canalizzazione.....	16
3.4. Descrizione dell'opera	17
3.5. Criterio di dimensionamento del cavo	18
3.6. Criterio di verifica dei cavi	22
3.7. Calcolo della caduta di tensione.....	22
3.8. Tenuta termica al cortocircuito	23
4. CAMPI ELETTROMAGNETICI	25
4.1. Premessa	25
4.2. Campi elettrici dovuti a cavi schermati	25
4.3. Campi magnetici dovuti a linee in cavo interrato	25

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, integrata con l'attività di coltivazione agricola, che la Società AP Green One S.r.l. ("AP" o "la Società") intende realizzare nel Comune di Partanna (TP), in località La Piana & Biggini, ed ha per oggetto il dimensionamento dell'elettrodotto di media tensione in cavo interrato, elettrificato a 30 kV, che consentirà di collegare l'impianto di generazione con la sezione di media tensione della Sottostazione Elettrica di Utenza MT/AT 30 kV/150 kV.

Come riscontrabile dallo schema elettrico unifilare, l'impianto ha una potenza di picco, intesa come somma delle potenze dei singoli moduli fotovoltaici scelti in fase di progettazione, pari a **49.490,40 kWp** e sarà integrato da un **sistema di accumulo di tipo elettrochimico in configurazione AC-Coupling da 30.000 kW/240.000 kWh**:

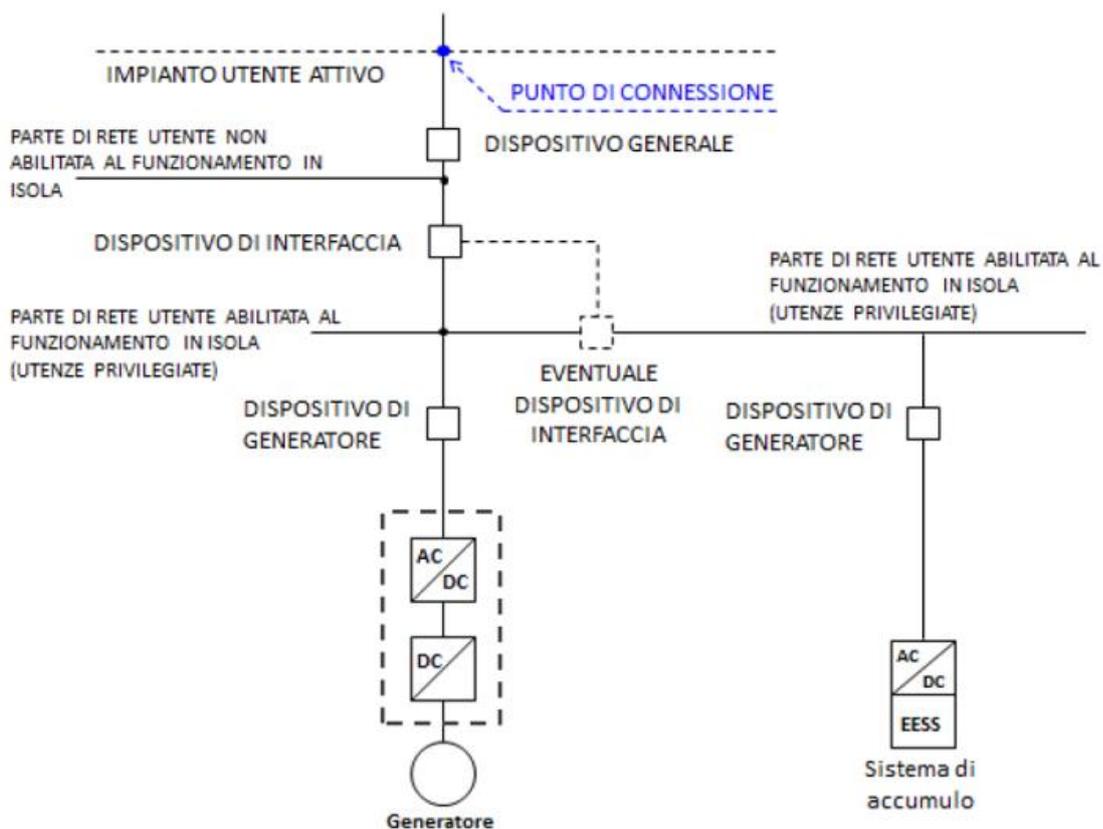


Figura 1: schema tipico di sistema impianto fotovoltaico integrato da un sistema di accumulo in configurazione AC-Coupling

Committente:

AP GREEN ONE S.R.L.

Progettista:



Pag. 2 | 29

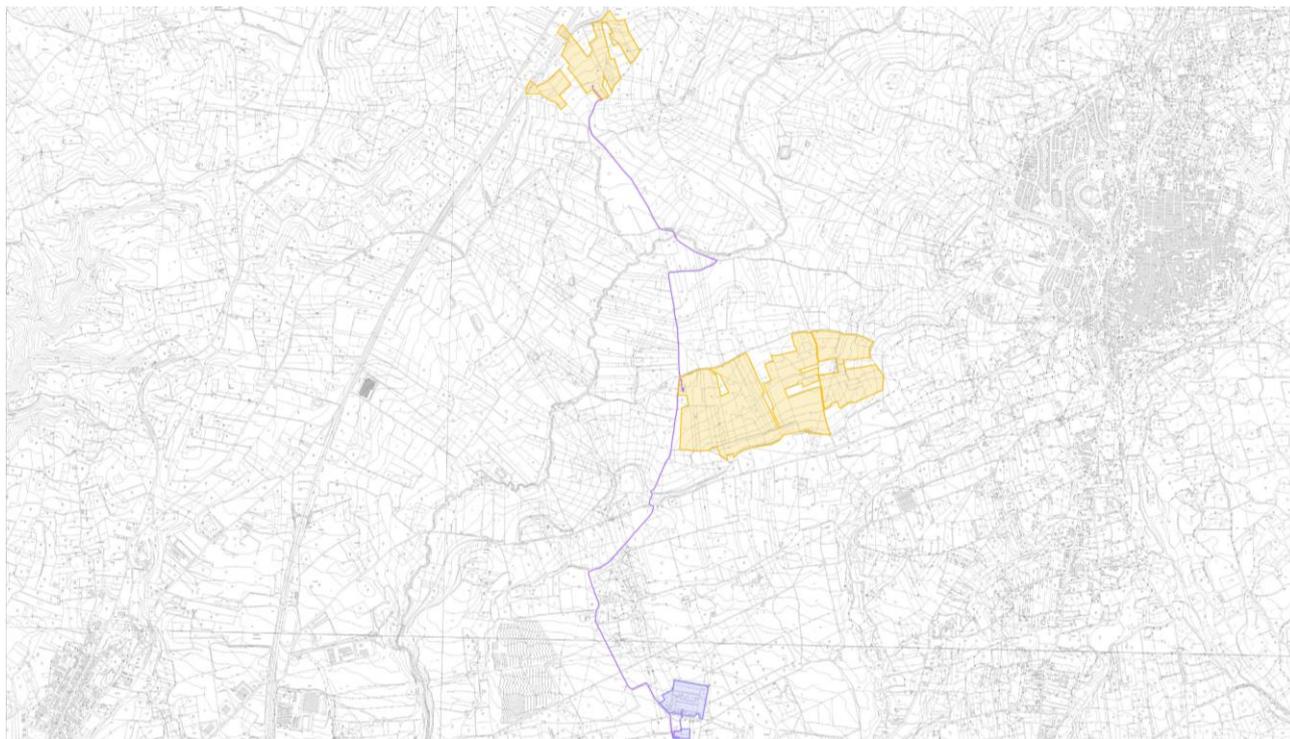


Figura 3: Inquadramento del sito. Carta Tecnica Regionale 1:10.000 n°618070 e n°618110 (fuori scala)

Committente:

AP GREEN ONE S.R.L.

Progettista:



Pag. 4 | 29

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 220 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"

Committente:

AP GREEN ONE S.R.L.

Progettista:



Pag. 5 | 29

3. PROGETTO DELL'ELETTRODOTTO

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.

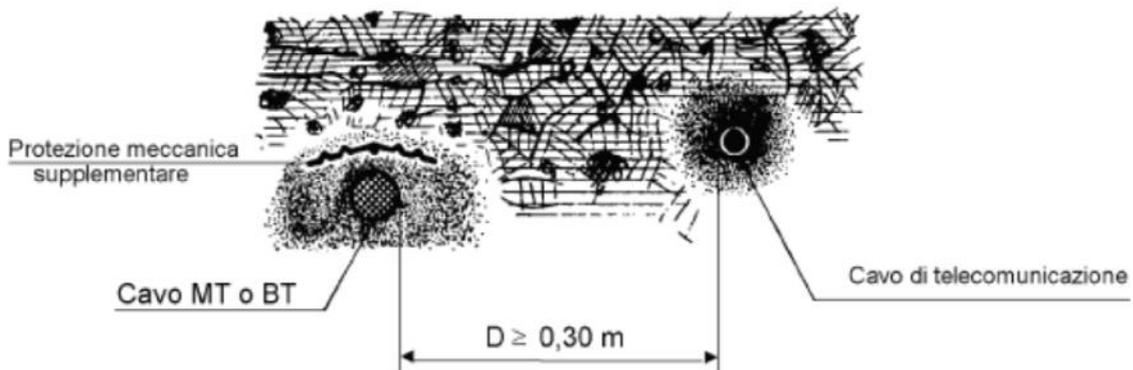
In fase di progettazione esecutiva e realizzazione dell'elettrodotto, in presenza di eventuali interferenze con altri servizi e sottoservizi interrati che potenzialmente si sviluppano lungo il tracciato individuato, verranno mantenute le distanze di sicurezza, desunte dalle norme CEI 11-17:

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⁽¹⁾ sul cavo di telecomunicazione:



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

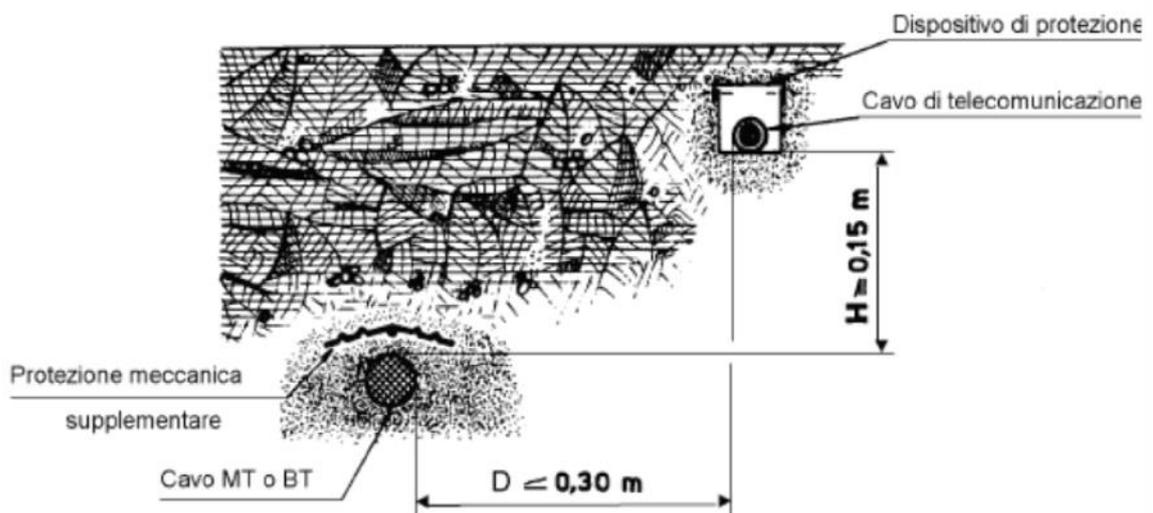


Figura 4: provvedimenti da adottare in caso di interferenze con cavi di telecomunicazione caso a)

Committente:

AP GREEN ONE S.R.L.

Progettista:

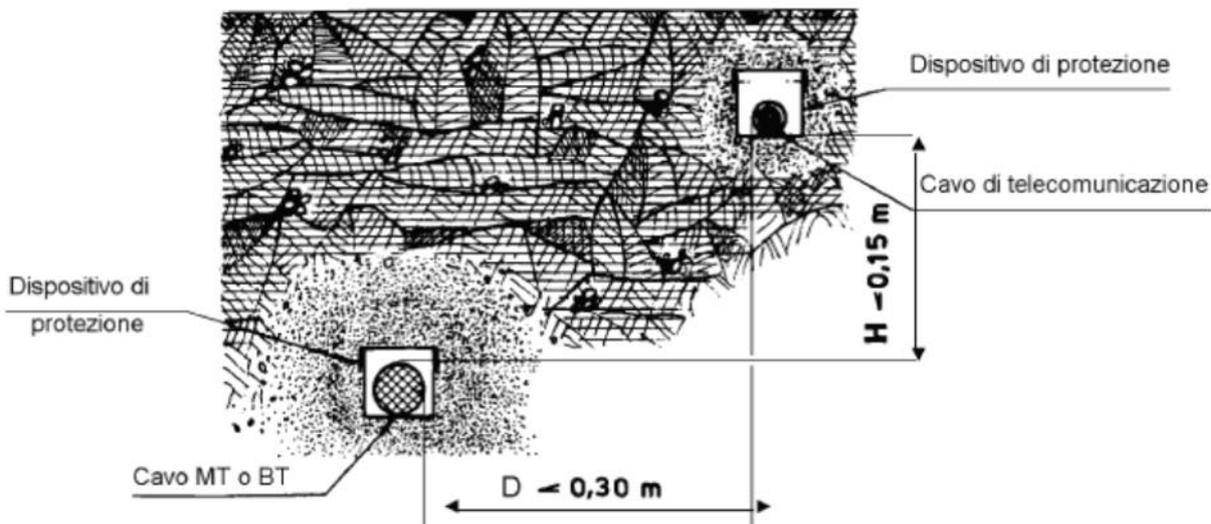
 AP engineering

Pag. 7 | 29

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⁽⁷⁾ da applicare su entrambi i cavi:



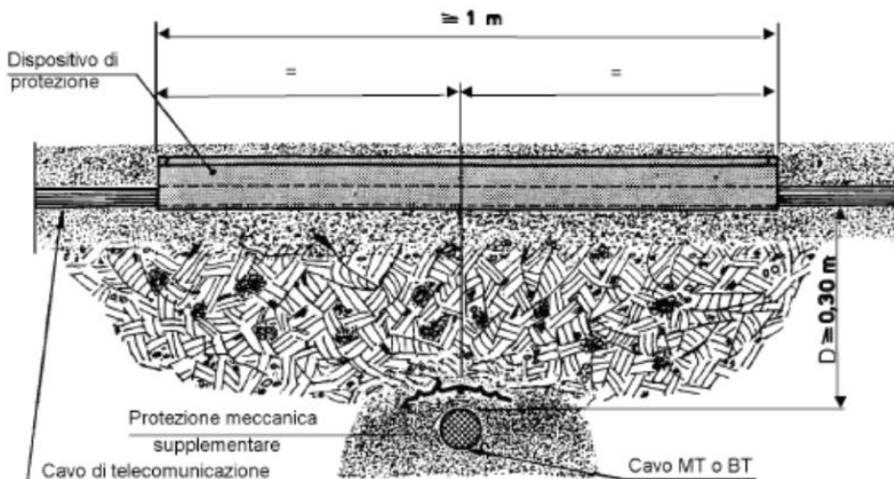
- 2) Posa dei cavi: in tubazione: non è prescritta nessuna distanza minima.

Figura 5: 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⁽¹⁾ da applicare solo sul cavo posto superiormente:



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

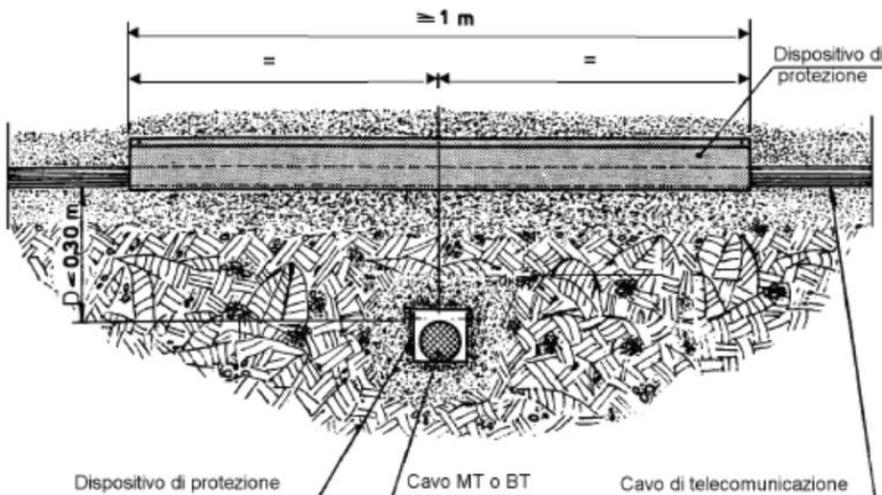
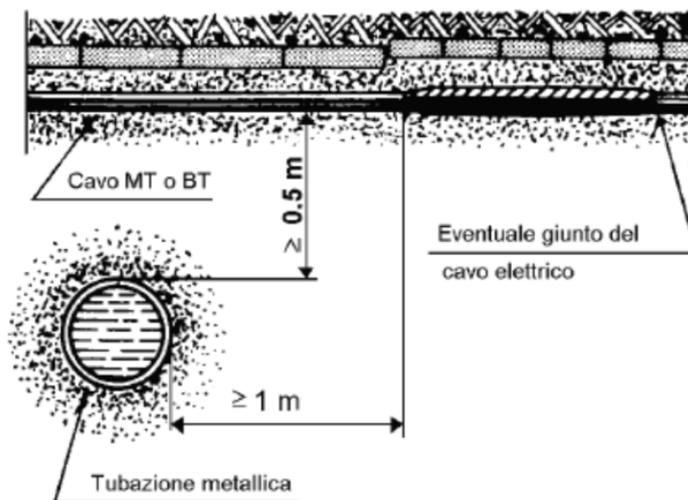


Figura 6: provvedimenti da adottare in caso di interferenze con linee di telecomunicazioni caso c)

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:

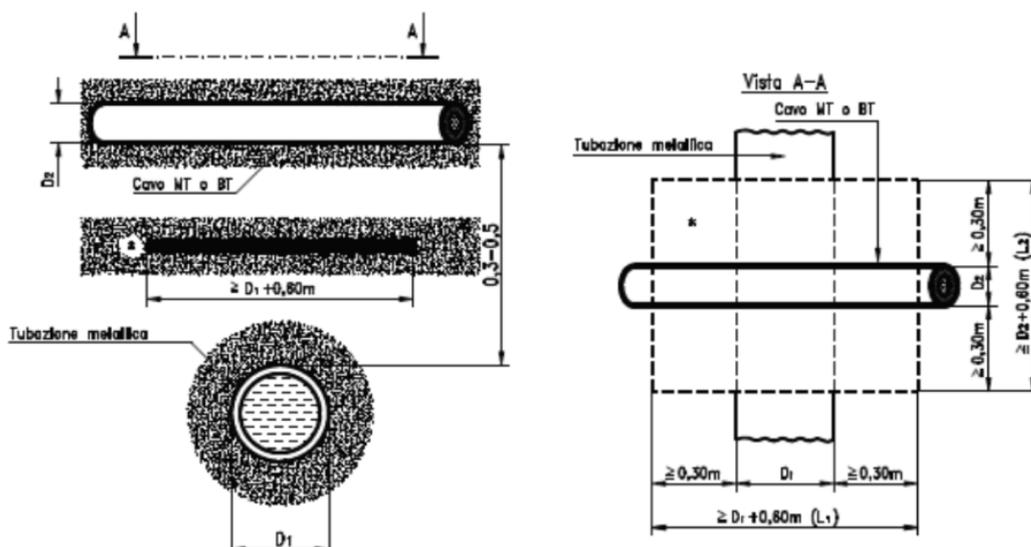


Figura 7: provvedimenti da adottare in caso di interferenze con tubazioni metalliche caso a)

Committente:

AP GREEN ONE S.R.L.

Progettista:

 AP engineering

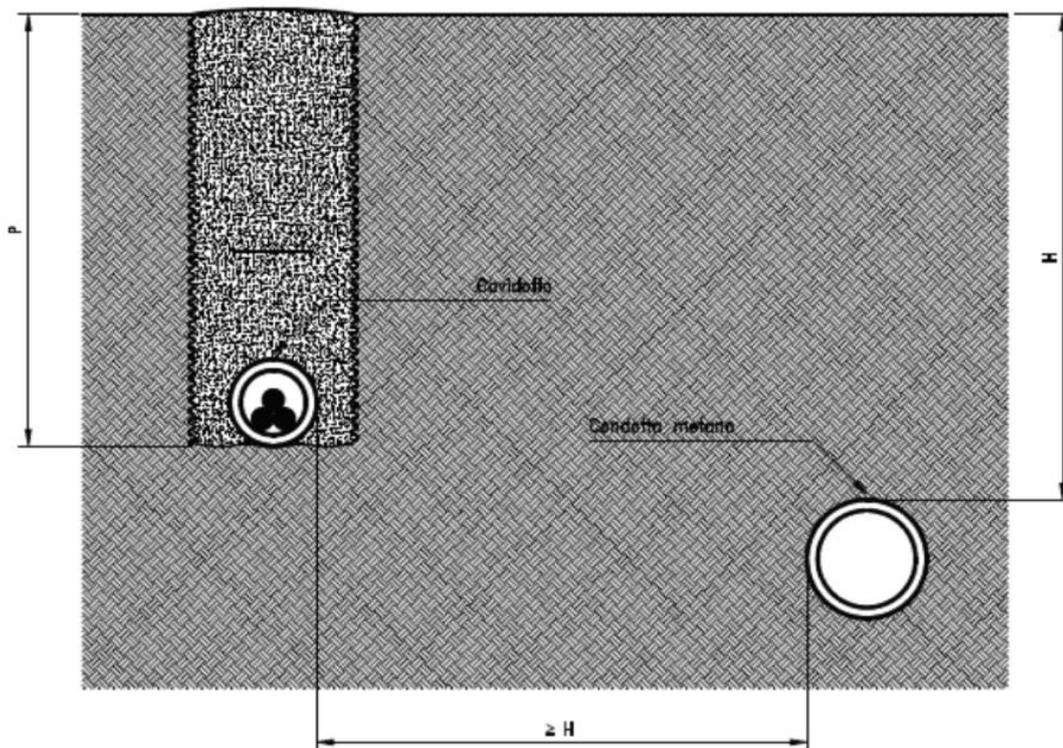
Pag. 10 | 29

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^a, 2^a e 3^a specie);

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



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

H = profondità di posa della condotta ($\geq 0,9$ 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^(*).

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

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

Committente:

AP GREEN ONE S.R.L.

Progettista:

 AP engineering

Pag. 11 | 29

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 ≤ 5 bar (4^a, 5^a, 6^a e 7^a 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^a e 5^a specie):

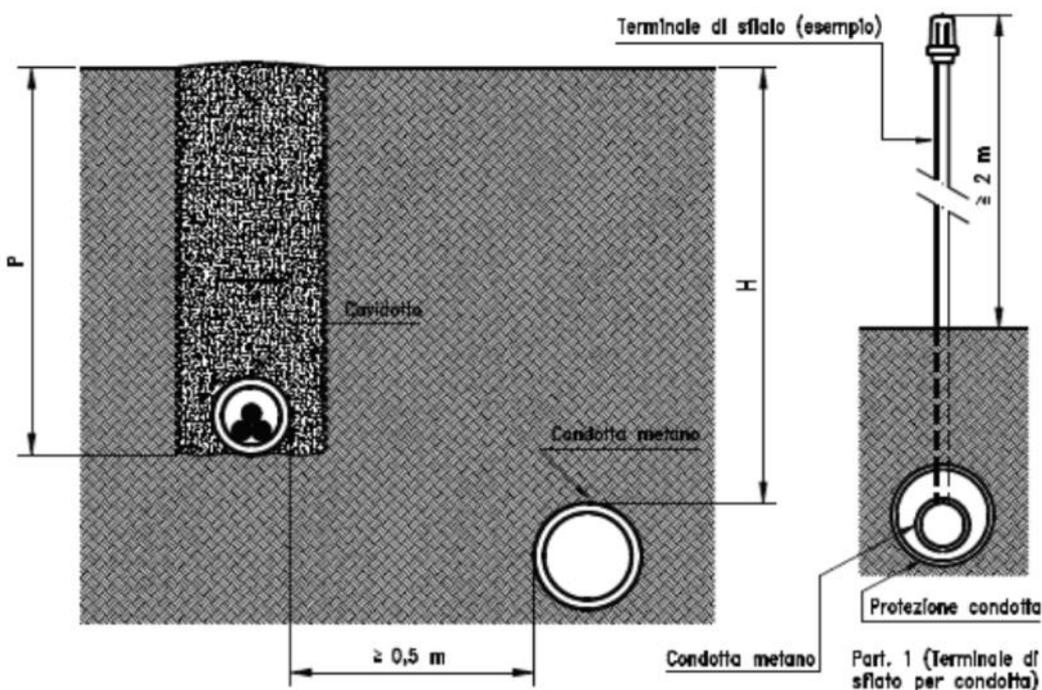


Figura 9: provvedimenti da adottare in caso di interferenze con tubazioni metalliche caso c)

Committente:

AP GREEN ONE S.R.L.

Progettista:

 AP engineering

Pag. 12 | 29

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

ATTRAVERSAMENTI

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

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

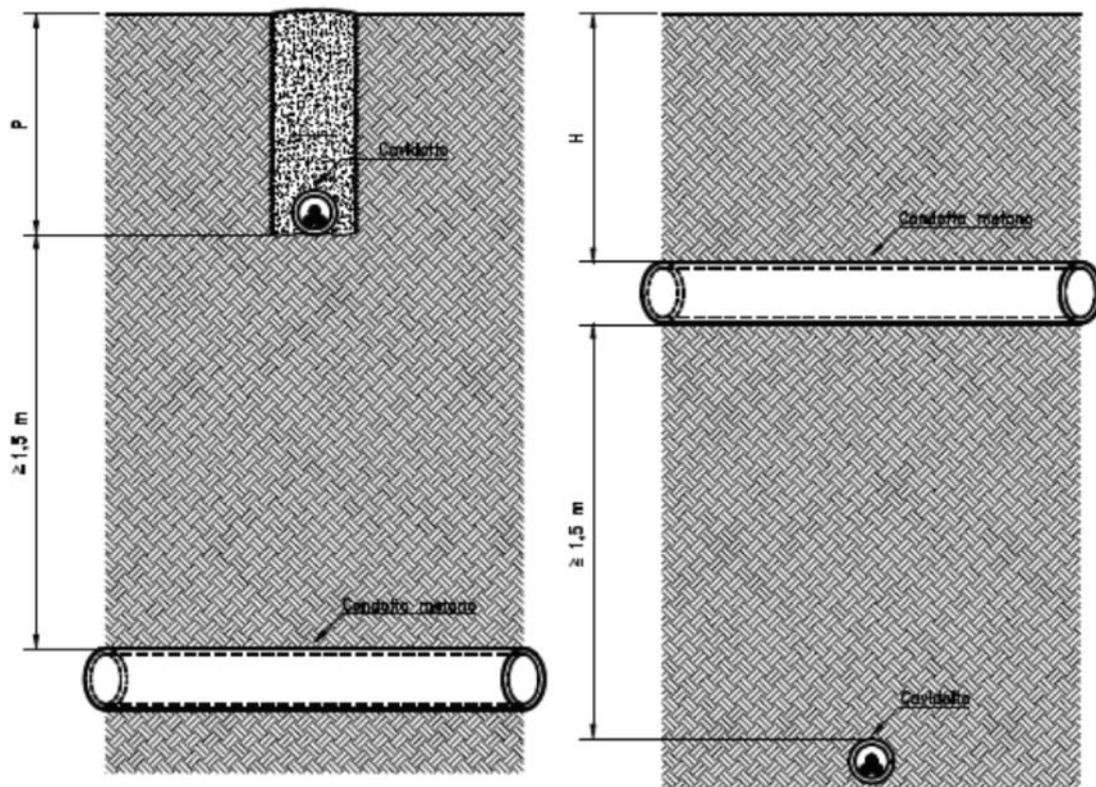


Figura 10: provvedimenti da adottare in caso di interferenze con tubazioni metalliche caso d)

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:

AP GREEN ONE S.R.L.

Progettista:

 AP engineering

Pag. 13 | 29

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).

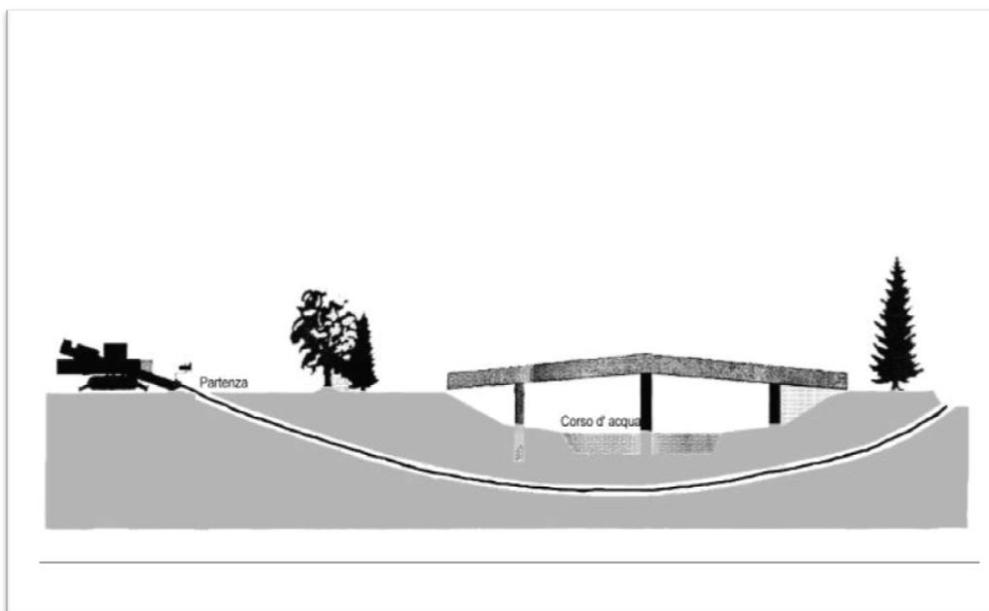


Figura 11: esempio tipico di trivellazione orizzontale controllata

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 μ 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 Utenza, dove a mezzo di un trasformatore di potenza MT/AT, il livello di tensione verrà innalzato al valore del punto di inserimento in rete (150 kV).

La linea verrà realizzata utilizzando cavi unipolari, i quali verranno posati 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 1,5 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 **3μT** 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 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.

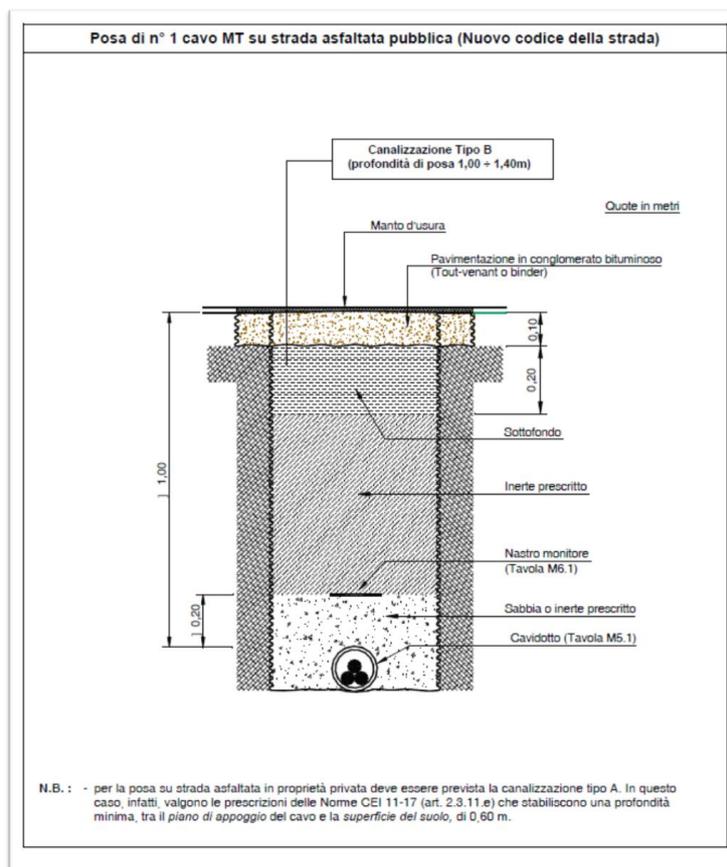


Figura 12: posa indiretta cavi MT su strada pubblica

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 massima potenza apparente degli inverter installati, in modo tale da rispettare il vincolo sulla curva di Capability prescritto dall'allegato A.68 del Codice di Rete, assumendo le condizioni di posa di seguito indicate:

- profondità di posa pari a 1,5 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.

Committente:

AP GREEN ONE S.R.L.

Progettista:



Pag. 18 | 29

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 nelle condizioni di posa previste dal progetto.
-

In fase di progettazione definitiva, si è scelto di utilizzare **cavi unipolari** per posa interrata **ARE4H5E 18/30 kV**, ad una profondità di posa, valutata dall'estradosso del cavo, non inferiore a 1,50 m in modo tale da rispettare l'obiettivo di qualità di $3\mu T$ fissato dal DPCM 8 luglio 2003 per il campo induzione magnetica:



Figura 13: cavi unipolari ARE4H5E 18/30 kV per posa interrata

Committente:

AP GREEN ONE S.R.L.

Progettista:



Pag. 19 | 29

Considerando che l'impianto ha una potenza nominale di **76 MW** e che la linea sarà elettrificata a 30kV, la corrente di impiego nelle condizioni di esercizio più gravose vale circa **1463 A**.

Consultando i cataloghi tecnici dei cavi, al fine di soddisfare il vincolo imposto dal criterio termico, è necessario che la linea venga realizzata in doppia terna, salvo verifica in fase di progettazione esecutiva:

$$S = 2x [3x(1x800)] \text{ mm}^2$$

ARE4H5E 18/30 kV
 MEDIA TENSIONE - ENERGIA
 MEDIUM VOLTAGE - POWER

U max: 36 kV

Caratteristiche tecniche/Technical characteristics			Caratteristiche elettriche/Electrical characteristics		
Formazione	Ø nominale cavo	Peso indicativo cavo	Corrente Nominale		
Size	Nominal cable Ø	Approx. cable weight	Current rating		
n° x mm ²	mm	kg/km	in aria In air	in tubo In duct	interrato* buried*
1 x 70	31,7	908,0	239	189	232
1 x 95	33,4	1034,0	288	222	278
1 x 120	35,0	1160,0	332	259	320
1 x 150	36,4	1284,0	379	290	354
1 x 185	38,3	1449,0	433	322	405
1 x 240	40,6	1677,0	513	386	468
1 x 300	43,1	1931,0	590	440	526
1 x 400	46,3	2283,0	685	510	605
1 x 500	50,0	2723,0	803	587	684
1 x 630	53,5	3254,0	933	680	794
1 x 800	58,9	3990,0	1075	772	899

Tabella 1: caratteristiche elettriche del cavo elettrico scelto

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, e provvederanno:

- 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:

AP GREEN ONE S.R.L.

Progettista:



Pag. 20 | 29

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:

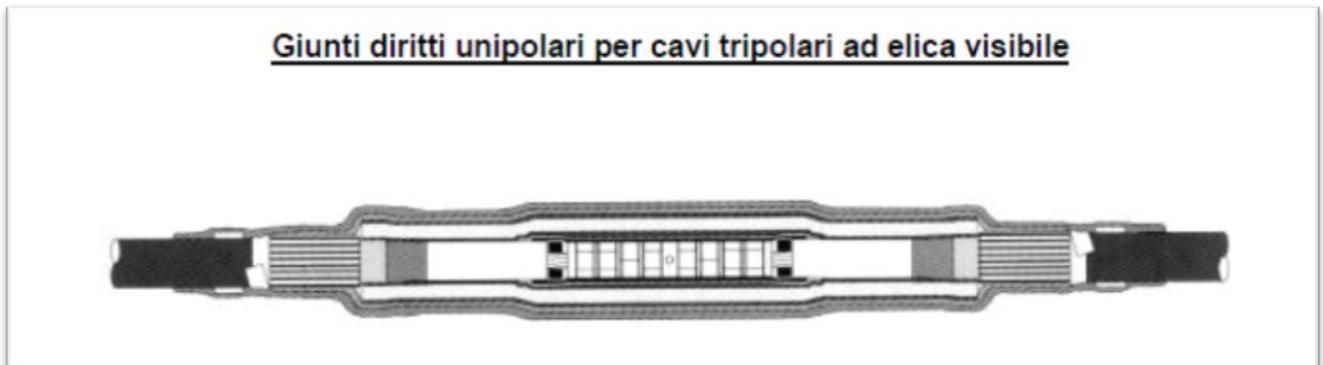


Figura 14: giunti unipolari dritti per cavi elettrici di media tensione

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

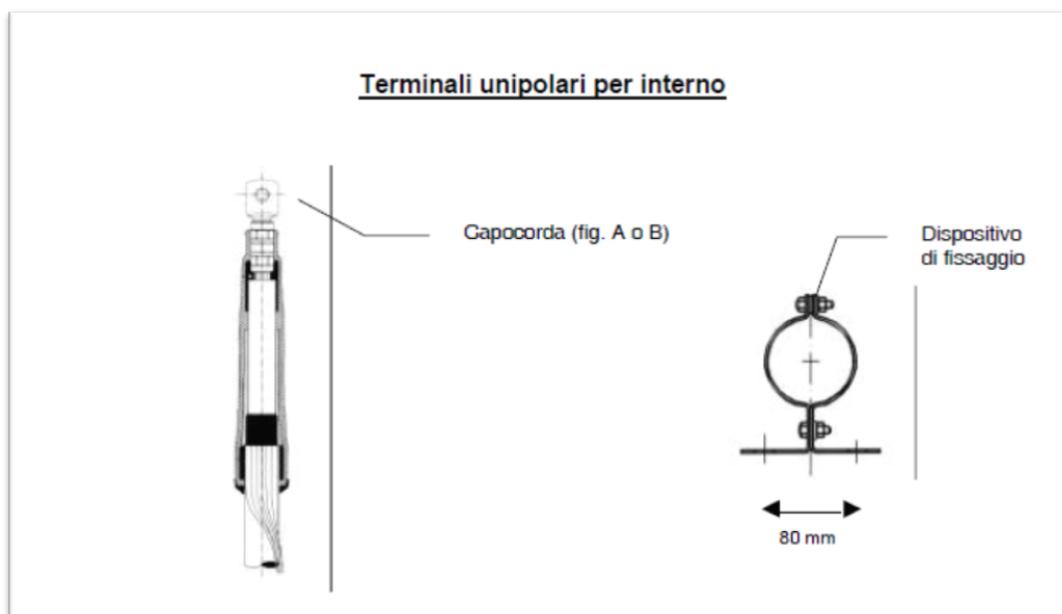


Figura 15: terminali unipolari per interno con capocorda

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.

3.7. 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];
- Δv = caduta di tensione specifica, [V/km A];
- ℓ = 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, 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%**. Ai fini del calcolo, i valori di resistenza e reattanza, sono stati dedotti dalla scheda tecnica di seguito riportata:

Caratteristiche elettriche/Electrical characteristics

Formazione	Resistenza elettrica in CC a 20°C	Resistenza elettrica CA a 90°C	Induttanza	Reattanza a 50Hz	Capacità a 50Hz	Corrente di carica a 50Hz	Perdite nel dielettrico a 50Hz	Corrente di corto circuito del conduttore per 1 sec.	Corrente di corto circuito dello schermo metallico per 1 sec.
Size	Max. DC electrical resistance at 20°C	Max. AC electrical resistance at 90°C	Inductance	Reactance at 50Hz	Capacitance at 50 Hz	Charging Current at 50 Hz	Dielectric Losses at 50 Hz	Conductor Short Circuit Current for 1 sec.	Metallic Screen Short Circuit Current for 1 sec.
n° x mm²	Ω/Km	Ω/Km	mH/Km	Ω/Km	μ/Km	Amp/Km	W/Km/phase	kA	kA
1 x 70	0,443	0,5682	0,4288	0,1347	0,1595	0,9019	64,94	6,6	2,2
1 x 95	0,32	0,4106	0,4108	0,1291	0,1742	0,9851	70,93	9	2,3
1 x 120	0,253	0,3248	0,3968	0,1247	0,1878	1,0621	76,47	11,3	2,4
1 x 150	0,206	0,2646	0,3837	0,1205	0,2013	1,1385	81,97	14,2	2,5
1 x 185	0,164	0,211	0,3711	0,1166	0,2177	1,2309	88,62	17,5	2,7
1 x 240	0,125	0,1612	0,3556	0,1117	0,2396	1,355	97,56	22,7	2,8
1 x 300	0,1	0,1295	0,3456	0,1086	0,2615	1,4786	106,46	28,3	3,1
1 x 400	0,0778	0,1015	0,3282	0,1031	0,2898	1,639	118,01	37,8	3,3
1 x 500	0,0605	0,0799	0,3170	0,0996	0,3228	1,8255	131,43	47,2	3,7
1 x 630	0,0469	0,0632	0,3071	0,0965	0,3538	2,0007	144,05	59,5	3,9
1 x 800	0,0367	0,0512	0,2953	0,0928	0,4006	2,2655	163,11	75,6	4,7

Tabella 2: resistenza e reattanza cavi unipolari ARE4H5E 18/30 kV

3.8. 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 Utenza 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 Utenza.

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 Utenza pari a 16

kA e un tempo di intervento del dispositivo di protezione pari a 1 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:

$$S \geq 164,9 \text{ mm}^2$$

a cui corrisponde una sezione commerciale di 185 mm². Considerando che la linea è stata dimensionata in funzione della potenza da trasmettere e che verrà realizzata con cavi unipolari ARE4H5E 18/30 kV in formazione **2x [3x(1x800)]**, possiamo affermare che è stata dimensionata correttamente.

4. CAMPI ELETTROMAGNETICI

4.1. 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).

4.2. Campi elettrici dovuti a cavi schermati

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

4.3. 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 16 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 17 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.

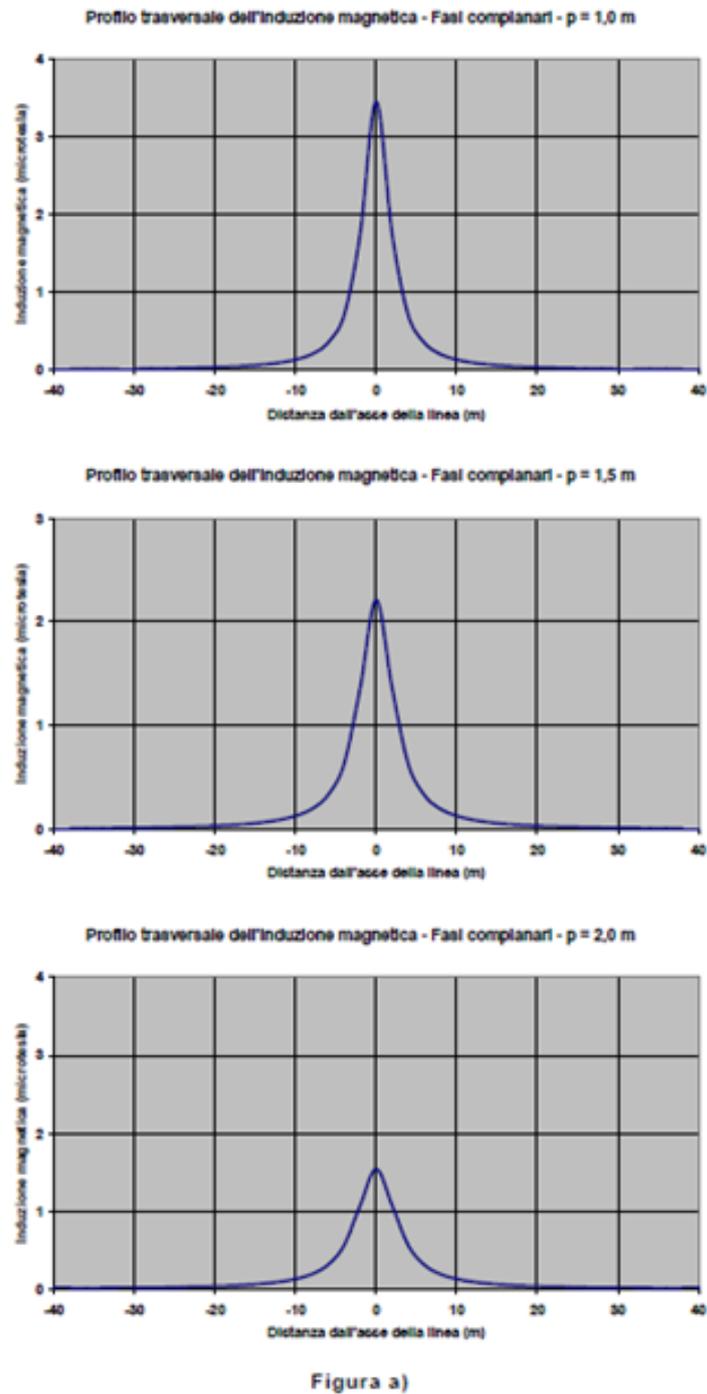


Figura 16: Figura a) tratta dalla Norma CEI 11-17

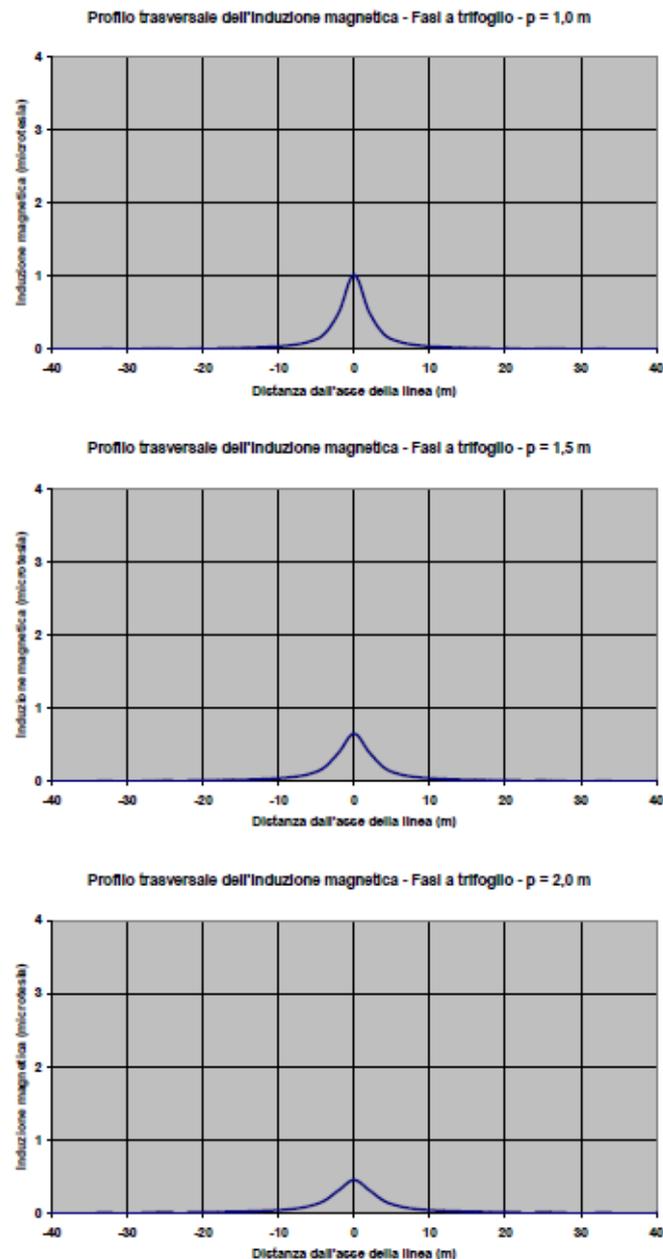


Figura b)

Figura 17: 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

Committente:

AP GREEN ONE S.R.L.

Progettista:



Pag. 27 | 29

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 verificano esattamente l'opposto.

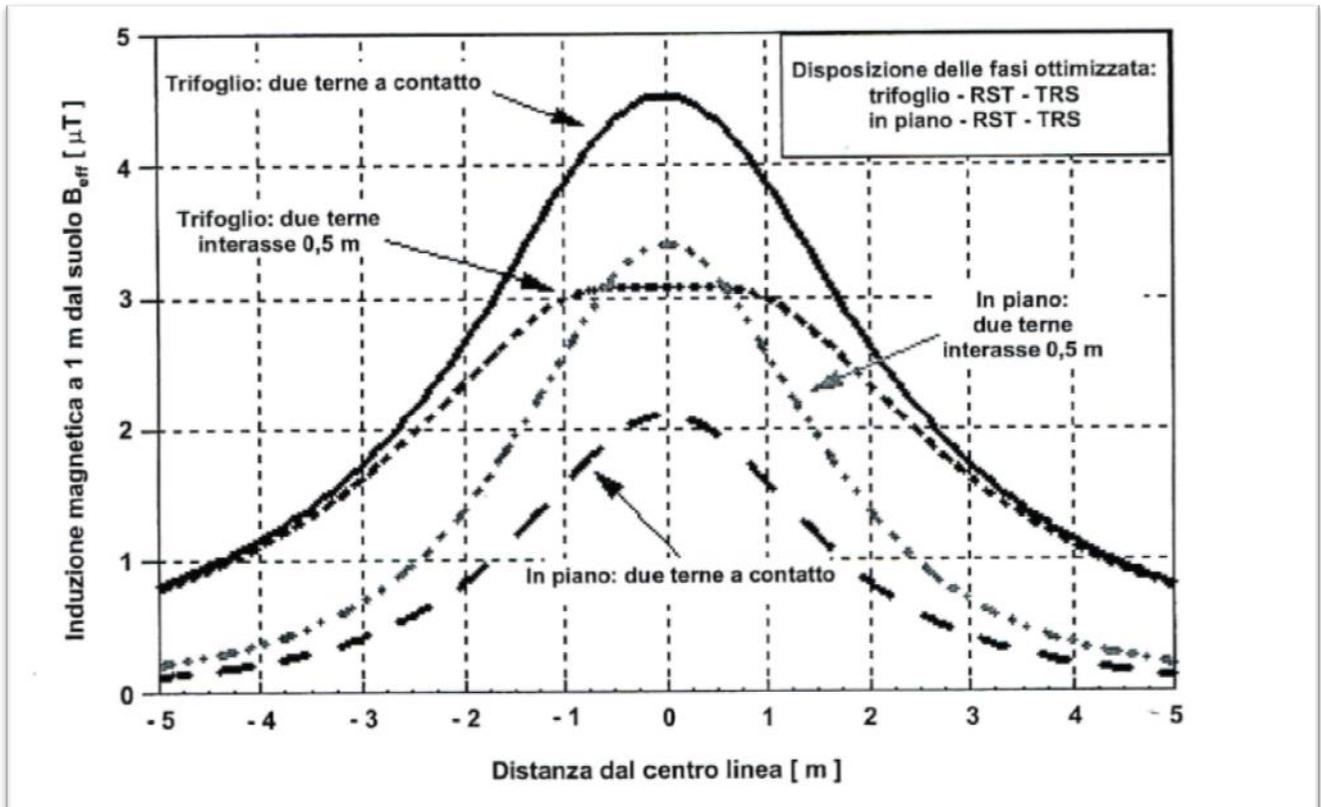


Figura 18: confronto tra livelli di campo magnetico generato dalle linee elettriche interrate in doppia terna

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, considerando che la linea sarà realizzata con doppia terna di cavi unipolari, al fine di ridurre l'entità del Campo Induzione Magnetica generato durante l'esercizio sulla superficie del suolo ed in corrispondenza dell'asse della linea, è stata privilegiata la posa delle fasi in piano e a contatto. In questo modo, come riscontrabile dal grafico di seguito riportato, nelle condizioni di esercizio più gravose il valore dell'Induzione Magnetica valutato in corrispondenza dell'asse della linea ad 1 m di altezza dalla superficie del suolo, risulterà inferiore all'obiettivo di qualità di 3 μT fissato dal D.P.C.M. 8 luglio 2003:

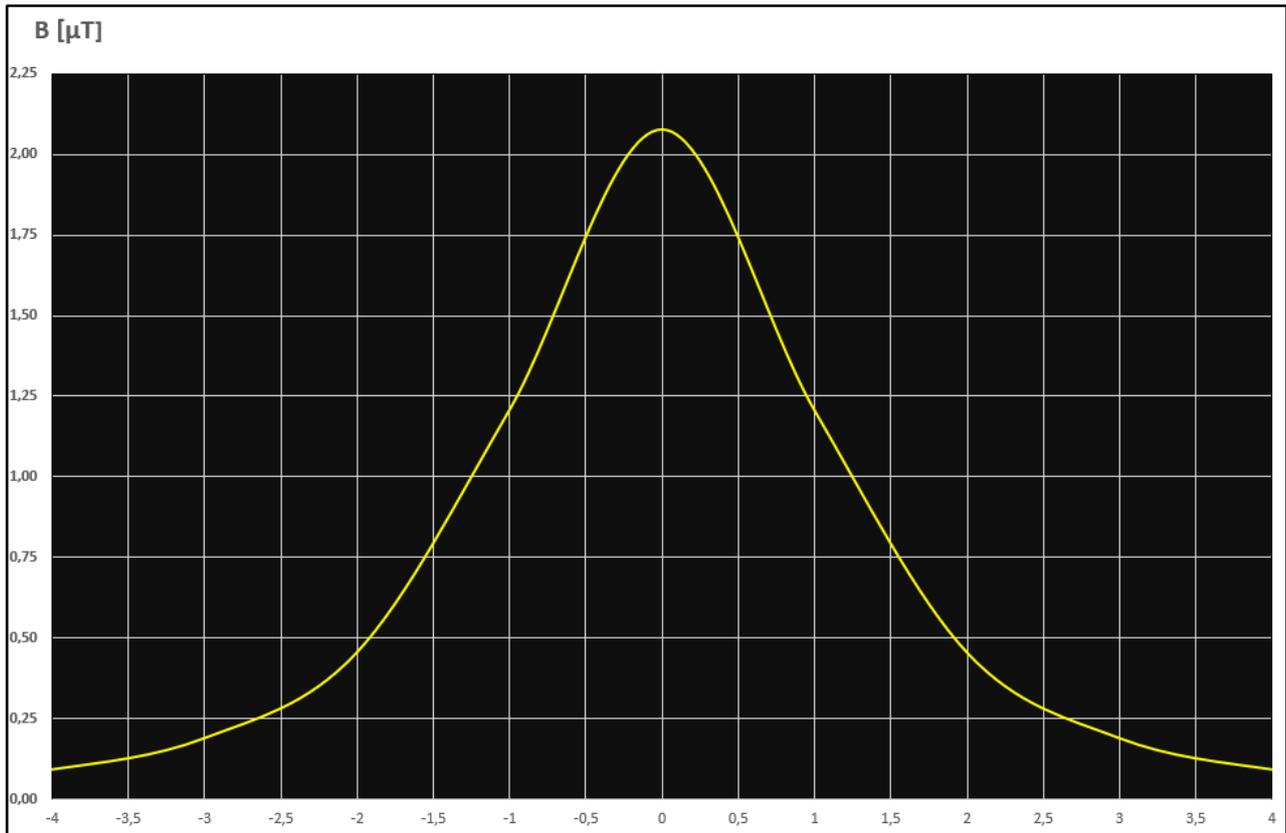


Figura 19: Induzione Magnetica generata dalla dorsale MT

Committente:

AP GREEN ONE S.R.L.

Progettista:



Pag. 29 | 29