

# REGIONE MARCHE

Comune di Caldarola (MC)

## PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI 60,0 MW integrato con un sistema di accumulo della potenza di 20,0 MW e delle relative opere di connessione alla RTN sito nei comuni di Caldarola e Camerino (MC)

TITOLO

### Relazione tecnica dei cavidotti

PROGETTAZIONE	PROPONENTE	
 SR International S.r.l. C.so Vittorio Emanuele II, 282-284 - 00186 Roma Tel. 06 8079555 - Fax 06 80693106 C.F e P.IVA 13457211004 	 Fred. Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - 00185 Roma C.F e P.IVA 15604711000	

Revisione	Data	Elaborato	Verificato	Approvato	Descrizione
00	18/11/2022	Longobardi	Bartolazzi	F.O. Renewables	Relazione tecnica dei cavidotti

N° DOCUMENTO	FLS-CLD-RTC	SCALA	--	FORMATO	A4
--------------	-------------	-------	----	---------	----

**INDICE**

INDICE DELLE FIGURE .....	2
INDICE DELLE TABELLE.....	2
1. PREMessa.....	4
2. OGGETTO .....	5
3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO EOLICO .....	5
4. CAVIDOTTI E MODALITA' DI POSA.....	6
5. INTERFERENZE CON I CAVIDOTTI .....	7
5.1 COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA E CAVI DI COMANDO E SEGNALAZIONE.....	7
5.2 COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA CON TUBAZIONI, SERBATOI METALLICI E GASDOTTI INTERRATI .....	7
5.3 SERBATOI DI LIQUIDI E GAS INFIAMMABILI .....	9
5.4 COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA CON CORSI D'ACQUA E FOSSI.....	9
6. PROVINCE E COMUNI INTERESSATI.....	12
7. VINCOLI.....	12
8. ATTRAVERSAMENTO DI FOSSI, CORSI D'ACQUA E METANODOTTI.....	12
9. ATTRAVERSAMENTO DELLA S.S. 77 VAR .....	13
10. PROGETTO DEI CAVIDOTTI INTERRATI IN MT .....	15
10.1 PREMessa .....	15
10.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	15
10.3 CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVIDOTTI IN MT.....	15
10.4 DIMENSIONAMENTO DEI CAVIDOTTI IN MT.....	18
10.5. MODALITÀ DI POSA DEI CAVI.....	18
11. TRACCIATO DEI CAVIDOTTI IN MT .....	21
12. PRESCRIZIONI SULLA DETERMINAZIONE DELLE DISTANZE .....	27
13. TRACCIATO DEL CAVIDOTTO IN AT A 132 KV .....	27
13.1 CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CAVO IN AT E DIMENSIONAMENTO .....	28
13.2 MODALITÀ DI POSA DEL CAVO IN AT.....	30
14. RAGGI DI CURVATURA DEI CAVI .....	32
15. SOLLECITAZIONI A TRAZIONE .....	33
16. PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI .....	33
16.1 SOLLECITAZIONI TERMICHE E DINAMICHE .....	33
16.2 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE.....	33
16.3 PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO .....	34
16.4 PROTEZIONE CONTRO IL SOVRACCARICO.....	34
17. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI.....	34
17.1 USO DEI RIVESTIMENTI METALLICI DEI CAVI.....	34
17.2 MESSA A TERRA DEL RIVESTIMENTO METALLICO DEI CAVI.....	35

17.3	MESSA A TERRA DELLE PARTI METALLICHE DELLE CANALIZZAZIONI .....	35
18.	CAMPI ELETTROMAGNETICI .....	36

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1:	Attraversamento tipo mediante tecnica TOC dei fossi .....	10
Figura 2:	Attraversamento dei fossi su lato ponte .....	10
Figura 3:	Tipico attraversamento dei metanodotti .....	11
Figura 4:	Distanze minime da rispettare negli incroci e nei parallelismi con altri cavi o tubazioni .....	11
Figura 5:	Protezioni supplementari da adottare qualora le distanze minime non possono essere rispettate .....	11
Figura 6:	Distanze minime con altri cavi, tubazioni metalliche, serbatoi e cisterne di carburante. ....	12
Figura 7:	Attraversamento della S.S. 77 VAR in T.O.C (in rosso) .....	14
Figura 8 –	<i>Sezione tipo del cavidotto interrato MT composto da n.4 terne di cavi su strada asfaltata</i> .....	19
Figura 9 –	<i>Sezione tipo del cavidotto interrato MT composto da n.4 terne di cavi su strada sterrata</i> .....	19
Figura 10 –	<i>Sezione tipo del cavidotto interrato MT composto da n.4 terne di cavi su terreno</i> .....	20
Figura 11:	Materiali di riempimento per tipologia di scavo.....	20
Figura 12	Inquadramento su ortofoto: impianto eolico, cavidotti in MT (in rosso e in blu) e attraversamento delle interferenze. ....	22
Figura 13:	Riquadro 1 di Figura 12 in cui si verifica l'assenza di interferenze nell'area inquadrata. ....	23
Figura 14:	Riquadro 2 di Figura 12 in cui è visibile l'attraversamento del corso d'acqua: "Rio il Fossaccio" (in ciano) in 1 punto (N°1). ....	24
Figura 15:	Riquadro 3 di Figura 12 in cui è visibile l'attraversamento dell'acquedotto interrato (in lilla) in 1 punto (N°2), inoltre si osservano gli attraversamenti del corso d'acqua: "Rio di S.Luca" (in ciano) in 3 punti (N° 3,4,5). ....	25
Figura 16:	Riquadro 4 di Figura 12 in cui è visibile l'attraversamento del fosso: "Fosso Arcofiato" (in ciano) in 1 punto (N°6), l'attraversamento del metanodotto interrato (in verde) in 1 punto (N° 7). e il cavidotto in AT a 132 kV (in magenta), la stazione utente di trasformazione, il sistema di accumulo e la stazione elettrica di Smistamento. ....	26
Figura 17:	Inquadramento su ortofoto: stazione utente collegata con la stazione elettrica di smistamento a 132 kV da realizzare in località di "Arcofiato", il cavidotto in AT di collegamento condiviso (in magenta).....	27
Figura 22:	Sezione del cavo in AT a 132 kV .....	29
Figura 23:	Sezioni tipiche di scavo e di posa per il cavo in AT a 132 kV .....	30

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1:	Dati tecnici impianto .....	6
Tabella 2:	Punti di interferenze e attraversamenti dei cavidotti interrati MT. ....	13

Tabella 3: Caratteristiche tecniche ed elettriche del cavo in MT - 30kV - ARP1H5(AR)EX.....	16
Tabella 4: Caratteristiche tecniche ed elettriche del cavo in MT - 30kV - ARP1H5(AR)E.....	17
<i>Tabella 5: Lunghezze e sezioni dei cavi MT da utilizzare nel circuito elettrico del parco eolico.</i>	18
Tabella 6: Percorso dei cavidotti in MT e lunghezze dei tratti all'interno del parco eolico. ....	21
Tabella 7: Percorso dei cavidotti in MT dalla CR alla SU. ....	21
Tabella 8: Caratteristiche tecniche ed elettriche del cavo in AT a 132 kV .....	28
Tabella 9: Profondità di posa dei cavi .....	31

## 1. PREMESSA

Il presente progetto ha come obiettivo la realizzazione di una centrale per la produzione di energia da fonte rinnovabile tramite l'impiego di tecnologia eolica. La realizzazione dell'opera prevede l'installazione di n.12 aerogeneratori, modello tipo Vestas V150, della potenza unitaria di 5,0 MW per una potenza totale di 60,0 MW. A questi, si aggiunge un sistema di accumulo di energia elettrica di capacità pari a 20,0 MW e delle opere di connessione alla nuova Stazione di Smistamento della RTN (SE) a 132 kV, da inserire in entra - esce alle linee a 132 kV RTN "Valcimarra - Camerino" e "Valcimarra - Cappuccini" esistenti, da potenziare. Tuttavia non si esclude la possibilità di ricorrere ad alcune varianti progettuali per incrementare la produttività dell'impianto, anche in funzione dei futuri sviluppi di mercato.

Soggetto responsabile del parco eolico, denominato "Energia Caldarola", è la società Fred. Olsen Renewables Italy S.r.l. che ha come attività principali lo sviluppo, la progettazione, l'installazione, la commercializzazione, la gestione e la vendita di energia elettrica generata da fonti rinnovabili. La società ha sede a Roma, in Viale Castro Pretorio n. 122 - CAP 00185, C.F. e P.IVA 15604711000.

SR International S.r.l. è una società di consulenza e progettazione operante nel settore delle fonti di energia rinnovabili, in particolare solare ed eolica. Per la realizzazione del progetto in esame essa funge da soggetto di riferimento per il supporto tecnico-progettuale.

L'impianto in progetto comporta un significativo contributivo alla produzione di energia rinnovabile; l'energia prodotta sarà immessa nella Rete di Trasmissione Nazionale di proprietà della società Terna S.p.A.

## 2. OGGETTO

L'oggetto della seguente relazione tecnica è la descrizione dei cavidotti interrati, interni ed esterni all'area dell'impianto eolico che interesseranno i territori comunali di Caldarola e Camerino (MC), con riferimento ai cavidotti in MT a 30 kV interni al parco, al cavidotto di evacuazione in MT a 30 kV che trasporta l'energia prodotta dagli aerogeneratori dell'impianto fino alla stazione utente di trasformazione ed al cavidotto in AT a 132 kV che collega quest'ultima stazione con la nuova stazione elettrica RTN di smistamento a 132 kV, adiacente la stazione utente, che sarà collegata in doppio entra-esce alle due linee aeree a 132 kV, "Valcimarra - Camerino" e "Valcimarra - Cappuccini", da potenziare, della RTN di Terna.

## 3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO EOLICO

Il parco eolico sarà costituito da:

- n.12 aerogeneratori aventi ciascuno una potenza nominale di 5,0 MW, modello tipo Vestas V150, con rotore da 150 m, altezza dal mozzo pari a 125 m, per un totale di 200 m dal suolo, all'interno del territorio comunale di Caldarola (MC);
- cavidotti interrati in MT a 30 kV per il collegamento tra gli aerogeneratori, tra questi e la cabina di raccolta o CR e tra la CR con la stazione utente di trasformazione 30/132 kV o SU, all'interno dei territori comunali di Caldarola e Camerino (MC).
- stazione utente di trasformazione 30/132 kV condivisa con sbarra AT in condivisione con altri possibili operatori. Essa è suddivisa in n.3 aree indipendenti, ciascuna con il proprio stallo MT/AT di trasformazione ed edificio quadri, ricadente nel comune di Camerino (MC) in località "Arcofiato";
- cavidotto interrato in AT a 132 kV, con cavo in AT condiviso, che collega la SU con lo stallo dedicato nella nuova Stazione di Smistamento (SE) della RTN a 132 kV, da realizzare nell'area delle due stazioni;
- una stazione di smistamento (SE) da collegare in doppio entra esci con le linee elettriche aeree "Valcimarra-Camerino" e "Valcimarra-Cappuccini", comprensiva dei raccordi aerei, adiacente la SU, in località "Arcofiato" a Camerino.

Nei paragrafi successivi saranno descritti in dettaglio sia i percorsi dei cavidotti che il dimensionamento dei cavi elettrici in MT e in AT. Di seguito sono riportati in tabella 1 i dati tecnici riassuntivi dell'impianto eolico:

Potenza nominale dell'impianto [MW]	60,0
Potenza aerogeneratore	5,0
Numero di aerogeneratori	12
N° cabine di raccolta	1
Lunghezza terna di cavi tripolari ad elica visibile da 95 mmq in MT a 30 kV [m]	3635
Lunghezza terna di cavi tripolari ad elica visibile da 240 mmq in MT a 30 kV [m]	2897
Lunghezza terna di cavi unipolari da 400 mmq in MT a 30 kV [m]	7162
Lunghezza terne di cavi unipolari da 630 mmq esterno in MT a 30 kV [km]	37,4
Lunghezza terna di cavi unipolari da 1600 mmq in AT a 132 kV [m]	240

*Tabella 1: Dati tecnici impianto*

Si sottolinea che in fase esecutiva, soprattutto in riferimento alla situazione di mercato al momento dell'acquisto dei componenti, potrà essere scelta una diversa tipologia di cavi, componenti elettrici nonché di aerogeneratori. Tale scelta sarà comunque effettuata tenendo conto sia della potenza massima installabile e sia che vengano garantite ottime prestazioni di durata e di producibilità dell'impianto.

#### **4. CAVIDOTTI E MODALITA' DI POSA**

Sia i cavidotti interni all'area d'impianto che collegano i vari aerogeneratori tra di loro sia i cavidotti esterni di connessione tra la cabina di raccolta con la stazione utente di trasformazione, saranno realizzati completamente interrati. I cavidotti in MT avranno una profondità di 1,20 m dal piano di campagna, inoltre, le larghezze minime delle sezioni di scavo riferite al seguente progetto avranno le dimensioni riportate nel seguito:

- 60 cm nel caso di posa di n.1 e n.2 terne;
- 70 cm nel caso di posa di n.3 terne;
- 90 cm per la posa di n.4 terne.

I cavi che si prevede di utilizzare sono del tipo "air-bag", direttamente interrati senza protezione meccanica aggiuntiva, sia cordati (ARP1H5(AR)EX che non (ARP1H5(AR)E); mentre, il cavo utilizzato in questa fase di progettazione per la connessione della stazione utente di trasformazione allo stallo dedicato nella SE, è del tipo ARE4H1H5E (o similari) unipolare

conforme alle specifiche IEC e CENELEC, i cui cavi unipolari verranno posati a trifoglio all' interno dello scavo. Tali cavi saranno interrati ad una profondità minima di 1,6 m dal piano di campagna.

## 5. INTERFERENZE CON I CAVIDOTTI

Sia lungo il percorso dei cavidotti di connessione tra gli aerogeneratori d'impianto che lungo il tracciato che collega la cabina di raccolta alla stazione utente di trasformazione MT/AT, i cavidotti in MT, incontreranno:

- corsi d'acqua;
- un acquedotto interrato;
- un metanodotto interrato.

### 5.1 COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA E CAVI DI COMANDO E SEGNALAZIONE

I circuiti di comando e segnalazione potrebbero essere oggetto di disturbi, tali da alterarne il regolare funzionamento, causati da fenomeni dovuti a transitori sui circuiti di energia accoppiati con i circuiti di comando e segnalamento stessi. Per ciò che attiene alla mutua influenza dovuta a interferenze elettromagnetiche tra cavi di energia e cavi di comando e segnalamento, valgono le prescrizioni contenute nelle norme CEI 304; per le interferenze di tipo elettrico o meccanico, qualora gli esercenti di questi cavi sono diversi e non esistano tra loro particolari accordi, valgono le prescrizioni precedenti.

### 5.2 COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA CON TUBAZIONI, SERBATOI METALLICI E GASDOTTI INTERRATI

Gli incroci fra cavi di energia e le tubazioni metalliche adibite al trasporto e alla distribuzione di fluidi (acquedotti, oleodotti e simili) non dovrà effettuarsi sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni metalliche stesse. Non si dovranno avere giunti sui cavi di energia a distanza inferiore a 1 m dal punto di incrocio, a meno che non siano attuati i provvedimenti descritti nel seguito. Nessuna particolare prescrizione è data nel caso in cui la distanza minima, misurata fra le superfici esterne di cavi di energia e di tubazione metalliche o fra quelle di eventuali manufatti di protezione, è superiore a 0,5 m. Tale distanza sarà 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 venga interposto un elemento separatore non metallico (per es. 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.

Per quanto riguarda i parallelismi fra cavi di energia e le tubazioni metalliche saranno posati alla maggiore distanza possibile fra loro. In nessun tratto la distanza, misurata in proiezione orizzontale fra le superfici esterne di essi o di eventuali loro manufatti di protezione, deve risultare inferiore a 0,30 m. Si può tuttavia derogare alla prescrizione suddetta previo accordo fra gli esercenti:

- a) quando la differenza di quota fra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0,50 m;
- b) quando tale differenza è compresa tra 0,30 m e 0,50 m, ma si interpongano fra le strutture elementari separatori non metallici nei tratti in cui la tubazione non è contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

Non saranno mai disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubazioni per altro uso. Tale tipo di posa è invece consentito, previo accordo fra gli Enti interessati, purché il cavo di energia e le tubazioni non saranno posti a diretto contatto fra loro.

La coesistenza tra gasdotti interrati e cavi di energia posati in cunicoli od altri manufatti, è regolamentata dal D.M. 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". Pertanto, nel caso di incroci e parallelismi tra cavi di energia e tubazioni convoglianti gas naturali, le modalità di posa ed i provvedimenti da adottare al fine di ottemperare a quanto disposto dal detto D.M. 24.11.1984, saranno definiti con gli Enti proprietari o Concessionari del gasdotto.

Gli attraversamenti dei metanodotti interrati, avverranno come riportato nella figura 4, in accordo col gestore della rete del gas. In particolare, il cavidotto sarà protetto da due solette in c.a. con rete elettrosaldata, aventi una superficie di circa 2x3 mq e distanti almeno 0,50 m dalla tubazione del gas (Figura 4).

Finalmente, gli attraversamenti degli acquedotti interrati, i quali sono definiti come tubazioni metalliche adibite al trasporto e alla distribuzione di fluidi, saranno progettate per osservare una distanza minima di 0.50 m (Figura 4, c) misurata fra le superfici esterne di cavi di energia e di tubazioni metalliche. Tale distanza può essere ridotta fino a 0.30 m (Figura 5, c), quando una delle strutture di incrocio è contenuta in manufatto di protezione non metallico. La protezione può essere ottenuta per mezzo di calcestruzzo leggermente armato oppure di elemento separatore non metallico, come ad esempio una lastra di calcestruzzo o di altro materiale rigido (Figura 6).

Nel caso di parallelismi dei cavidotti con tubazioni metalliche, serbatoi e cisterne di carburante, deve rispondere a prescrizioni particolare ed essere installato rispettando distanze minime contenute nella Norma CEI 11-17, come riportato nelle Figure 4 e 6.

### **5.3 SERBATOI DI LIQUIDI E GAS INFIAMMABILI**

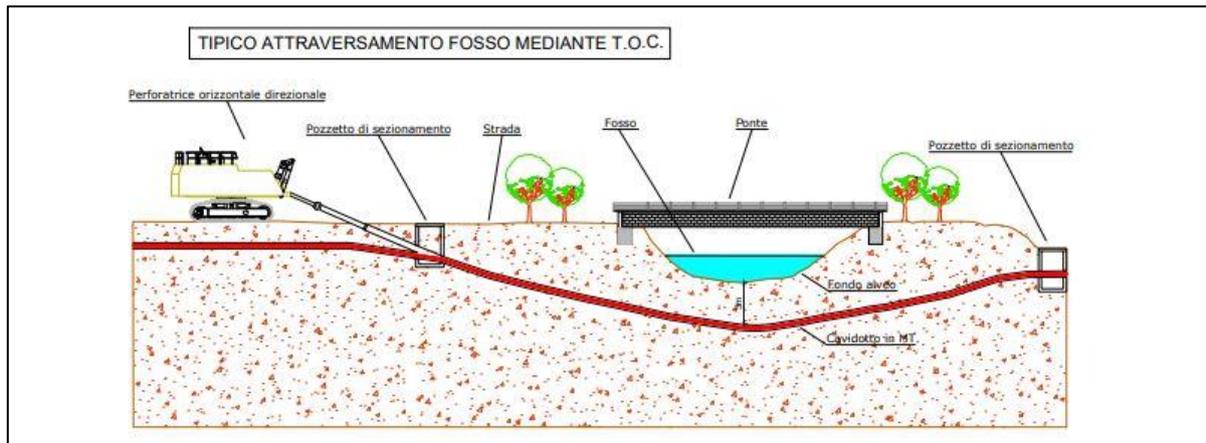
Le superfici esterne di cavi di energia interrati non devono distare meno di 1 m dalle superfici esterne di serbatoi contenenti liquidi o gas infiammabili.

### **5.4 COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA CON CORSI D'ACQUA E FOSSI**

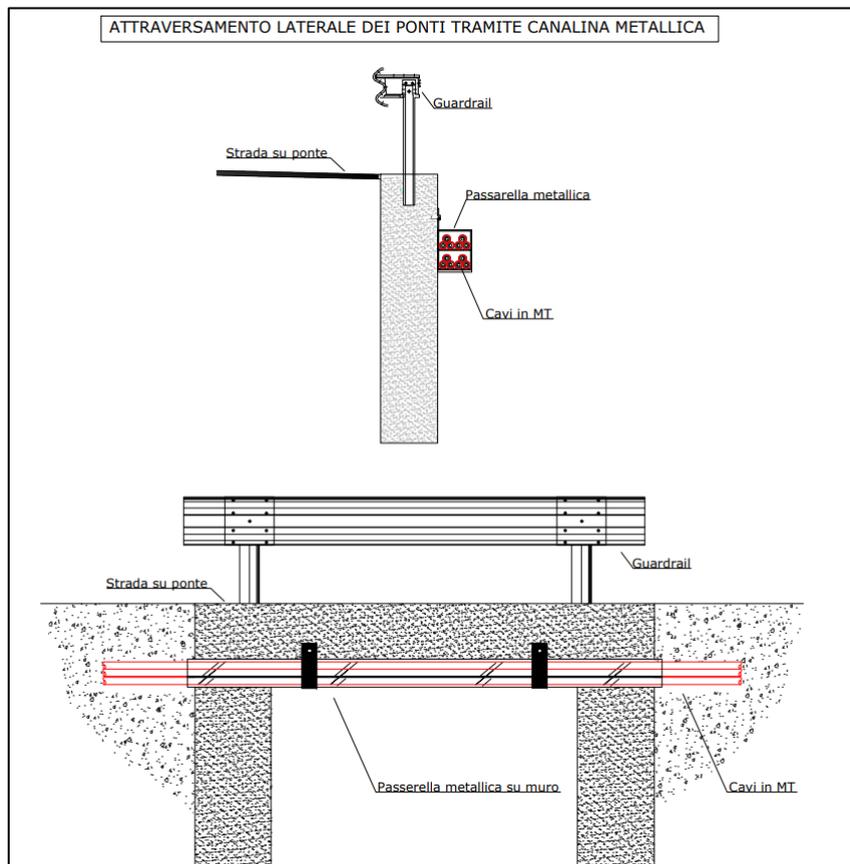
Nel caso dei corsi d'acqua, l'attraversamento del cavidotto potrà avvenire in due modi: o posando il cavidotto entro una canalina metallica agganciata meccanicamente ad uno dei lati del ponte (Figura 3), oppure in sub alveo (al di sotto dell'alveo del corso d'acqua), eseguito con la tecnica della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.). Tale tecnica permette di alloggiare il cavidotto nel sottosuolo, lasciando del tutto inalterate sia le sponde ed il fondo dell'alveo. Per la realizzazione della T.O.C. dovranno in particolar modo essere seguite le indicazioni della Provincia di Macerata, per l'attraversamento in sub alveo dei corsi d'acqua demaniali (Figura 2). Gli attraversamenti saranno realizzati con direzione ortogonale all'asse (per le tre tipologie di interferenze elencate in precedenza), per limitarne la porzione interessata dai lavori di scavo e ripristino.

Le quote di interrimento del cavidotto saranno raccordate nei tratti in prossimità delle sponde, per garantire la giusta immersione del cavidotto al di sotto del fondo dell'alveo. La distanza tra la generatrice superiore del cavidotto e il fondo alveo sarà superiore a 2 m. Con tali soluzioni si evita qualsiasi tipo di interferenza dei cavidotti con la sezione di deflusso dei fossi, e in ogni caso sarà garantita la non interferenza con le condizioni di officiosità e funzionalità idraulica dei corsi d'acqua attraversati, e non sarà minimamente alterato né perturbato il regime idraulico. Analogamente, tale soluzione progettuale risulta pienamente compatibile con i vincoli paesaggistici, tra i quali anche quello della fascia di rispetto delle acque pubbliche e della tutela delle visuali dei percorsi panoramici, in quanto non comporta alcuna alterazione visibile dello stato dei luoghi. Con la stessa tecnica precedentemente descritta, verrà realizzato l'attraversamento di sedi stradali o autostradali intercettati dai percorsi dei cavidotti.

Nelle figure successive sono riportate le soluzioni da adottare per gli attraversamenti di fossi, metanodotti e acquedotti. Ovviamente, la soluzione adottata andrà contestualizzata nei singoli casi, prevedendo variazioni dimensionali opportune che saranno valutate all'atto della realizzazione dell'attraversamento.



*Figura 1: Attraversamento tipo mediante tecnica TOC dei fossi*



*Figura 2: Attraversamento dei fossi su lato ponte*

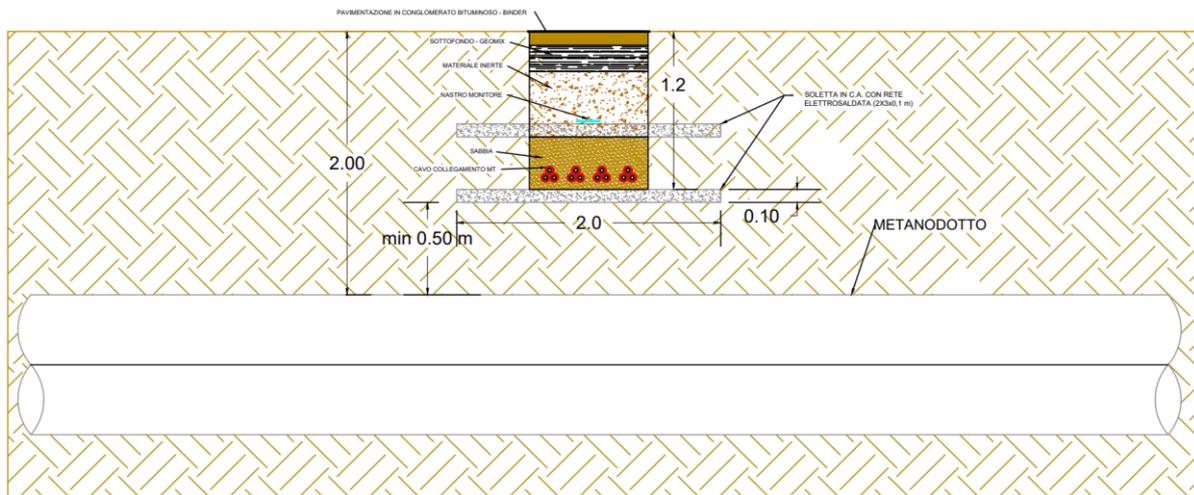


Figura 3: Tipico attraversamento dei metanodotti

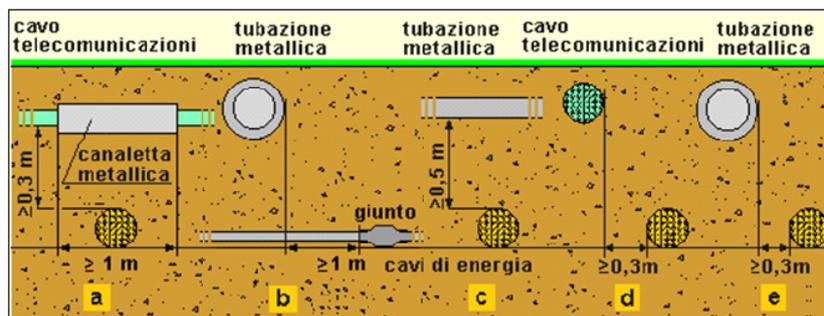


Figura 4: Distanze minime da rispettare negli incroci e nei parallelismi con altri cavi o tubazioni

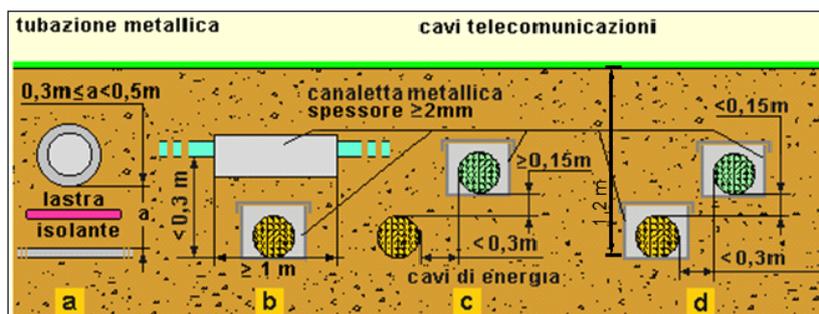


Figura 5: Protezioni supplementari da adottare qualora le distanze minime non possono essere rispettate

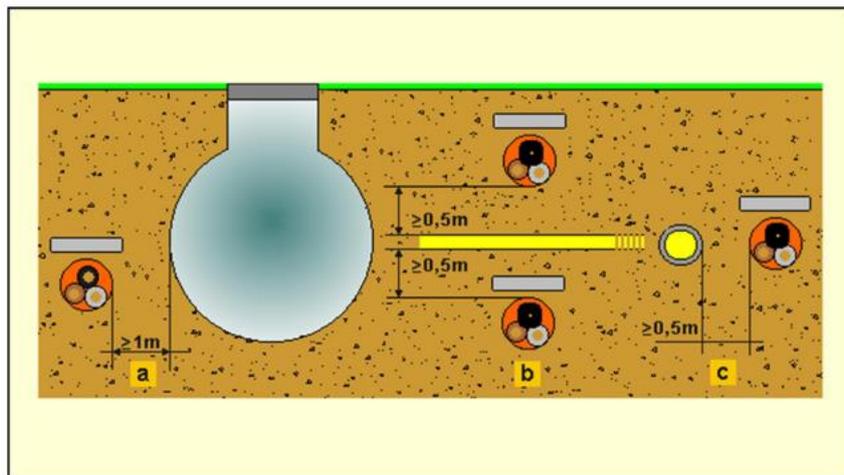


Figura 6: Distanze minime con altri cavi, tubazioni metalliche, serbatoi e cisterne di carburante.

## 6. PROVINCE E COMUNI INTERESSATI

Il tracciato degli elettrodotti in MT interesserà i territori comunali di Caldarola e Camerino nella provincia di Macerata.

## 7. VINCOLI

Per un'analisi dettagliata, si rimanda alle tavole vincolistiche ed alla FLS-CLD-RP-Relazione Paesaggistica allegate. Possiamo affermare che i lavori per la realizzazione dei cavidotti verranno effettuati nel rispetto dei limiti imposti dalla legislazione vigente in modo da garantire la salvaguardia dell'ecosistema. Gli scavi di posa dei cavi elettrici, rispetteranno tutte le normative vigenti, sia in termini di sicurezza che di impatto ambientale, non andando di fatto a modificare visivamente lo stato dei luoghi.

## 8. ATTRAVERSAMENTO DI FOSSI, CORSI D'ACQUA E METANODOTTI

Dallo studio approfondito del territorio è emersa la presenza di diversi corsi d'acqua, un acquedotto ed un metanodotto. Per l'esattezza, il cavidotto di evacuazione intercetterà in n.5 punti corsi d'acqua. Gli attraversamenti verranno effettuati o posando il cavidotto entro una canalina metallica agganciata meccanicamente ad uno dei lati del ponte, oppure mediante la soluzione con tecnologia T.O.C. realizzata cioè per mezzo di trivellazione orizzontale controllata utile a garantire le distanze minime tra intradosso del fondo del corso d'acqua e l'estradosso della tubazione di protezione del cavo MT.

Inoltre, il cavidotto esterno al parco eolico attraverserà in n.1 punto un metanodotto interrato della Snam. Nel presente caso si prevede il passaggio del cavo protetto da solette in c.a. con rete elettrosaldada di ampiezza pari a circa 2 m, superiormente alla tubazione metallica ad una distanza verticale maggiore di 0,5 m dal metanodotto. Inoltre, per i tratti in cui i cavidotti sono in parallelo con i metanodotti si rispetteranno le distanze prescritte dalla Norma CEI 11-17.

Infine, il cavidotto di evacuazione attraverserà un acquedotto interrato in n.1 punto. Tale attraversamento potrà avvenire mantenendo una distanza di 0.50 m tra i due sistemi, per la quale non sono richieste prescrizioni particolari.

Di seguito si riportano gli estremi di identificazione dei fossi e dei metanodotti intercettati, così come desumibili dalle cartografie catastali e dalle carte tecniche regionali:

INTERFERENZE – ATTRAVERSAMENTI ELETTRODOTTO MT		
N. Identificativo	Interferenza	Tipologia attraversamento
1	Rio il Fossaccio	Attraversamento in sub-alveo (T.O.C) (Sez. A-A')/ affiancamento ponte su canalina metallica (Fig. C)
2	Acquedotto	Interferenze con tubazione metallica (Fig. A, Fig. B)
3	Rio di S. Luca	Attraversamento in sub-alveo (T.O.C) (Sez. A-A')/ affiancamento ponte su canalina metallica (Fig. C)
4	Rio di S. Luca	Attraversamento in sub-alveo (T.O.C) (Sez. A-A')/ affiancamento ponte su canalina metallica (Fig. C)
5	Rio di S. Luca	Attraversamento in sub-alveo (T.O.C) (Sez. A-A')/ affiancamento ponte su canalina metallica (Fig. C)
6	Fosso Arcofiato	Attraversamento in sub-alveo (T.O.C) (Sez. A-A')/ affiancamento ponte su canalina metallica (Fig. C)
7	Metanodotto	Attraversamento al di sopra dei metanodotti interponendo manufatto di protezione (Sez. B-B')

*Tabella 2: Punti di interferenze e attraversamenti dei cavidotti interrati MT.*

I corsi d'acqua, l'acquedotto ed il metanodotto intercettati sono riportati in dettaglio nelle immagini ingrandite successive, seguendo una numerazione progressiva a partire dal lato impianto fino alla stazione utente MT/AT. Si rimanda alle tavole cartografiche per le rappresentazioni in dettaglio degli attraversamenti del cavidotto con i fossi, in particolare alla tavola FLS-CLD-IE.15.

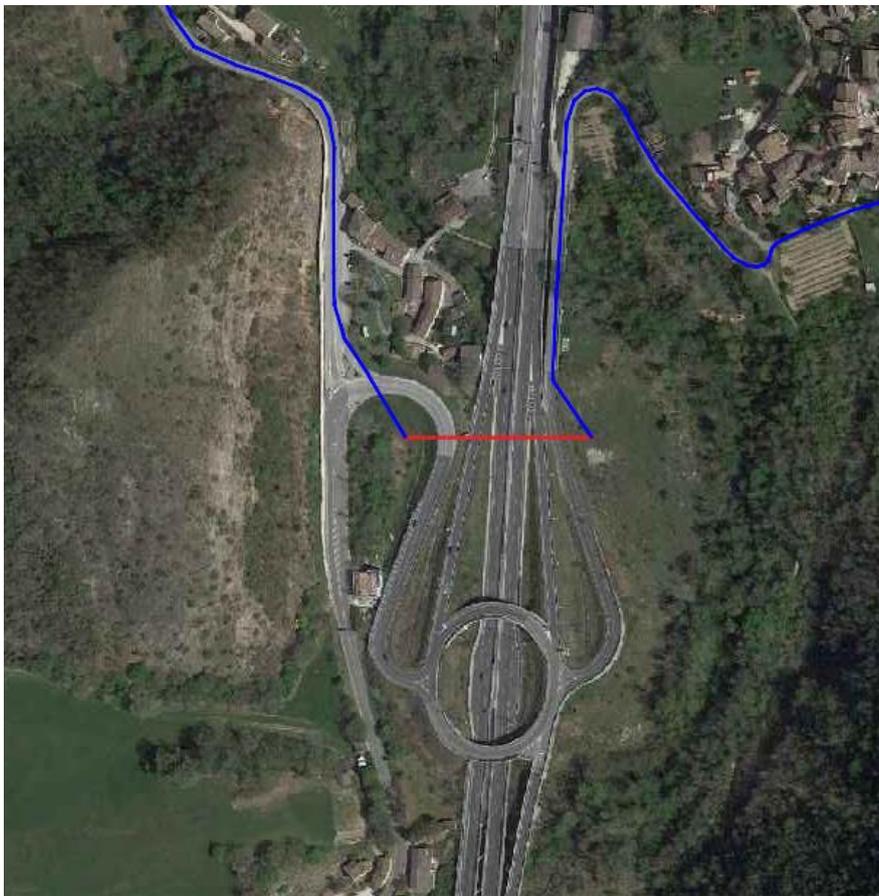
## **9. ATTRAVERSAMENTO DELLA S.S. 77 VAR**

Al fine di ridurre al minimo l'impatto ambientale e paesaggistico sia a medio che a lungo termine, nel tratto in cui il cavidotto di evacuazione interessa la S.S. 77 VAR, si è optato per un attraversamento mediante Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC) per una lunghezza di circa

108 m. I motivi di tale scelta sono riconducibili ai numerosi vantaggi che questa tecnica comporta tra i quali si evidenziano:

- La posa di tubazioni senza scavi a cielo aperto (No-Dig);
- La prevenzione del deterioramento del manto stradale;
- La limitazione dei disagi dovuti all'interruzione del traffico;
- La riduzione dell'inquinamento atmosferico ed acustico;
- La velocità di esecuzione del lavoro.

Di seguito si riporta uno stralcio su ortofoto del tratto interessato:



*Figura 7: Attraversamento della S.S. 77 VAR in T.O.C (in rosso)*

## **10. PROGETTO DEI CAVIDOTTI INTERRATI IN MT**

### **10.1 PREMESSA**

Gli elettrodotti saranno tutti direttamente interrati in questa fase progettuale, e costituiti da cavi unipolari, realizzati con conduttore in alluminio, isolante in XLPE, schermatura in alluminio e guaina esterna in polietilene e protezione meccanica tipo "air-bag".

### **10.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Il progetto dei cavi e le modalità per la loro messa in opera rispondono alle norme contenute nel D.M. 21.03.1988, regolamento di attuazione della Legge n. 339 del 28.06.1986, per quanto applicabile, ed alle Norme CEI 11-17.

### **10.3 CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVIDOTTI IN MT**

Di seguito è riportata una tabella esaustiva in cui sono descritte le caratteristiche tecniche ed elettriche del tipo di cavi utilizzati in questa fase della progettazione, per il trasporto dell'energia generata dall'impianto eolico. Nel seguente progetto, i cavi in MT cui si prevede l'utilizzo sono del tipo:

- ARP1H5(AR)EX, cordati tripolari ad elica visibile per sezioni calcolate comprese tra 95 fino a 240 mmq, direttamente interrati nello scavo con protezione meccanica in materiale polimerico (air bag);
- ARP1H5(AR)E unipolari e disposti a trifoglio, aventi sezioni nominali pari a 400 mmq e 630 mmq, del tipo air bag.

Di seguito le caratteristiche costruttive e tecniche delle due tipologie di cavo adottate nella progettazione:

**Cavo ARP1H5(AR)EX:**

MEDIA TENSIONE - APPLICAZIONI TERRESTRI E/O EOLICHE / MEDIUM VOLTAGE - GROUND AND/OR WIND FARM APPLICATION

**ARP1H5(AR)EX** *P-Laser* **AIR BAG™**  
CABLE SYSTEM



Elica visibile 12/20 kV e 18/30 kV  
Triplex 12/20 kV and 18/30 kV

---

<b>Norma di riferimento</b> HD 620/IEC 60502-2	<b>Standard</b> HD 620/IEC 60502-2
<b>Descrizione del cavo</b>	<b>Cable design</b>
<b>Anima</b> Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio	<b>Core</b> Compact stranded aluminium conductor
<b>Semiconduttivo interno</b> Mescola estrusa	<b>Inner semi-conducting layer</b> Extruded compound
<b>Isolante</b> Mescola in elastomero termoplastico (qualità HPTE)	<b>Insulation</b> Thermoplastic elastomer compound (type HPTE)
<b>Semiconduttivo esterno</b> Mescola estrusa	<b>Outer semi-conducting layer</b> Extruded compound
<b>Rivestimento protettivo</b> Nastro semiconduttore igroespandente	<b>Protective layer</b> Semiconductive watertight tape
<b>Schermatura</b> Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale (Rmax 3Ω/Km)	<b>Screen</b> Aluminium tape longitudinally applied (Rmax 3Ω/Km)
<b>Protezione meccanica</b> Materiale Polimerico (Air Bag)	<b>Mechanical protection</b> Polymeric material (Air Bag)
<b>Guaina</b> Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)	<b>Sheath</b> Polyethylene: red colour (DMP 2 type)

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	peso del cavo	raggio minimo di curvatura	sezione nominale	posa in aria	posa interrata ρ=1 °C m/W	posa interrata ρ=2 °C m/W
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	weight	minimum bending radius	conductor cross-section	open air installation	underground installation ρ=1 °C m/W	underground installation ρ=2 °C m/W
(mm²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm²)	(A)	(A)	(A)
50	8,2	24,8	38	3180	800	50	194	173	133
70	9,7	25,1	38	3340	800	70	240	212	163
95	11,4	26,0	39	3610	820	95	293	254	195
120	12,9	26,9	40	3900	840	120	338	290	223
150	14,0	27,6	41	4180	870	150	382	325	250
185	15,8	29,0	42	4620	890	185	439	369	283
240	18,2	31,4	45	5380	950	240	519	429	325
300	20,8	34,6	49	6500	1030	300	599	486	373

**Tabella 3: Caratteristiche tecniche ed elettriche del cavo in MT - 30kV - ARP1H5(AR)EX**

**Cavo ARP1H5(AR)E:**

MEDIA TENSIONE - APPLICAZIONI TERRESTRI E/O EOLICHE / MEDIUM VOLTAGE - GROUND AND/OR WIND FARM APPLICATION

**ARP1H5(AR)E** *P-Laser* **AIR BAG™**  
CABLE SYSTEM



Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV  
Single core 12/20 kV and 18/30 kV

---

<p><b>Norma di riferimento</b> HD 620/IEC 60502-2</p> <p><b>Descrizione del cavo</b> <b>Anima</b> Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio <b>Semiconduttivo interno</b> Mescola estrusa <b>Isolante</b> Mescola in elastomero termoplastico (qualità HPTE) <b>Semiconduttivo esterno</b> Mescola estrusa <b>Rivestimento protettivo</b> Nastro semiconduttore igroespandente <b>Schermatura</b> Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale (Rmax 3Ω/Km) <b>Protezione meccanica</b> Materiale Polimerico (Air Bag) <b>Guaina</b> Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)</p>	<p><b>Standard</b> HD 620/IEC 60502-2</p> <p><b>Cable design</b> <b>Core</b> Compact stranded aluminium conductor <b>Inner semi-conducting layer</b> Extruded compound <b>Insulation</b> Thermoplastic elastomer compound (type HPTE) <b>Outer semi-conducting layer</b> Extruded compound <b>Protective layer</b> Semiconductive watertight tape <b>Screen</b> Aluminium tape longitudinally applied (Rmax 3Ω/Km) <b>Mechanical protection</b> Polymeric material (Air Bag) <b>Sheath</b> Polyethylene: red colour (DMP 2 type)</p>
---	--

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	peso del cavo	raggio minimo di curvatura	sezione nominale	posa in aria a trifoglio	posa interrata a trifoglio ρ=1°C m/W	posa interrata a trifoglio ρ=2°C m/W
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	weight	minimum bending radius	conductor cross-section	open air installation trefoil	underground installation trefoil ρ=1°C m/W	underground installation trefoil ρ=2°C m/W
(mm²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm²)	(A)	(A)	(A)
50	8,2	24,8	38	1060	540	50	195	173	129
70	9,7	25,1	38	1110	550	70	242	212	158
95	11,4	26,0	39	1200	560	95	293	254	190
120	12,9	26,9	40	1300	580	120	339	290	217
150	14,0	27,6	41	1390	580	150	382	324	242
185	15,8	29,0	42	1540	610	185	439	368	275
240	18,2	31,4	45	1790	630	240	519	428	320
300	20,8	34,6	49	2160	690	300	599	486	363
400	23,8	37,8	53	2570	750	400	700	557	416
500	26,7	40,9	56	3020	790	500	812	636	475
630	30,5	45,5	61	3640	860	630	943	725	541

**Tabella 4: Caratteristiche tecniche ed elettriche del cavo in MT - 30kV - ARP1H5(AR)E**

Questo tipo di cavo possiede un sistema di protezione, situato al di sotto della guaina esterna, che garantisce una elevata protezione meccanica, assorbendo gli urti e riducendo il rischio di deformazioni o danneggiamenti degli strati sensibili sottostanti, come l'isolante o lo schermo metallico. Questo sistema fa sì che il cavo possa essere posato direttamente nel terreno senza l'utilizzo di una protezione meccanica esterna.

#### 10.4 DIMENSIONAMENTO DEI CAVIDOTTI IN MT

I calcoli per il dimensionamento dei cavidotti in MT interni ed esterni all’impianto eolico sono riportati in dettaglio nella “Relazione Tecnica dei Calcoli Elettrici” (FLS-CLD-RTCE). Di seguito si riporta la tabella riassuntiva delle sezioni dei cavi scelte:

Collegamenti elettrici in MT	Tipologia di cavo MT - 30 kV	Lunghezza cavi [m]
Turbina T1 - Turbina T2	3x95	905
Turbina T3 - Turbina T2	3x95	715
Turbina T6 - Turbina T5	3x95	500
Turbina T5 - Turbina T4	3x240	925
Turbina T9 - Turbina T8	3x95	1035
Turbina T8 - Turbina T7	3x240	695
Turbina T12 - Turbina T11	3x95	480
Turbina T11 - Turbina T10	3x240	1277
Turbina T2 - CR	3x(1x400)	605
Turbina T4 - CR	3x(1x400)	1830
Turbina T7 - CR	3x(1x400)	1535
Turbina T10 - CR	3x(1x400)	3192
CR-SU	4x(3x1x500)	9340

Tabella 5: Lunghezze e sezioni dei cavi MT da utilizzare nel circuito elettrico del parco eolico.

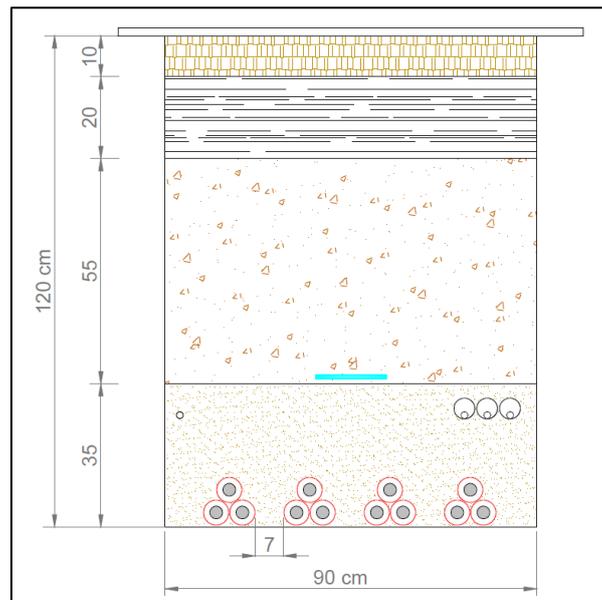
#### 10.5. MODALITÀ DI POSA DEI CAVI

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità di 1,2 m, con disposizione delle fasi a trifoglio e distanziati di circa 7 cm tra di loro. Nello stesso scavo, a distanza minima di 20 cm dai cavi di energia, sarà posato un cavo con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati. Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento ‘mortar’. Tutto il percorso dei cavi sarà opportunamente segnalato con nastro monitore per segnalarne la presenza negli eventuali scavi e con l’infissione periodica (ogni 50 metri circa) di cartelli metallici, esternamente lungo il percorso del cavidotto, indicanti l’esistenza dei cavi in MT.

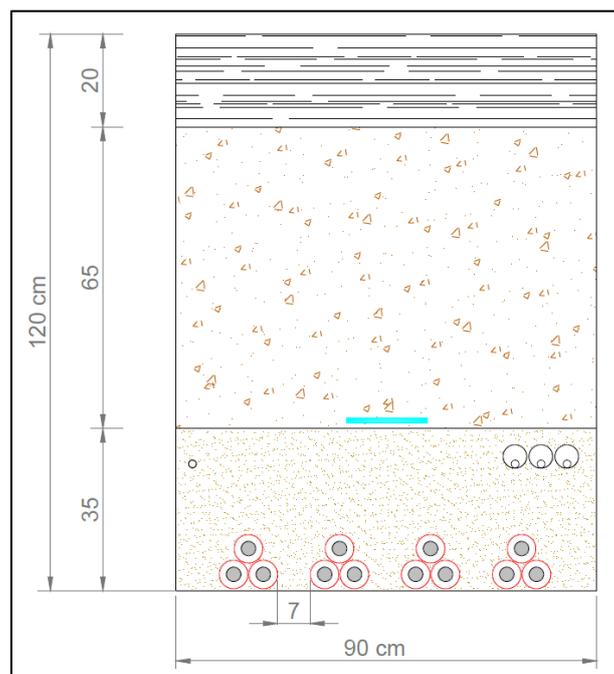
Sono state previste n.3 tipologie di sezioni di scavo per i cavidotti in MT esterni alle aree d’impianto, lungo tutto i loro percorsi:

- scavo su terreno agricolo;
- scavo su strade non asfaltate;
- scavo su strade asfaltate.

Nella figura successiva sono riportate le sezioni tipo degli scavi progettati per il cavidotto in MT, riportati in maggior dettaglio nella tavola allegata FLS-CLD-IE.09-Planimetrie reti elettriche dell'impianto eolico e nelle figure seguenti è riportata la sezione tipo dello scavo in MT. La stessa tavola riporta anche il percorso dei cavidotti ed il numero di cavi per ogni scavo dell'impianto. Di seguito una sezione di scavo tipo, contenente n.4 terne di cavi in MT per le tre tipologie di percorso possibili:



*Figura 8 – Sezione tipo del cavidotto interrato MT composto da n.4 terne di cavi su strada asfaltata*



*Figura 9 – Sezione tipo del cavidotto interrato MT composto da n.4 terne di cavi su strada sterrata*

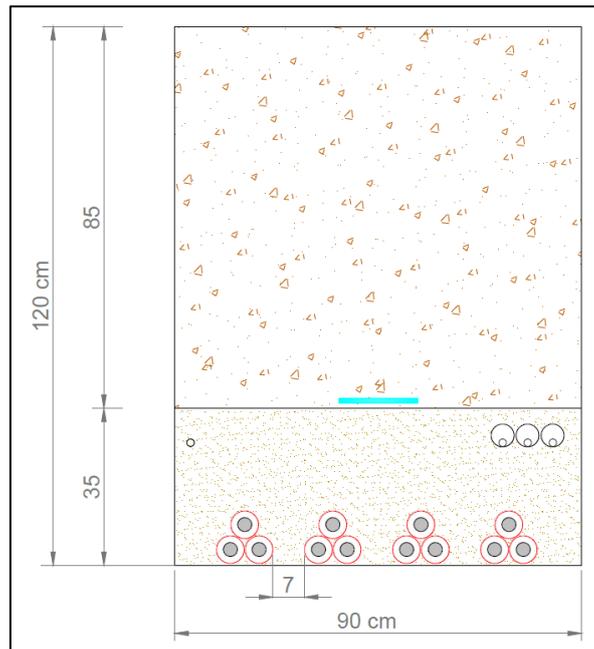


Figura 10 – Sezione tipo del cavidotto interrato MT composto da n.4 terne di cavi su terreno

e nella figura seguente si riportano i materiali di riempimento per le tre tipologie di scavi sopra descritti:

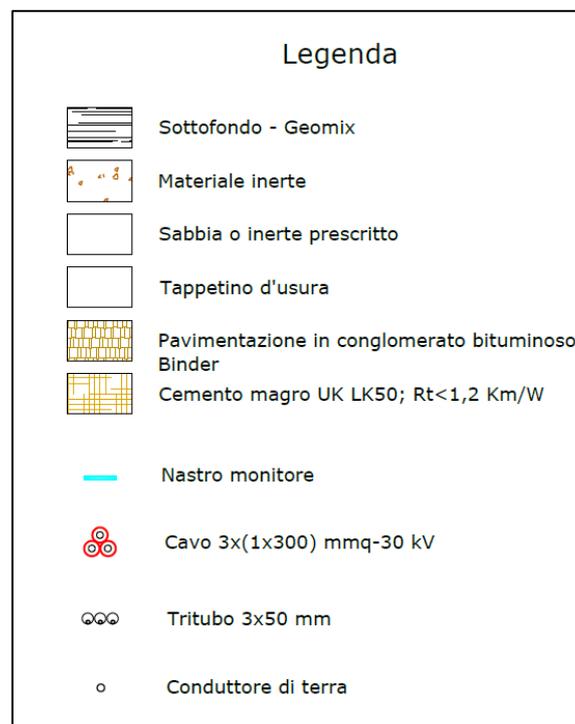


Figura 11: Materiali di riempimento per tipologia di scavo

Sui fondi di terreno privati interessati dal tracciato del cavidotto in oggetto, verrà apposta una servitù di elettrodotto per una fascia di 4 m a destra e a sinistra dell'asse del cavidotto.

## 11. TRACCIATO DEI CAVIDOTTI IN MT

Il tracciato dei cavidotti si svilupperà sia su strade che su terreni agricoli fino ad arrivare alla stazione utente di trasformazione MT/AT.

Oggetto del presente studio sarà pertanto l'analisi delle interferenze riscontrate lungo il percorso dei cavidotti in precedenza menzionati. Nella tabella successiva sono riportati i percorsi stradali interessati a partire dall'area d'impianto fino alla Stazione Utente ed i relativi percorsi dei cavidotti:

- I percorsi dei cavidotti all'interno del parco eolico seguono le strade di nuova realizzazione e la viabilità esistente rappresentate nella tavola FLS-CLD-LO.04.B.

Percorso	[m]
Viabilità di nuova realizzazione (aree agricole)	3226
Viabilità esistente (strade vicinali)	5428

Tabella 6: Percorso dei cavidotti in MT e lunghezze dei tratti all'interno del parco eolico.

- Il percorso del cavidotto di collegamento tra la CR e la SU composto da n.4 terne di cavi unipolari trifasi aventi ciascuno una sezione di 500 mmq.

Percorso	[m]
Area agricola	546,8
Strada vicinale del Fossaccio	2310,4
Area urbana	130,8
Strada comunale Valdiea	63,4
Strada comunale Aibba	114,5
Aree agricole e attraversamento TOC	337,9
Strada Statale N°77 Val di Chienti	346,5
Strada Provinciale Varanese	4740,1
Strada vicinale	589,2
Area agricola	99,7

Tabella 7: Percorso dei cavidotti in MT dalla CR alla SU.

Nel seguito si riporta un inquadramento utile ad una visione complessiva del percorso dei cavidotti in MT (in rosso e in blu nella Figura 12), dei corsi d'acqua (in ciano), dell'acquedotto (in lilla) e del metanodotto (in verde) rimandando agli elaborati di progetto per le rappresentazioni cartografiche e catastali di dettaglio. I riquadri colorati lungo tutto il percorso dei cavi, fanno riferimento agli ingrandimenti delle figure successive.

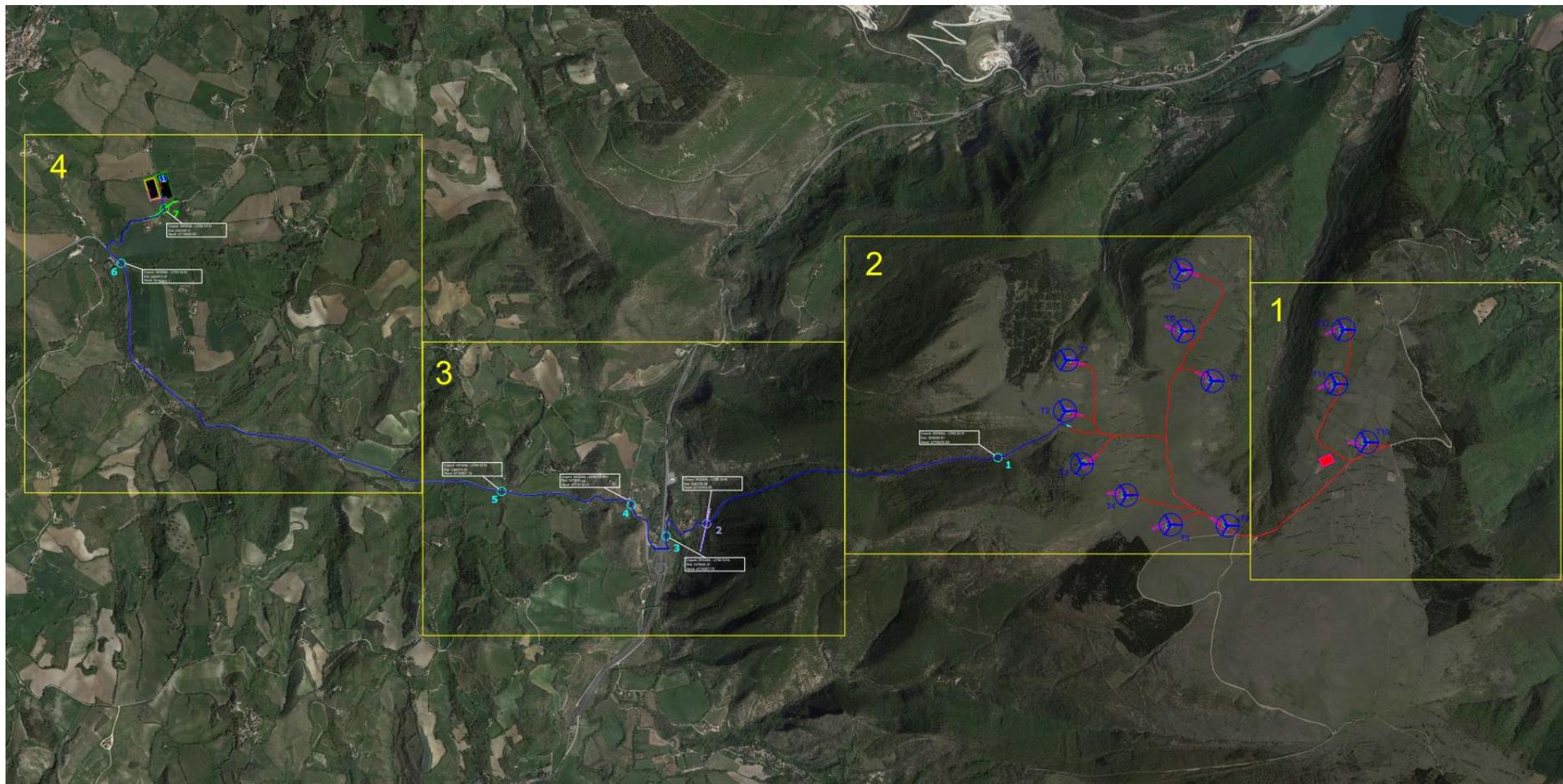
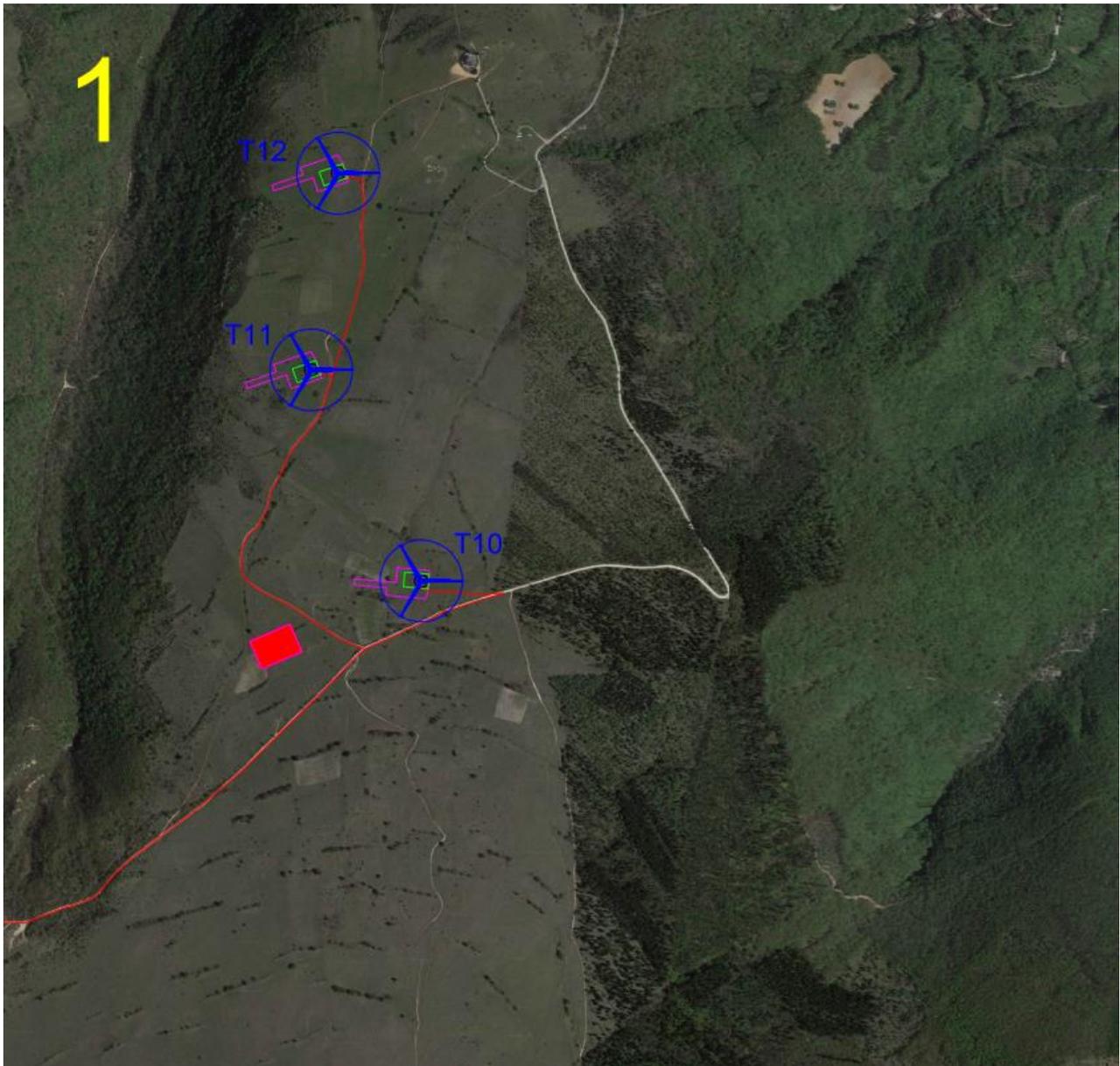


Figura 12 Inquadramento su ortofoto: impianto eolico, cavidotti in MT (in rosso e in blu) e attraversamento delle interferenze.



*Figura 13: Riquadro 1 di Figura 12 in cui si verifica l'assenza di interferenze nell'area inquadrata.*

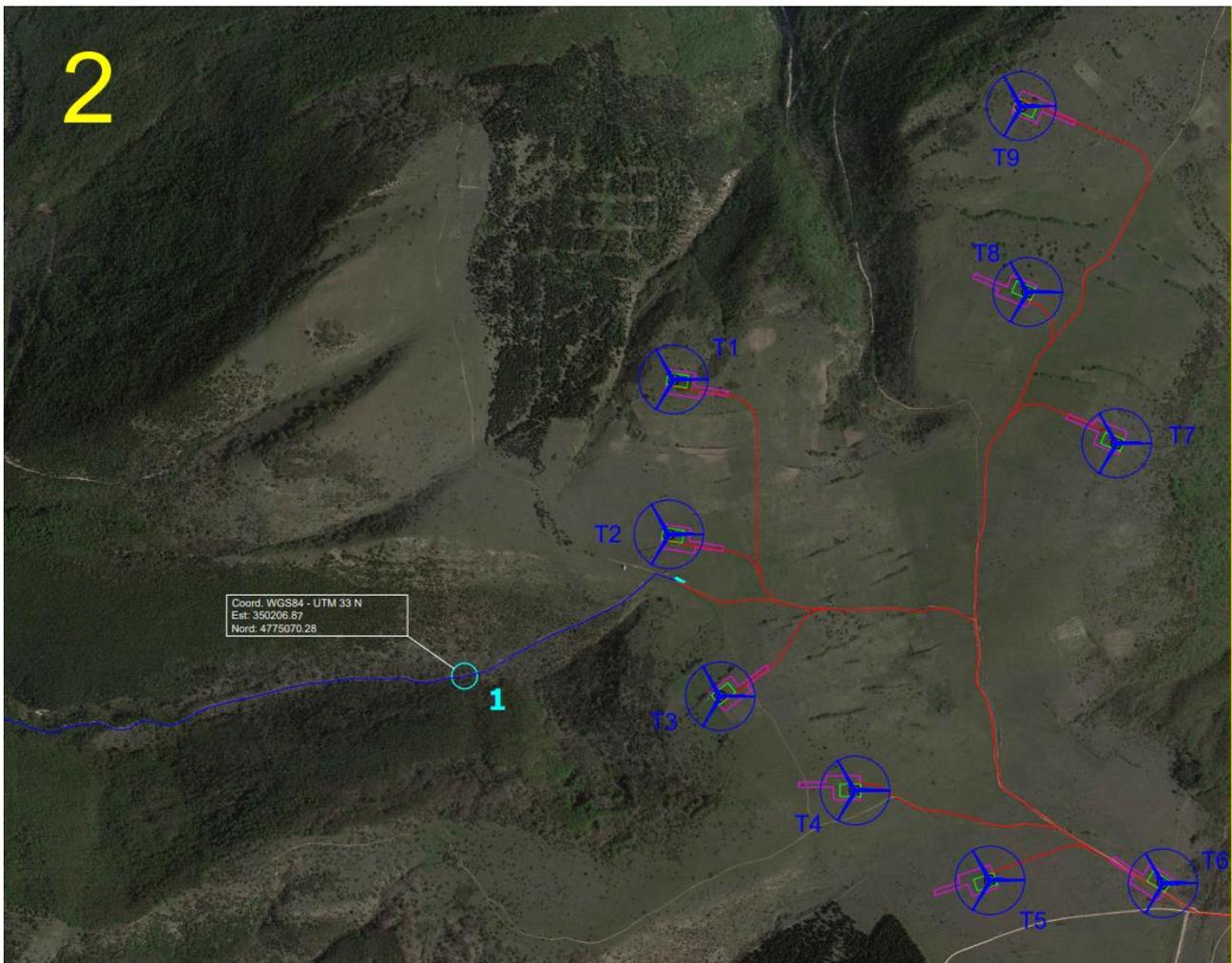


Figura 14: Riquadro 2 di Figura 12 in cui è visibile l'attraversamento del corso d'acqua: "Rio il Fossaccio" (in ciano) in 1 punto (N°1).

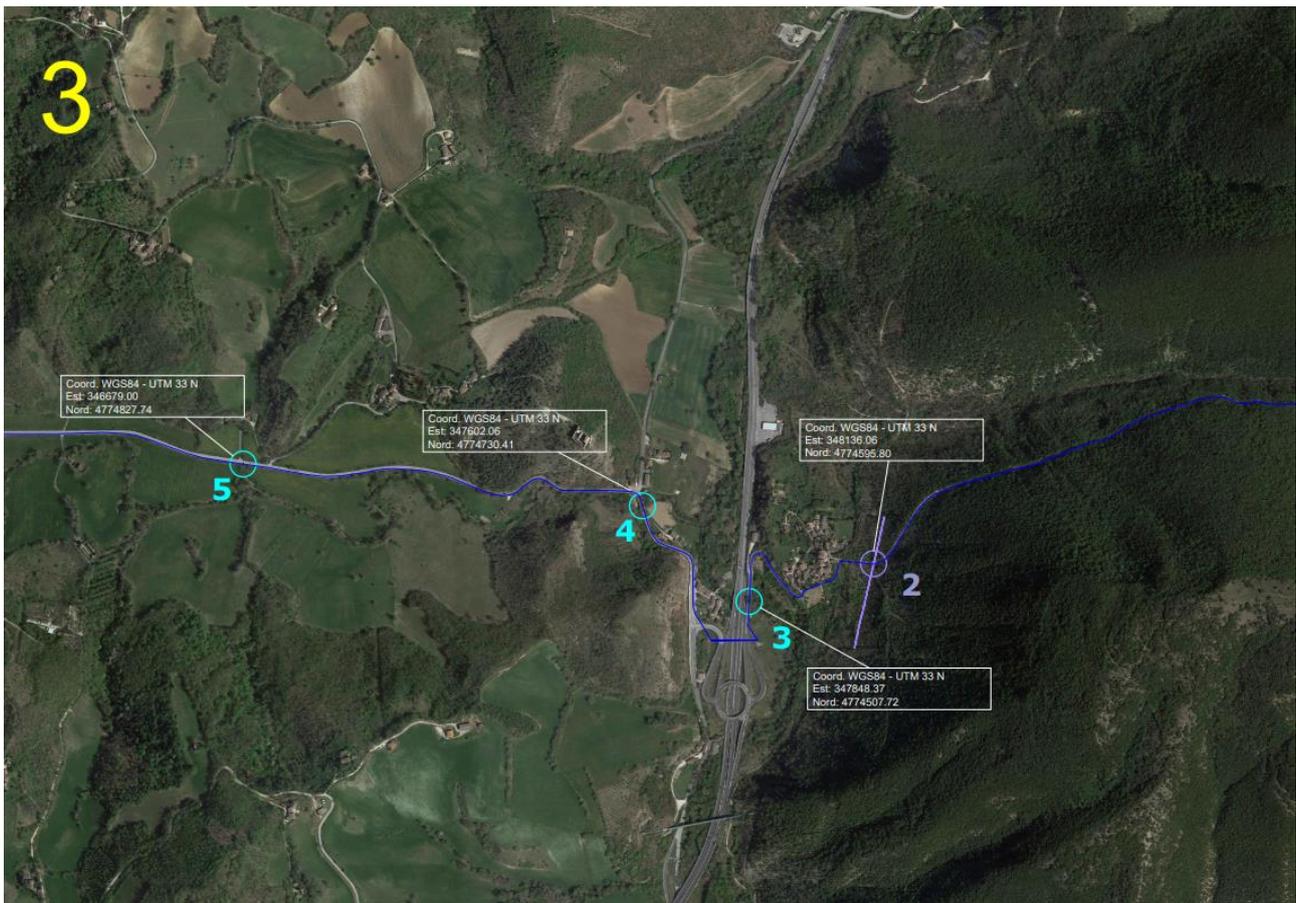
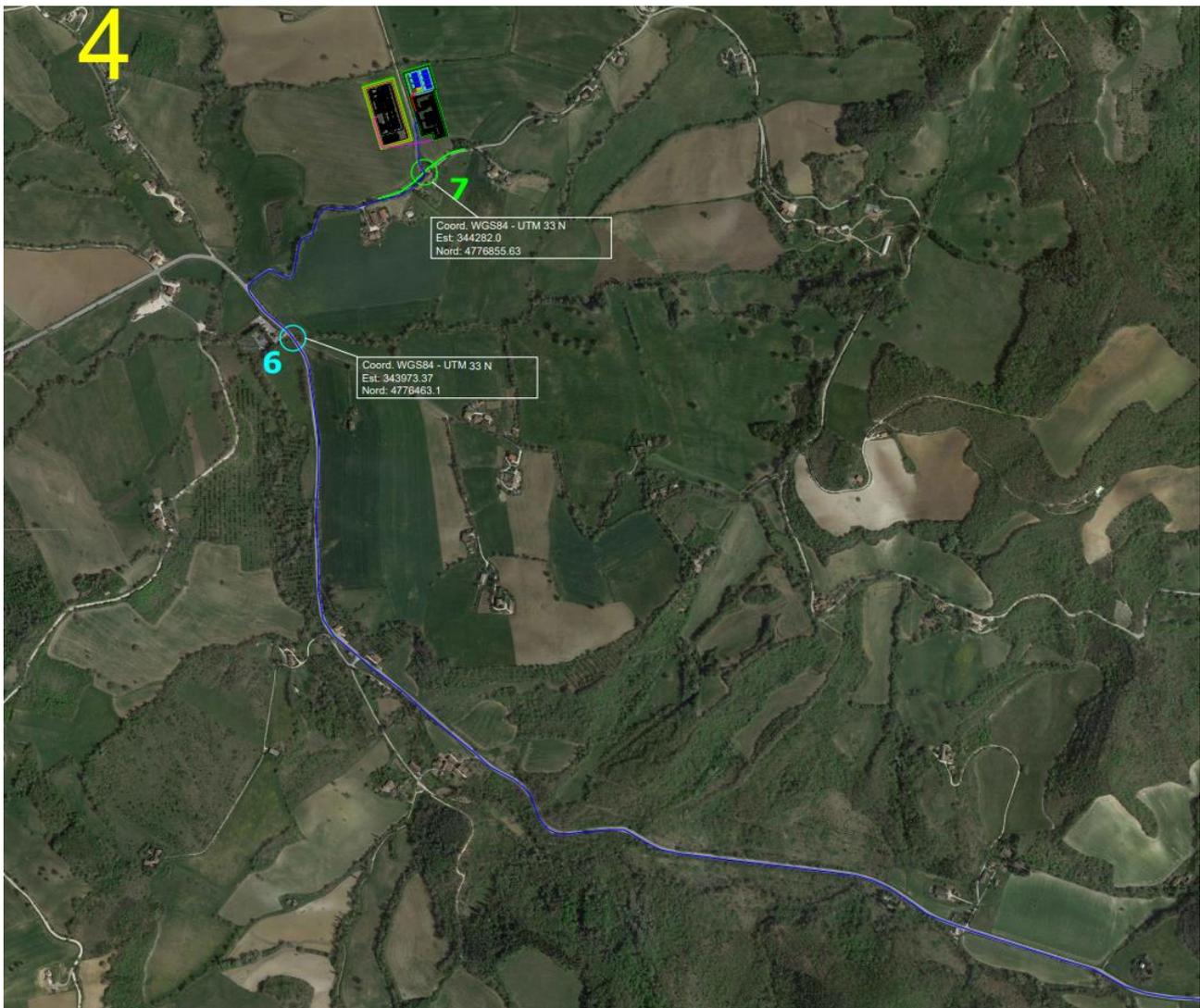


Figura 15: Riquadro 3 di Figura 12 in cui è visibile l'attraversamento dell'acquedotto interrato (in lilla) in 1 punto (N°2), inoltre si osservano gli attraversamenti del corso d'acqua: "Rio di S.Luca" (in ciano) in 3 punti (N° 3,4,5).



*Figura 16: Riquadro 4 di Figura 12 in cui è visibile l'attraversamento del fosso: "Fosso Arcofiato" (in ciano) in 1 punto (N°6), l'attraversamento del metanodotto interrato (in verde) in 1 punto (N° 7). e il cavidotto in AT a 132 kV (in magenta), la stazione utente di trasformazione, il sistema di accumulo e la stazione elettrica di Smistamento.*

## 12. PRESCRIZIONI SULLA DETERMINAZIONE DELLE DISTANZE

Il rispetto delle prescrizioni sulle distanze, di cui ai precedenti paragrafi, sarà accertato con rilievi diretti eseguiti sul campo e saranno determinate in base alle strutture preesistenti, quale risulta dalle registrazioni disponibili presso i relativi esercenti e, se del caso, mediante sondaggi di verifica effettuati sul luogo.

## 13. TRACCIATO DEL CAVIDOTTO IN AT A 132 KV

Dalla stazione di trasformazione utente MT/AT (SU) avrà origine il cavidotto interrato alla tensione nominale di 132 kV di collegamento che trasporterà l'energia elettrica prodotta dall'impianto alla nuova sottostazione elettrica di smistamento a 132 kV da realizzare in località "Arcofiato" nel comune di Camerino (MC). Nella figura successiva, sono raffigurate le posizioni della stazione utente, della Stazione RTN ed il percorso del cavidotto interrato in AT di collegamento tra le due stazioni (in magenta).



Figura 17: Inquadramento su ortofoto: stazione utente collegata con la stazione elettrica di smistamento a 132 kV da realizzare in località di "Arcofiato", il cavidotto in AT di collegamento condiviso (in magenta).

Il tracciato del suddetto cavidotto, di lunghezza complessiva pari a circa 245 m, si svilupperà nel Comune di Camerino (MC) e dall'uscita della stazione utente percorrerà un tratto, all'interno della stazione utente di 27,5 m, un tratto su terreno privato di 111 m ed un tratto all'interno dell'area della Stazione RTN per circa 106,5 m.

### 13.1 CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CAVO IN AT E DIMENSIONAMENTO

Il cavo che si prevede di utilizzare per la connessione della stazione utente di trasformazione allo stallo nella SST è del tipo ARE4H1H5E (o similari) unipolare, con conduttore in alluminio, sistema di isolamento in XLPE, schermo metallico in rame e rivestimento in politene con grafitatura esterna (PE), conforme alle specifiche IEC e CENELEC, i cui cavi unipolari verranno posati in orizzontale nello scavo, opportunamente distanziati tra di loro di due diametri. Nella tabella successiva sono riportate le caratteristiche tecniche ed elettriche del cavo in AT utilizzato in questa fase progettuale.

Nominal section area mm <sup>2</sup>	Laying conditions : Trefoil formation				Laying conditions : Flat formation				Nominal section area mm <sup>2</sup>	
	Earthing conditions induced current in the metallic screen	Direct burial		In air, in gallery		Earthing conditions induced current in the metallic screen	Direct burial			In air, in gallery
		$\rho_T = 1,0$ T = 20°C	$\rho_T = 1,2$ T = 30°C	T = 30°C	T = 50°C		$\rho_T = 1,0$ T = 20°C	$\rho_T = 1,2$ T = 30°C		
400 R	With circulating currents	515	445	665	530	555	480	755	605	400 R
500 R		580	500	765	610	635	550	880	705	500 R
630 R		690	595	920	730	730	630	1 035	830	630 R
800 R		780	670	1065	845	835	715	1225	980	800 R
1000 R	Without circulating current	865	745	1 195	950	930	800	1 375	1 100	1000 R
1200 R		935	800	1 300	1 035	1 010	865	1 515	1 210	1200 S
1600 S		1 130	970	1 630	1 295	1 225	1 050	1 895	1 515	1600 S
2000 S		1 255	1 075	1 845	1 460	1 375	1 175	2 170	1 735	2000 S

Tabella 8: Caratteristiche tecniche ed elettriche del cavo in AT a 132 kV

Il calcolo della sezione del cavo è riportato in dettaglio nella relazione "Calcoli elettrici" allegata al seguente progetto. E' stata scelta una sezione di 1600 mmq, in relazione alla potenza transitante e alla modalità di posa del cavo nello scavo, ad una profondità minima di 1,6 m.

Di seguito si riporta a titolo illustrativo la sezione del cavo che verrà utilizzato:

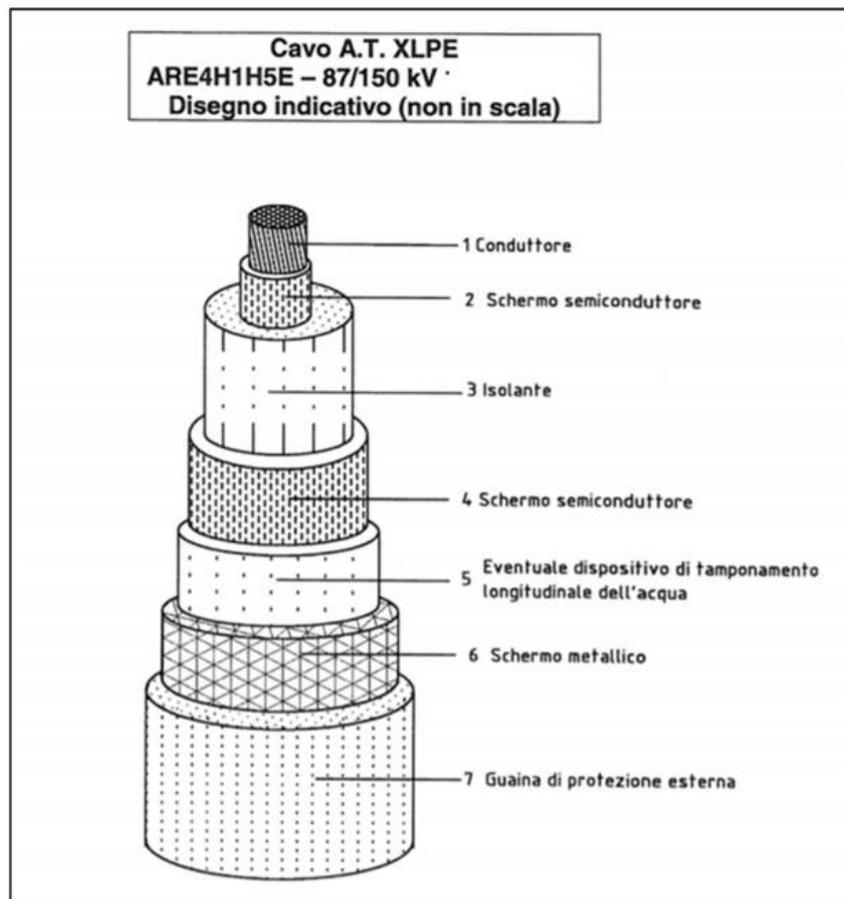


Figura 18: Sezione del cavo in AT a 132 kV

Il conduttore è generalmente tamponato per evitare la accidentale propagazione longitudinale dell'acqua. Sopra il conduttore viene applicato prima uno strato semiconduttivo estruso, poi l'isolamento XLPE e successivamente un nuovo semiconduttivo estruso; su quest'ultimo viene avvolto un nastro semiconduttivo igroespandente, anche in questo caso per evitare la propagazione longitudinale dell'acqua. Gli schermi metallici intorno ai conduttori di fase dei cavi con isolamento estruso hanno la funzione principale di fornire una via di circolazione a bassa impedenza alle correnti di guasto in caso di cedimento di isolamento. Pertanto essi saranno dimensionati in modo da sostenere le massime correnti di corto circuito che si possono presentare. Sopra lo schermo di alluminio viene applicata la guaina aderente di polietilene nera e grafitata avente funzione di protezione anticorrosiva ed infine la protezione esterna meccanica. Tali dati potranno subire adattamenti comunque non essenziali dovuti alla successiva fase di progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori e/o appaltatori.

### 13.2 MODALITÀ DI POSA DEL CAVO IN AT

Il cavo sarà interrato ed installato normalmente in una trincea della profondità minima di 1,6 m, con disposizione delle fasi in orizzontale sullo stesso piano. Nello stesso scavo, a distanza di almeno 0,3 m dai cavi di energia, sarà posato un cavo con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati. Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento 'mortar'. I cavi saranno protetti e segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico, ed ove necessario anche da una lastra di protezione in cemento armato dello spessore di 6 cm. La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto.

Qualora ci siano degli attraversamenti delle opere interferenti, saranno eseguiti in accordo a quanto previsto dalla Norma CEI 11-17.

Tra le possibili modalità di collegamento degli schermi metallici sarà utilizzata la cosiddetta modalità del cross bonding, in cui il collegamento in cavo viene suddiviso in tre tratte elementari (o multipli di tre) di uguale lunghezza, generalmente corrispondenti con le pezzature di posa.

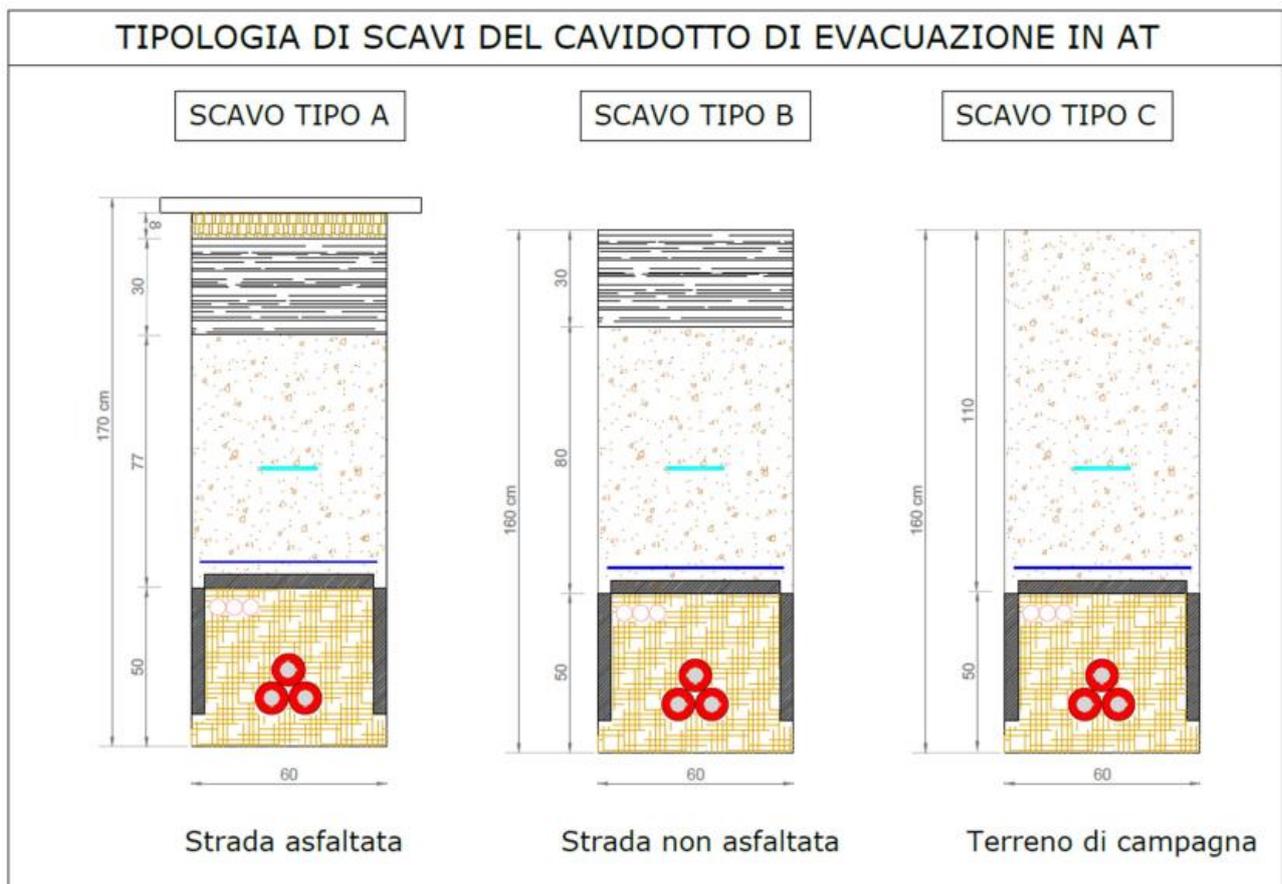


Figura 19: Sezioni tipiche di scavo e di posa per il cavo in AT a 132 kV

La protezione meccanica, per posa su strade urbane, extraurbane, in terreno agricolo ed in roccia, può essere realizzata mediante l'impiego di una o più protezioni combinate tra di loro.

Sui fondi di terreno privati (ivi comprese le strade vicinali), interessati dal tracciato del cavidotto in oggetto, verrà apposta una servitù di elettrodotto per una fascia di 5 m a destra e sinistra dell'asse del cavidotto. Nella tabella sottostante sono riportate le profondità di posa minime prescritte su strade urbane, extraurbane, in terreno agricolo ed in roccia in funzione del livello di tensione e della disposizione impiantistica. La profondità di posa "d" tra la superficie del suolo e la generatrice inferiore dei cavi non deve essere inferiore alle profondità riportate in tabella:

Profondità di posa dei cavi "d" (m)						
Tipologia di posa	Tensione massima					
	170 kV		245 kV		420 kV	
	in piano	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano	a trifoglio
Posa in terreno agricolo	Non prevista	1,60	1,50	1,60	1,50	Non prevista
Posa su strade urbane ed extraurbane	Non prevista	1,50	1,40	1,50	1,40	Non prevista
Posa in roccia	Non prevista	1,30	1,30	1,30	1,30	Non prevista

*Tabella 9: Profondità di posa dei cavi*

- A1 – Posa in terreno agricolo – cavo 132 kV in piano:

viene realizzata con scavo della profondità di 160 cm e larghezza 70 cm, con letto di posa in cemento magro a resistività termica controllata, scheda tecnica TERNA UX LK50, dello spessore di 10cm. Posato il cavo vengono posate le lastre di protezione in cemento armato, scheda tecnica UX LK20/3 sui 2 lati ed UX LK20/1 superiormente, previo riempimento per 40cm di cemento magro a resistività controllata. Come ulteriore elemento di segnalazione va applicata, immediatamente sopra la lastra di protezione, la rete in PVC arancione del tipo delimitazione cantieri che può essere sostituita da lastre di ferro striato 4+2 mm. Nella fase di riempimento con materiale inerte o altro materiale idoneo bisogna posare a circa 40 cm di profondità il nastro in PVC di segnalazione rosso;

- B1 – Posa su strade urbane ed extraurbane – cavo 132kV in piano:

viene realizzata con scavo della profondità di 170 cm e larghezza 70 cm, con letto di posa in cemento magro a resistività termica controllata, scheda tecnica TERNA UX LK50, dello spessore di 10cm. Posato il cavo vengono posate le lastre di protezione in cemento armato, scheda tecnica UX LK20/3 sui 2 lati ed UX LK20/1 superiormente, previo riempimento per 40 cm di cemento magro a resistività controllata. Come ulteriore elemento di segnalazione va applicata, immediatamente sopra la lastra di protezione, la rete in PVC arancione del tipo delimitazione cantieri che può essere sostituita da lastre di ferro striato 4+2 mm. Nella fase di riempimento con materiale inerte o altro materiale idoneo bisogna posare a circa 40cm di profondità il nastro in PVC di segnalazione rosso, nonché i ripristini stradali.

#### 14. RAGGI DI CURVATURA DEI CAVI

La curvatura dei cavi deve essere tale da non provocare danno ai cavi stessi. L'articolo 4.3.3 della norma CEI 11-17 Ed.III, riporta il valore dei raggi di curvatura minimi da rispettare nella posa del cavo, per impedire l'insorgere di deformazioni permanenti al cavo stesso che possano compromettere l'affidabilità in esercizio. Durante le operazioni di posa dei cavi per installazione fissa, se non altrimenti specificato dalle norme specifiche o dai costruttori, i raggi di curvatura dei cavi, misurati sulla generatrice interna degli stessi, non devono essere inferiori a.

- cavi sotto guaina di alluminio, con o senza altri tipi di rivestimento metallico, 30 D;
- cavi senza guaina di alluminio, sotto guaina di piombo, con o senza altri tipi di rivestimento metallico, 16 D;
- cavi senza guaina di alluminio o di piombo, ma dotati di altro rivestimento metallico quale armatura, conduttore concentrico, schermatura a fili o nastri (inclusi i nastri sottili longitudinali placati o saldati), 14 D;
- cavi senza alcun rivestimento metallico, 12 D;

dove D è il diametro esterno del cavo. Nel caso di cavi multipolari costituiti da più cavi unipolari cordati ad elica visibile il diametro D da prendere in considerazione è quello pari a 1,5 volte il diametro esterno del cavo unipolare di maggior diametro. Nel caso di cavi senza alcun rivestimento metallico, il raggio minimo di curvatura sopra indicato vale per conduttori di classe 1 e 2 (definita secondo la Norma CEI 20-29); per cavi con conduttori di classe 5 e 6 (sempre secondo la Norma CEI 20-29) tale raggio può essere ridotto del 25%. Nel caso di posa in condizioni favorevoli, i raggi di curvatura sopra indicati possono essere ridotti per arrivare fino alla metà per curvatura finale eseguita su sede sagomata e con temperatura non inferiore a 15°C, salvo diversa indicazione del fabbricante.

## 15. SOLLECITAZIONI A TRAZIONE

Durante l'installazione i cavi saranno soggetti a sforzi permanenti di trazione, pertanto si adotteranno cavi (autoportanti con organo portante) in grado sopportare la trazione. Gli sforzi di tiro necessari durante le operazioni di posa dei cavi non vanno applicati ai rivestimenti protettivi, bensì ai conduttori. Per un conduttore in alluminio, lo sforzo di trazione massimo consentito non deve essere superiore a 50 N/mm<sup>2</sup>, dunque pari a 27750 N, ad esempio per un conduttore 3x1x185 mm<sup>2</sup>. Se il cavo è provvisto di un'armatura, a fili o piattine, necessaria quando il previsto sforzo di tiro supera il valore sopportabile dai conduttori come detto sopra, la forza di tiro va applicata all'insieme dei conduttori e dell'armatura, ma non deve superare del 25% le sollecitazioni ammissibili sui conduttori di cui al capoverso precedente. Si adotteranno accorgimenti tali da impedire la rotazione del cavo sul proprio asse quando è sottoposto a tiro.

## 16. PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI

### 16.1 SOLLECITAZIONI TERMICHE E DINAMICHE

Il riscaldamento dovuto ad una sovracorrente provoca dilatazioni tra i vari componenti metallici e non metallici del cavo le quali, sovrapponendosi alle condizioni di ridotta resistenza dei materiali riscaldati, possono causare lesioni o invecchiamenti tali da rendere inutilizzabile il cavo. Le protezioni contro le sovracorrenti saranno previste in maniera tale da contenere le temperature massime dei conduttori entro i limiti stabiliti in questo caso i valori delle temperature massime di esercizio e di cortocircuito nel caso dell'isolante in cavo di polietilene reticolato XLPE, con temperatura massima di esercizio 90 °C e Max temperatura di corto circuito pari a 250°C che danno un valore del coefficiente K in funzione delle temperature iniziali e finali di cortocircuito per conduttori in alluminio di 92.

Per i cavi unipolari e per i cavi multipolari ad elica visibile, gli effetti dinamici sono assorbiti dai dispositivi di fissaggio dei cavi che devono essere conseguentemente dimensionati e distanziati.

### 16.2 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE

Nelle linee in cavo i conduttori attivi devono essere protetti mediante installazione di uno o più dispositivi di interruzione automatica, tra loro coordinati, contro i sovraccarichi e contro i cortocircuiti che assicurino l'interruzione dei conduttori di fase. Tali dispositivi possono assicurare:

- a) unicamente la protezione contro sovraccarichi;
- b) unicamente la protezione contro i cortocircuiti;
- c) la protezione contro entrambi i tipi di sovracorrente.

Nel caso:

- a) essi possiedono generalmente un potere di interruzione inferiore alla corrente presunta di cortocircuito nell'impianto, ma devono essere in grado di sopportare tale corrente per la durata richiesta per il funzionamento dei dispositivi di protezione contro cortocircuito;
- b) essi devono possedere un potere di interruzione almeno pari alla corrente presunta di cortocircuito nel punto in cui sono stati installati;
- c) essi devono sopportare e interrompere ogni corrente compresa tra il valore della loro corrente convenzionale di funzionamento ed il valore della corrente presunta di cortocircuito nel punto in cui sono installati.

### **16.3 PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO**

Le linee in cavo devono essere di norma protette contro le correnti di cortocircuito da dispositivi situati a monte della linea, con tempi di intervento sufficientemente rapidi da evitare danni non accettabili al cavo. Ad evitare il deterioramento dell'isolamento, il tempo di intervento deve essere tale che la temperatura dei conduttori non superi il limite massimo ammesso per qualunque valore di sovracorrente risultante da un cortocircuito in ogni punto del cavo protetto.

### **16.4 PROTEZIONE CONTRO IL SOVRACCARICO**

La protezione dei cavi contro i sovraccarichi avrà lo scopo di prevedere la loro interruzione prima che si possano verificare effetti nocivi sia ai componenti del cavo, sia alle connessioni, sia all'ambiente esterno limitrofo. Le protezioni saranno situate sia a monte che a valle del cavo, in corrispondenza dei punti di prelievo del carico.

## **17. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI**

### **17.1 USO DEI RIVESTIMENTI METALLICI DEI CAVI**

Le guaine metalliche, i conduttori concentrici, gli schermi metallici e le armature, se rispondenti alle prescrizioni delle norme relative, sono mezzi di protezione sufficienti contro i contatti diretti, purché siano soddisfatte tutte le seguenti condizioni:

1. il rivestimento metallico sia posto sotto una guaina non metallica qualora esista pericolo di danneggiamento chimico meccanico;
2. sia assicurata la continuità longitudinale del rivestimento metallico per tutto il percorso del cavo;
3. il rivestimento metallico sia messo a terra rispettando le disposizioni;

4. la resistenza elettrica del rivestimento metallico insieme con quella dei relativi collegamenti a terra e di continuità sia tale da rispondere ai requisiti.

Nel caso di terne di cavi unipolari, la continuità dei rivestimenti metallici sarà assicurata anche quando si ricorra alla loro trasposizione ciclica su tre tratti di lunghezza praticamente uguale in modo da annullare la tensione complessiva indotta nella guaina o schermo metallico.

### **17.2 MESSA A TERRA DEL RIVESTIMENTO METALLICO DEI CAVI**

Tutti i rivestimenti metallici dei cavi saranno messi a terra almeno alle estremità di ogni collegamento, per collegamenti di grande lunghezza sarà inserita la messa a terra del rivestimento metallico in corrispondenza dei giunti a distanze non superiori ai 5 km. Per collegamenti corti, in genere non superiore al km, è pure consentita la messa a terra del rivestimento metallico in un sol punto purché vengano adottate le seguenti precauzioni:

- in corrispondenza delle terminazioni e delle interruzioni dei rivestimenti metallici, se accessibili, devono essere applicate opportune protezioni attive ad evitare tensioni di contatto superiori ai valori ammessi dalla Norma CEI 11-1;
- la guaina non metallica di protezione del cavo deve essere in grado di sopportare la massima tensione totale di terra dell'impianto di terra al quale il rivestimento metallico è collegato.

Per i sistemi in AT dove il neutro è francamente collegato a terra e le correnti di guasto a terra sono molte elevate, sarà raccomandabile installare parallelamente ai cavi un conduttore di terra di sezione adeguata a sopportare le correnti di guasto e ridurre le sovratensioni transitorie di sequenza zero. Dove il cavo ha più rivestimenti metallici, essi saranno connessi in parallelo, salvo nel caso di cavi appartenenti a circuiti di misura o segnalamento. Per il collegamento tra il rivestimento metallico del cavo ed il conduttore di terra, verrà ammesso l'impiego di adeguati connettori a compressione; inoltre, per i cavi con rivestimento metallico a nastri o a tubo, è anche ammessa la saldatura dolce o la brasatura. In ogni caso occorre verificare che, in relazione alle caratteristiche delle guaine o dei rivestimenti metallici, i loro collegamenti a terra, incluse le connessioni, siano tali da escludere il proprio danneggiamento e quello delle guaine o rivestimenti metallici per effetto delle massime correnti che vi possono circolare.

### **17.3 MESSA A TERRA DELLE PARTI METALLICHE DELLE CANALIZZAZIONI**

Tutte le parti metalliche destinate a sostenere o contenere cavi di energia ed i loro accessori verranno elettricamente collegate tra loro a terra secondo quanto previsto dalla Norma CEI 11-1. Per i collegamenti in cavo in AT, con neutro francamente a terra, si dovranno mettere a terra le parti metalliche.

#### **17.4 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE**

I dispositivi di protezione saranno costituiti da involucri (cassette o tubi) preferibilmente in acciaio zincato a caldo o inossidabile, con pareti di spessore non inferiore a 2 mm. Sono ammessi involucri protettivi differenti da quelli sopra descritti purché presentino adeguata resistenza meccanica e sono, quando il materiale di cui sono costituiti lo renda necessario, protetti contro la corrosione.

#### **18. CAMPI ELETTROMAGNETICI**

Si rimanda alla relazione d'impatto elettromagnetico allegata al seguente progetto (FLS-CLD-RIE) per il calcolo del campo magnetico generato dai cavi in MT ed AT.