

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



U.O. TECNOLOGIE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE NELLE LOCALITA' DI BORGONE E AVIGLIANA

LINEA PRIMARIA

SSE "INNOVATIVA" DI AVIGLIANA

Cavidotto AT 132 kV da CP ENEL – Relazione generale di impianto

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

NT01 05 D 58 RO LP0000 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE PER COMMENTI	F. Serrau	Apr.2019	M. Reggiani	Apr.2019	F. Perrone	Apr.2019	Ing. M. Gambaro Febbraio 2020
B	Rev. generale a seguito modifica ubicazione impianti	B. Tutino	Febbraio 2020	M. Reggiani	Febbraio 2020	F. Perrone	Febbraio 2020	GAMBARO MARCO Ordine Ingegneri Provincia di Genova n. 90524

File: NT0105D58ROLP0000001B.doc

n. Elab.:

INDICE

1 - SCOPO DELLA RELAZIONE.....	3
2 - RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
3 – CARATTERISTICHE DELLA LINEA E PRINCIPALI COMPONENTI	4
3.1 – CAVI DI ENERGIA AD ALTA TENSIONE	5
3.2 – ACCESSORI PER CAVI.....	7
3.3 - CAVO A FIBRE OTTICHE	9
4 - SCELTA DEL TRACCIATO.....	9
5 - FASI REALIZZATIVE	11
5.1 - APERTURA DELLA FASCIA DI LAVORO E SCAVO DELLA TRINCEA	11
5.2 – POSA DEI CAVI E DELLA FIBRA OTTICA	12
5.3 - RICOPERTURA DELLA LINEA E RIPRISTINI.....	15
5.4 - COLLAUDO DELLA LINEA.....	15
6 – CONCLUSIONI.....	15

1 - SCOPO DELLA RELAZIONE

Il presente intervento si inquadra nel progetto più ampio di Adeguamento della tratta Avigliana Bussoleno della Linea Storica Torino – Modane. Il lotto progettuale 5 consiste nella realizzazione di due nuove SSE (in località Borgone e Avigliana) e nella conseguente dismissione della Sottostazione di Sant’Ambrogio.

Lo scopo della presente relazione tecnica è quindi quello di illustrare i criteri di progettazione, e realizzazione della linea elettrica primaria a 132 kV semplice terna in cavi sotterranei necessaria per fornire alimentazione alla nuova Sottostazione Elettrica (SSE) di Avigliana; tale sottostazione sarà di tipo “innovativo”, dotata cioè di convertitori a commutazione forzata VSC, basati sull’impiego di semiconduttori controllati in apertura e chiusura di tipo IGBT, in grado di regolare la tensione di uscita ed eventualmente poter anche recuperare energia dai treni in fase di frenatura. Essa sarà inoltre dotata di tre gruppi di conversione da 5,4 MW di potenza e sarà alimentata da una linea 132 kV semplice terna in cavi sotterranei proveniente da una esistente vicina Cabina Primaria (CP) di ENEL.

2 - RIFERIMENTI NORMATIVI

Nella progettazione e nella realizzazione della linea 132 kV in cavi sotterranei, oggetto del presente documento, si farà riferimento alla legislazione vigente e alle normative tecniche specifiche.

La progettazione elettrica e l’esecuzione dell’opera terrà conto della seguente legislazione e normativa tecnica:

- CEI 11-17, “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”;
- CEI 20-66 Cavi energia con isolamento estruso e loro accessori per tensioni nominali superiori a 36 kV ($U_m = 42$ kV) fino a 150 kV ($U_m = 170$ kV).

Per le prescrizioni relative ai limiti di esposizione e alla misurazione dei campi elettromagnetici:

- Legge n° 36 del 2001 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;

- DPCM 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione alle esposizioni ai campi elettrici e magnetici e alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”;
- DM 29.05.2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”;
- CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”;
- CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”.

Si è inoltre tenuto conto della seguente normativa:

- Decreto Min. LL.PP. del 21/3/1988 e successive modificazioni e integrazioni;
- REGIO DECRETO 11 dicembre 1933, n. 1775, Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- D.P.R. 8 giugno 2001, n. 327 “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazione per pubblica utilità”, D. Lgs. 27 dicembre 2002, n. 302 e D. Lgs. 27 dicembre 2004, n. 330 "Integrazioni al decreto del Presidente della Repubblica 8 giugno 2001, n. 327, in materia di espropriazione per la realizzazione di infrastrutture lineari energetiche";
- D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120 - Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo.

Le scelte relative alle caratteristiche dei cavi ed alla tipologia di posa sono state effettuate con riferimento ai seguenti documenti RFI:

- Specifica Tecnica di Fornitura – RFI/DTC.EE.TE159;
- Specifica Tecnica - RFI/DTC.EE.TE160.

3 – CARATTERISTICHE DELLA LINEA E PRINCIPALI COMPONENTI

Le principali caratteristiche della linea sono:

- Lunghezza planimetrica del collegamento 1450 m;
- Tensione nominale concatenata U 132 kV;
- Corrente alternata trifase frequenza 50 Hz;
- Posa dei cavi a trifoglio.

Il tracciato di progetto è riportato nella revisione ultima della planimetria:

NT0I05D58P7LP0000001 SSE "innovativa" di Avigliana - Cavidotto AT 132 kV da CP ENEL -
Planimetria di tracciato.

La lunghezza reale dei cavi (risalite sui terminali, scorte, serpeggiamenti) sarà di circa 1600 m e pertanto il collegamento dovrà essere realizzato con più pezzature interconnesse tramite apposite camere di giunzione.

Lo schema elettrico unifilare è in "single point bondig" in quanto gli schermi nella CP ENEL sono collegate a terra tramite scaricatori mentre nella SSE di Avigliana saranno collegati francamente alla maglia di terra; ciò impedisce che nelle guaine circolino correnti di una certa rilevanza che potrebbero ridurre la portata del cavo.

La sezione tipica di posa è a trifoglio ed è schematizzata nell'elaborato

NT0I05D58AXLP0000001 SSE "innovativa" di Avigliana - Cavidotto AT 132kV da CP ENEL - Sezioni
tipiche di posa cavi.

La fascia di servitù d'elettrodotto per la linea sarà di 2 metri, un metro per parte rispetto all'asse dello scavo, come evidenziato nella sezione tipica di posa.

La presenza del cavo nel sottosuolo sarà segnalata con cartelli installati su paline e con targhette infisse nell'asfalto stradale.

Nella CP ENEL e nella SSE di Avigliana, in adiacenza dei terminali, verranno installate due termosonde per il monitoraggio della temperatura dei cavi con le modalità indicate nell'istruzione tecnica **RFI/DTC.EE.TE 160**.

Di seguito si riportano le caratteristiche dei singoli elementi della linea.

3.1 – Cavi di energia ad alta tensione

Le caratteristiche del cavo di energia saranno conformi all'Istruzione tecnica **RFI/DTC.EE.TE 160** e sono le seguenti:

- Tipo di cavo ARE4H1H5E;
- Materiale del conduttore Alluminio;

- Materiale dell'isolante XLPE;
- Numero cavi 3;
- Diametro esterno 85 mm circa;
- Sezione del conduttore 630 mmq;
- Tensione nominale di fase Uo 76 kV;
- Corrente alternata trifase frequenza 50 Hz;
- Portata 690 A;
- Max temperatura di normale esercizio 90 C°;
- Max temperatura in regime transitorio di guasto 250 C°.

Il conduttore è in alluminio a corda rigida rotonda compatta tamponata di cui alla norma CEI 20 - 29. Tra il conduttore e l'isolante è interposto uno strato di semiconduttore estruso, con fasciatura semiconduttiva. L'isolante è costituito da polietilene reticolato (XLPE) rispondente alle norme HD 632 S1. Tra l'isolante e lo schermo metallico è interposto uno strato di semiconduttore estruso che, a sua volta è coperto da un nastro igroespandente avente la funzione di tamponamento longitudinale all'acqua. Lo schermo metallico esterno è costituito da fili di rame ricotto non stagnato disposti secondo un'elica unidirezionale con nastro equalizzatore di rame non stagnato o in tubo di alluminio di adeguata sezione; è ammessa la presenza di eventuale nastro igroespandente. Tra lo schermo metallico esterno (ovvero tra l'eventuale nastro igroespandente) e il rivestimento protettivo esterno è presente un nastro di alluminio longitudinale avente la funzione di tamponamento radiale all'acqua. Il rivestimento protettivo esterno è una guaina in polietilene (PE) nera debolmente conduttiva (è ammesso l'uso di grafite o guaina semiconduttiva sovraestrusa), rispondente alle norme HD 632 S1; per eventuali installazioni in aria, al fine di evitare il propagarsi della fiamma, il rivestimento è in guaina di PVC nera debolmente conduttiva (è ammesso l'uso di grafite o guaina semiconduttiva sovraestrusa).

Nella Figura 2 è indicata una rappresentazione schematica del cavo descritto, mentre tutte le caratteristiche di dettaglio sono riscontrabili nella già citata specifica RFI.

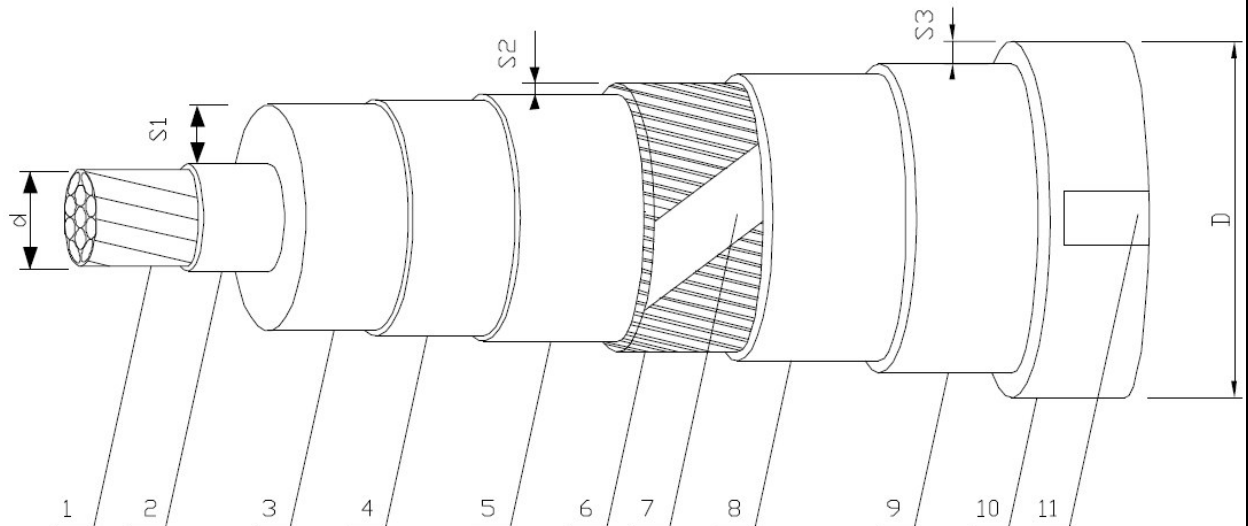


Figura 2. – Disegno schematico cavo ARE4H1H5E

1 Conduttore; 2. Strato semiconduttore; 3. Isolante; 4. Strato semiconduttore; 5. Nastro igroespandente; 6. Schermo a fili di rame; 7. Nastro equalizzatore; 8. Nastro igroespandente (eventuale); 9. Nastro di alluminio incollato a polietilene; 10. Guaina termoplastica; 11. Stampigliatura.

3.2 – Accessori per cavi

I cavi terminano nelle stazioni elettriche tramite terminali per esterno che sono forniti solitamente dal produttore del cavo.

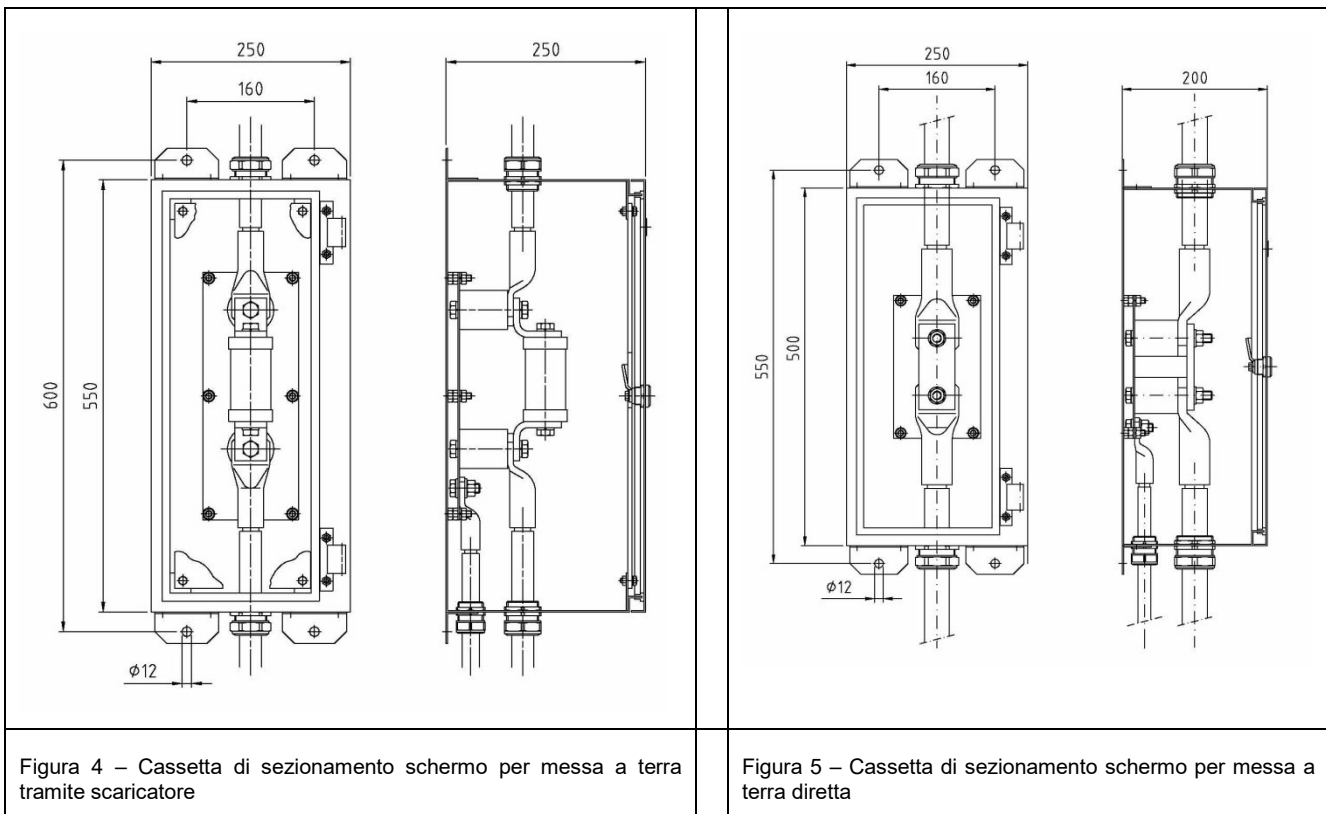
Le caratteristiche principali dei terminali per cavi 132 kV sono le seguenti:

- Tensione nominale U_0/U 76/132 kV;
- Tensione nominale verso terra U_0 76 kV;
- Tensione di prova a frequenza industriale 325 kV;
- Tensione di prova ad impulso atmosferico 750 kV di cresta;
- Corrente di guasto monofase a terra 20 kA;
- Carico di prova a flessione 1600 N;
- Salinità di tenuta alla tensione 87 kV 56 g/l.

Cavidotto AT 132 kV da CP ENEL – Relazione generale di impianto

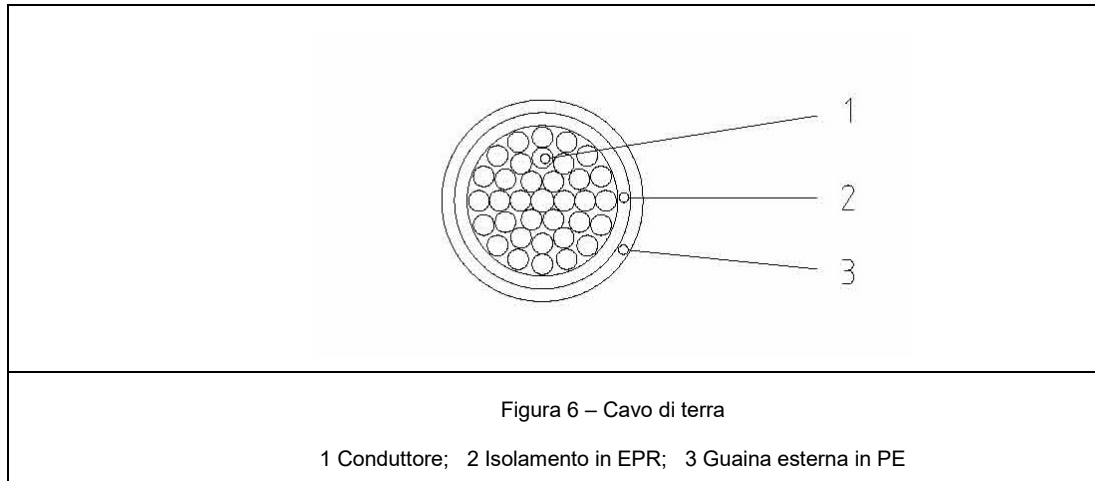
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	05 D 58	RO	LP0000001	B	8 di 16

Gli schermi del cavo saranno collegati a terra tramite uno scaricatore nella CP ENEL e direttamente a terra nella SSE di Avigliana, tramite cassette di sezionamento. Anche queste sono di solito fornite dal produttore del cavo e possono variare come dimensioni; in Figura 4 e Figura 5 sono rappresentate due tipiche cassette di sezionamento per messa a terra.



Il cavo di terra ha le seguenti caratteristiche ed è rappresentato in Figura 6:

- Tipo di conduttore Rame;
- Sezione 120 mmq;
- Tensione di isolamento 1000 V.



3.3 - Cavo a fibre ottiche

Lungo la linea verrà installato anche un cavo a Fibre Ottiche (FO) contenente 16 fibre ottiche.

Il cavo FO partirà da un apposito armadio nella CP ENEL e terminerà sempre in un armadio all'interno della SSE di Avigliana; la lunghezza del collegamento sarà di circa 1600 metri e posato possibilmente in una unica pezzatura senza giunzioni.

Detto cavo avrà la funzione di telecomando per gli interruttori di linea e di telecontrollo del cavo.

Il tracciato indicativo del cavo a Fibre Ottiche è riportato nella revisione ultima della planimetria

NT0I05D58P7LP0000001 SSE "innovativa" di Avigliana - Cavidotto AT 132 kV da CP ENEL -
Planimetria di tracciato.

4 - SCELTA DEL TRACCIATO

La linea 132 kV in cavo interrata uscirà dalla CP ENEL e raggiungerà la vicina SSE di Avigliana seguendo la strada di collegamento tra i due impianti; la lunghezza planimetrica del collegamento è di 1450 metri.

La pezzatura massima per i cavi di Alta Tensione è di circa 600 m; pertanto le due camere di giunzione previste per la posa del cavo di Linea Primaria dovranno essere posizionate coerentemente con la lunghezza massima di pezzatura ed in aree libere da interferenze con altri sottoservizi o cavidotti.

In Figura 7 si riporta la rappresentazione grafica delle suddette camere di giunzione, con indicazione delle dimensioni standard, ricavate dall'istruzione tecnica RFI/DTC.EE.TE 160.

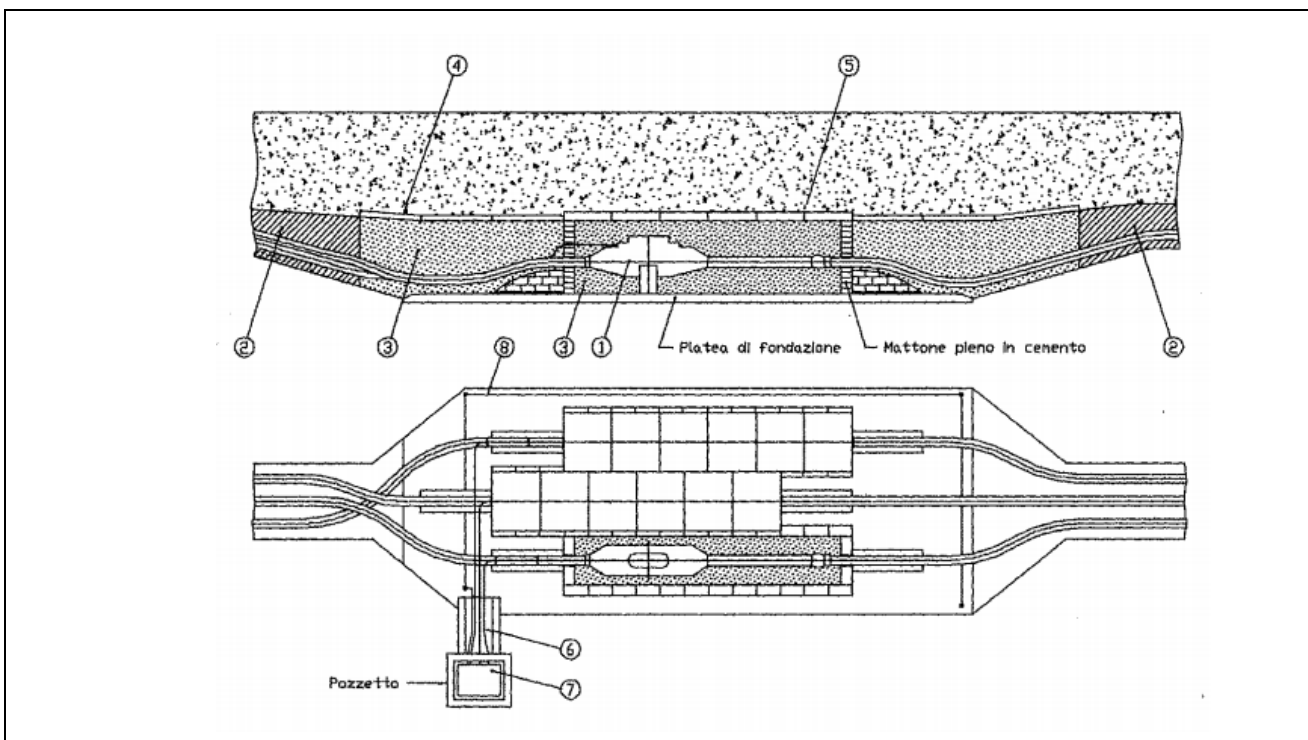


Figura 7 – Camera di giunzione

1 Giunti unipolari sezionati; 2 Cemento magro; 3 Sabbia a bassa resistività termica; 4 Lastra protezione cavi; 5 Lastra protezione giunti; 6 Cavo concentrico; 7 Cassetta sezionamento guaine; 8 Colleg. di messa a terra guaine metalliche

Il percorso individuato per il cavo è quello più breve possibile e quello più logico; infatti è sempre auspicabile optare su staccati in sede stradale in quanto più sicuri e facilmente segnalabili. Tale tracciato risulta in definitiva quello più economico e quello che occupa la porzione minore di territorio.

Il percorso è riportato anche nella revisione ultima della planimetria

NT0105D58P7LP0000001 SSE "innovativa" di Avigliana - Cavidotto AT 132 kV da CP ENEL -
Planimetria di tracciato.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE NELLE LOCALITA' DI BORGONE E AVIGLIANA PROGETTO DEFINITIVO					
	Cavidotto AT 132 kV da CP ENEL – Relazione generale di impianto	COMMESSA NTOI	LOTTO 05 D 58	CODIFICA RO	DOCUMENTO LP0000001	REV. B

5 - FASI REALIZZATIVE

Le attività per la realizzazione dell'impianto si articoleranno nel modo seguente:

- apertura della fascia di lavoro e scavo della trincea a seguito esecuzione della BST (Bonifica Sistemica Terrestre);
- posa dei cavi e della fibra ottica;
- ricopertura della linea e ripristini;
- collaudo della linea.

Tali fasi vengono di seguito descritte.

5.1 - Apertura della fascia di lavoro e scavo della trincea

Le operazioni di scavo e posa dei cavi richiedono l'apertura di un'area di passaggio denominata "fascia di lavoro". Tale area dovrà essere recintata per impedire l'accesso ai non addetti ai lavori. Questa fascia dovrà essere la più continua possibile ed avere una larghezza tale da consentire la buona esecuzione dei lavori ed il transito dei mezzi di servizio. Nella parte di tracciato su strada tale fascia potrà comportare la temporanea chiusura della viabilità o una limitazione del traffico.

Propedeutica all'inizio dello scavo è l'attività di Bonifica Sistemica Terrestre che, a differenza dell'area di SSE, non è prevista nel carico computazionale della specialistica OO.CC. ma è inclusa nel computo inerente le lavorazioni della specialistica TE.

Nelle operazioni di scavo viene posta attenzione nel sagomare la sezione dello scavo secondo quanto previsto nel progetto ed il fondo dello scavo viene livellato alla profondità di 1.60 metri. Nel caso in cui la presenza di manufatti e/o struttura esistenti non dovesse garantire la suddetta profondità, dovrà prevedersi la realizzazione di una struttura "schermante" a protezione del cavidotto; una situazione di possibile criticità in tal senso potrebbe aversi in corrispondenza dell'attraversamento del canale posto nelle vicinanze della CP ENEL, per un approfondimento del quale si rimanda alla fase progettuale successiva.

Se il materiale di scavo dopo le indagini previste dal "D.P.R. 13/06/17 n.120 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo" viene ritenuto idoneo per il rinterro, viene depositato in adiacenza allo scavo, in genere sul lato opposto a quello stradale; qualora invece tale materiale non risultasse idoneo verrà caricato direttamente su un autocarro e sarà portato ad una

	ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE NELLE LOCALITA' DI BORGONE E AVIGLIANA PROGETTO DEFINITIVO					
	Cavidotto AT 132 kV da CP ENEL – Relazione generale di impianto	COMMESSA NT01	LOTTO 05 D 58	CODIFICA RO	DOCUMENTO LP0000001	REV. B

discarica autorizzata, in ottemperanza alla citata norma, ed il riempimento verrà effettuato con materiale inerte di idonee caratteristiche.

5.2 – Posa dei cavi e della fibra ottica

All'interno della trincea viene steso uno strato di 10 cm di cemento magro e mantenuto asciutto sul quale vengono posati con modalità a trifoglio i cavi di energia.

Le bobine dei cavi energia devono essere maneggiate con cura durante i vari spostamenti. Durante lo svolgimento del cavo si provvederà, con un esame visivo, a valutare il buono stato dei cavi stessi.

Le teste dei cavi devono essere sempre protette con cappucci di materiale termorestringente, le estremità dei cavi tagliate devono essere immediatamente protette e ripristinate le sigillature.

Durante la posa deve essere posta particolare attenzione a non creare brusche piegature, ammaccature, scalfitture e stiramenti della guaina; occorre altresì che durante le operazioni di posa vengano rispettati i raggi di curvatura minimi indicati nelle norme CEI in vigore.

Lo stendimento del cavo sarà effettuato riducendo al minimo le sollecitazioni meccaniche, la bobina sarà sistemata con l'asse di rotazione perpendicolare all'asse di posa; lo svolgimento del cavo deve avvenire dall'alto, in modo da invertire la naturale curvatura del cavo.

Durante tutta la fase di stendimento non devono essere applicati ai cavi sforzi di tiro superiori a quanto raccomandato dalle norme CEI in vigore.

Il tiro del cavo sarà effettuato mediante l'utilizzo di un argano a motore con frizione automatica con un sistema di controllo dello sforzo di trazione che dovrà avvenire in modo graduale e continuato evitando le interruzioni.

Per il tiro del cavo saranno applicati alla testa del cavo stesso dei dispositivi di attacco dotati di un giunto snodato su cui si scaricano i momenti torcenti che si sviluppano nella fune di trazione, la rotazione della bobina deve essere controllata, e se necessario frenata, allo scopo di evitare dannose piegature del cavo.

Il getto di cemento magro viene poi completato per una altezza di 50 cm in modo da costituire un bauletto di 60 x 60 cm che ingloba i tre cavi.

Al di sopra del bauletto di cemento magro viene posata una piastra prefabbricata di calcestruzzo per ulteriore protezione meccanica, sulla quale poi viene steso il tritubo che conterrà il cavo a Fibre Ottiche.

Dopo un primo rinterro col materiale scavato o con materiale inerte preventivamente vagliato viene posato una rete di plastica rosso-arancione più un nastro di segnalazione giallo con la scritta "Cavi 132 kV".

Le operazioni di stendimento dei cavi devono essere fatte con temperatura ambiente superiori a 0°.

Nelle Figure dalla 8 alla 11 si riportano alcune foto delle principali attrezzature per lo stendimento dei cavi.

La posa del cavo in fibra ottica viene realizzata all'interno del tritubo predisposto al di sopra del bauletto di cemento magro.

Ogni singolo foro del tritubo viene attrezzato con un cordino di nylon, in modo da poter agevolare le operazioni di posa.

La posa del cavo all'interno dei tubi viene eseguita con un argano.

Questa attività di posa consente di monitorare la forza di tiro così da non eccedere ai valori ammissibili per il cavo, allo scopo di mantenere basso il valore del coefficiente di attrito viene iniettata all'interno del tubo una emulsione lubrificante.

Cavidotto AT 132 kV da CP ENEL – Relazione
generale di impianto

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	05 D 58	RO	LP0000001	B	14 di 16



Figura 8 – Argano



Figura 9 – Bobina e supporto bobina



Figura 10 – Rullo per stendimento cavi



Figura 11 – Rullo per tracciato in curva

5.3 - Ricopertura della linea e ripristini

La fase di rinterro viene effettuata con cura evitando che il materiale danneggi il tritubo.

Dopo la posa della rete rosso-arancione e di nastro giallo di segnalazione viene completato il rinterro con le modalità sopra citate e compattando il materiale con mezzi meccanici. Al termine si procederà alla realizzazione degli interventi di ripristino per riportare il territorio attraversato nelle condizioni ambientali precedenti la realizzazione dell'opera. Nei tratti in strada verrà ripristinato il manto stradale con le caratteristiche preesistenti.

Per segnalare la presenza dei cavi sulla sede stradale verranno inserite ad ogni 50 metri circa delle piastrine in ghisa con la scritta "cavi 132 kV".

5.4 - Collaudo della linea

A posa e rinterro ultimati si renderà necessario provare la buona esecuzione dell'opera.

Prima della messa in servizio del cavo dovrà essere effettuato il controllo di impianto, teso ad assicurare che il monitoraggio degli accessori sia stato eseguito a regola d'arte e che i cavi non abbiano subito deterioramenti durante la posa.

Dovranno altresì essere eseguite le "Prove elettriche dopo l'installazione" previste dalla norma CEI 11-17 che consistono nell'applicare la tensione di esercizio trifase del sistema per la durata di 24 ore.

Anche la fibra ottica dovrà essere sottoposta a collaudo dopo la posa, verificando che non vi siano stati danneggiamenti durante i lavori e che l'attenuazione del segnale ottico sia entro i limiti fissati dalle normative.

6 – CONCLUSIONI

La linea 132 kV semplice terna in oggetto sarà realizzata in cavi sotterranei in conformità alla legislazione vigente ed alle norme tecniche vigenti riassunte nel paragrafo 2.

I materiali saranno approvvigionati conformemente alla "Specifica Tecnica di Fornitura – RFI/DTC.EE.TE159.

La progettazione e la realizzazione della linea verrà eseguita in conformità alla Specifica Tecnica - RFI/DTC.EE.TE160.

Il tracciato indicativo del cavo di energia e del cavo a Fibre Ottiche è riportato nella revisione ultima della planimetria

NT0105D58P7LP0000001 SSE "innovativa" di Avigliana - Cavidotto AT 132 kV da CP ENEL - Planimetria di tracciato.

La sezione tipica di posa è a trifoglio come indicato nel documento

NT0105D58AXLP0000001 SSE "innovativa" di Avigliana - Cavidotto AT 132kV da CP ENEL - Sezioni tipiche di posa cavi.

La fascia di servitù di elettrodotto sarà di 2 metri, un metro per parte rispetto all'asse dello scavo, e insieme alla profondità di interrimento garantiranno il rispetto dei limiti inerenti la compatibilità elettromagnetica secondo quanto richiamato nell'apposito paragrafo della relazione "a cappello" del progetto **NT0105D58RGTE0000001** - "Relazione generale interventi di Trazione Elettrica".

La presenza del cavo nel sottosuolo sarà segnalata con cartelli installati su paline o con targhette infisse nell'asfalto stradale.