

“TACCU SA PRUNA”

Progetto di impianto di accumulo idroelettrico ad alta flessibilità

Connessione alla RTN – Piano Tecnico delle Opere Utente

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE



GEOTECH S.r.l.

SOCIETA' DI INGEGNERIA
Via T.Nani, 7 Morbegno (SO)
Tel. +39 0342610774
E-mail: info@geotech-srl.it
Sito: www.geotech-srl.it

Progettista: Ing. Pietro Ricciardini

Relazione tecnica illustrativa – connessione utente



REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	PRIMA EMISSIONE	Giugno 2022	Geotech S.r.l	Geotech S.r.l	Edison S.p.A.
1	AGGIORNAMENTO PROGETTO PER OSSERVAZIONI ENTI	Giugno 2023	Geotech S.r.l	Geotech S.r.l	Edison S.p.A.
2		Luglio 2023	Geotech S.r.l	Geotech S.r.l	Edison S.p.A.

Codice commessa: G929

Codifica documento: G929_DEF_R_004_Ut_rel_tec_ill_conn_1-1_REV02



Sommario

1	PREMESSA	3
2	PROPONENTE	4
3	CONTESTO E SCOPO DELL’OPERA	5
4	UBICAZIONE DELL’INTERVENTO	6
4.1	OPERE ATTRAVERSATE	7
5	DESCRIZIONE DELLE OPERE	8
5.1	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO “SE NURRI 2 - SU TACCU SA PRUNA”	8
5.1.1	Parte 1 – cavo interrato 380 kV	8
5.1.2	Parte 2 – cavo sub lacuale 380 kV.....	8
5.1.3	Parte 3 – cavo interrato 380 kV in galleria	9
6	CONFRONTO ALTERNATIVE PROGETTUALI PROPOSTE	9
7	CRONOPROGRAMMA	9
8	CARATTERISTICHE GENERALI IMPIANTO	10
9	CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE OPERE IN CAVO	11
9.1	DATI PRINCIPALI DI SISTEMA.....	11
9.1.1	DATI ELETTRICI	11
9.1.2	DATI AMBIENTALI	12
9.2	PROGETTO DEL SISTEMA IN CAVO A 380kV	12
9.2.1	PROGETTO DEI CAVI AT.....	12
9.2.2	PROGETTO DEL COLLEGAMENTO DELLE GUAINA	17
9.2.3	PROGETTO DEGLI ACCESSORI AT	21
9.2.4	PROGETTO DELL’INSTALLAZIONE.....	23
9.2.5	DIMENSIONAMENTO ELETTRICO E TERMICO	32
9.2.6	SISTEMI DI MONITORAGGIO	33
9.2.7	INSTALLAZIONE DEL SISTEMA	36
9.3	PROVE E COLLAUDI	47
9.4	RIPRISTINI AMBIENTALI PER LA POSA IN CUNICOLO	47
10	RUMORE	49
11	INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE	49
12	TERRE E ROCCE DA SCAVO	49



13	CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI	50
13.1	SINTESI NORMATIVA	50
13.2	FASCE DI RISPETTO	52
13.3	CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI	52
14	AREE IMPEGNATE	53
15	SICUREZZA NEI CANTIERI.....	53
16	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	53
	NOTA A MARGINE	54



1 PREMESSA

Il presente documento redatto dalla Società d'Ingegneria GEOTECH S.r.l., con sede in via Nani, 7 a Morbegno (SO) costituisce la relazione tecnica illustrativa del Piano Tecnico delle Opere relativa all'elettrodotto 380 kV misto cavo interrato/sub-lacuale per la connessione alla RTN dell'impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio ad alta flessibilità per una potenza in immissione di 341,1 MW e in prelievo di 391,8 MW, da realizzarsi nel territorio comunale di Esterzili, nella ex Provincia del Sud Sardegna, da parte della società Edison S.p.A. in qualità di proponente.

L'elettrodotto collegherà l'impianto alla RTN partendo dalla Stazione Elettrica 380/150 kV in progetto di Nurri "SE Nurri 2" e arrivando alla Stazione Utente in caverna "SU Taccu Sa Pruna" in progetto, e prevista in costruzione in prossimità della centrale in caverna dell'impianto stesso.

L'elettrodotto "SE Nurri 2 – SU Taccu Sa Pruna" attraverserà tre comuni della ex provincia del Sud Sardegna: Esterzili, Orroli e Nurri.

Oggetto della presente relazione tecnica illustrativa è la descrizione degli aspetti tecnici specifici dell'intervento relativo all'elettrodotto di connessione tra le future "SE Nurri 2" e "SU Taccu Sa Pruna" in progetto.

Il presente elaborato, viene emesso in revisione per accogliere le modifiche al progetto delle opere RTN e di utenza studiate al fine di rispondere alle richieste e alle osservazioni presentate dagli enti con il procedimento di VIA depositato presso il MASE con Prot. No. PU0002417 del 28 Giugno 2022.

In particolare, vengono sviluppati lo studio e le caratteristiche tecniche dell'elettrodotto di utenza totalmente in cavo interrato in variante delle proposta progettuale della prima emissione che prevedeva tale elettrodotto parte in cavo interrato e parte in aereo.



2 PROPONENTE

Edison, con più di 130 anni di storia, è la società energetica più antica d'Europa ed è oggi uno dei principali operatori energetici in Italia, attivo nella produzione e vendita di energia elettrica, nell'approvvigionamento, vendita e stoccaggio di gas naturale, nella fornitura di servizi energetici, ambientali al cliente finale nonché nella progettazione, realizzazione, gestione e finanziamento di impianti e reti di teleriscaldamento a biomassa legnosa e/o gas o biogas.

Attualmente Edison è il terzo operatore italiano per capacità elettrica installata con 6,5 GW di potenza e copre circa il 7% della produzione nazionale di energia elettrica. Il parco di produzione di energia elettrica di Edison è costituito da oltre 200 impianti, tra cui centrali idroelettriche (64 mini-idro), 50 campi eolici e 64 fotovoltaici e 14 cicli combinati a gas (CCGT) che permettono di bilanciare l'intermittenza delle fonti rinnovabili.

Oggi opera in Italia, Europa e Bacino del Mediterraneo impiegando circa 5000 persone.

Edison è impegnata in prima linea nella sfida della transizione energetica attraverso lo sviluppo della generazione rinnovabile e low carbon, i servizi di efficienza energetica e la mobilità sostenibile, in piena sintonia con il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) e gli obiettivi definiti dal Green Deal europeo. Nell'ambito della propria strategia di transizione energetica Edison punta a portare la generazione da fonti rinnovabili al 40% del proprio mix produttivo entro il 2030, attraverso investimenti mirati nel settore (con particolare riferimento all'idroelettrico, all'eolico ed al fotovoltaico).

Con riguardo al settore idroelettrico Edison è attiva nella produzione di energia elettrica attraverso la forza dell'acqua da oltre 120 anni quando, sul finire dell'800, ha realizzato le prime centrali idroelettriche del Paese che sono tutt'ora in attività. L'energia rinnovabile dell'acqua rappresenta la storia ma anche un pilastro del futuro della Società, impegnata a consolidare e incrementare la propria posizione nell'ambito degli impianti idroelettrici ed a cogliere ulteriori opportunità per contribuire al raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione.



3 CONTESTO E SCOPO DELL'OPERA

Oggetto del presente Piano Tecnico delle Opere è la connessione utente 380 kV che parte dalla futura Stazione Elettrica RTN 380/150 kV "SE Nurri 2" e arriva fino alla futura Stazione Utente in caverna "SU Taccu Sa Pruna.

Tale opera è necessaria per il collegamento alla RTN dell'impianto di pompaggio descritto al capitolo precedente: la Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG), rilasciata da Terna con codice pratica 202101454 del 29/01/2022, prevede un collegamento in antenna a 380 kV su una nuova Stazione Elettrica di smistamento a 380 kV della RTN che dovrà essere a sua volta collegata, per il tramite di due nuovi elettrodotti RTN a 380 kV, con una nuova SE RTN 380 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN 380 kV "Ittiri – Selargius". A seguito di un tavolo di coordinamento tecnico intervenuto tra Edison, la scrivente e Terna, si è deciso di prevedere la realizzazione di una nuova stazione di trasformazione 380/150 kV a Nurri al posto di una "di solo smistamento".

Si prevede pertanto la realizzazione di una nuova Stazione Elettrica 380/150 kV nel Comune di Nurri (ex provincia SU) da collegare alla Stazione Elettrica in progetto "SE Sanluri", mediante due elettrodotti aerei 380 kV ciascuno di lunghezza circa pari a 30 km. La "SE Nurri 2" verrà a sua volta collegata tramite un elettrodotto di utenza 380 kV in cavo interrato/sub-lacuale alla futura Stazione Utente in caverna "SU Taccu Sa Pruna" da realizzarsi in prossimità della centrale in caverna dell'impianto di pompaggio. Tale ultimo elettrodotto di utenza è l'oggetto del presente PTO.



4 UBICAZIONE DELL'INTERVENTO

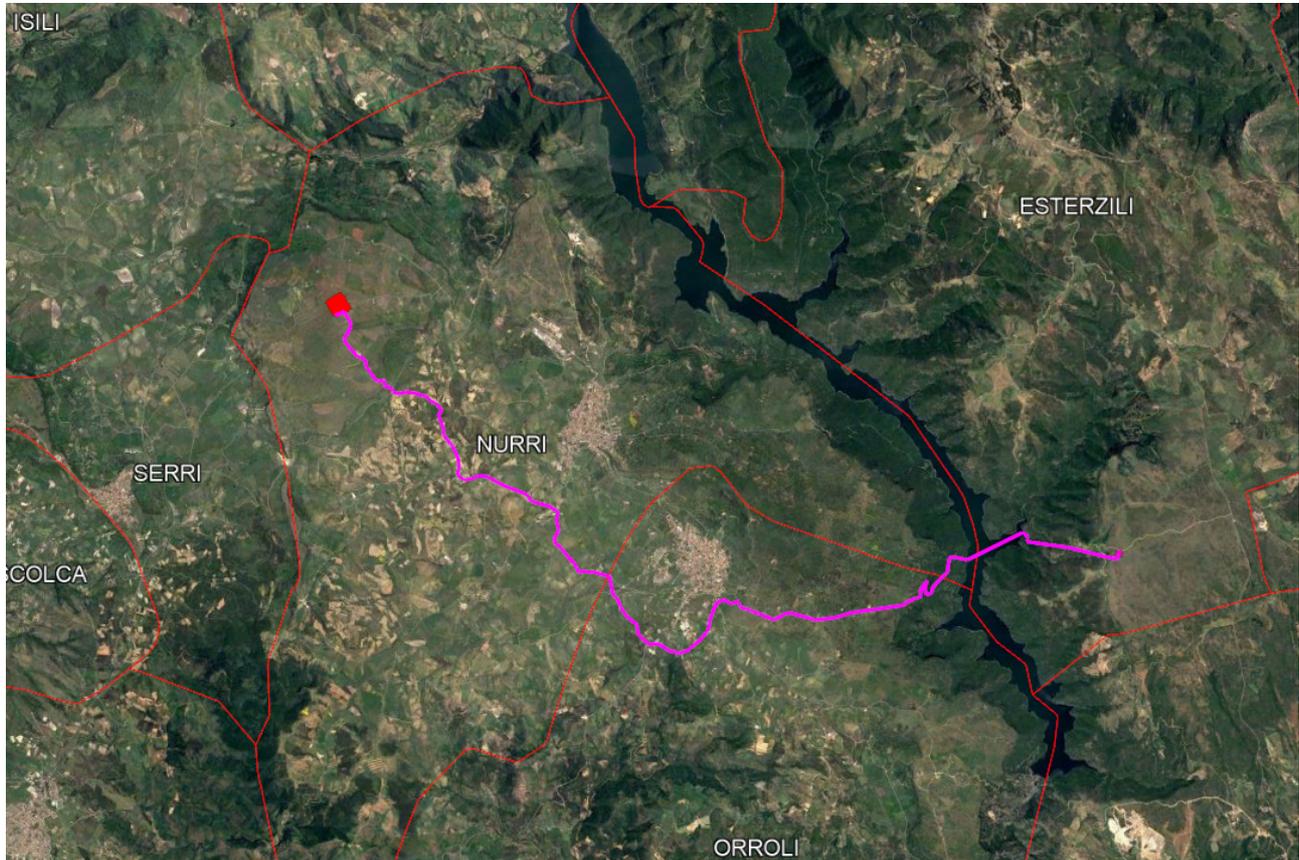
Tra le possibili soluzioni è stato individuato il tracciato più funzionale, che tenga conto di tutte le esigenze e delle possibili ripercussioni sull'ambiente, con riferimento alla legislazione nazionale, regionale e comunale vigente in materia. Il percorso dell'elettrodotto è stato studiato comparando le esigenze della pubblica utilità delle opere con gli interessi pubblici e privati coinvolti, cercando in particolare di:

- Contenere per quanto possibili la lunghezza del tracciato per occupare la minor porzione possibile del territorio;
- Minimizzare l'interferenza con le zone di pregio ambientale, naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- Recare minor sacrificio possibile alle proprietà interessate, avendo cura di vagliare le situazioni esistenti sui fondi da asservire rispetto anche alle condizioni dei terreni limitrofi;
- Evitare, per quanto possibile, l'interessamento di aree urbanizzate o di sviluppo urbanistico;
- Assicurare la continuità del servizio, la sicurezza e l'affidabilità della Rete di Trasmissione Nazionale;
- Permettere il regolare esercizio e manutenzione degli elettrodotti.

Nel capitolo 4 della "Relazione tecnica generale" (cod. G929_DEF_R_002_Rel_tec_gen_1-1_REV02) è esplicitato lo studio di fattibilità e le considerazioni conseguenti che hanno portato alla proposta progettuale qui presentata.

Di seguito si riporta un estratto Google Earth che identifica i territori attraversati dall'elettrodotto di utenza. Per un maggior dettaglio si rimanda alle tavole di corografia allegate:

- "Corografia di progetto - CTR" (cod. G929_DEF_T_002_Ut_coro_prog_CTR_x-3_REV02);
- "Corografia di progetto - ortofotocarta" (cod. G929_DEF_T_003_Ut_coro_prog_ortofoto_x-5_REV02).



Inquadramento dell'elettrodotto di utenza 380 kV "SU Taccu Sa Pruna – SE Nurri 2" su base Google Earth

4.1 OPERE ATTRAVERSATE

L'elenco delle opere attraversate con il nominativo degli enti competenti è riportato nell'elaborato "Elenco opere attraversate" (cod. G929_DEF_E_014_Ut_elenco_op_attr_1-1_REV01). Gli attraversamenti principali sono altresì evidenziati nella planimetria in scala 1:10.000 dell'elaborato "Corografia opere attraversate" (cod. G929_DEF_T_015_Ut_coro_op_attr_X-3_REV02).



5 DESCRIZIONE DELLE OPERE

La connessione SU-RTN avverrà come descritto nei seguenti punti:

- Parte 1: cavo interrato singola terna 380 kV, complessivamente lunga circa 15 km, da posarsi lungo la viabilità primaria e secondaria/vicinale che dalla futura Stazione Elettrica di Nurri arriva fino alla sponda Ovest del Lago Flumendosa;
- Parte 2: cavo sub-lacuale 380 kV lungo 1 km circa che verrà posato sul fondo del Lago Flumendosa per attraversarlo da est a ovest;
- Parte 3: cavo interrato singola terna 380 kV da posarsi lungo la galleria cavi e ventilazione della centrale per una lunghezza di circa 1,7 km.

5.1 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO “SE NURRI 2 - SU TACCU SA PRUNA”

Di seguito si riporta la descrizione, divisa per parti secondo il tipo di opera, del tracciato della connessione utente “SU Taccu Sa Pruna – SE Nurri 2”. Per meglio comprendere la presente descrizione, si fa specifico riferimento all’elaborato “Corografia di progetto - ortofotocarta” (cod. G929_DEF_T_003_Ut_coro_prog_ortofoto_X-5_REV02) in scala 1:5.000.

Si rimanda inoltre agli elaborati “Corografia con opere attraversate” (cod. G929_DEF_T_015_Ut_coro_op_attr_X-3_REV02) e “Elenco opere attraversate” (cod. G929_DEF_E_014_Ut_elenco_op_attr_1-1_REV01) per il dettaglio sulle interferenze tra il tracciato in progetto e i servizi esistenti sul territorio.

5.1.1 Parte 1 – cavo interrato 380 kV

Il cavo interrato parte dalla futura SE di Nurri e, appena uscito dalla strada di accesso alla stessa, percorre una prima parte su una strada vicinale in direzione WSW prima e S dopo a partire dalla buca giunti 1. Percorre in direzione S e SSE circa 1270 m fino ad arrivare ad attraversare la SS 191. Dopo l’attraversamento, il tracciato del cavo riprende il tracciato di una strada vicinale fino ad attraversare, alla pk 3+625 (progressiva chilometrica del cavo) la Strada Comunale “da Seui a Nurri” e proseguire sulla vicinale precedente fino alla pk 3+900 dove prende il sedime della strada vicinale “Pixina Cadeddu”. Il tracciato del cavo percorre tale strada fino a intersecare alla pk 5+500 la Strada Comunale “Fenu” e attraversare subito dopo, per il tramite di una TOC, la località “Ovile Argiolas”. Superato il gruppo di edifici, il tracciato del cavo viene posato sul sedime della Strada Comunale “Nurri Donigala” fino alla pk 6+140. Da qui il tracciato del cavo viene posato su una strada vicinale fino a intersecare, alla pk 6+750 la Strada Comunale “Orroli Mandas” che viene percorsa fino alla pk 7+250. In questo tratto, dalla pk 7+000 per uno sviluppo di circa 100 m, il cavidotto fiancheggia il depuratore del comune di Nurri. Alla pk 7+250 inizia la TOC in attraversamento del Riu Alloci e della ferrovia “Mandas – Arbatax”. Dalla fine della TOC, il tracciato viene posato su una strada vicinale fino alla pk 8+490, punto nella quale inizia la posa sulla SP 65 fino alla pk 9+000. Da qui inizia la posa sulla strada vicinale “Coe Putzu” fino alla pk 10+101. In tale punto il tracciato attraversa la SP 10 per poi immettersi su una strada vicinale che incrocia, alla pk 10+490 la Strada vicinale “Funtana Spidu” fino a raggiungere alla pk 13+250 la pista di servizio per l’accesso alla sponda Ovest del Lago Flumendosa nel comune di Orroli.

La parte prevista sulla pista di servizio si sviluppa per 1,5 km circa (fino alla pk 14+750). Da qui, il cavo verrà posato in cunicolo sulla scarpata che collega l’ultimo tornante della pista di servizio alla sponda Ovest del lago (250 m di posa circa). Questa parte di cavo termina nella prima buca giunti di transizione terra-lago (BG27).

La tratta è ubicata nei comuni di Nurri e Orroli.

5.1.2 Parte 2 – cavo sub lacuale 380 kV

A partire dalla BG27, il cavo diventerà di tipo adatto alla posa sotto acqua e sarà posato, per una lunghezza di circa 1 km, sul fondale del Lago Flumendosa fino a raggiungere, sulla sponda opposta, l’insenatura dove si affaccia l’accesso della galleria alla centrale in caverna dell’impianto. Qui, sulla spiaggia, è prevista una



seconda buca giunti di transizione lago-terra (BG28) e contestualmente la fine del tratto di posa in cavo marittimo.

La tratta è ubicata per la prima parte nel comune di Orroli e per la seconda in quello di Esterzili.

5.1.3 Parte 3 – cavo interrato 380 kV in galleria

Terminata la tratta sub-lacuale, il cavo riprende ad essere di tipo terrestre. Come già descritto, il passaggio avviene nella buca giunti di transizione lago-terra (BG28) situata sulla spiaggia della costa Est del lago. Il posizionamento di quest'ultima, è prossimo al piazzale di accesso alla galleria della centrale in caverna. Da qui la posa del cavo che arriva fino alla Stazione Utente in caverna avviene sul sedime della galleria fino ad arrivare alla centrale in caverna dell'impianto. La lunghezza totale di questo tratto è di circa 1,7 km. Tutto il tratto è nel comune di Esterzili.

6 CONFRONTO ALTERNATIVE PROGETTUALI PROPOSTE

Come indicato in premessa, il presente elaborato riguarda la revisione progettuale della connessione utente tra la futura Stazione Elettrica di Nurri e l'impianto di pompaggio Edison.

Nel presente capitolo, si descrivono le differenze e le similitudini tra la “versione 0” del progetto (connessione mista aerea/interrata/sub-lacuale) e la versione aggiornata (oggetto del presente PTO) tutta in cavo interrato/sub lacuale **limitatamente alla parte proposta in modifica; si ricorda infatti che la versione 0 già prevedeva una parte di circa 3,8 km in cavo interrato nonché la tratta in cavo sub-lacuale e in galleria.**

	“versione 0” (giugno 2022)	“versione aggiornata” (giugno 2023)
Lunghezza	10,5 km	11,2 km
N sostegni	24	-
Comuni interessati	Nurri, Orroli	Nurri, Orroli
Incidenza paesaggistica	Si	No
Consumo di suolo in fase di esercizio	Si	No
Necessità ulteriori impianti	Si – area transizione aero/cavo (sup. occupata 2.100 m ²)	No

7 CRONOPROGRAMMA

Il programma di massima dei lavori è riportato nel capitolo 7 dell'elaborato “Relazione tecnica generale” (cod. G929_DEF_R_002_Rel_tec_gen_1-1_REV02).



8 CARATTERISTICHE GENERALI IMPIANTO

Prima di descrivere le caratteristiche degli elettrodotti aerei e in cavo previsti per il collegamento dell'impianto di generazione/pompaggio Edison "Taccu Sa Pruna" alla RTN è opportuna una breve descrizione del suo funzionamento al fine di determinare le caratteristiche elettriche nominali delle opere di connessione.

Il funzionamento dell'impianto è previsto distinto in due fasi:

- Nelle ore di maggiore richiesta di energia o in cui il prezzo dell'energia sia più elevato, sarà prodotta energia elettrica, sfruttando il salto idraulico del bacino superiore e utilizzando il macchinario idraulico in funzionamento di turbina. Le due turbine trasmetteranno all'asse degli alternatori una potenza meccanica che, convertita in energia elettrica, consentirà di iniettare nella rete di terna una potenza complessiva netta di circa di 341,4 MW;
- Nelle ore in cui il prezzo dell'energia elettrica sul mercato sia basso, oppure nelle ore in cui Terna richieda all'impianto di assorbire potenza per risolvere problemi sulla rete di trasmissione nazionale, l'impianto passerà alla modalità di funzionamento in pompaggio dell'acqua dal bacino a quota inferiore a quello superiore. Ciò consentirà, in aggiunta ai benefici per il sistema elettrico nazionale, di ripristinare i livelli idrostatici atti a garantire la riserva per la fase successiva di produzione. I due motori sincroni dovranno erogare alle pompe una potenza meccanica netta complessiva di 380 MW. Stimando, indicativamente, auto-consumi e perdite per un valore pari al 3%, saranno assorbiti dalla rete terna 391,8 MW.

Durante il funzionamento in pompaggio, le macchine sincrone potranno comunque garantire produzione/assorbimento di potenza reattiva, nei limiti consentiti dalla propria curva di capability, ovvero la partecipazione al servizio di regolazione della tensione.

I collegamenti verranno dimensionati in prima battuta considerando i 190 MW di potenza assorbita dalla pompa, stimando poi le perdite e considerando il caso di macchina in sovraeccitazione con fattore di potenza pari a 0,91. La potenza assorbita dall'impianto nel caso peggiore risulta essere 230 MVA.

La corrente d'impiego risulta pertanto pari a:

$$I = \frac{A}{\sqrt{3} \cdot V} = 700 \text{ A}$$

Con tale valore di corrente d'impiego si sceglie di prevedere che il cavo interrato e il cavo sub lacuale sia costituito da un cavo con conduttore in rame avente sezione pari a 1.200 mm².



9 CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE OPERE IN CAVO

Nei paragrafi seguenti, verranno descritte le caratteristiche generali dell'elettrodotto in cavo a 380 kV "SE Nurri 2 – SU Taccu Sa Pruna". Nello specifico, vengono descritte le caratteristiche generali delle seguenti tratte:

TRATTA	TIPO DI POSA	LUNGHEZZA
Stazione Elettrica di Nurri - Giunto di transizione terra/acqua (lato Ovest lago Flumendosa)	Posa direttamente interrata	15 km
Attraversamento Lago Flumendosa	Posa sub-lacuale	1 km
Giunto di transizione terra/acqua (lato Est lago Flumendosa) - Terminali Trasformatore Stazione Utente "SU Taccu Sa Pruna"	Posa in cunicolo in galleria	1,7 km

Per ciascuna tratta è stata eseguita una progettazione di massima, ipotizzando diverse soluzioni tecniche al fine di stabilire le caratteristiche principali dell'impianto, i vincoli tecnici e ambientali, tracciati e corridoi di posa a fini autorizzativi. La progettazione è stata eseguita con gli elementi resi a disposizione come descritto nei paragrafi seguenti, e sarà successivamente sottoposta ad ulteriore verifica durante la progettazione esecutiva di dettaglio.

9.1 DATI PRINCIPALI DI SISTEMA

9.1.1 DATI ELETTRICI

Il sistema in cavo è stato progettato nel rispetto dei seguenti parametri elettrici di esercizio e coordinamento dei livelli di isolamento:

Tensione concatenata di esercizio	U_n	380	kV
Tensione di fase nominale	U_0	220	kV
Tensione massima del sistema	U_m	420	kV
Isolamento ad impulso	B.I.L.	1425	kV
Frequenza	f	50	Hz
Corrente di guasto monofase a terra e durata	I_{cc}	63/0.5	kA/s



Potenza trasmessa	P_n	460	MVA
Corrente richiesta alla tensione nominale	I_n	700	A

9.1.2 DATI AMBIENTALI

I cavi verranno posati lungo il tracciato di posa in diverse configurazioni di installazione, i cui dati ambientali di progetto sono riassunti nel seguito.

Temperatura massima del terreno (roccia)	20	°C
Temperatura massima dell'aria	32	°C
Temperatura massima in galleria	35	°C
Temperatura massima dell'acqua	25	°C
Temperatura massima dell'acqua ammasso roccioso	18	°C
Resistività termica del suolo	1,2	K.m/W

9.2 PROGETTO DEL SISTEMA IN CAVO A 380kV

Il progetto del sistema in cavo per ciascuna tratta costituisce la sintesi del dimensionamento elettrico, termico e meccanico del sistema nel suo complesso. La progettazione in questa fase autorizzativa è stata eseguita con lo scopo di definire i tracciati di posa, incluse le modalità principali di posa, e le prestazioni elettriche del sistema. Le caratteristiche dei materiali di impianto, in particolare dei cavi e degli accessori di potenza, dovranno essere definite in fase realizzativa dai fornitori degli stessi, sulla base delle linee guida indicate in questo studio.

Per le caratteristiche tecniche degli elementi di impianto descritti nei paragrafi seguenti si rimanda all'elaborato "Relazione elementi tecnici d'impianto" (cod. G929_DEF_R_020_Ut_rel_tecnici_conn_1-1_REV01).

9.2.1 PROGETTO DEI CAVI AT

9.2.1.1 Generalità

I cavi con isolamento in XLPE a 380 kV saranno diversi per ciascuna delle tre tratte sopra indicate, per rispondere alle specifiche condizioni di posa e di esercizio.

Una criticità comune alle due tratte terrestri, è che il tracciato di posa si presenta impervio e non raggiungibile attraverso strade asfaltate adatte al trasporto di carichi eccezionali. A tal fine, la progettazione del cavo AT dovrà avere l'obiettivo di contenere le dimensioni e i pesi delle bobine.

Nella tratta in galleria, il cavo dovrà essere equipaggiato con una guaina resistente alla fiamma e ignifuga, al fine di limitare il rischio di propagazione degli incendi.

Nella tratta sub-lacuale, il cavo dovrà essere progettato per sopportare gli sforzi meccanici a cui sarà sottoposto sia durante la posa, che durante l'esercizio. Il cavo sub-lacuale dovrà essere prodotto in pezzatura unica senza l'utilizzo di giunti intermedi. Le bobine verranno caricate su pontoni galleggianti nel punto più



adatto al trasporto, e rimorchiate fino all'area di installazione. Il cavo dovrà essere equipaggiato con una armatura in grado di sostenere il peso dello stesso durante la posa, e di offrire protezione meccanica contro danneggiamenti esterni una volta posato sul fondo del lago.

9.2.1.2 Cavo 380kV – Tratta direttamente interrata

Per la tratta direttamente interrata si prevede un cavo con le caratteristiche di seguito descritte.

Conduttore

Il conduttore in rame sarà rotondo, a segmenti (costruzione di tipo Milliken) con sezione elettrica pari a 1200mm² in accordo alle norme IEC 60228.

Strati semi-conduttivo sopra il conduttore e sopra l'isolante

Sopra il conduttore e sopra l'isolante, verranno applicati degli strati semiconduttivi estrusi al fine di garantire la geometria regolare del campo elettrico ed evitare gradienti che possano superare i valori di tenuta dell'isolamento. Gli strati semiconduttivi dovranno essere applicati per estrusione in contemporanea all'isolamento principale (tripla estrusione).

Isolamento in XLPE

L'isolamento sarà in polietilene reticolato (XLPE). L'isolamento verrà applicato con tripla estrusione in contemporanea agli strati semiconduttivi interno ed esterno. Il conduttore isolato dovrà poi passare all'interno di un tubo di vulcanizzazione per completare la reticolazione del materiale ed assicurarne le proprietà dielettriche. Alla fine del processo di vulcanizzazione e di raffreddamento, il conduttore isolato dovrà essere sottoposto a degasaggio per rimuovere i residui gassosi prodotti durante le fasi precedenti.

Lo spessore dell'isolante viene determinato da ciascun produttore nel rispetto dei gradienti massimi registrati durante le prove di tipo e di prequalifica in accordo alle norme internazionali IEC 62067.

L'isolamento in XLPE è in grado di conservare le sue proprietà dielettriche per la temperatura massima consentita in regime permanente di 90 °C. Il calcolo delle portate di corrente viene effettuato come dimensionamento termico nel rispetto di questo limite.

Protezione longitudinale contro la penetrazione d'acqua

Il conduttore isolato sarà avvolto con nastri igroespandenti. Questi nastri reagiscono all'acqua espandendosi, creando quindi una barriera alla penetrazione longitudinale d'acqua nel caso di perforazione della guaina metallica sovrastante.

Guaina metallica

Il cavo dovrà avere una guaina metallica in alluminio liscia per garantire la protezione contro la penetrazione radiale d'acqua, e per costituire una via di ritorno adeguata per la corrente di corto circuito.

La guaina di alluminio liscia rappresenta la soluzione consigliata per questo impianto, in quanto garantisce le proprietà elettriche e meccaniche del cavo, riducendone il peso e il diametro. In fase di progettazione esecutiva, i fornitori potranno proporre altre soluzioni, come guaine di piombo estruse o guaine di alluminio corrugate. Queste soluzioni, anche se non consigliate, possono essere valutate a patto di non costituire un aggravio di costi e di rischi per la realizzazione dell'impianto. Dato il livello elevato di tensione, le guaine metalliche dovranno in ogni caso essere applicate per estrusione o per saldature longitudinale. L'uso di guaine metalliche incollate è fortemente sconsigliato per questo impianto.

Lo spessore della guaina metallica dovrà essere sufficiente a portare la corrente di guasto nella durata specificata in questo documento, senza oltrepassare i limiti di temperatura massimi per l'isolamento e la guaina plastica esterna. I limiti di temperatura per il dimensionamento della guaina metallica in caso di corto circuito



dovranno essere quelli indicati nella norma internazionale IEC 60229 e IEC 61443. Valori più alti di temperatura potranno essere proposti se supportati da certificati di prove di laboratorio certificate da parti terze.

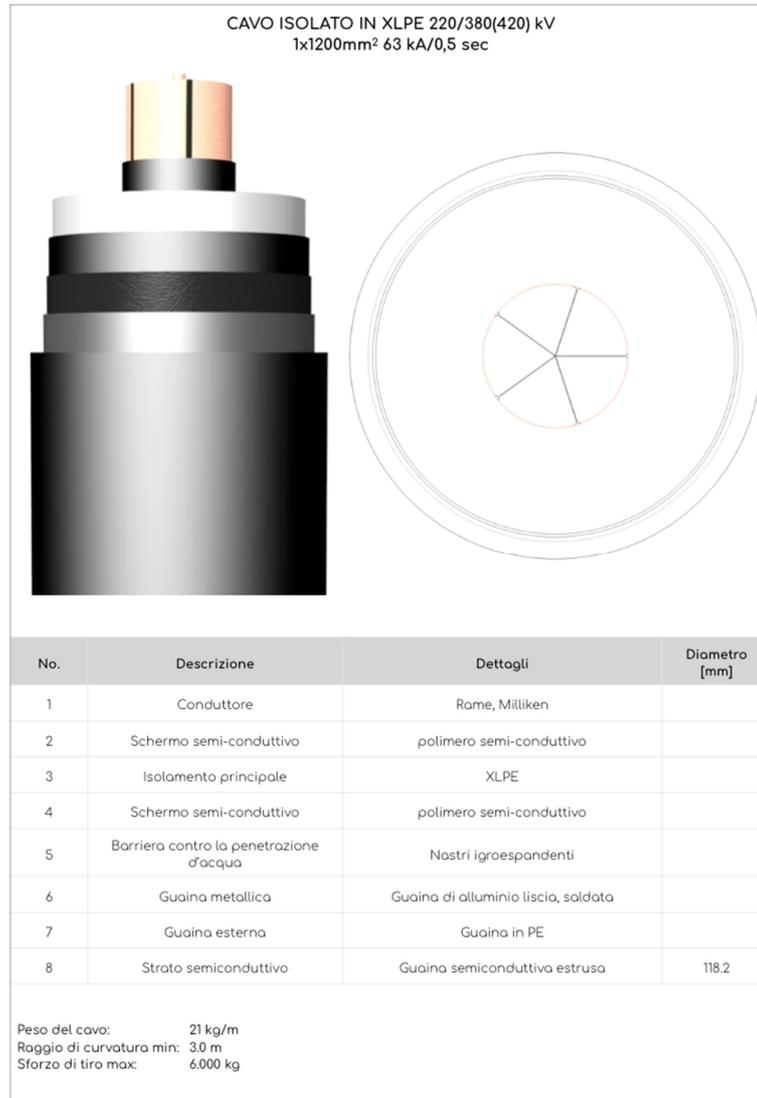
Nel caso in cui fosse necessario, sarà possibile prevedere l'aggiunta di uno schermo a fili di rame o di alluminio sotto la guaina metallica al fine di aumentare la sezione elettrica per il passaggio della corrente di guasto.

Guaina plastica esterna

Il cavo sarà quindi completato con l'applicazione per estrusione di una guaina plastica in PE. La guaina esterna avrà la funzione di proteggere la guaina metallica dalla corrosione, di fornire protezione meccanica, e di isolare elettricamente gli strati metallici del cavo.

Lo spessore della guaina plastica dovrà essere dimensionato per la tenuta elettrica per la prova in corrente continua dopo la posa e durante le verifiche periodiche, e per le tensioni indotte che si possono generare sul cavo durante l'esercizio, sia in condizioni nominali che di corto circuito.

Al fine di effettuare la prova in tensione per verificare l'integrità della guaina dopo posa, dovrà essere applicato uno strato plastico semi-conduttivo sopra la guaina esterna.



Cavo 380kV per tratta direttamente interrata - Disegno di massima

9.2.1.3 Cavo 380 kV – Tratta in galleria

Il cavo in galleria dovrà essere conforme agli stessi requisiti esposti per la tratta direttamente interrata, ad eccezione della guaina esterna.

I cavi verranno installati in un cunicolo dedicato all'interno del tunnel di servizio di accesso alla centrale. L'installazione dei cavi in aria, può costituire un elemento di rischio di propagazione della fiamma, se non opportunamente protetti.

A tal fine, i cavi nella tratta in galleria dovranno essere equipaggiati con una guaina ignifuga, non propagante la fiamma, e che non sviluppi gas nocivi per effetto della combustione. Sarà cura del fornitore proporre una guaina di caratteristiche adeguate, in accordo alle norme internazionali IEC60332.

Il cavo inoltre non dovrà avere lo strato semiconduttivo esterno.



CAVO ISOLATO IN XLPE 220/380(420) kV
1x1200mm² 63 kA/0,5 sec

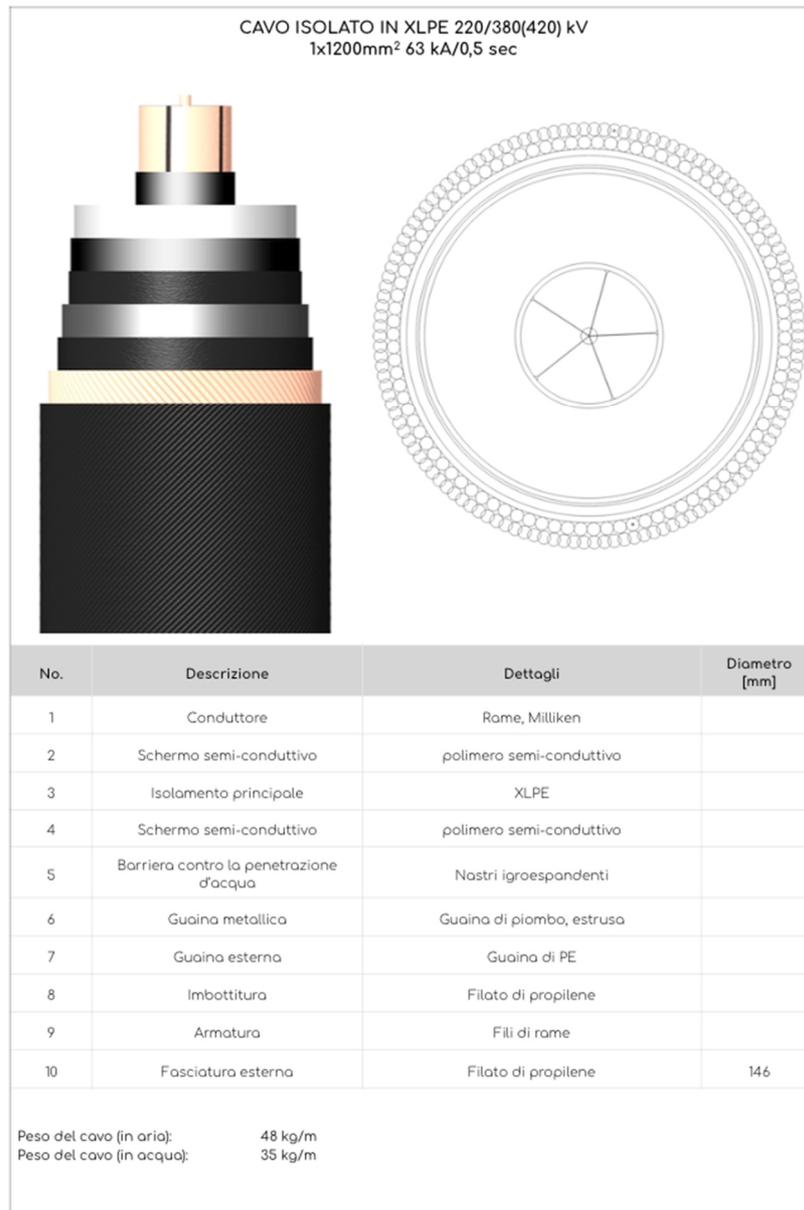
No.	Descrizione	Dettagli	Diámetro [mm]
1	Conduttore	Rame, Milliken	
2	Schermo semi-conduttivo	polimero semi-conduttivo	
3	Isolamento principale	XLPE	
4	Schermo semi-conduttivo	polimero semi-conduttivo	
5	Barriera contro la penetrazione d'acqua	Nastri igroespandenti	
6	Guaina metallica	Guaina di alluminio liscia, saldata	
7	Guaina esterna	Guaina ignifuga di tipo LS0H	118.0

Peso del cavo: 21 kg/m
Raggio di curvatura min: 3.0 m
Sforzo di tiro max: 6.000 kg

Cavo 380kV per tratta in galleria - Disegno di massima

9.2.1.4 Cavo 380kV – Tratta sub-lacuale

Il cavo nella tratta sub-lacuale, dovrà essere conforme agli stessi requisiti dettagliati nei paragrafi precedenti, con le seguenti variazioni. Sopra i nastri igroespandenti verrà estrusa una guaina in piombo ricoperta con una imbottitura in filato di propilene. Al di sopra di questo strato verrà apposta una armatura a fili di rame, ricoperta con una fasciatura esterna in filato di propilene. L'armatura a fili di rame dovrà essere dimensionata per sostenere il peso del cavo durante la posa in combinazione con il conduttore, in funzione della lunghezza di cavo sospesa dalla superficie dell'acqua fino al fondale. Alla fine della posa il cavo verrà ancorato agli approdi, avendo cura che le sollecitazioni meccaniche siano tutte a carico dell'armatura e non degli strati sottostanti.



Cavo 380kV per tratta sublacuale - Disegno di massima

9.2.2 PROGETTO DEL COLLEGAMENTO DELLE GUAINE

9.2.2.1 Generalità

Tutti gli strati metallici esterni dei cavi dovranno essere opportunamente collegati al fine di:

- Garantire un percorso elettrico a bassa impedenza per le correnti di guasto a terra
- Limitare le correnti di ricircolo indotte nei cavi, che costituiscono un limite termico per le portate dei cavi

A tal fine, le guaine metalliche dei cavi per ciascuna tratta verranno collegate come segue:



No	TRATTA	COLLEGAMENTO DELLE GUAINA
1	Stazione Elettrica Nurri - Giunto di transizione terra/acqua (lato Ovest lago Flumendosa)	Trasposte (sistema di tipo Cross Bonding) 27 Pezzature 9 Tratte maggiori di Cross Bonding
2	Attraversamento Lago Flumendosa	A terra ad entrambe le estremità (sistema di tipo Solid Bonding) 1 Pezzatura
3	Giunto di transizione terra/acqua (lato Est lago Flumendosa) - Terminali Trasformatore Stazione Utente "SU Taccu Sa Pruna"	Trasposte (sistema di tipo Cross Bonding) 3 pezzature 1 Tratta maggiore di Cross Bonding

Sistema con guaine trasposte (Cross Bonding)

Le guaine metalliche dei cavi in questa saranno collegate con trasposizione per formare un sistema di tipo Cross Bonding. Le guaine metalliche verranno elettricamente trasposte ad ogni buca giunti, in modo che la risultante delle somme vettoriali delle tensioni indotte sia vicina allo zero, e quindi limitare le correnti di ricircolo.

Ogni tre pezzature, le guaine verranno collegate solidamente a terra. L'insieme delle tre pezzature che realizza un sistema completo di Cross Bonding, viene indicato come "tratta maggiore di Cross Bonding".

I giunti sono realizzati in modo da isolare elettricamente le guaine dei cavi ad essi collegati. All'interno del giunto, le guaine di ciascuna tratta di cavo saranno collegate ai due poli di un cavo coassiale, che verrà terminato all'interno di una cassetta di sezionamento, dove avverrà la trasposizione.

Al fine di proteggere il cavo da sovratensioni impulsive che possono svilupparsi lungo le guaine, all'interno delle cassette sono installati degli scaricatori di taglia adeguata per resistere alle tensioni indotte durante il corto circuito.

Ai fini di questo studio, è stato verificato che con diverse tipologie di cavo, e con la lunghezza delle pezzature previste, le tensioni indotte massime in caso di guasto sono inferiori ai 10 kV, ovvero il livello di tenuta di tensione della guaina esterna.

Sistema con guaine collegate a terra ad entrambe le estremità (Solid Bonding)

Nella tratta sub-lacuale, le guaine saranno collegate a terra ad entrambe le estremità. Questo sistema, genererà delle correnti di ricircolo all'interno delle guaine metalliche dei cavi. È stato verificato che queste correnti di ricircolo non sono tali da richiedere un aumento della sezione del conduttore.

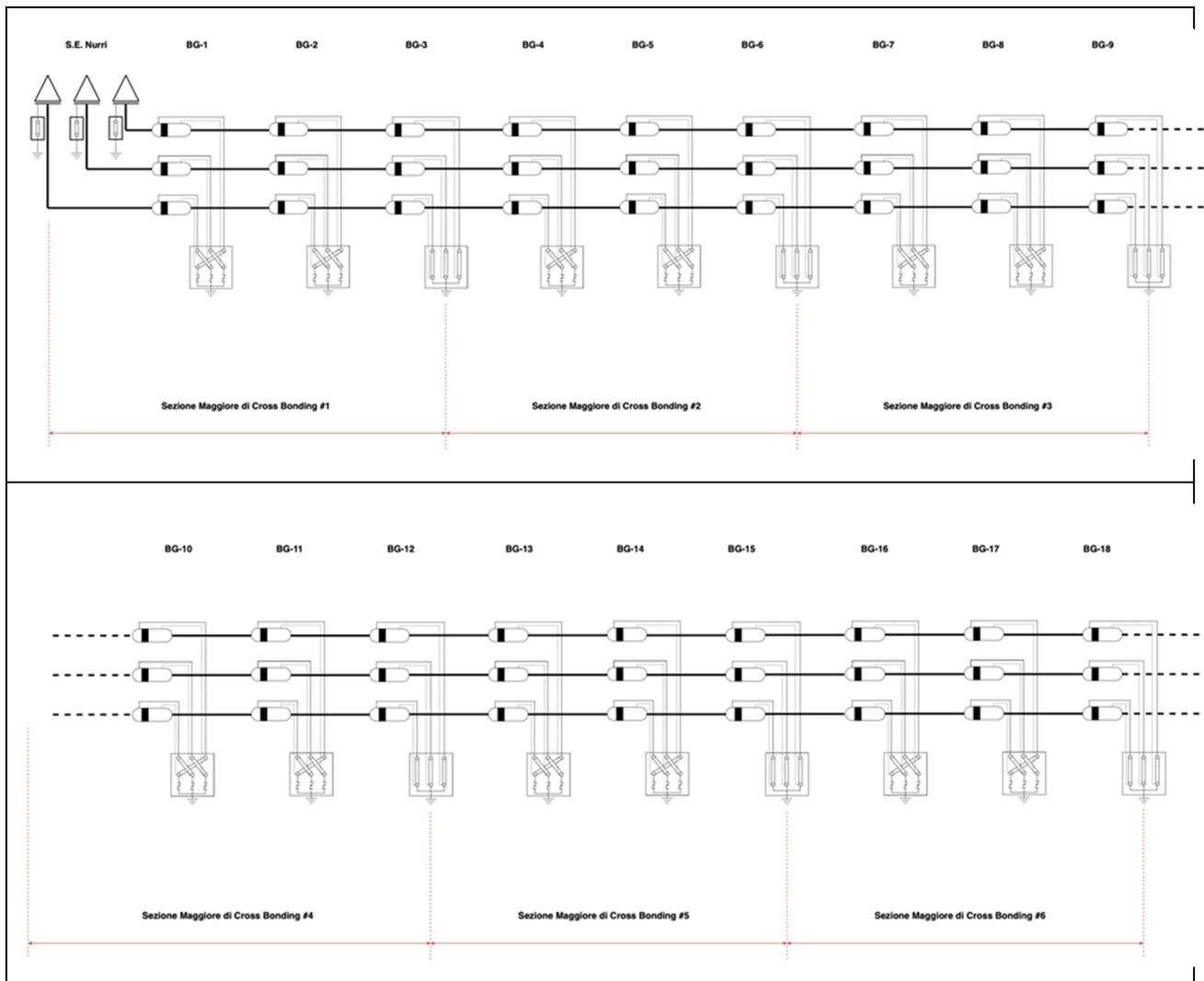


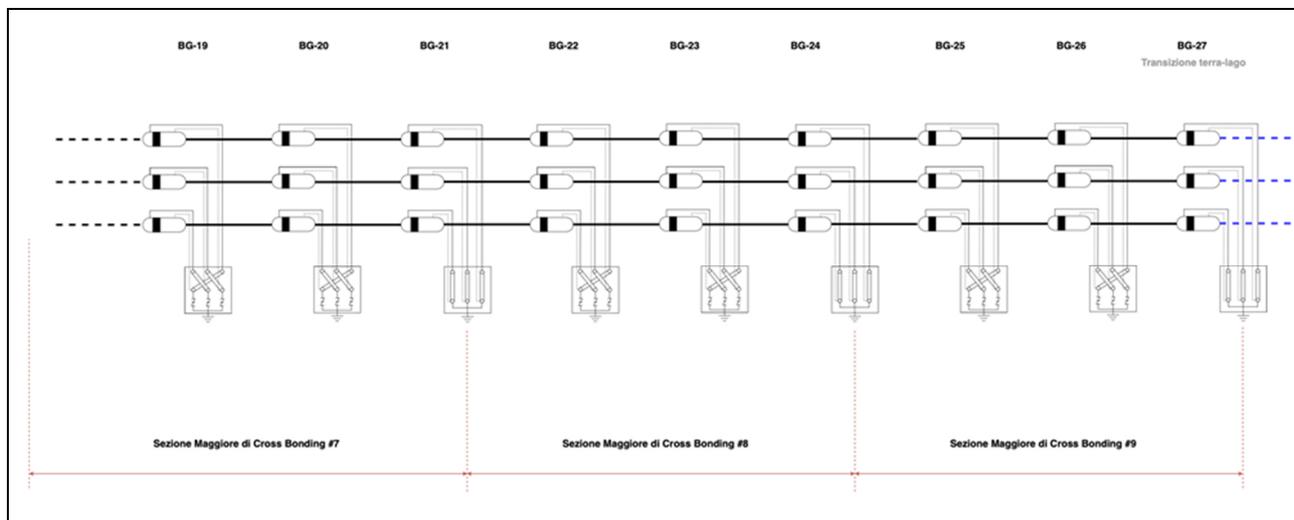
9.2.2.2 Tratta transizione terra-lago

Il sistema adottato è di tipo Cross Bonding, con 9 sezioni maggiori ed un totale di 27 pezzature. Le pezzature all'interno di ciascuna sezione maggiore di Cross Bonding avranno lunghezze simili, per limitare lo sbilanciamento del sistema e generare correnti di ricircolo.

Il circuito verrà terminato con terminali per esterno in corrispondenza della nuova "SE Nurri 2". In questa posizione le guaine verranno collegate a terra direttamente, per mezzo di cassette unipolari di sezionamento.

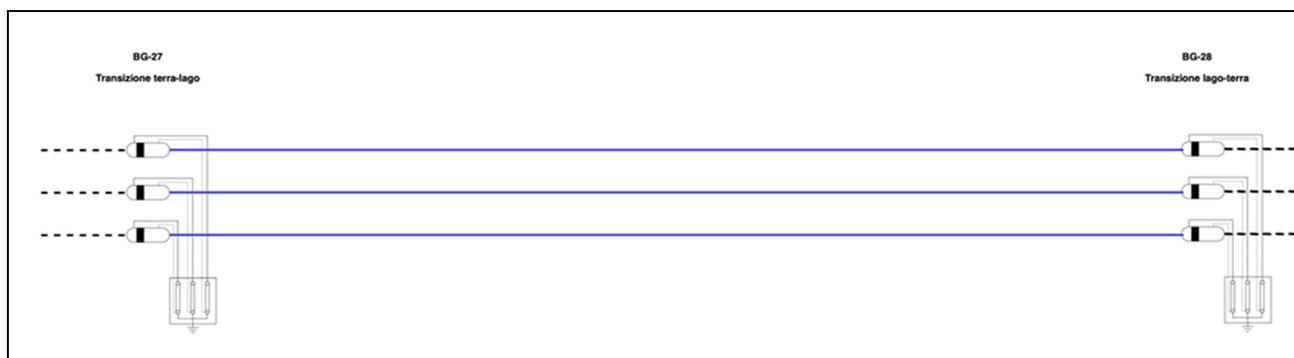
All'altro capo della tratta, il circuito verrà connesso alla tratta sub-lacuale per mezzo di giunti di transizione terra-acqua. In questa posizione le guaine dei cavi che si attestano ai giunti verranno collegate direttamente a terra per mezzo di cassette tripolari di sezionamento.





Sistema di connessione delle guaine – Tratta 1: SE Nurri – Giunto di transizione terra-lago

Nella tratta sub-lacuale, le guaine metalliche verranno collegate direttamente a terra in corrispondenza dei giunti di transizione acqua-terra, per mezzo di cassette tripolari di sezionamento.



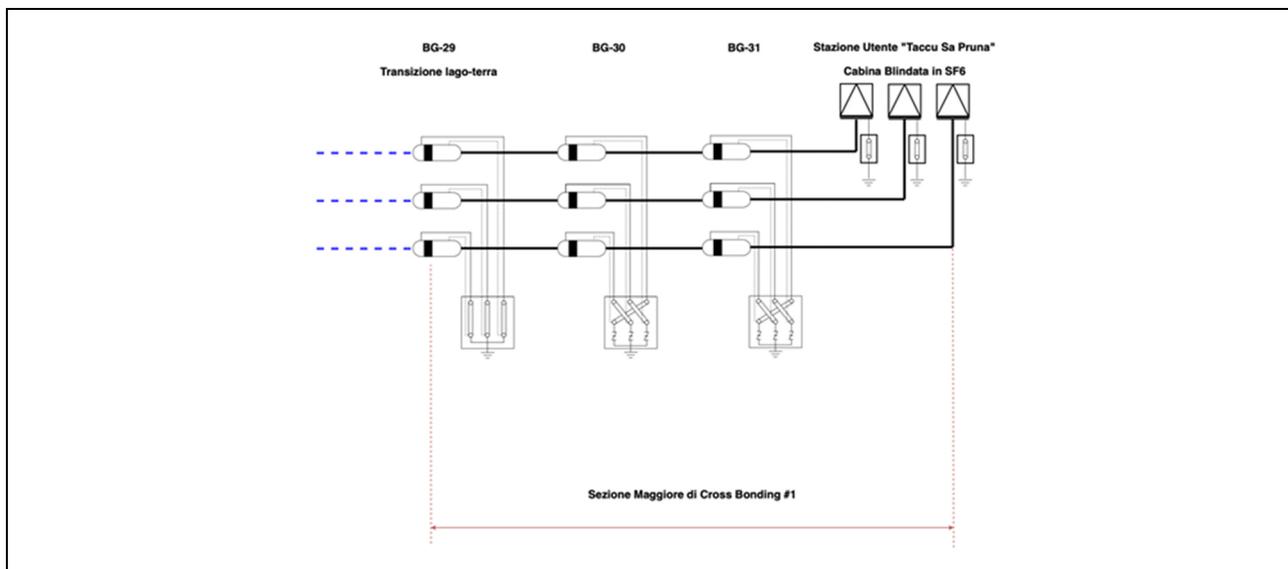
Sistema di connessione delle guaine – Tratta 2: attraversamento lago Flumendosa

9.2.2.3 Tratta transizione acqua-terra – SU “Taccu Sa Pruna”

Le guaine verranno collegate in modo da formare un sistema di tipo Cross Bonding con una sezione maggiore.

Le guaine saranno collegate direttamente a terra in corrispondenza dei giunti di transizione acqua-terra, per mezzo di cassette tripolari di sezionamento.

All'altro capo del circuito, i cavi verranno terminati per mezzo di terminali per entrata in cabina blindata con isolamento in SF6. Le guaine in questa posizione verranno collegate direttamente a terra per mezzo di cassette unipolari di sezionamento.



Sistema di connessione delle guaine – Tratta 3: Giunto di transizione terra/acqua (lato Est lago Flumendosa) - Terminali Trasformatore Stazione Utente "SU Taccu Sa Pruna"

9.2.3 PROGETTO DEGLI ACCESSORI AT

Gli accessori dovranno essere compatibili con i cavi proposti. I fornitori dovranno dimostrare di avere eseguito le prove di tipo e di prequalifica sul sistema cavo/accessori on accordo alla norma internazionale IEC 62067.

9.2.3.1 Terminali cavo/aria

I terminali cavo/aria saranno costituiti da un cono deflettore del campo elettrico, e da un isolatore in materiale composito. L'isolatore esterno sarà opportunamente sagomato al fine di raggiungere la linea di fuga adeguata per la classe di tensione specificata.

9.2.3.2 Terminali per entrata in cabina blindata

I terminali per entrata in cabina blindata con isolamento in SF6 saranno costituiti da un cono deflettore del campo elettrico e da un isolatore in resina per l'entrata nel vano terminale della cabina blindata con isolamento in SF6..

9.2.3.3 Giunti sezionati per posa direttamente interrata

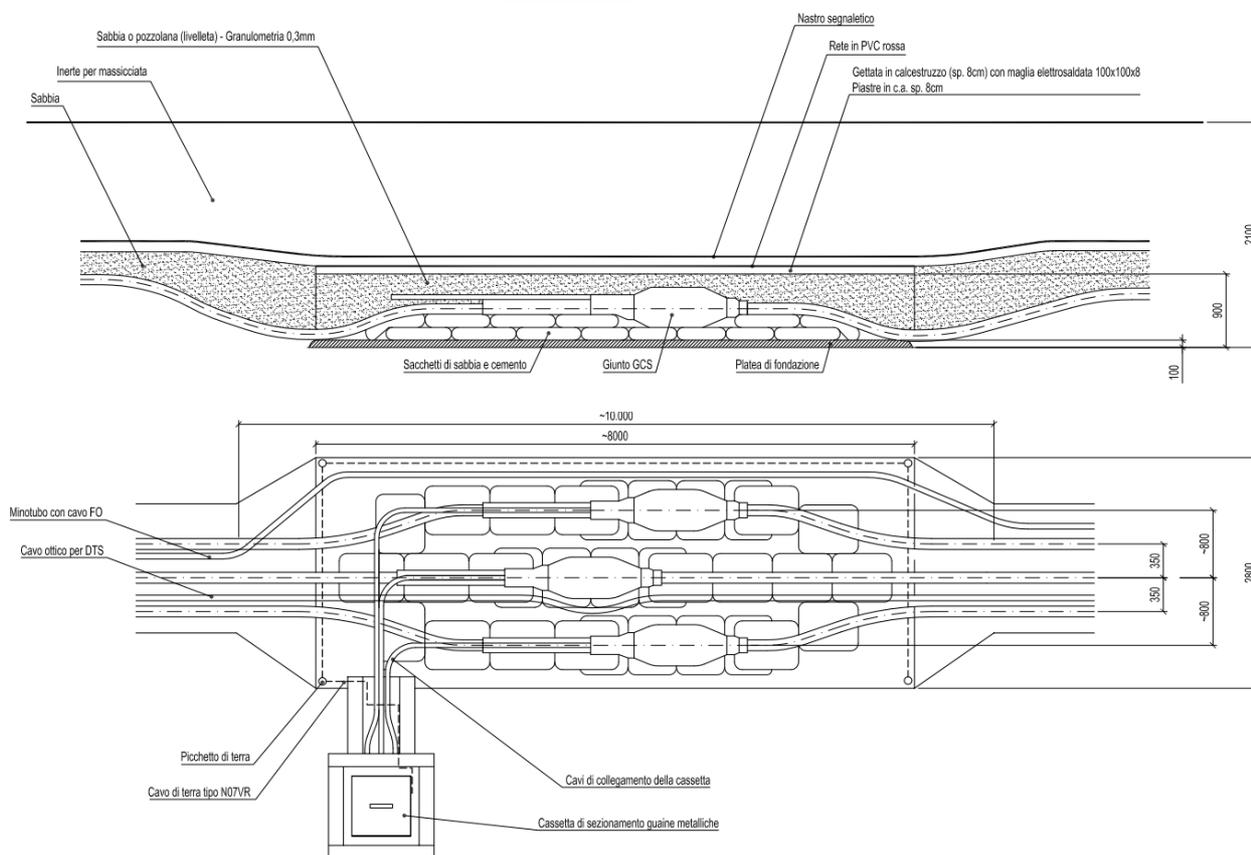
Per la posa direttamente interrata nella parte terrestre, i giunti saranno di tipo sezionato, ovvero dovranno realizzare il sezionamento elettrico delle guaine dei cavi che si attesteranno al giunto stesso.

Il giunto sarà costituito da un manicotto isolante prestampato e monoblocco, con inserti semiconduttivi per contenere i gradienti elettrici entro i limiti di tenuta del materiale.

Per la posa direttamente interrata si consiglia di equipaggiare il giunto con un involucro adatto ad impedire la penetrazione d'acqua.



Camera giunti



Esempio tipico buca giunti terrestre

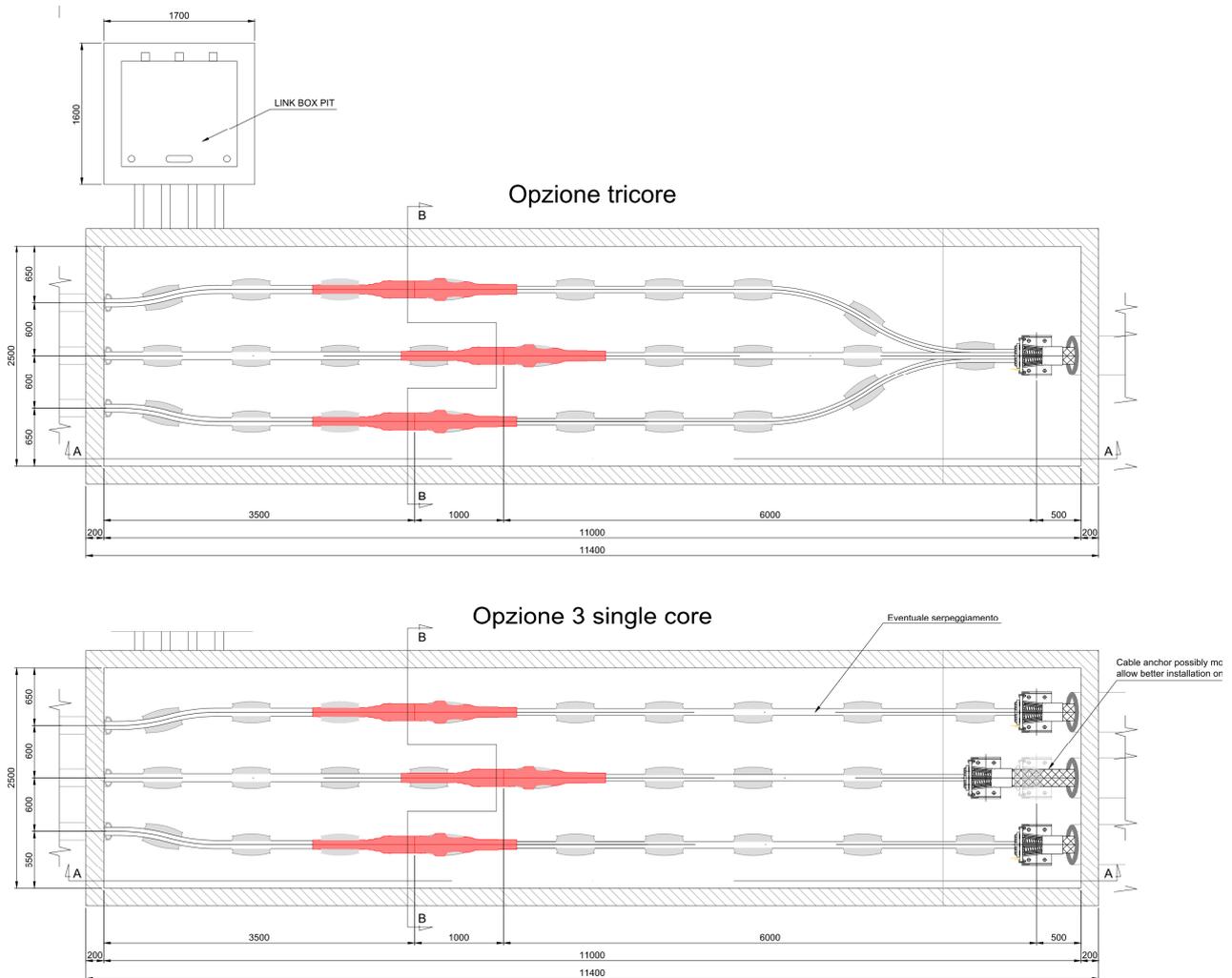
9.2.3.4 Giunti sezionati per posa direttamente in aria

Nella posa in galleria il giunto dovrà assolvere alle stesse funzioni elettriche della posa direttamente interrata. In fase di progettazione esecutiva, il fornitore dovrà dimostrare che il giunto non rappresenti un punto caldo per il sistema. In tal caso, il giunto dovrà avere un involucro esterno che consenta la dissipazione del calore, e quindi che non costituisca un punto di rischio per il sistema.

9.2.3.5 Giunti di transizione terra/acqua

Nella tratta sub-lacuale, i cavi delle due tratte terrestri dovranno essere giuntati al cavo sub-lacuale. I giunti dovranno permettere la giunzione di cavi con differenze degli spessori e dei diametri di ciascun strato. La progettazione dei cavi e degli accessori dovrà essere fatta in stretto coordinamento, al fine di evitare differenze troppo marcate, in particolare sul diametro sopra l'isolante.

Il giunto di transizione dovrà essere di tipo sezionato, in modo che le guaine metalliche siano elettricamente isolate.



Esempio tipico buca giunti terra/acqua

9.2.4 PROGETTO DELL'INSTALLAZIONE

Per definire le modalità di installazione, ovvero le sezioni di posa e le metodologie di tiro, si è tenuto conto di diversi aspetti:

Aspetti termici	Influenza della posa sulla portata di corrente.
Aspetti elettrici	Tensioni indotte massime sulle guaine.
Aspetti meccanici	Rispetto dei tiri massimi sul cavo.
Aspetti logistici	Accesso all'area di cantiere.



Considerando tutti questi aspetti sono state definite delle modalità di posa riassunte nel seguito.

Posa direttamente interrata	Cavi interrati in trincea o in TOC. Cavi in piano – S = 350 mm Profondità minima al fondo dei cavi – H = 1.500 mm
Posa sub-lacuale	Cavi appoggiati al fondo del lago Distanza interassiale – S = 50 m
Posa in galleria	Cavi in cunicolo dedicato. Cavi in piano – S = 350 mm

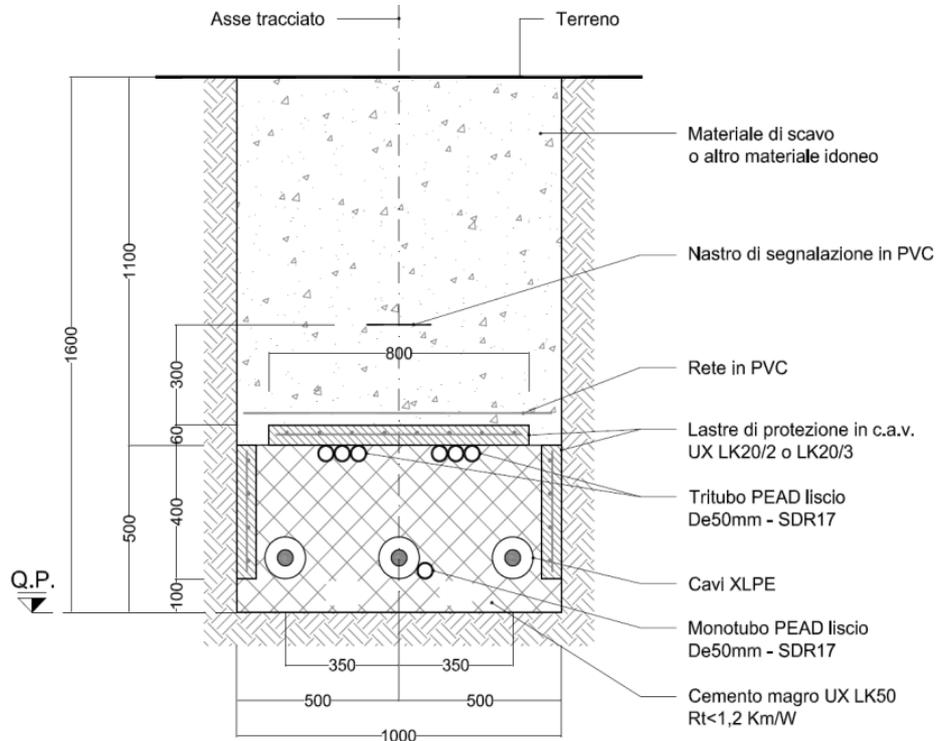
9.2.4.1 Posa direttamente interrata

È stata prevista una posa in trincea con i cavi disposti in piano, con distanza interassiale di 350 mm e profondità di posa al piano di appoggio dei cavi di 1,5 m. Questa tipologia di posa dovrà essere mantenuta lungo tutto il percorso dei cavi ad accetto delle TOC previste, della posa in cunicolo e dell'attraversamento del ponte "Niu Crobu" a Nurri.

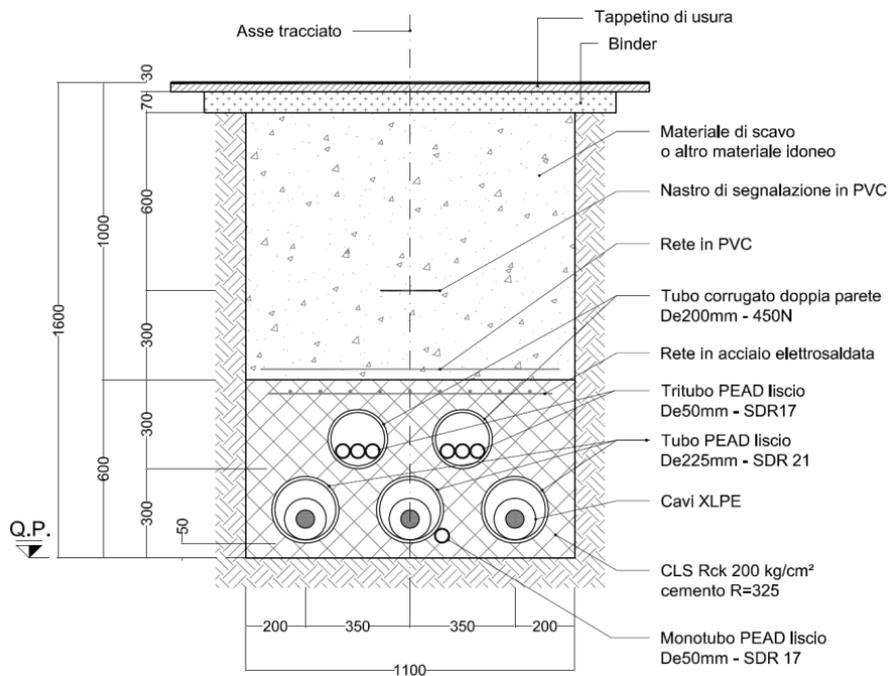
La lunghezza delle pezzature, e le relative posizioni delle buche giunti sono state determinate al fine di rendere possibile la posa entro i limiti del tiro massimo sul conduttore e di avere accesso alla zona di cantiere con bobine di dimensioni e peso contenute.

Lo sforzo di tiro verrà applicato direttamente sul conduttore. In fase di progettazione esecutiva potrà essere valutata la necessità di sussidi al tiro, come l'impiego di rulli motorizzati e caterpillar, nel rispetto dei limiti di pressione radiale massima per il cavo.

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità stimata mediamente in 1,6 m con disposizione delle fasi in piano. I cavi verranno alloggiati in un bauletto di cemento "mortar" di resistività termica controllata. I conduttori verranno posati in tubiere. Negli stessi scavi, al di sopra dei conduttori e a distanza di almeno 0,3 m dai cavi di energia, saranno posati cavi con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati. I cavi saranno segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico, mentre all'interno del bauletto è prevista una rete metallica. La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto secondo le eventuali prescrizioni dell'ente proprietario della strada.



Posa in terreno agricolo – cavo 245 kV e 420 kV in piano



NOTA: le tubazioni rappresentate in figura sono utilizzabili per cavi con diametro esterno fino a 135 mm. Per cavi AT con diametro superiore si dovranno impiegare tubazioni PEAD con diametro esterno 250 mm (idonea a contenere cavi con diametro esterno fino a 150 mm).

Posa in tubiera su strade urbane ed extraurbane – cavo 245 kV e 420 kV in piano



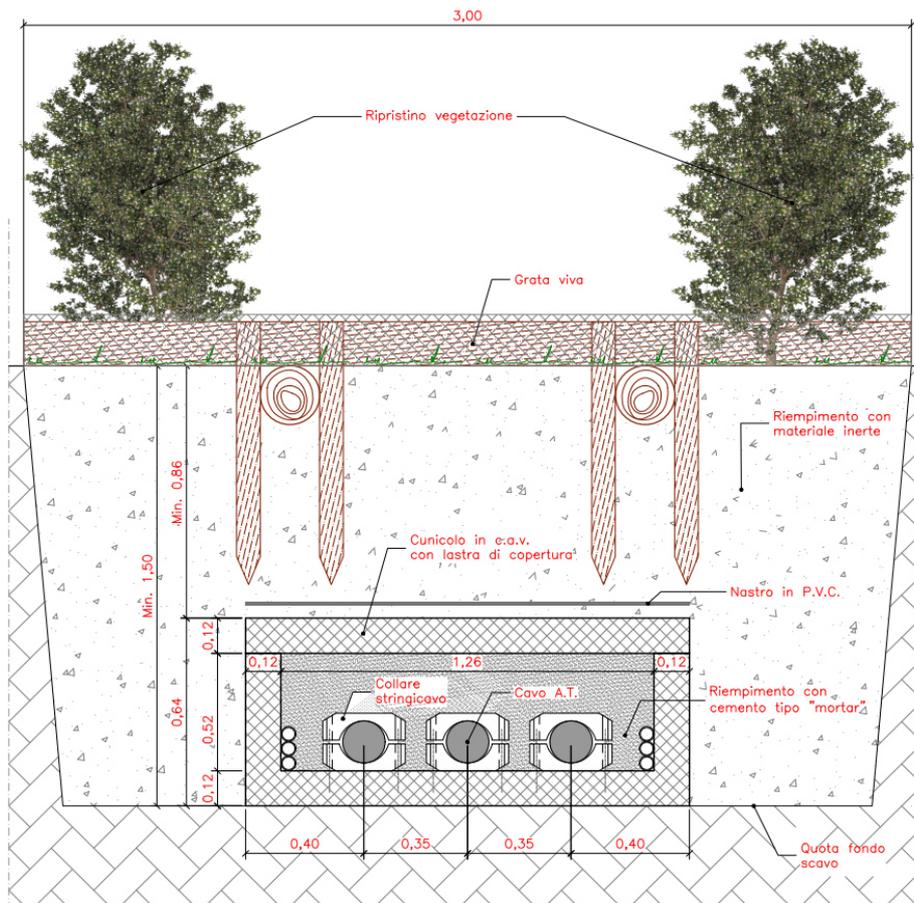
Esempio di posa in trincea



Esempio di bauletto di protezione

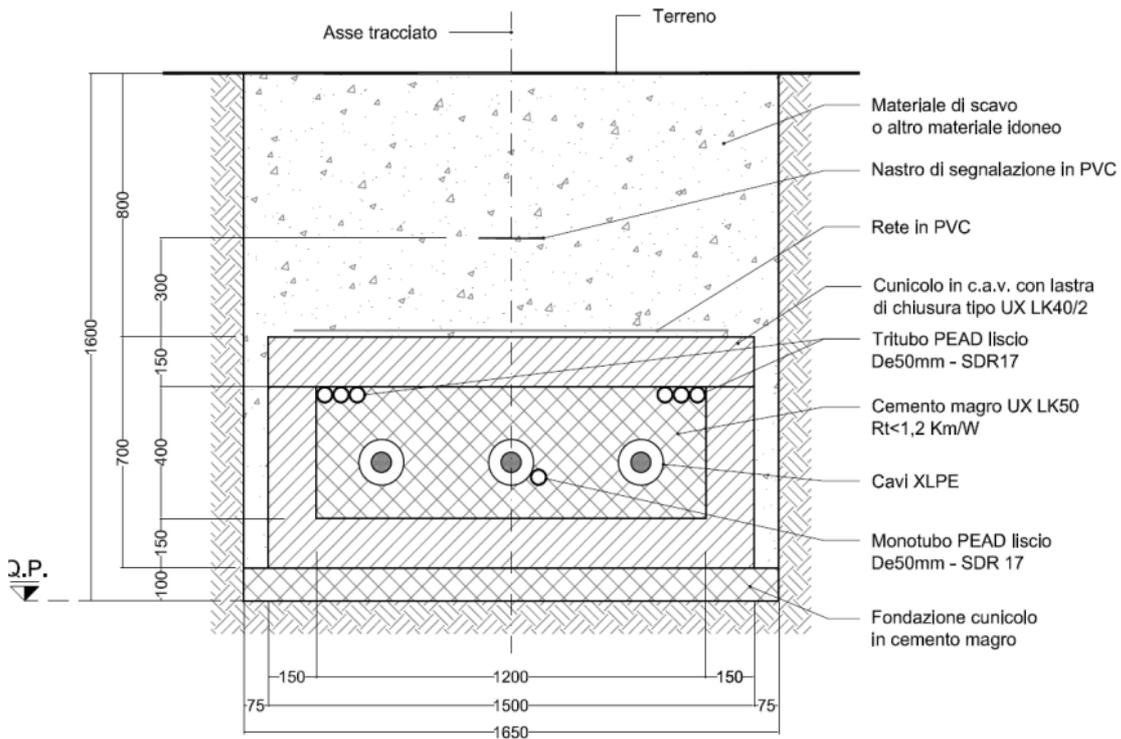
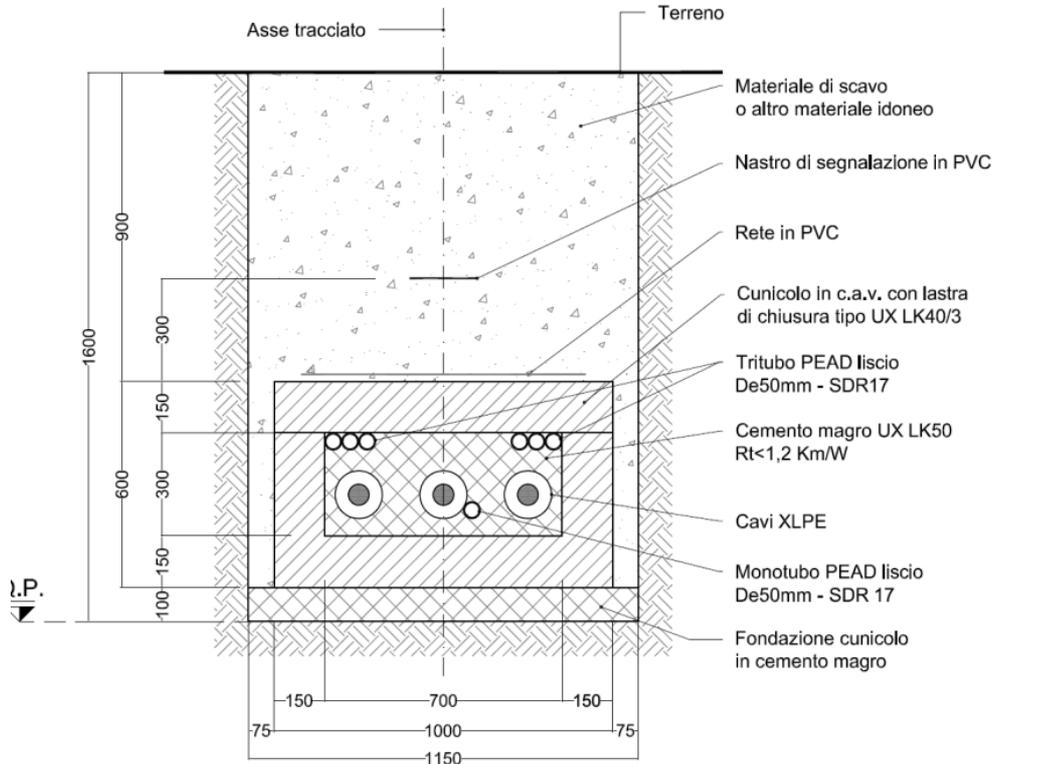


Per il tratto sul pendio nei pressi del lago, è presente una situazione di posa particolare. I cavi verranno posati e staffati con apposito collare unipolare all'interno di cunicoli prefabbricati, assieme ai tritubi per le fibre e i segnali; a completamento, il cunicolo verrà intasato all'interno con cemento tipo "mortar". A conclusione della posa, verrà ripristinato il terreno esistente mediante la realizzazione di una grata viva, intervallata da gabbioni in legno ancorati con micropali, per creare una sorta di terrazzamento naturale. A conclusione, verrà ripristinata la vegetazione con specie arbustive locali.



Posa in cunicolo staffato – sezione trasversale

Per maggiori dettagli, si rimanda alla tavola "Particolari posa in cunicolo" (cod. G929_DEF_T_006_Ut_cunicolo_1-1_REV01), e allo specifico paragrafo della presente relazione.



Posa in cunicolo in c.a. – cavo 245 kV e 420 kV in piano

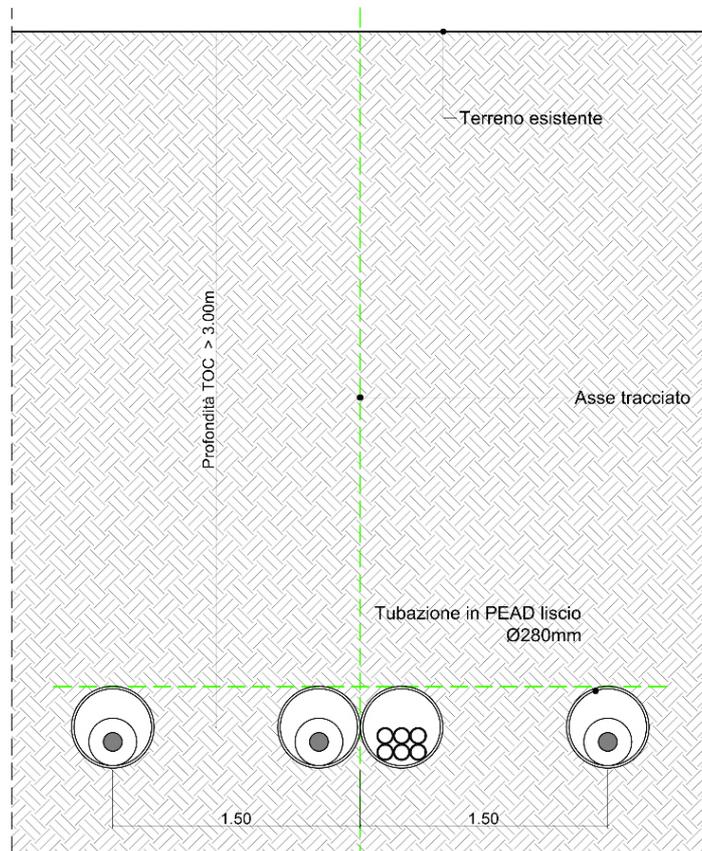


9.2.4.2 Posa in TOC

Nel caso in cui non sia possibile eseguire gli scavi per l'interramento del cavo, in prossimità di particolari attraversamenti di opere esistenti lungo il tracciato (strade, manufatti, corsi d'acqua, ecc.) potrà essere utilizzato il sistema di attraversamento teleguidato mediante Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC) come rappresentato schematicamente nei disegni sottostanti. La posa in TOC viene effettuata mediante perforazioni pilota e successivamente, mediante l'utilizzo di allargatori, in una o più passate di alesature, si traina la tubazione all'interno dei percorsi in precedenza creati. Infine viene posato e tirato il cavo nelle tubiere.



Posa in TOC su terreno



Tipologico TOC



Sono quindi previste quattro TOC lungo il tracciato del cavo interrato. Due, sono in corrispondenza delle sponde del lago, come meglio descritto sotto, mentre due lungo il percorso del cavo terrestre necessarie per l'attraversamento di varie interferenze. La sezione di posa è con i cavi disposti in piano, con i lanci delle trivellazioni separati aventi interasse pari a 1,50 m. Negli stessi lanci, all'interno del foro centrale, saranno posati cavi con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati.

9.2.4.3 Posa sub-lacuale

La transizione tra il tipo cavo "terrestre" e quello "marino" avverrà all'interno delle buche giunti previste in corrispondenza delle due sponde del lago parallelamente alla linea di costa ed a una quota superiore rispetto a quella di massimo invaso del lago. Ogni buca giunti avrà una dimensione di circa 2,5 m x 11,5 m x 2 m (in fase di progetto esecutivo si procederà al suo corretto dimensionamento). All'uscita delle buche giunti si prevede, dopo un breve tratto in trinca, lo scavo in TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata) di un foro che servirà per alloggiare la prima parte del cavo sub lacuale fino al raggiungimento della quota minima di invaso del lago. Da qui il cavo sarà posato "liberamente" in acqua e appoggiato sul fondale. Per il tramite di una serie di "materassi" costituiti da blocchi di cemento prefabbricato uniti tra loro e messi sopra i cavi, si assicurerà il mantenimento del cavo sul fondo del lago in quanto essi verranno utilizzati come protezione e zavorra.

Di seguito si riporta un'immagine che identifica in sezione l'effettuazione della TOC e una fotografia dei "materassi" utilizzati per l'ancoraggio. Per ulteriori dettagli progettuali si rimanda alle tavole "Particolari posa in cunicolo" (cod. G929_DEF_T_006_Ut_cunicolo_1-1_REV01) e "Tipologici e dettagli connessione in cavo" (cod. G929_DEF_T_016_Ut_tip_dett_cavo_8-8_REV01).

I cavi verranno adagiati sul fondo del lago, disposti in piano, con interasse variabile fino a circa 50 m. Questa distanza garantisce che la posa possa essere effettuata in sicurezza, secondo le modalità esposte nel seguito. Lungo il percorso dei cavi, verranno anche installati i cavi ottici per telecomunicazioni e per il monitoraggio del sistema, posati separatamente e poi fasciati ai cavi energia.

I tre cavi unipolari di potenza verranno installati separatamente e posati lungo tracciati paralleli ad una distanza fino a 50 m e il più possibile ortogonali alle curve batimetriche del fondale.

Non si prevede una protezione completa dei cavi tramite interrimento ma una semplice protezione in basso fondale e in prossimità dell'attraversamento delle rive. La protezione consisterà di un minimo interrimento, conchigliatura e materassi in bitume/cemento.

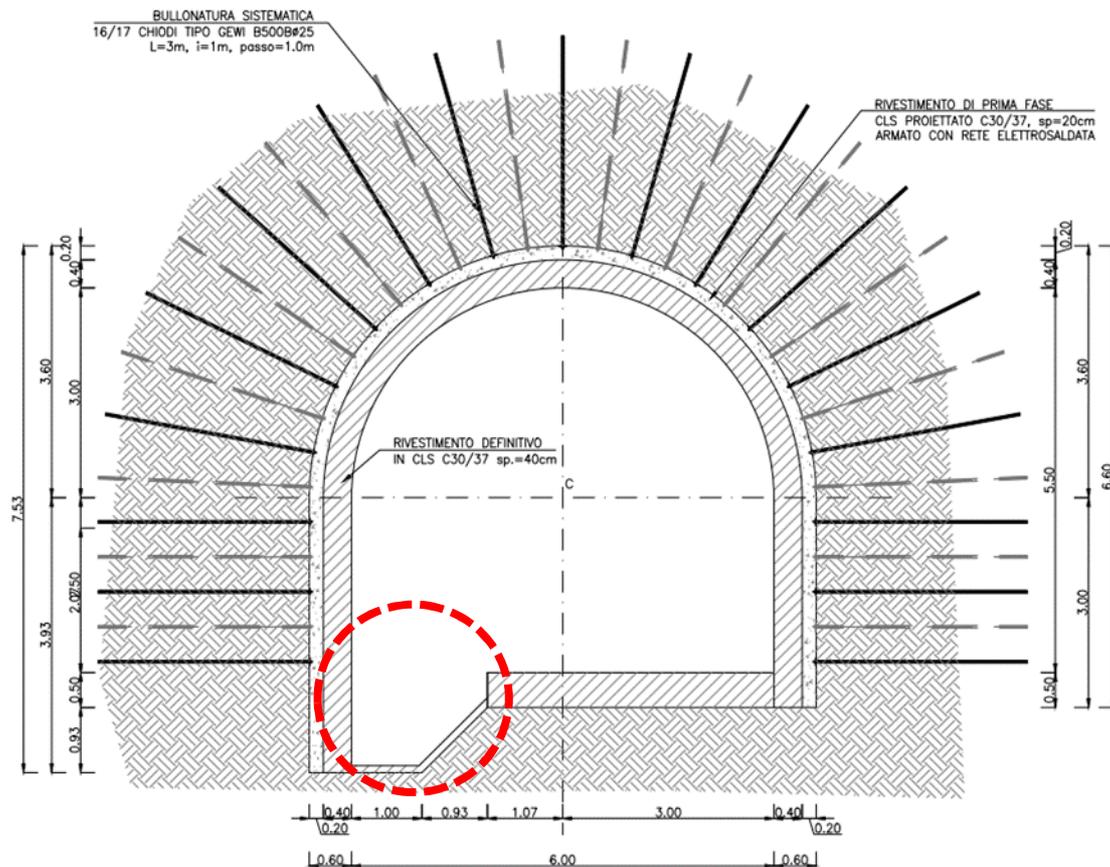


Tipologico di materassino per la protezione del cavo subacqueo



9.2.4.4 *Posa in galleria*

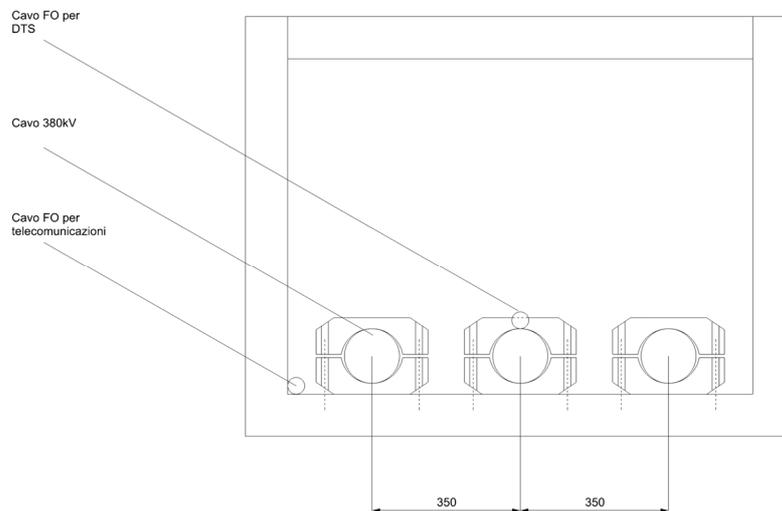
Infine, come accennato nei paragrafi precedenti, è prevista la posa del cavo all'interno della galleria cavi e ventilazione della centrale in caverna. All'interno del tunnel, (opere non comprese nel presente progetto), è stato ricavato un cunicolo, all'interno del quale verranno posati e staffati i cavi AT. Il cunicolo sarà poi coperto da un grigliato carrabile.



Sezione tipologica galleria cavi e ventilazione della centrale in caverna con indicato il cunicolo per i cavi AT

I cavi verranno posati all'interno di un cunicolo dedicato, e coperto con una griglia metallica che consentirà lo scambio di aria con l'ambiente esterno.

I cavi verranno fissati al fondo del cunicolo, disposti in piano con distanza interassiale di 350 mm. I cavi verranno ancorati solidamente al fondo del cunicolo per mezzo di staffe unipolari posizionate ogni 1,5 m.



Sezione tipica di posa per cavi in galleria all'interno di cunicolo

I giunti verranno installati in sequenza, ed in linea, al fine di mantenere ridotte le dimensioni del cunicolo e di garantire spazio sufficiente per le operazioni di montaggio.

Altre soluzioni particolari, quali l'alloggiamento dei cavi in manufatti speciali o in tubazioni protettive, potranno essere adottate per attraversamenti specifici o in situazioni particolari.

9.2.5 DIMENSIONAMENTO ELETTRICO E TERMICO

9.2.5.1 Portate di corrente

Le portate di corrente sono state verificate per ogni condizione di posa. Il conduttore risulta idonea a trasmettere la potenza apparente di 460 MVA richiesta per l'impianto.

9.2.5.2 Tensioni indotte

Durante l'esercizio della linea in cavo, verranno indotte sulle guaine metalliche delle tensioni indotte per effetto delle correnti di fase e delle correnti di corto circuito di sistema. Queste tensioni indotte saranno funzione del sistema di collegamento delle guaine, della lunghezza delle pezzature, delle correnti e della geometria della condizione di posa.

Al fine di proteggere cavi e accessori da queste tensioni indotte, è necessario eseguire una verifica del loro valore massimo, che dovrà essere inferiore ai livelli di tenuta in tensione della guaina plastica esterna del cavo, degli anelli di sezionamento di terminali e giunti, e degli scaricatori presenti all'interno delle cassette di sezionamento.

Le tensioni indotte sono state verificate per ogni tratta di posa. In condizioni di guasto, le tensioni indotte massime risultano essere inferiori a 10 kV. Gli scaricatori all'interno delle cassette di sezionamento dovranno essere quindi dimensionati per questa taglia di tensione.

9.2.5.3 Sovratensioni

Nel caso di sovratensioni impulsive di origine atmosferica, le onde di tensione si propagheranno all'interno del cavo dando luogo ad onde riflesse. Nell'ipotesi che l'onda incidente proveniente dalla linea aerea abbia valore di cresta massimo pari al valore di tenuta all'impulso, la linea in cavo può considerarsi autoprotetta: la sommatoria delle onde riflesse non supera il valore di tenuta all'impulso.



Si suggerisce in ogni caso l'installazione di scaricatori di linea in corrispondenza della transizione aereo/cavo, dato che il valore economico di questi componenti è trascurabile rispetto al valore totale dell'impianto, e rende minimo il rischio di danneggiamento del sistema in cavo.

9.2.6 SISTEMI DI MONITORAGGIO

Data la criticità del collegamento, le tratte in cavo dovranno essere equipaggiate con i seguenti sistemi di monitoraggio permanenti, in grado di rilevare in tempo reale, il deterioramento delle condizioni termiche e meccaniche dei cavi durante il funzionamento. I sistemi proposti consistono in un cavo a fibra ottica posato a contatto con i cavi AT, che svolge funzioni di sensore per la temperatura e per il suono. Questi sistemi sfruttano l'analisi in frequenza della rifrazione della luce all'interno di una fibra ottica per rilevare grandezze fisiche come temperatura e suono lungo tutta la lunghezza della fibra.

9.2.6.1 Sistema di monitoraggio della temperatura

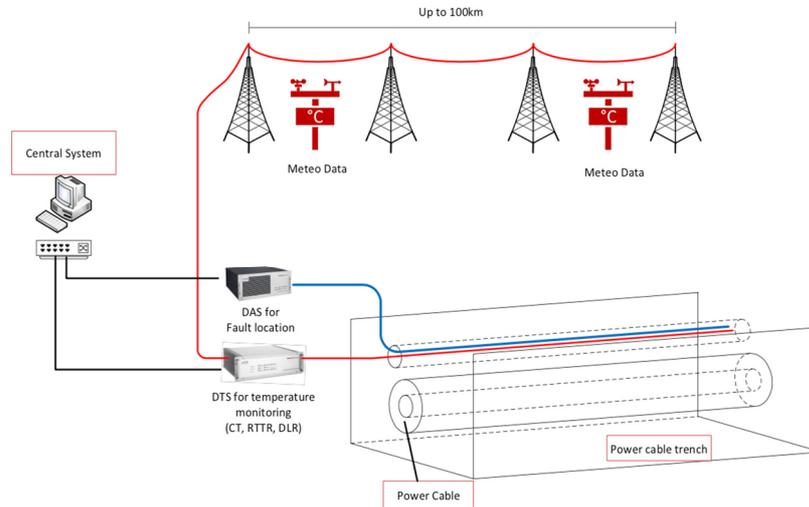
Il circuito è equipaggiato con un sistema di misura della temperatura permanente ed in tempo reale di tipo DTS (Distributed Temperature Sensing). Questo sistema usa un cavo a fibra ottica posato in prossimità dei cavi AT come sensore per la misura della temperatura lungo tutta la lunghezza del circuito.

Il sistema di basa sulle proprietà di rifrazione e riflessione della luce all'interno di una fibra ottica in funzione della temperatura. Il cavo a fibra ottica verrà terminato e collegato ad un controller, dotato di laser e opportuna strumentazione elettronica in grado di leggere il valore della temperatura, e di trasmetterlo come segnale attraverso la rete di telecomunicazioni dell'utente.

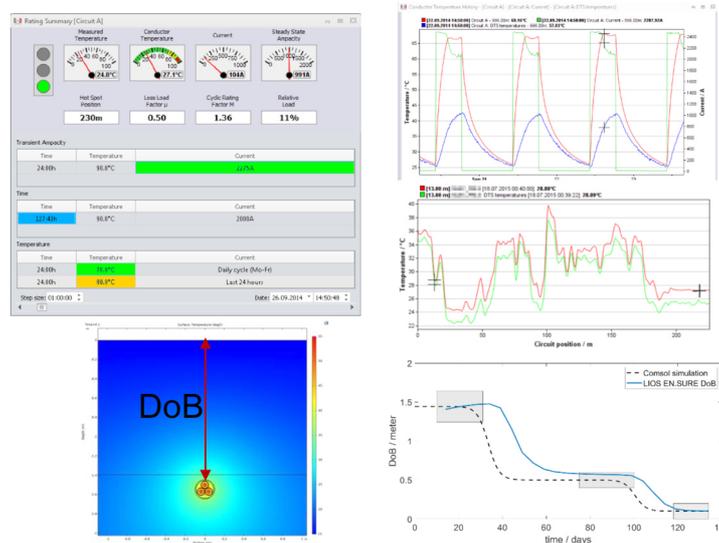
La fibra costituisce il sensore lineare continuo di temperatura e consente, tramite modellizzazione dell'ambiente circostante il cavo energia, il calcolo in tempo reale di grandezze quali tra le altre la temperatura del conduttore che può essere misurata in pochi minuti raggiungendo elevati livelli di accuratezza. In aggiunta, il sistema è anche in grado di determinare eventuali variazioni della profondità di posa, soprattutto per le parti interrate della tratta sub-lacuale.

Il cavo a fibra ottica, usato come sensore, verrà posato opportunamente al fine di misurare anche la temperatura del suolo in prossimità dei cavi. In fase di progettazione esecutiva verranno individuate le zone nell'intorno dei cavi per le quali la misura della temperatura sarà oggetto di monitoraggio, e verrà studiato il corretto posizionamento del sensore in fibra ottica per misurare sia la temperatura del cavo, che quella della zona interessata. Le zone di monitoraggio del suolo, potranno essere sia lungo la parte terrestre che quella sub-lacuale, fino ad una distanza che dipenderà dalle condizioni pratiche di installazione.

Il sistema DTS sarà poi calibrato in modo da individuare con precisione le ciascuna zona di monitoraggio, inviando i dati tramite i protocolli di comunicazione della stazione utente.



Esempio di sistema per monitoraggio della sezione in cavo tramite DTS/DAS per cavi interrati o sotto acqua

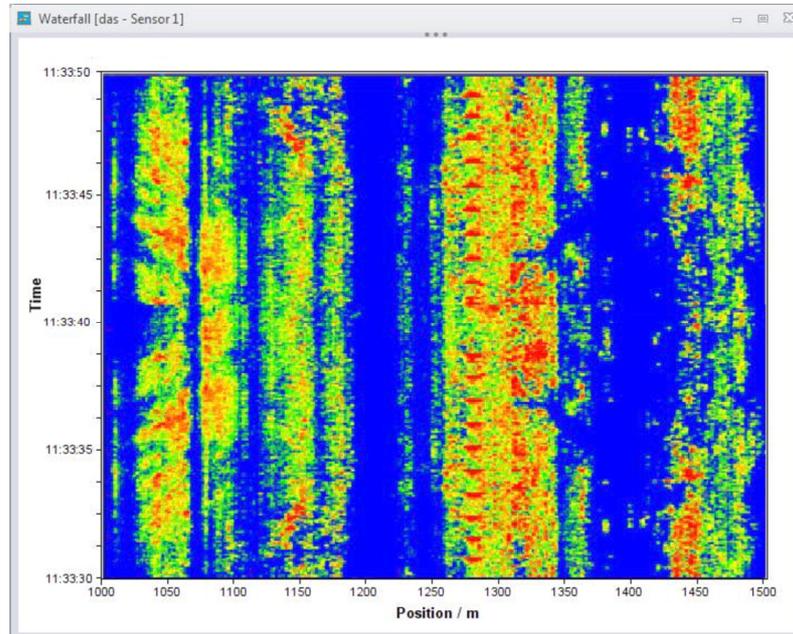


Esempio di visualizzazione dei profili della temperatura lungo il tracciato dei cavi, in funzione del tempo, e della profondità di posa (DoB)

9.2.6.2 Sistema di monitoraggio di danneggiamenti esterni

Il circuito è equipaggiato con un sistema di misura della temperatura permanente ed in tempo reale di tipo DAS (Distributed Acoustic Sensing). La rilevazione del suono in prossimità dei cavi, consente di rilevare in tempo reale possibili scavi in prossimità degli stessi nella parte terrestre, o variazioni del fondo del lago, sia naturali che esterne, che possono danneggiare o modificare l'assetto dei cavi.

La rilevazione di situazioni che possono degenerare in un danno esterno dei cavi, consente il pronto intervento per l'ispezione dell'elettrodotto al fine di garantire interventi programmati con il minimo fuori servizio della linea.

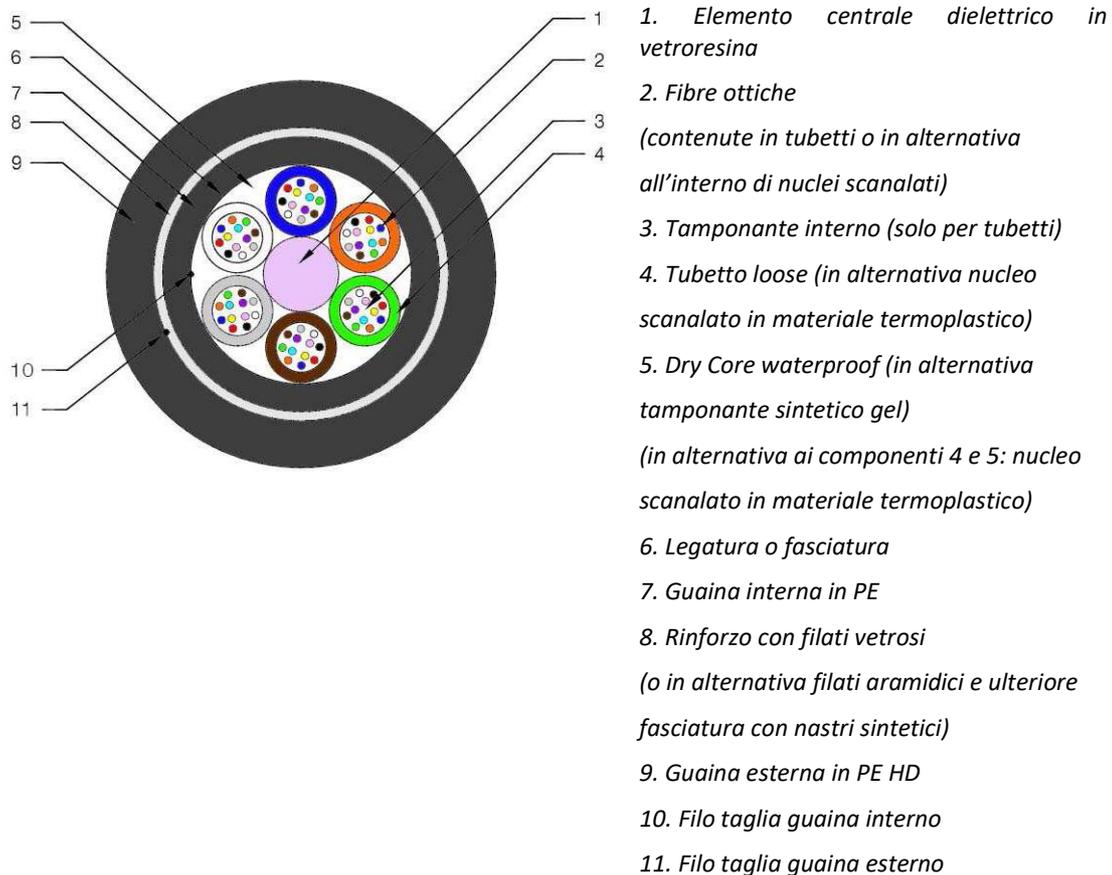


Esempio di visualizzazione delle attività sul fondale lungo il tracciato dei cavi tramite DAS

9.2.6.3 Sistemi di telecomunicazione

Per la trasmissione dati per il sistema di protezione, comando e controllo dell'impianto, sarà realizzato un sistema di telecomunicazione tra le stazioni terminali dei collegamenti.

Esso sarà costituito da un cavo con 48 fibre ottiche, illustrato nella figura seguente:



Numero fibre	12 fibre x n. 4 tubetti
Diametro esterno	13 mm
Peso cavo	0,13 kg/m

9.2.7 INSTALLAZIONE DEL SISTEMA

9.2.7.1 Installazione delle tratte terrestri

Durante la posa, i cavi verranno tirati applicando lo sforzo di tiro direttamente sul conduttore. Per agevolare la posa, i cavi verranno adagiati su rulli, che consentiranno di diminuire l'attrito, ed evitare danneggiamento meccanico dei cavi. Le sollecitazioni meccaniche dei cavi dovranno essere valutate in fase di progettazione esecutiva nel rispetto dei seguenti parametri:



Raggio minimo di curvatura		
<i>Durante la posa (condizioni dinamiche)</i>	3.500	mm
Tiro massimo applicabile sul conduttore	58	kN
Massima forza radiale	10	kN/m

9.2.7.2 Installazione della tratta sub-lacuale

Generalità

Le bobine di cavo dovranno essere caricate su pontoni galleggianti nelle zone limitrofe al tracciato di posa e rimorchiate verso il punto di approdo (sponda Est).

La posa dovrà essere preparata allestendo dei campi-boe lungo il percorso dei cavi, posizionando dei pesi sul fondo del lago a cui potersi agganciare per il tiro, in modo da avere due punti di tiro ad intervalli regolari, lungo tutto il percorso. Il cavo verrà adagiato sul fondo del lago partendo dalla sponda Est, e poi svolto tirando il pontone galleggiante su cui è fissata la bobina, fino al raggiungimento della sponda Ovest.

Fasi operative

La posa dei cavi avverrà attraverso le seguenti fasi operative:

- Trasporto ed assemblaggio pontone e attrezzature
- Realizzazione campo boe per ormeggio
- Imbarco bobine di cavo
- Posa cavi
- Smontaggio e demobilizzazione mezzi e attrezzature

Trasporto ed assemblaggio pontone e attrezzature

Il trasporto dei natanti e delle attrezzature sarà eseguito con l'impiego di camion. Le attrezzature all'arrivo saranno assemblate in loco con assistenza di una gru carrata. In particolare, il pontone galleggiante verrà assemblato in loco, con l'unione di moduli galleggianti come indicato nelle seguenti immagini.



Trasporto dei moduli galleggianti



Movimentazione dei moduli galleggianti



Assemblaggio dei moduli galleggianti

Realizzazione campo boe per ormeggio

Per poter garantire al pontone di posa di avanzare lungo una traiettoria prestabilita, sarà necessaria la realizzazione di un campo boe collegate a corpi morti posizionati sul fondo del lago. Il campo boe consentirà di ancorare il pontone galleggiante in quattro punti, in modo da permetterne il posizionamento e l'avanzamento lungo l'asse di tiro. Verranno posizionati dei corpi morti per il tonneggio e dei corpi morti per il tiro "avanzamento" del natante.

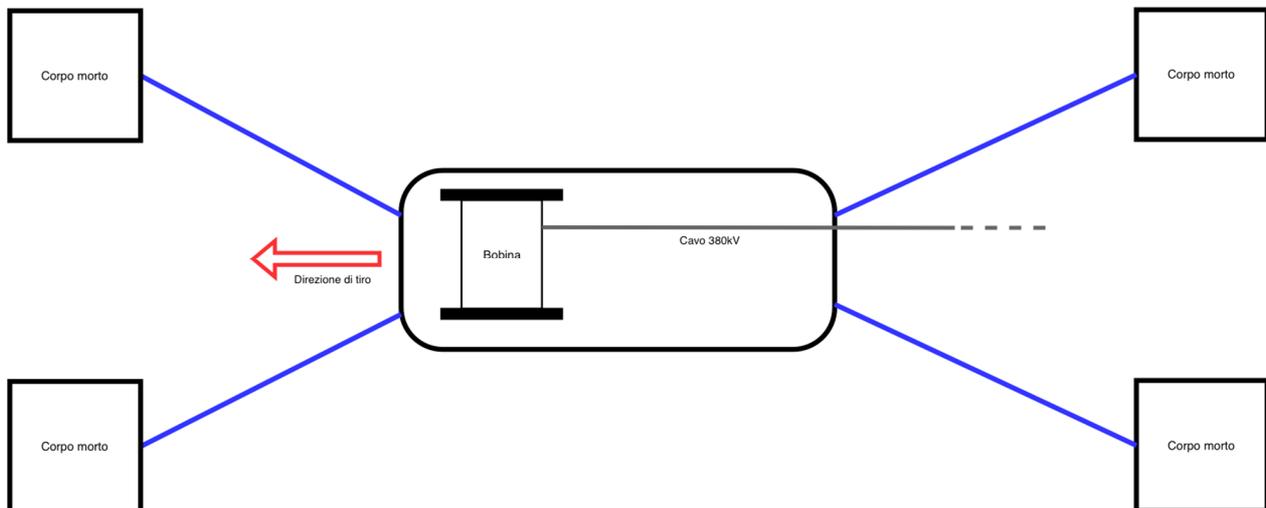
Il pontone sarà provvisto di n°4 argani con funi in polipropilene o metalliche sui 4 angoli, e avanzerà mantenendo la traiettoria richiesta ammainando e tirando contemporaneamente le due funi posizionate a poppa e le due funi di prua.

Il numero e la posizione dei corpi morti lungo la traiettoria di tiro verranno decisi in base alla linea di posa e all'avanzamento giornaliero.

Imbarco bobina di cavo

Al completamento dell'assemblaggio del pontone galleggiante e del campo boe, verrà imbarcata la bobina sul pontone, per poi essere trainato verso la zona di posa.

L'imbarco della bobina avverrà mediante l'impiego di gru a funi carrate. La bobina verrà posizionata all'interno del "porta bobine" già saldato alla coperta del pontone galleggiante. Il porta-bobine permetterà alla bobina di ruotare, rilasciando il cavo con la stessa velocità di avanzamento del pontone di posa.



Schematizzazione del posizionamento del pontone tramite campo boe

Posa cavi

Una volta completato il carico del cavo a bordo il natante di posa si dirigerà, con impiego del rimorchiatore/spintore verso il punto di partenza lungo il tracciato, attualmente ipotizzato nei pressi della zona di approdo ad Est del lago. In questa posizione, la cima del cavo verrà tirata per raggiungere il punto di partenza (approdo) in corrispondenza della buca giunti.

Una volta completato il tiro del cavo a terra, quest'ultimo sarà ancorato in modo da evitare che lo stesso scivoli verso il lago quando inizieranno le operazioni di stesa in acqua.

Terminata la messa in sicurezza del cavo a terra inizieranno le operazioni di posa.

L'argano di tiro verrà posizionato sulla coperta del natante di posa, sul lato opposto al punto di stesa del cavo (settore di posa) e verrà sistemato in posizione fissa. La fune metallica di tiro sarà assicurata sul lato opposto ad un corpo morto affondato sul fondo del lago.

La velocità di posa e l'avanzamento del convoglio avverrà mediante il recupero della fune metallica di tiro da parte del dell'argano.



Vista del cavo di tiro per avanzamento del pontone di posa



Particolare dell'argano di tiro

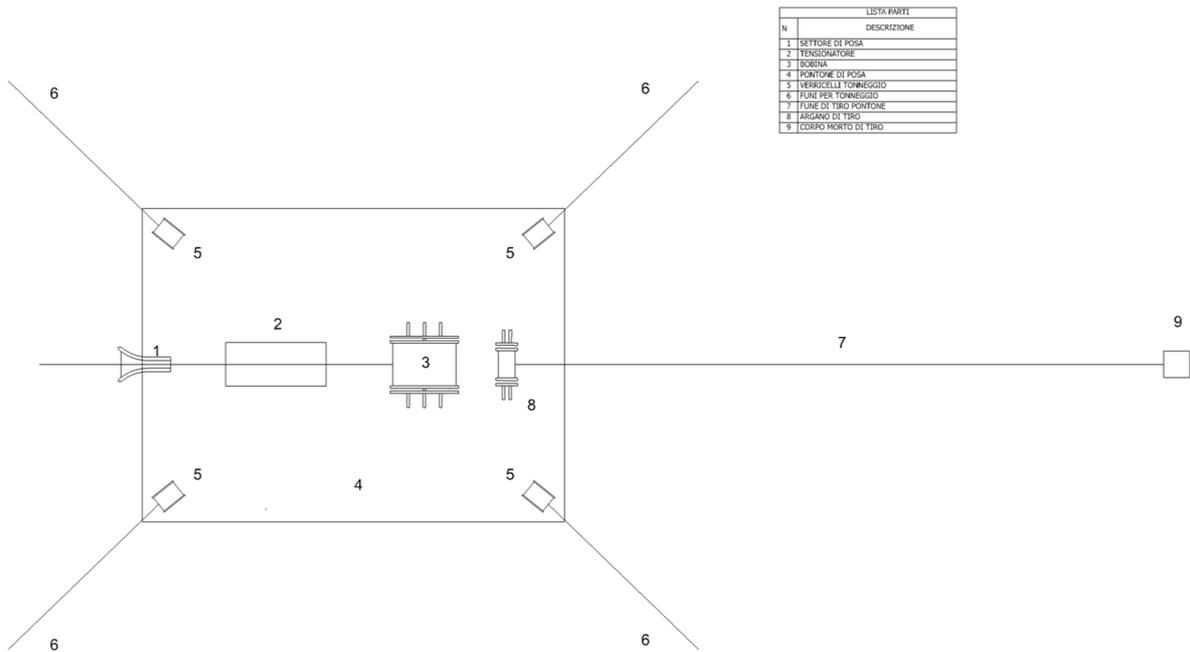
Completato il recupero dell'intera fune di tiro, si procederà con l'assicurare le funi di tonteggio ai corpi morti successivi, all'allungamento della fune di tiro e relativo fissaggio ad altro corpo morto in modo da poter procedere con l'avanzamento del natante di posa.

Per assicurare la posa in sicurezza del cavo, la linea di posa sul pontone sarà organizzata come segue:

- sulla coperta del pontone in linea con la bobina, verrà posizionato il tensionatore e il settore di posa. Quest'ultimo sarà posizionato a prua del natante e garantirà lo scivolamento del cavo evitando abrasioni o danneggiamenti dovuti allo strofinamento con la coperta del pontone.



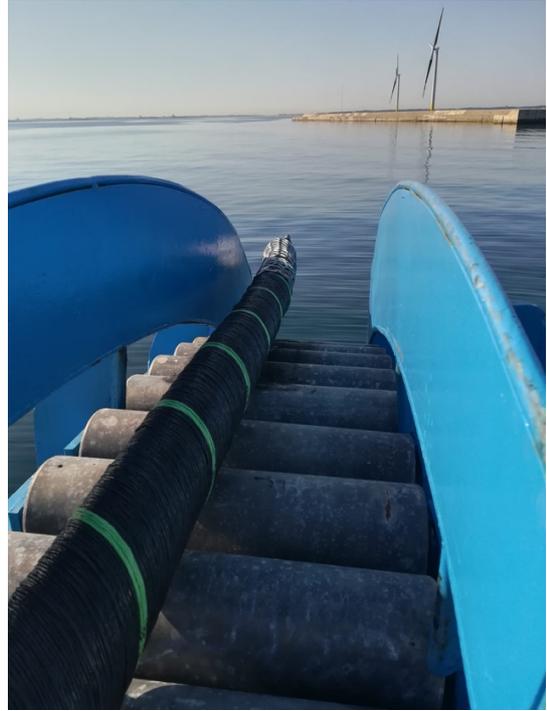
- Lungo tutto il tragitto dalla bobina al settore di posa verrà posizionata una via rulli per facilitare lo scorrimento del cavo ed evitare danneggiamenti.



Disposizione delle attrezzature di posa e tiro sul pontone



Particolare della bobina e della via rulli



Particolari del settore di posa



Particolare del tensionatore



Durante la posa, il peso del cavo sarà sostenuto dall'armatura a fili di rame in combinazione con il conduttore. Alla fine della posa, l'armatura verrà ancorata alle estremità in corrispondenza degli approdi.

In questa fase non è previsto l'interro dei cavi, o la loro copertura se non nei tratti iniziali in corrispondenza dell'attraversamento delle rive, ipotizzando l'assenza di correnti e il limitato traffico navale, rappresentato esclusivamente da barche di piccolo cabotaggio e da un battello turistico, che possa causare dei danni al cavo durante l'esercizio.

Smontaggio e demobilizzazione mezzi e attrezzature

Alla fine delle operazioni di posa, il pontone galleggiante verrà riportato alla zona di assemblaggio, per essere smontato recuperando le attrezzature di posa.

Mezzi ed attrezzature

Pontone galleggiante composto da moduli trasportabili

La dimensione del pontone dovrà essere calcolata in base ai carichi in coperta da trasportare, si prevede di impiegare un pontone con dimensione di almeno 24 x 18 x 2 m.



Esempio di pontone galleggiante

Rimorchiatore/Spintore trasportabile

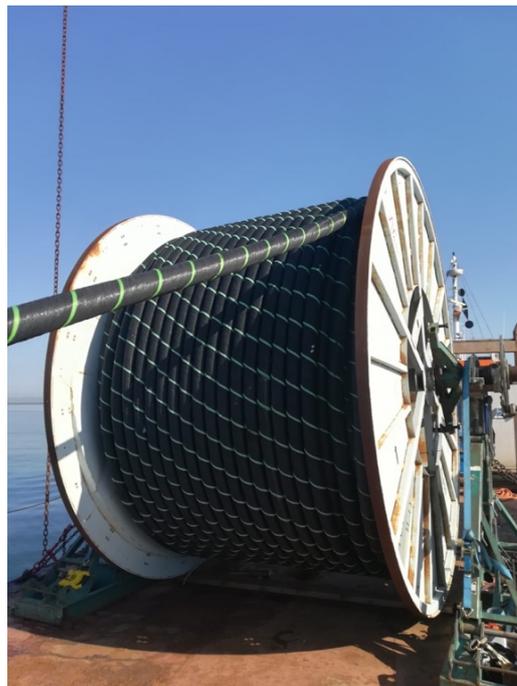
Per movimentare il pontone galleggiante dalla zona di assemblaggio alla zona di posa, si farà uso di un rimorchiatore/spingitore.



Esempio di rimorchiatore/spingitore trasportabile

Supporto porta-bobine

Sul pontone galleggiante verrà installato un supporto porta bobine, per il posizionamento della bobina nella corretta posizione di posa.



Porta-bobine su pontone galleggiante



Gru per sollevamento e movimentazione bobine e attrezzature

La bobina di cavo dovrà avere dimensioni e pesi considerevoli. Per la movimentazione della stessa, saranno necessarie attrezzature di sollevamento pesi di adeguata taglia, assicurandosi che sia presente una via carrabile adatta ai trasporti eccezionali. La posizione della zona di assemblaggio e carico dovrà essere stabilita anche in funzione della disponibilità della via di accesso delle gru.

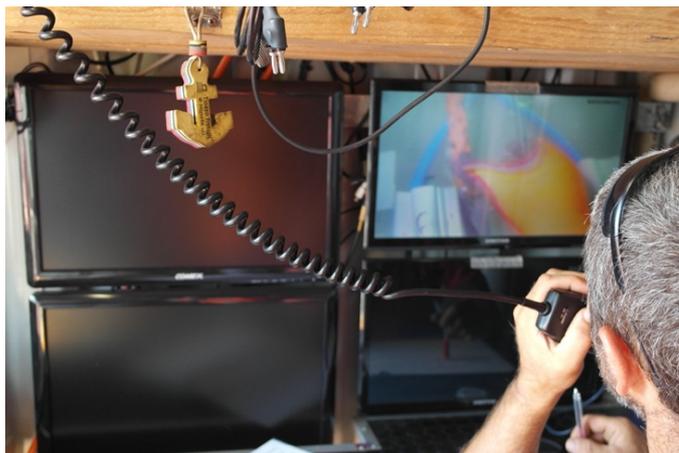


Attrezzature per operazioni subacquee

Al fine di permettere al personale sommozzatore di accedere alla zona di tiro, si dovranno approntare le necessarie attrezzature ed equipaggiamento, come motoscafi, sistema per salita/discesa in acqua, control room, ecc.



Sistema LARS per discesa e risalita sommozzatori



Attrezzatura per immersione e control room

9.3 PROVE E COLLAUDI

Alla fine dell'installazione, il sistema in cavo dovrà essere sottoposto a prove di collaudo in tensione in accordo alle norme IEC di riferimento.

In particolare, la prova di tensione dell'isolamento principale può essere eseguita secondo due modalità:

- Prova alla tensione nominale per 24h (soak test)
- Prova alla tensione di 260kV per 1h

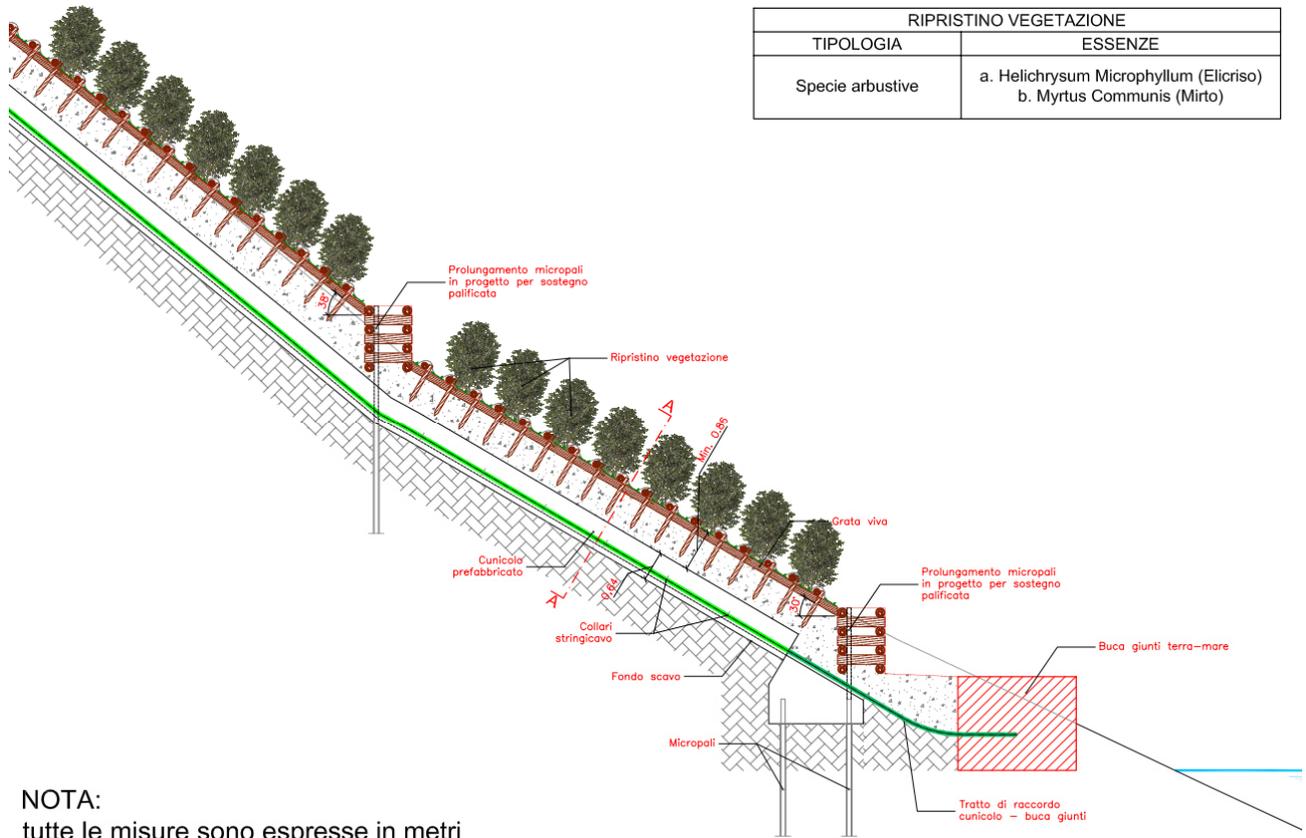
Nel primo caso, la tensione verrà applicata lato utente o lato rete, inserendo in linea il circuito in cavo senza carico. Nel secondo caso, la tensione verrà applicata per mezzo di generatori risonanti mobili che dovranno essere portati nell'area di cantiere e collegati ai terminali per esterno nella stazione di transizione aria/cavo.

La modalità di applicazione della tensione per il collaudo verrà stabilita in fase di progettazione esecutiva.

9.4 RIPRISTINI AMBIENTALI PER LA POSA IN CUNICOLO

La tratta prevista con posa in cunicolo (scarpata tra l'ultimo tornante della strada di servizio e accesso alla sponda Ovest del lago e la spiaggia del lago), passa in una area attualmente boscata e con arbusti di taglia da piccola a medio – grande. Al fine di inserire al meglio dal punto di vista paesaggistico e ambientale questo tipo di posa, sono previsti interventi di ripristino della vegetazione esistente, che consistono nella realizzazione di un sistema di graticciate e muretti in legname sostenuti da micropali, per permettere la messa a dimora di specie arbustive lungo la fascia interessata dalla posa del cavo interrato.

Di seguito si riporta un estratto (non in scala) dello schema previsto per i ripristini appena descritti. Per ulteriori dettagli si rimanda alla tavola "Particolari posa cunicolo" (cod. G929_DEF_T_006_Ut_cunicolo_1-1_REV01).



NOTA:
tutte le misure sono espresse in metri

Profilo per il ripristino ambientale del tratto di posa in cunicolo – estratto non in scala



10 RUMORE

La produzione di rumore da parte di un elettrodotto aereo in esercizio è dovuta essenzialmente a due fenomeni fisici: il vento e l'effetto corona.

- Il vento, se particolarmente intenso, può provocare un leggero sibilo dei conduttori, fenomeno peraltro locale e di modesta entità;
- L'effetto corona, dovuto al livello di tensione dei conduttori, è responsabile del leggero ronzio che viene talvolta percepito nelle immediate vicinanze dell'elettrodotto, soprattutto in condizioni di elevata umidità dell'aria.

Le emissioni acustiche delle linee elettriche della tipologia di quella in progetto rispettano in ogni caso i limiti previsti dalla normativa vigente (D.P.C.M. 14 Novembre 1997).

Gli elettrodotti in cavo interrato non costituiscono fonte di rumore. La situazione attuale rimarrà pertanto invariata.

11 INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE

Per l'inquadramento geologico preliminare dell'area si rimanda agli elaborati:

- “Relazione geologica preliminare” (cod. G929_DEF_R_029_Ut_rel_geo_prel_1-1_REV02);
- “Carta geologica-litologica” (cod. G929_DEF_T_030_Ut_carta_geo_lito_X-2_REV02);
- “Carta della dinamica geomorfologica (PAI)” (cod. G929_DEF_T_031_Ut_carta_din_geomorf (PAI)_X-2_REV02).

12 TERRE E ROCCE DA SCAVO

Il piano di gestione delle terre e rocce da scavo è riportato nell'elaborato “Piano preliminare gestione TRS” (cod. G929_DEF_R_032_Ut_piano_prel_TRS_1-1_REV02).



13 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

13.1 SINTESI NORMATIVA

Le linee guida per la limitazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed ai campi elettromagnetici sono state indicate nel 1998 dalla ICNIRP (Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti).

Il 12/07/1999 il Consiglio dell'Unione Europea (UE) ha emesso una Raccomandazione agli Stati Membri volta alla creazione di un quadro di protezione della popolazione dai campi elettromagnetici, che si basa sui migliori dati scientifici esistenti; a tale proposito il Consiglio ha avallato proprio le linee guida dell'ICNIRP. Successivamente, nel 2001, a seguito di un'ultima analisi condotta sulla letteratura scientifica, un Comitato di esperti della Commissione Europea ha raccomandato alla UE di continuare ad adottare tali linee guida.

Lo Stato Italiano è successivamente intervenuto, con finalità di riordino e miglioramento della normativa in materia allora vigente in Italia, attraverso la Legge Quadro 36/2001 che ha individuato ben tre livelli di esposizione ed ha affidato allo Stato il compito di determinarli e aggiornarli periodicamente in relazione agli impianti che possono comportare esposizione della popolazione a campi elettrici e magnetici con frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz.

L'art. 3 della Legge 36/2001 ha definito:

- Limite di esposizione il valore di campo elettromagnetico da osservare ai fini della tutela della salute da effetti acuti;
- Valore di attenzione come quel valore del campo elettromagnetico da osservare quale misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;
- Obiettivo di qualità come criterio localizzativo e standard urbanistico, oltre che come valore di campo elettromagnetico ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione.

La Legge Quadro 36/2001, come ricordato dal citato Comitato di esperti della Commissione Europea, è stata emanata nonostante le raccomandazioni del Consiglio dell'Unione Europea del 12/07/1999 sollecitassero gli Stati membri ad utilizzare le linee guida internazionali stabilite dall'ICNIRP. Tutti i paesi dell'Unione Europea hanno accettato il parere del Consiglio della UE, mentre l'Italia ha adottato misure più restrittive di quelle indicate dagli Organismi internazionali.

In esecuzione della predetta Legge quadro è stato infatti emanato il DPCM 08/07/2003 "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", che è stato utilizzato a riferimento per la presente analisi tecnica.

I parametri di riferimento adottati nella progettazione sono stati precisamente:

- Limite di esposizione: tale limite, inteso come valore efficace, e pari a:
- 100 μ T per l'induzione magnetica;
- 5 kV/m per il campo elettrico;

non deve essere mai superato.

- Obiettivo di qualità: tale valore, inteso come valore efficace, e pari a:
 - 3 μ T per l'induzione magnetica;

è da considerare nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiori a quattro ore, ai fini della



progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz.

- Fascia di rispetto: si intende lo spazio circostante un elettrodotto che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. La Legge 22/02/2001, n°36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", stabilisce che lo Stato esercita le funzioni relative: "... alla determinazione dei parametri per la previsione di fasce di rispetto per gli elettrodotti; all'interno di tali fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore". Il decreto attuativo della Legge n°36, DPCM 08/07/2003, stabilisce all'Art. 6- Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti: ". Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'art. 4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-60, che deve essere dichiarata dal gestore al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, per gli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV e alle regioni, per gli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV. I gestori provvedono a comunicare i dati per il calcolo e l'ampiezza delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti". La norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo" fornisce una metodologia generale per il calcolo dell'ampiezza delle fasce di rispetto degli elettrodotti, in riferimento all'obiettivo di qualità di 3 μ T e alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto dichiarata dal gestore. Tale metodologia è stata definitivamente approvata dal Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 29/05/2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti". Dopo alcuni mesi dalla pubblicazione di questi decreti si è reso necessario il chiarimento di alcuni aspetti. A tale scopo l'ISPRa (ex APAT) Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, ha istituito dei tavoli tecnici che hanno elaborato un documento ("Disposizioni Integrative/Interpretative - Vers. 7.4") con l'obiettivo di andare incontro a tale necessità, fornendo alcune delucidazioni e suggerimenti sugli aspetti normativi ed applicativi.

E' infine opportuno osservare che, in relazione ai campi elettromagnetici, la tutela della salute viene attuata, sull'intero territorio nazionale, esclusivamente attraverso il rispetto dei limiti prescritti dal DPCM 08/07/2003 al quale soltanto può farsi utile riferimento. In tal senso, con sentenza n.307 del 07/10/2003 la Corte Costituzionale ha dichiarato l'illegittimità di alcune leggi regionali in materia di tutela dai campi elettromagnetici, per violazione dei criteri in tema di ripartizione di competenze fra Stato e Regione stabiliti dal nuovo Titolo V della Costituzione¹. Come emerge dal testo della sentenza, una volta fissati i valori-soglia di cautela per la salute, a livello nazionale, non è consentito alla legislazione regionale derogarli neanche in melius.

¹ Nella sentenza (pagg. 51 e segg.) si legge testualmente:

"L'esame di alcune delle censure proposte nei ricorsi presuppone che si risponda all'interrogativo se i valori-soglia (limiti di esposizione, valori di attenzione, obiettivi di qualità definiti come valori di campo), la cui fissazione è rimessa allo Stato, possano essere modificati dalla Regione, fissando valori-soglia più bassi, o regole più rigorose o tempi più ravvicinati per la loro adozione. La risposta richiede che si chiarisca la ratio di tale fissazione. Se essa consistesse esclusivamente nella tutela della salute dai rischi dell'inquinamento elettromagnetico, potrebbe invero essere lecito considerare ammissibile un intervento delle Regioni che stabilisse limiti più rigorosi rispetto a quelli fissati dallo Stato, in coerenza con il principio, proprio anche del diritto comunitario, che ammette deroghe alla disciplina comune, in specifici territori, con effetti di maggiore protezione dei valori tutelati (cfr. sentenze n. 382 del 1999 e n. 407 del 2002). Ma in realtà, nella specie, la fissazione di valori-soglia risponde ad una ratio più complessa e articolata. Da un lato, infatti, si tratta effettivamente di proteggere la salute della popolazione dagli effetti negativi delle emissioni elettromagnetiche (e da questo punto di vista la determinazione delle soglie deve risultare fondata sulle conoscenze scientifiche ed essere tale da non pregiudicare il valore protetto); dall'altro, si tratta di consentire, anche attraverso la



13.2 FASCE DI RISPETTO

Per “fasce di rispetto” si intendono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n° 36, all’interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003.

Tale DPCM prevede (art. 6 comma 2) che l’APAT, sentite le ARPA, definisca la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l’approvazione del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Con Decreto 29 maggio 2008 (pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160) il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, tale metodologia prevede, che il gestore debba calcolare la Distanza di Prima Approssimazione, definita come “la distanza in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea, che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all’esterno delle fasce di rispetto”.

13.3 CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

La linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico ed un campo magnetico. Il primo dipende dalla tensione di esercizio della linea stessa, mentre il secondo è funzione della corrente che vi circola, ed entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza.

I calcoli relativi all’andamento del campo elettrico, la valutazione del campo di induzione magnetica ai fini della definizione della DPA e l’analisi delle strutture potenzialmente sensibili ricadenti all’interno della stessa DPA, sono contenuti all’interno degli elaborati:

- “Relazione CEM” (cod. G929_DEF_R_022_Ut_rel_CEM_1-1_REV02);
- “Corografia di progetto con Distanza di Prima Approssimazione (cod. G929_DEF_T_023_Ut_coro_DPA_X-3_REV02);

fissazione di soglie diverse in relazione ai tipi di esposizione, ma uniformi sul territorio nazionale, e la graduazione nel tempo degli obiettivi di qualità espressi come valori di campo, la realizzazione degli impianti e delle reti rispondenti a rilevanti interessi nazionali, sottesi alle competenze concorrenti di cui all’art. 117, terzo comma, della Costituzione, come quelli che fanno capo alla distribuzione dell’energia e allo sviluppo dei sistemi di telecomunicazione. Tali interessi, ancorché non resi espliciti nel dettato della legge quadro in esame, sono indubbiamente sottesi alla considerazione del “preminente interesse nazionale alla definizione di criteri unitari e di normative omogenee” che, secondo l’art. 4, comma 1, lettera a, della legge quadro, fonda l’attribuzione allo Stato della funzione di determinare detti valori–soglia. In sostanza, la fissazione a livello nazionale dei valori–soglia, non derogabili dalle Regioni nemmeno in senso più restrittivo, rappresenta il punto di equilibrio fra le esigenze contrapposte di evitare al massimo l’impatto delle emissioni elettromagnetiche, e di realizzare impianti necessari al paese, nella logica per cui la competenza delle Regioni in materia di trasporto dell’energia e di ordinamento della comunicazione è di tipo concorrente, vincolata ai principi fondamentali stabiliti dalle leggi dello Stato. Tutt’altro discorso è a farsi circa le discipline localizzative e territoriali. A questo proposito è logico che riprenda pieno vigore l’autonoma capacità delle Regioni e degli enti locali di regolare l’uso del proprio territorio, purché, ovviamente, criteri localizzativi e standard urbanistici rispettino le esigenze della pianificazione nazionale degli impianti e non siano, nel merito, tali da impedire od ostacolare ingiustificatamente l’insediamento degli stessi”.



- “Corografia di progetto su ortofoto con Distanza di Prima Approssimazione (cod. G929_DEF_T_024_Ut_coro_DPA_X-5_REV02);
- “Planimetria catastale con Distanza di Prima Approssimazione – Comune di Nurri” (cod. G929_DEF_T_025_Ut_plan_cat_DPA_Nurri_1-7_REV02);
- “Planimetria catastale con Distanza di Prima Approssimazione – Comune di Orroli” (cod. G929_DEF_T_026_Ut_plan_cat_DPA_Oorroli_1-5_REV02);
- “Planimetria catastale con Distanza di Prima Approssimazione – Comune di Esterzili” (cod. G929_DEF_T_027_Ut_plan_cat_DPA_Esterzili_1-1_REV02).

14 AREE IMPEGNATE

Per i dettagli in merito si rimanda al capitolo 14 della “Relazione tecnica generale” (cod. G929_DEF_R_002_Rel_tec_gen_1-1_REV02).

15 SICUREZZA NEI CANTIERI

Si faccia riferimento al capitolo 15 della “Relazione tecnica generale” (cod. G929_DEF_R_002_Rel_tec_gen_1-1_REV02).

16 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si faccia riferimento al capitolo 16 della “Relazione tecnica generale” (cod. G929_DEF_R_002_Rel_tec_gen_1-1_REV02).



NOTA A MARGINE

Con la nuova riforma degli enti locali sardi del 2021 (Legge regionale 12 aprile 2021, n. 7 – Buras N.24 del 15 aprile 2021), la provincia del Sud Sardegna è in via di soppressione a favore delle istituende province del Medio Campidano e del Sulcis Iglesiente.

La città metropolitana di Cagliari andrà a gestire il restante territorio del Sud Sardegna.

I Comuni interessati direttamente dagli interventi sono:

- Nurri, Orroli, e Esterzili ricadenti nella Istitueda Città Metropolitana di Cagliari (Ex Provincia Sud Sardegna)

Si sottolinea che all'interno degli elaborati cartografici e testuali prodotti può talvolta trovarsi, come riferimento amministrativo, una indicazione alla Provincia Sud Sardegna (oggi ex Provincia Sud Sardegna). Tali riferimenti sono frutto di analisi effettuate su dati istituzionali che non hanno ancora avuto modo di allinearsi con le recenti riforme amministrative (Come ad esempio i dati cartografici dei confini amministrativi pubblicati sul geoportale regionale istituzionale).