REGIONE LIGURIA

REGIONE LIGURIA

PROVINCIA DI SAVONA

COMUNE DI CAIRO MONTENOTTE

OGGETTO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COMPOSTO DA 7 AEROGENERATORI PER UNA POTENZA COMPLESSIVA PARI A 29,4 MW DENOMINATO "BRIC MUND" DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CAIRO MONTENOTTE (SV) IN LOCALITÁ CAMPONUOVO E DELLE OPERE CONNESSE E INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI ALL'ESERCIZIO DELLE STESSE SITE NEI TERRITORI DI CARCARE (SV), ALTARE (SV) E MALLARE (SV)

PROGETTO DEFINITIVO

PROPONENTE

Statkraft

SKI W A3 S.R.L.
Società soggetta ad attività di direzione e coordinamento di Statkraft AS

Partita IVA 11412940964
C.F. 12655750961

Foro Buonaparte 60
20121 Milano

TITOLO

RELAZIONE SULLE INTERFERENZE

PROGETTISTA

Dott. Ing. Girolamo Gorgone

Collaboratori

Ing. Gioacchino Ruisi
Ing. Giuseppina Brucato
Ing. Francesco Lipari
Dott. Agr. e For. Michele Virzì
Dott. Haritiana Ratsimba
Dott. Andrea Licata
Dott. Federica Ferrante
Dott. Annalisa Scardamaglia
Barbara Gorgone

CODICE ELABORATO

SKC_R_07_A_D_A_1

SCALA

Girolamo Gorgone
15.12.2025 18:58:11 GMT+02:00

n°.Rev.	DESCRIZIONE REVISIONE	DATA	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO

Rif. PROGETTO

N.

NOME FILE DI STAMPA

SCALA DI STAMPA DA FILE

COPYRIGHT STATKRAFT- TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI A NORMA DI LEGGE

Sommario

1 PREMESSA 3

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 3

3 INTRODUZIONE AL PROGETTO 5

3.1 Descrizione del tracciato del cavidotto di connessione 6

4 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA 8

4.1 Caratteristiche dei cavi di potenza 8

4.2 Caratteristiche sezioni e tipici di posa cavidotti 9

5 TIPOLOGIE DI INTERFERENZE 12

5.1 Individuazione delle interferenze 13

5.2 Risoluzione interferenze 14

5.2.1 Attraversamento corsi d'acqua 14

5.2.2 Superamento sottoservizi 17

5.2.3 Interferenza con Gasdotti 19

5.2.4 Attraversamento condotte idriche 20

5.2.5 Presenza di linee elettriche 21

5.3 Interferenze dei trasporti speciali 22

5.3.1 Interferenze con ostacoli sospesi in quota 22

5.3.2 Interferenze con ostacoli stradali 23

6 DESCRIZIONE GENERALE DELLA TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA (T.O.C.) 24

6.1 Esecuzione del foro pilota 25

6.2 Alesatura del foro 26

6.3 Tiro e posa della tubazione 27

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la **Relazione sulle Interferenze**, parte integrante del Progetto Definitivo per la realizzazione di un impianto eolico composto da 7 aerogeneratori da 4,2 MW ciascuno, per una potenza nominale complessiva di 29,4 MW. Ogni aerogeneratore, servito da un piazzale di sosta e manovra, è collegato agli altri mediante piste di accesso (in parte su tracciati viari già esistenti) necessarie tanto all'attività di realizzazione che di successiva manutenzione dell'impianto. Un cavidotto interrato in alta tensione collegherà le turbine alla futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione a 380/132/36 kV da inserire in entra - esce alla linea RTN a 380 kV "Magliano - Vado Ligure".

L'area interessata dal parco eolico ricade nella provincia di Savona in Liguria e più specificatamente nel territorio comunale di Cairo Montenotte (SV), il cavidotto di connessione ricade interamente nei territori di Cairo Montenotte (SV), Carcare (SV), Altare (SV) e Mallare (SV). La futura stazione di connessione alla RTN si localizza nel territorio di Mallare (SV) in località Peirano.

L'azienda proponente l'iniziativa è la **SKI W A3 S.r.l.,** società controllata da **Statkraft Italia S.r.l.**, società internazionale leader nel settore idroelettrico e il più grande produttore di energia rinnovabile in Europa. Il Gruppo produce energia idroelettrica, eolica, solare, da gas e fornisce teleriscaldamento. Statkraft è un'azienda globale nella gestione dei mercati elettrici e conta oltre 6000 dipendenti in più di 20 paesi tra cui l'Italia.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Di seguito si elencano i principali riferimenti legislativi e normativi per la realizzazione del presente progetto:

- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 *"Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici";*
- Testo Unico dell'edilizia - D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380;
- D.P.R. 8 giugno 2001, n. 327 Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazione per pubblica utilità;
- DL 9 aprile 2008 n°81 *"Tutela della sicurezza nei luoghi di lavoro"*;
- Normativa CEI di settore;
- DPR 447/91: *"Regolamento di attuazione della legge 5 marzo 1990 in materia di sicurezza degli impianti"*;

- D.P.R. 18 marzo 1965, n. 342 *"Norme integrative della legge 6 dicembre 1962, n. 1643 e norme relative al coordinamento e all'esercizio delle attività elettriche esercitate da enti ed imprese diversi dall'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica"*;
- Legge 28 giugno 1986, n. 339 *"Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne"*;
- D.lgs. n. 259 del 2003 *"Codice delle comunicazioni elettroniche"* e ss.mm.ii;
- Norma CEI 11-17 *"Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo";*
- Norma CEI 211-4/1996 *"Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche"*;
- Norma CEI 211-6/2001 "*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*"
- Norma CEI 11-17/2006 *"Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo";*
- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- Decreto del Ministero dell'Interno del 24/11/1984 e s.m.i. *"Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzo del gas naturale con densità non superiore a 0,8";*
- Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 17/04/2008 "*Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0,8";*
- Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 "*Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59";*
- *DM 29/05/2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".*

Trovano comunque applicazione le norme di buona tecnica emanate dai relativi enti di unificazione italiani ed internazionali.

3 INTRODUZIONE AL PROGETTO

Il parco eolico in progetto e le infrastrutture indispensabili all'esercizio dello stesso ricadono nel territorio comunale di Cairo Montenotte (SV), ricadente nella provincia di Savona. Il cavidotto di connessione interessa i comuni di Cairo Montenotte (SV), Carcare (SV), Altare (SV) e Mallare (SV) mentre la Futura stazione di connessione alla RTN, ricade nel territorio comunale di Mallare (SV).

Il sito del parco eolico è localizzato a circa 3,7 km a sud-est del centro abitato di Cairo Montenotte (SV) e a circa 4,5 km a nord-est di Carcare (SV). L'area risulta agevolmente raggiungibile da Genova percorrendo l'autostrada E25, proseguendo lungo la E80 fino a Savona e successivamente imboccando la E717. All'altezza del casello di Altare si accede alla NSA 338, per poi proseguire lungo la SP29 in direzione Cairo Montenotte (SV). Dal centro abitato, il sito è raggiungibile attraverso la strada comunale Camponuovo.

Il sito di impianto presenta una morfologia prevalentemente collinare-montuosa, con quote altimetriche comprese tra i 538 m s.l.m. in corrispondenza della postazione WTG05 e i 660 m s.l.m. in corrispondenza della postazione WTG01. Le aree individuate per l'installazione degli aerogeneratori risultano attualmente destinate prevalentemente a bosco a prevalenza di castagno, utilizzato a fini di arboricoltura da legno.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva che permette di identificare; modello, denominazione e posizione geografica degli aerogeneratori che compongono il Parco eolico di progetto.

Tabella 1. Inquadramento geografico-catastale

INQUADRAMENTO TERRITORIALE		
	PARCO EOLICO	PUNTO DI CONNESSIONE
Località impianto	Camponuovo	Peirano
Comuni interessati	Cairo Montenotte (SV)	Mallare (SV)
Inquadramento CTR	211160 Rocchetta Cairo 212130 Giusvalla 228040 Cairo Montenotte 229010 Pra Sottano	228080 Pallare
Inquadramento IGM	81 II-SO Cairo Montenotte 81 II-SE Altare	92 I-NO Mallare
CARATTERISTICHE DELLE TURBINE		
Modello	Vestas V150 o similare/equivalente	
Potenza nominale	4,5 MW Limitate 4,2 MW	
Dimensioni	Altezza del mozzo dal piano di campagna: fino a 105 m	
	Diametro del rotore fino a 150 m	

	Altezza totale dell'aerogeneratore: fino a 180 m					
NUMERO E LOCALIZZAZIONE DELLE TURBINE						
Codice turbina	Comune	Foglio	Particella	Coordinate WGS84 (Lat. - Long.)		Quota (m s.l.m.)
CM-01	Cairo Montenotte (SV)	38	81	44°24'5.18"N	8°19'36.40"E	660,21
CM-02	Cairo Montenotte (SV)	55	3	44°23'44.59"N	8°20'0.72"E	658,14
CM-03	Cairo Montenotte (SV)	54	24	44°23'28.07"N	8°19'24.66"E	601,67
CM-04	Cairo Montenotte (SV)	53	113	44°23'31.36"N	8°18'53.21"E	613,48
CM-05	Cairo Montenotte (SV)	54	35	44°23'4.49"N	8°19'19.88"E	538,05
CM-06	Cairo Montenotte (SV)	72	152	44°22'49.81"N	8°19'17.16"E	557,08
CM-07	Cairo Montenotte (SV)	72	152	44°22'34.43"N	8°19'12.39"E	573,90

3.1 Descrizione del tracciato del cavidotto di connessione

Il tracciato del cavidotto è stato definito secondo i seguenti criteri progettuali:

- Contenere, per quanto possibile, la lunghezza del tracciato sia per occupare la minore porzione possibile di territorio, sia per non superare certi limiti di convenienza tecnico-economica;
- Evitare, per quanto possibile, nuclei e centri abitati, tenendo conto delle eventuali trasformazioni ed espansioni future;
- Minimizzare le interferenze con zone di pregio naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- Rispettare le distanze minime prescritte dalla normativa vigente da case sparse e isolate;
- Transitare su aree di minore pregio interessando prevalentemente aree agricole e sfruttando la viabilità già esistente.

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa dei cavidotti AT, con indicizzazioni sulle strade percorse e tipologia sedime.

Comune	Strada percorsa	Tipologia di sedime	Distanza [m]	Tipologia cavidotto
Cairo Montenotte (SV)	Strada bianca	piazzale/pista	107,50	AT
Cairo Montenotte (SV)	N.r.	sterrato	1746,12	
Cairo Montenotte (SV)	N.r.	piazzale/pista	86,50	
Cairo Montenotte (SV)	N.r.	terreno	837,94	
Cairo Montenotte (SV)	Strada camponuovo	sterrato	156,11	

Cairo Montenotte (SV)	N.r.	sterrato	308,42	
Cairo Montenotte (SV)	Strada bianca	piazzale/pista	1046,92	
Cairo Montenotte (SV)	Strada bianca	piazzale/pista	60,28	
Cairo Montenotte (SV)	Strada bianca	piazzale/pista	424,48	
Cairo Montenotte (SV)	N.r.	sterrato	88,37	
Cairo Montenotte (SV)	N.r.	sterrato	1160,27	
Cairo Montenotte (SV)	N.r.	sterrato	518,07	
Cairo Montenotte (SV)	N.r.	piazzale/pista	659,97	
Cairo Montenotte (SV)	N.r.	terreno	929,46	
Cairo Montenotte (SV)	Via Italia	asfalto	1564,44	
Cairo Montenotte (SV)	Viale della Libertà	asfalto	1554,71	
Cairo Montenotte (SV)	Viale della Libertà	terreno	153,85	
Cairo Montenotte (SV)	Viale della Libertà	asfalto	825,86	
Cairo Montenotte (SV)	SP 61	asfalto	851,08	
Carcare (SV)	SP 61	asfalto	158,64	
Altare (SV)	SP 29	asfalto	1268,10	
Altare (SV)	Via Fornace	asfalto	288,02	
Altare (SV)	Strada Castellaro (via Mallare)	asfalto	88,14	
Altare (SV)	Strada Isola Grande	asfalto	1419,22	
Altare (SV)	N.r.	terreno	55,75	
Altare (SV)	SP 5	asfalto	809,07	
Mallare (SV)	SP 5	asfalto	83,14	
Mallare (SV)	N.r.	terreno	117,21	
Lunghezza totale cavidotto in alta tensione: 17367,64 m				

Durante il percorso, sono previste alcune deviazioni dalle strade esistenti, su tracciati esterni, con l'obiettivo di ridurre al minimo gli impatti nelle aree con maggiore presenza di attività antropiche, o per facilitare l'installazione dei cavi.

4 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA

4.1 Caratteristiche dei cavi di potenza

I cavi di potenza utilizzati, potranno essere del tipo con isolamento estruso. Il conduttore potrà essere in rame o in alluminio. Il tipico della sezione di questi cavi è riportato nella figura seguente.

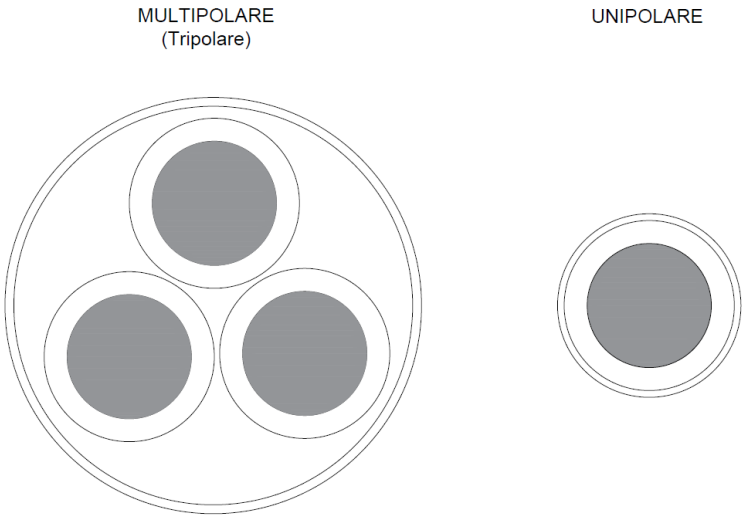


Figura 1 - Tipico cavo di potenza - conduttore metallico (in grigio), isolamento XLPE estruso ed isolamento esterno in polietilene

Si precisa che i cavidotti utilizzati sono costituiti da:

- Conduttore;
- Semiconduttore interno;
- Isolamento;
- Semiconduttore esterno;
- Barriera longitudinale;
- Schermo e barriera radiale;
- Guaina.

Questi strati favoriscono un'elevata resistenza all'abrasione, alla lacerazione, ai raggi UV, all'ozono, all'acqua, non favoriscono la propagazione della fiamma, riducono lo sviluppo di fumi, assenza di alogeni e resistenza agli agenti atmosferici. Per maggiori informazioni consultare la relazione *SKC_R_04_C_A_1_Relazione cavidotto e schema a blocchi*.

4.2 Caratteristiche sezioni e tipici di posa cavidotti

Il tracciato dei cavidotti sarà previsto lungo la viabilità esistente per ridurre quanto più possibile l'impatto e limitare le aree di intervento. I cavi di potenza, in assenza di interferenze, saranno di norma posati in trincea. Le sezioni di posa potranno variare in funzione del sedime stradale interessato, dei sottoservizi presenti e delle modalità di attraversamento da adottare.

La trincea verrà realizzata in funzione della tipologia di piano di posa interessato:

- Terreno;
- Strada sterrata;
- Strada asfaltata.

Per le installazioni in trincea al di sotto del sedime stradale i cavi saranno posati per tratte successive, e le buche giunti verranno localizzate o in corrispondenza delle piazzole di sosta presenti lungo il percorso o in altri siti attigui alla carreggiata o comunque in punti tali da poter assicurare al transito, in linea generale, almeno metà della carreggiata, limitando al massimo i disagi indotti.

Di seguito vengono mostrate le sezioni ed i tipici di scavo, per maggiori informazioni sui tipici di posa cavidotto consultare la tavola dei particolari costruttivi: *SKC_T_41_A_D_A_1_Particolari costruttivi - Sezioni tipo cavidotti 36 kV e la relaz*ione *SKC_R_04_A_C_A_1_Relazione cavidotti e schema a blocchi.*

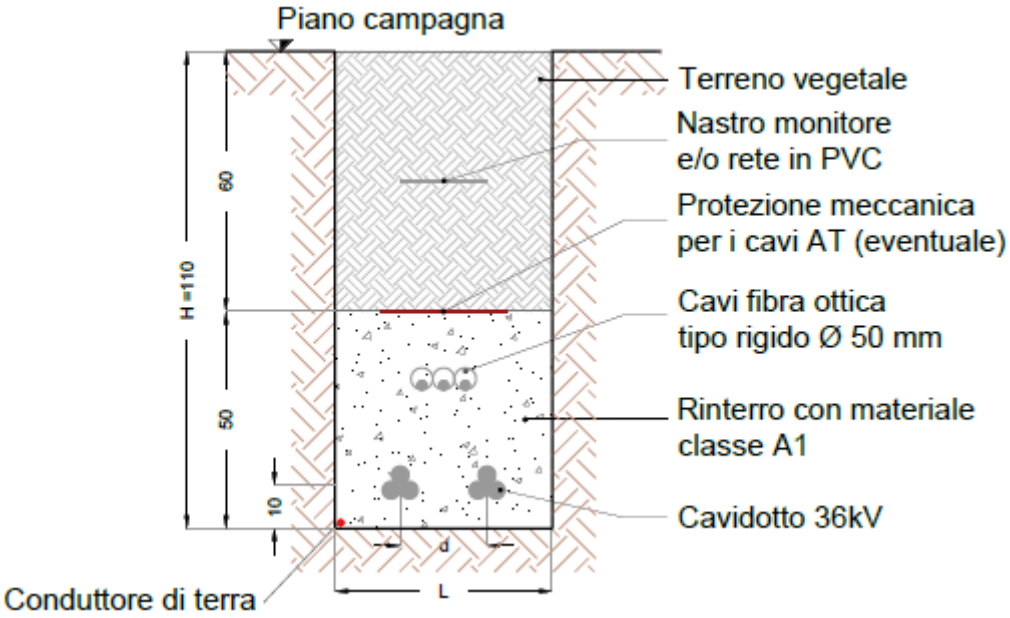


Figura 2. Sezione tipo cavidotto 36 kV due terne su terreno

Per la posa in terreno i cavi saranno posati in trincea a una profondità di circa 1,00 m. Al di sopra della protezione meccanica per i cavi AT verrà posto uno strato di terreno vegetale per uno spessore di 60 cm. Generalmente il terreno vegetale è momentaneamente separato dal resto del materiale scavato, accantonato nei pressi dello scavo e riutilizzato per rinterro nella parte finale, allo scopo di ristabilire le condizioni ex ante.

Nel caso di attraversamenti o particolari interferenze, il progetto definitivo prevede l'utilizzo di posa in tubazione corrugata, opportunamente protetta da eventuali lastre in calcestruzzo, per tutta la durata dell'interferenza.

A seguire si riportano le sezioni tipo cavidotto a 36 kV su strade sterrate.

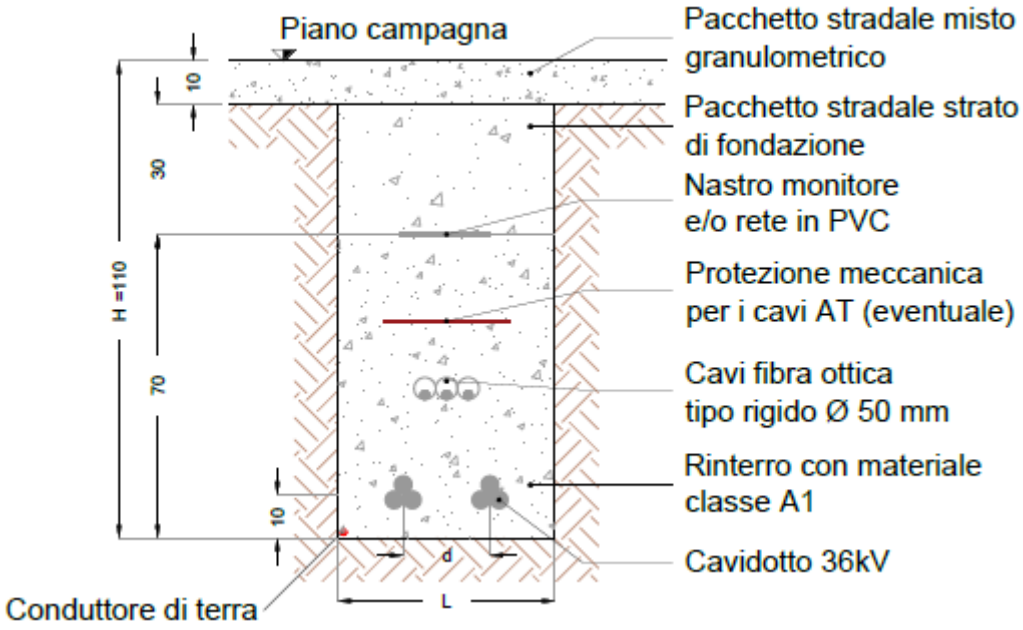


Figura 3. Sezione tipo cavidotto 36 kV su strade sterrate

Lo scavo su strade sterrate prevede che al di sopra del nastro monitore verrà realizzato il pacchetto stradale, con la seguente stratigrafia:

- Strato fondazione stradale con tout-venant di cava, rullato e compattato, di granulometria 40 - 60 mm, per uno spessore complessivo di 30 cm;
- Strato di finitura con misto granulometrico, rullato e compattato, di granulometria 20 - 40 mm, per uno spessore complessivo di 10 cm.

Infine, si riportano le sezioni tipo cavidotto su strade asfaltate.

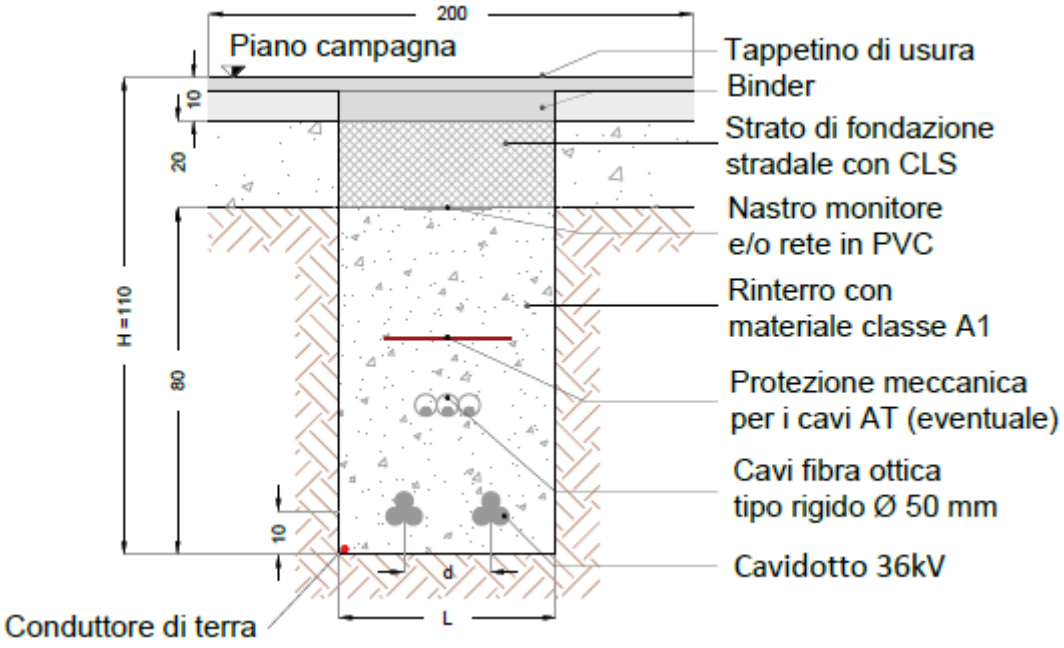


Figura 4. Sezione tipo cavidotto 36 kV su strade asfaltate

Lo scavo su strade asfaltate è costituito dal nastro monitore al di sopra del quale sarà posto un ulteriore strato di re-interro con materiale classe A1.

Sopra questo verrà realizzato il pacchetto stradale, avente la seguente stratigrafia:

- Strato di fondazione stradale con calcestruzzo, per uno spessore complessivo di 20 cm;
- Posa di conglomerato bituminoso per strato di binder, spessore complessivo 10 cm;
- Posa di tappetino di usura in conglomerato bituminoso. Il tappetino di usura avrà una larghezza maggiore rispetto a quella dello scavo e comunque dovrà rispettare le prescrizioni specifiche degli enti gestori delle viabilità.

5 TIPOLOGIE DI INTERFERENZE

Nella realizzazione del percorso del cavidotto è possibile riscontrare delle interferenze tra le opere progettate e le infrastrutture esistenti. È importante che le opere siano eseguite secondo i criteri della buona tecnica ed il rispetto delle norme che regolano la materia.

Le interferenze riscontrabili nella fase di realizzazione possono essere ricondotte a tre tipologie principali:

- *Interferenze aeree*, che comprendono tutte le linee elettriche ad alta tensione, parte delle linee elettriche a media e bassa tensione, l'illuminazione pubblica e parte delle linee telefoniche;
- *Interferenza superficiale,* che comprendono le linee ferroviarie, e i canali e i fossi irrigui a cielo aperto;
- *Interferenza interrata*, che comprende i gasdotti, le fognature, gli acquedotti, le condotte di irrigazione a pressione, parte delle linee elettriche a media e bassa tensione e parte delle linee telefoniche, nonché rinvenimenti archeologici.

Per il progetto in esame, sono state individuate le seguenti tipologie di interferenze:

A) Corso d'acqua o impluvio;
B) Tombino;
C) Ponte o ponticello;
D) Attraversamenti acquedotti o sottoservizi;
E) Attraversamento Gas o Olio:
F) Elementi di produzione e trasporto energia (es. traliccio, sostegno elettrodotto, stazione e antenna per telecomunicazione, metanodotto, oleodotto);
G) Reti di comunicazione elettronica (es. connessione FTTH e connessione FWA).

5.1 Individuazione delle interferenze

Per un quadro di insieme delle interferenze riscontrate è consigliato consultare le tavole *SKC_T_13_A_D_A_1_1_Individuazione interferenze cavidotti su CTR* e *SKC_T_13_A_D_A_1_2_Individuazione interferenze cavidotti su CTR*.

L'analisi effettuata, in riferimento al percorso interessato dal cavidotto di connessione, ha permesso di censire 51 punti di interferenza, tra cui:

- n. 17 corsi d'acqua o impluvi;
- n. 7 attraversamenti tombini;
- n. 8 attraversamenti ponti;
- n. 4 attraversamenti acquedotti o sottoservizi;
- n. 2 attraversamenti gas e olio;
- n. 13 attraversamento FTTG.

La presente relazione ha lo scopo di descrivere, per ogni tipologia di interferenza, le modalità di risoluzione, tenendo presente la normativa in vigore, i disciplinari e i regolamenti di gestione delle opere ed infrastrutture interessate. Si precisa che le risoluzioni proposte in questo documento saranno ottimizzate e particolarizzate a seguito dell'effettivo riscontro con l'ente gestore interessato nel corso dell'iter autorizzativo ed in fase di progettazione esecutiva. In fase esecutiva si valuteranno, inoltre, eventuali interferenze non censite in questa fase perché non rilevate o perché nuove.

5.2 Risoluzione interferenze

Di seguito vengono esposte le metodologie di risoluzione in funzione della tipologia di interferenza, anche per eventuali tipologie di interferenze non censite durante i sopralluoghi effettuati, che potrebbero rinvenirsi in fase di progettazione esecutiva o di cantiere, sia lungo il tracciato del cavidotto esterno all'area di impianto che lungo il tracciato del cavidotto interno all'area di impianto.

5.2.1 Attraversamento corsi d'acqua

Nel caso di attraversamento di corsi d'acqua le soluzioni da adottare variano in funzione del tipo di attraversamento che occorre effettuare e se gli attraversamenti vengono effettuati in corrispondenza di ponti o meno.

Al fine di annullare completamente l'impatto dell'opera con gli elementi del reticolo idrografico superficiale, e superare l'interferenza, verrà prescelta una tra le seguenti soluzioni tecniche, anche in base alle indicazioni del gestore dell'infrastruttura:

- Staffaggio del cavo su mensola lungo l'impalcato del ponte;
- Superamento del fiume lungo l'alveo con cavo interrato mediante perforazione teleguidata.

Quando possibile i cavidotti dovranno essere preferibilmente collocati in corrispondenza di cunicoli esistenti, e protetti con un cassonetto o controtubo per garantire la protezione da atti vandalici.

Qualora non siano disponibili cunicoli esistenti, il cavidotto verrà posizionato in canalette posizionate a sbalzo all'esterno dell'impalcato del ponte o del viadotto. I cavidotti dovranno essere appesi tramite staffe imbullonate. Lungo i ponti non verranno realizzati pozzetti di ispezione o altri manufatti che possano pregiudicare la stabilità statica dei ponti stessi o intaccarne la struttura.

In corrispondenza degli appoggi dei ponti, i cavidotti dovranno essere dotati di dispositivi che consentano di sollevare l'impalcato del ponte nelle operazioni di manutenzione.

Di seguito è riportato un esempio di passaggio del cavidotto lungo ponte.

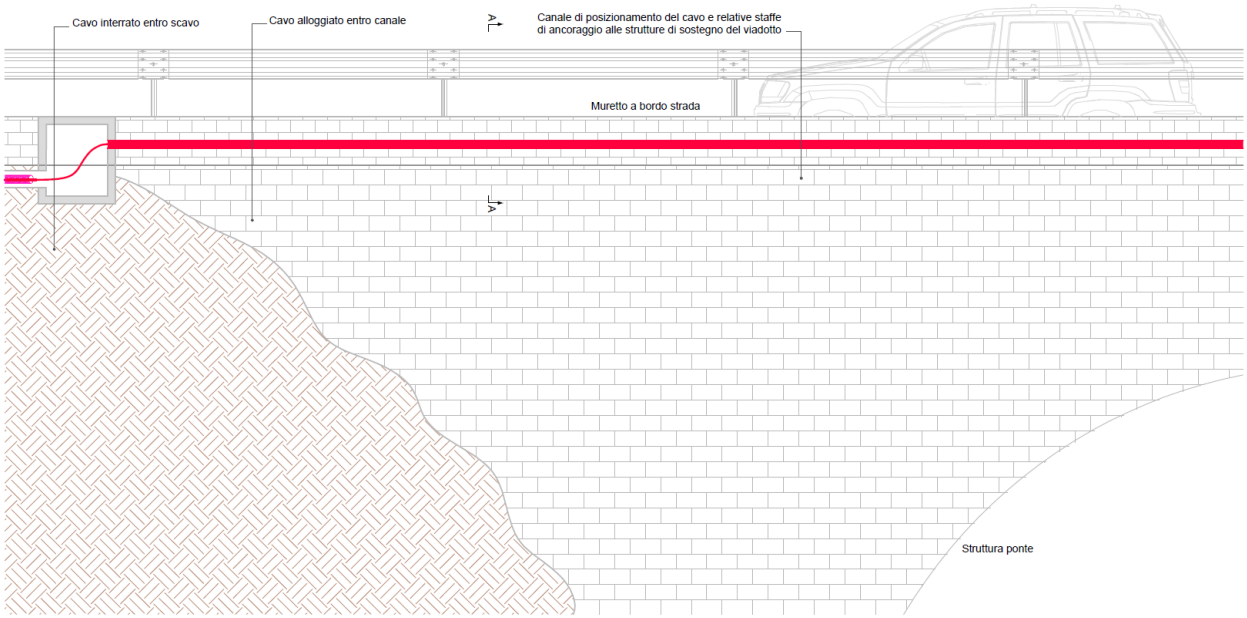


Figura 5. Attraversamento corso d'acqua mediante staffaggio su ponte

In alternativa sarà possibile intervenire mediante la Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.).

Questa tecnologia permette di effettuare la posa di cavi con un sistema di aste teleguidate che perforano il sottosuolo creando lo spazio necessario alla posa. Questa modalità di posa offre la possibilità di installare una tubazione entrando e uscendo da due punti ben precisi e definiti prevalentemente, in maniera tale da permettere l'installazione di nuovi servizi interrati senza effettuare scavi a cielo aperto e senza intaccare la sede stradale dei tratti interessati.

Nell'eventualità di attraversamento di un piccolo canale o corso d'acqua sarà possibile adottare la seguente tipologia di risoluzione. Il rilevato sarà protetto da un'opera muraria rivestita in pietra locale cromaticamente simile alle rocce naturali rinvenibili in situ (lato monte) e da una piccola scogliera in pietrame sciolto delle stesse caratteristiche litologiche e cromatiche (lato valle).

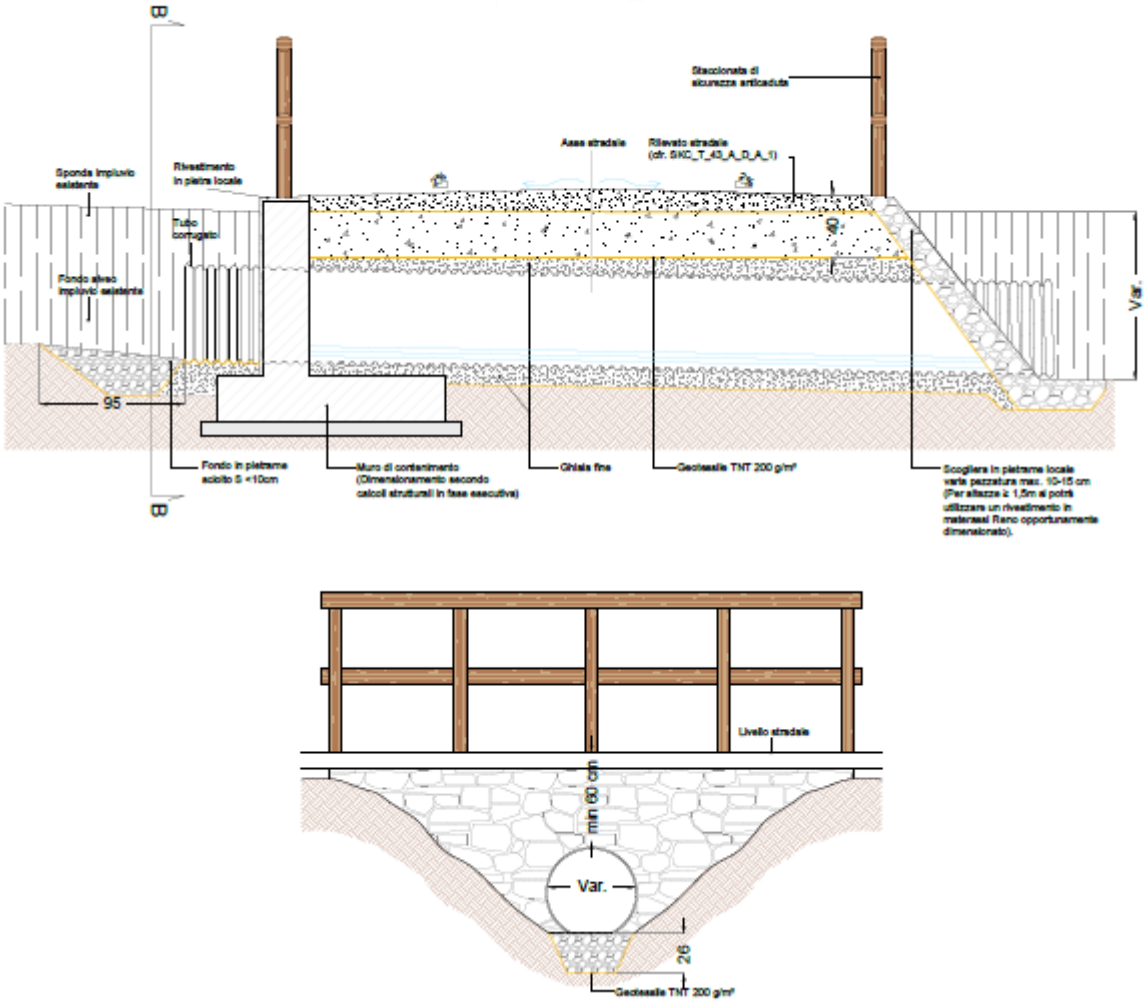


Figure 10. Opere di attraversamento idrico

Consultare la tavola *SKC_T_46_A_D_A_1_Particolari costruttivi - Tipico attraversamento idrico pista di i impianto*.

Le metodologie di intervento, per ogni interferenza, saranno preventivamente concordate con gli enti gestori competenti, nel rispetto delle normative e prescrizioni vigenti. Qualora necessario, verranno richieste le opportune autorizzazioni e valutati percorsi alternativi, al fine di garantire la piena compatibilità delle opere con le infrastrutture esistenti e con il contesto ambientale.

5.2.2 Superamento sottoservizi

Per il superamento delle interferenze tra il cavidotto e i sottoservizi esistenti si potrà ricorrere alle seguenti soluzioni, valutando attentamente le condizioni geotecniche e strutturali del sito:

- *Sovrappasso rialzato in tubo (interferenza con tubazioni di acquedotti - sottoservizi vari)*: Applicabile in caso di interferenze con sottoservizi posizionati a quote inferiori, tale soluzione prevede la posa del cavidotto mediante tubazioni sospese su strutture portanti, garantendo adeguata protezione meccanica e minimizzando l'impatto sul terreno esistente;

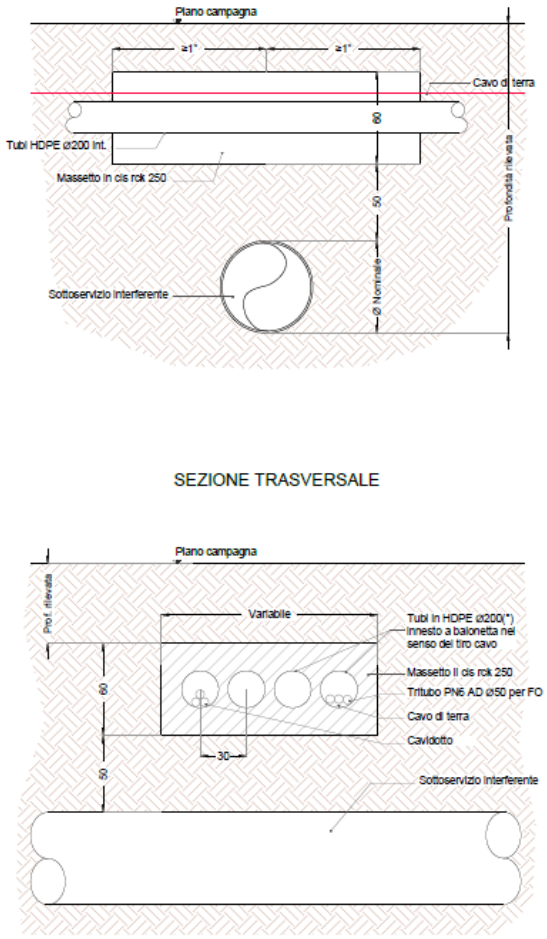


Figura 6. Sovrappasso rialzato in tubo

- *Sottopasso interrato in tubo (interferenza con tubazioni di acquedotti - sottoservizi vari):* Indicato per attraversamenti sotto infrastrutture esistenti. Fondamentale l'analisi geotecnica per prevenire cedimenti o interferenze con falde acquifere.

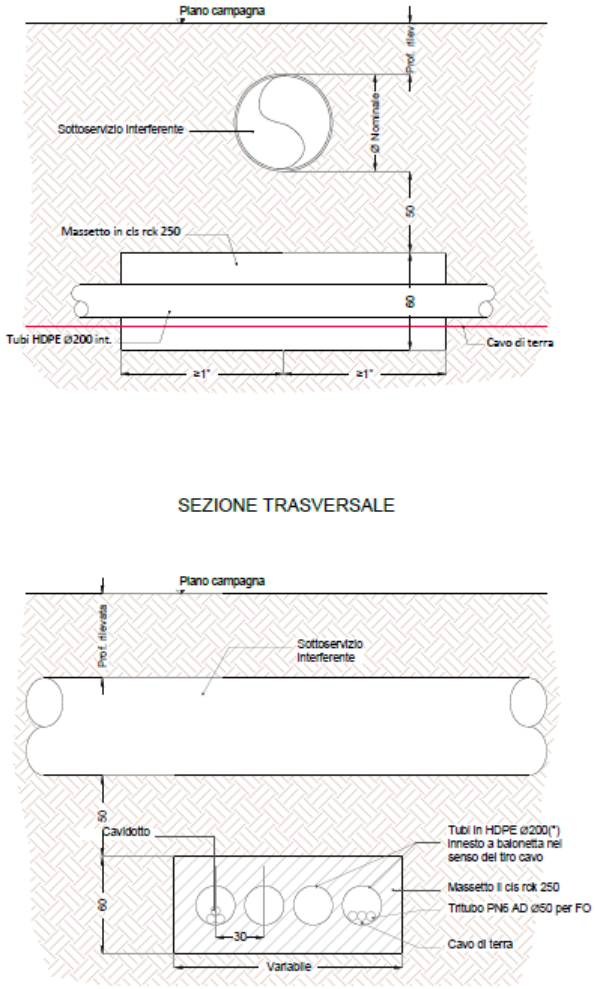


Figura 7. Sottopasso interrato in tubo

Nel caso di presenza di tombini e/o condotte idrauliche esistenti, si potranno impiegare tecnologie avanzate di perforazione senza scavo aperto, tra cui:

- *Trivellazione orizzontale controllata* (T.O.C.): è una tecnica teleguidata che consente l'installazione di condotte senza alterare la superficie, garantendo precisione di posa e riducendo l'impatto ambientale. La selezione della testa di perforazione e dei fluidi di supporto deve essere calibrata in funzione delle caratteristiche del terreno attraversato. Questa tecnologia permette di effettuare la posa di cavi con un sistema di aste teleguidate che perforano il sottosuolo creando lo spazio necessario alla posa. Questa modalità di posa offre la possibilità di installare una tubazione entrando e uscendo da due punti ben precisi e definiti prevalentemente, in maniera tale da permettere l'installazione di nuovi servizi interrati senza effettuare scavi a cielo aperto e senza intaccare la sede stradale dei tratti interessati.

La tecnica prevede una perforazione eseguita mediante una porta-sonda teleguidata ancorata a delle aste metalliche. L'avanzamento avviene per la spinta esercitata a forti pressioni di acqua o miscele di acqua e polimeri totalmente biodegradabili; per effetto della spinta il terreno è compresso lungo le pareti del foro. L'acqua è utilizzata anche per raffreddare l'utensile.

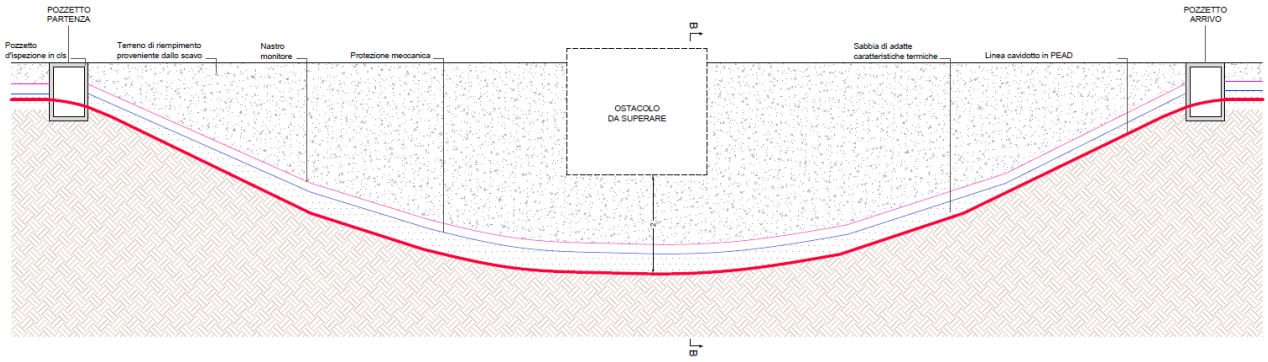


Figura 8. Tipologico installazione teleguidata - T.O.C.

- *Spingitubo*: Metodo di perforazione non guidata, efficace per l'inserimento di tubazioni sotto strade e infrastrutture senza necessità di scavi estesi. Il sistema prevede l'avanzamento del tubo tramite pressione idraulica o meccanica, riducendo il rischio di cedimenti strutturali e garantendo stabilità all'opera realizzata. Tale metodologia permette di creare micro-gallerie necessarie per gli attraversamenti trasversali di strade, linee ferrate, condotte ecc. Realizzato l'attraversamento, all'interno del contro-tubo si procede con l'inserimento della condotta. Questo tipo di perforazione orizzontale essendo *trenchless* (o no-dig), abbatte notevolmente l'invasività dell'opera, generando meno costi e minor impatto all'ambiente.

Le metodologie di risoluzione saranno concordate con gli enti gestori competenti, nel rispetto delle normative vigenti e delle specifiche prescrizioni tecniche.

5.2.3 Interferenza con Gasdotti

Il tracciato del cavidotto potrebbe presentare interferenze legate al parallelismo o ad attraversamento con la rete del gas.

L'interferenza tra il cavidotto e i gasdotti è regolata dalle indicazioni della norma CEI 11-17 art. 6.3.3 ed in maniera vincolante dai DM 16/04/08 e dal D.M. 24/11/1984 "*Norme di sicurezza antincendio*

per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8". Pertanto, nel caso di incroci e parallelismi tra cavi di energia e tubazioni convoglianti gas naturali, le modalità di posa ed i provvedimenti da adottare al fine di ottemperare a quanto disposto dal detto D.M. 24/11/1984, dovranno essere definiti con gli Enti proprietari o Concessionari del gasdotto.

Eventuali interferenze del cavidotto con metanodotti sono generalmente risolute attraverso l'utilizzo della T.O.C. così da bypassare il metanodotto attestando il tracciato a una profondità di circa 2,50 m rispetto all'estradosso inferiore della tubatura. Si prevede altresì:

- Di non porre entro i 13,5 m per lato del tracciato del metanodotto alcun pozzetto;
- Verranno inseriti nei punti di inizio e fine della trivellazione delle paline segnaletiche, al fine di segnalare post operam il tracciato;
- Verrà inserita una beola in cls a una distanza di 0,5 m dell'estradosso superiore del metanodotto come ulteriore protezione della tubatura.

5.2.4 Attraversamento condotte idriche

A seguire un esempio di un tipico impiegato per la risoluzione delle interferenze strade - condotta in pressione.

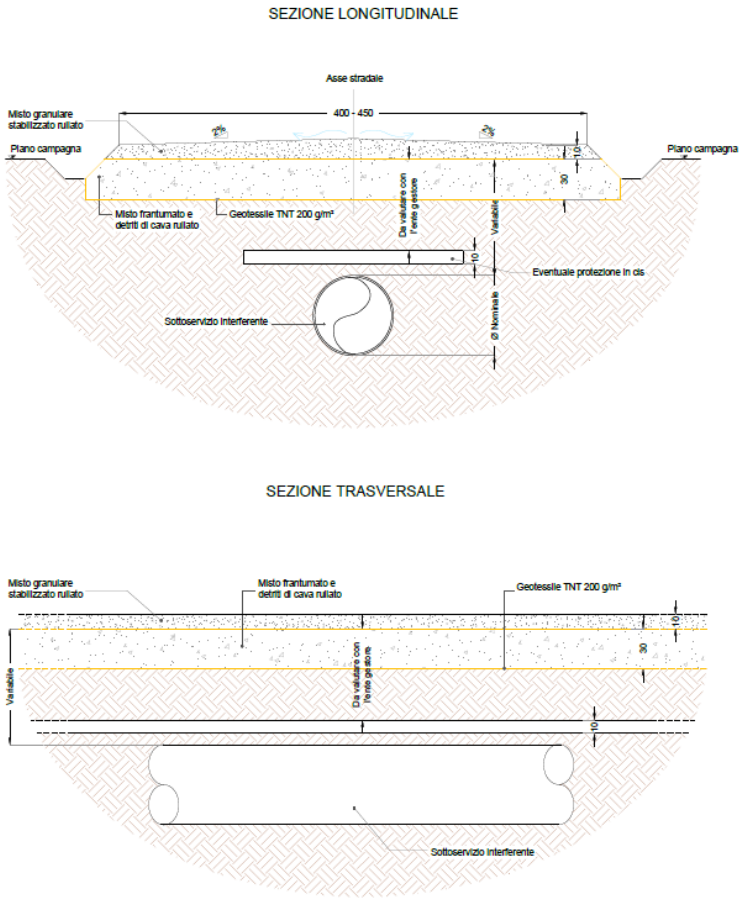


Figura 9. Sezione longitudinale e trasversale tipico risoluzione interferenze strade - condotta in pressione (interferenza con tubazioni di acquedotti - sottoservizi vari)

Si precisa comunque che in caso di interferenza con condotte in pressione le modalità esecutive saranno definite in accordo con l'ente gestore, con il quale si potrà, durante l'iter, eseguire sopralluoghi di ricognizione, al fine di adattare la soluzione tecnica impiegata, rispettando la normativa vigente CEI 11-17.

5.2.5 Presenza di linee elettriche

In presenza di interferenze tra l'impianto in progetto e le linee elettriche interrate, su tralicci o su palificate sarà necessario un'analisi approfondita per l'individuazione della soluzione migliore per il superamento di tale interferenza. Si cercherà di adottate soluzioni poco impattanti; il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/2001 (art. 4 c. 1 lettera h) introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, ossia dello spazio circostante l'elettrodotto, che comprende tutti i punti

al di sopra e al di sotto del livello del suolo caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA). La dimensione della DPA (Distanza di Prima Approssimazione) delle linee elettriche viene fornita approssimata per eccesso al metro superiore. La DPA dipenderà dalle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea e tenendo conto della presenza di eventuali altri elettrodotti. A tal proposito si rimanda *SKC_R_01_A_E_A_1_Relazione campi elettromagnetici.*

5.3 Interferenze dei trasporti speciali

Le zone del territorio italiano caratterizzate da una ventosità tale da rendere il luogo adatto ad ospitare gli aerogeneratori si trovano spesso in aree remote ed a quote elevate, dunque in località distanti dalla costa e dai principali porti marittimi, punti di snodo fondamentali per il trasporto in sito dei nuovi aerogeneratori.

La verifica della trasportabilità delle componenti di un impianto eolico rappresenta un aspetto fondamentale dell'analisi preliminare. Tale valutazione deve essere condotta con l'obiettivo di individuare i rischi connessi a ciascun punto critico lungo il percorso di trasporto e di stimarne gli impatti sia in termini di costi sia di tempi di esecuzione. A supporto dell'analisi è inoltre necessario consultare la documentazione tecnica specifica.

5.3.1 Interferenze con ostacoli sospesi in quota

Nel trasporto degli aerogeneratori, e in particolare delle pale, si potrebbero riscontrare interferenze aree. Le interferenze aeree tipiche sono:

- Linea elettrica AT;
- Linea elettrica MT;
- Linea elettrica BT;
- Linea telefonica;
- Impianti semaforici.

Generalmente in caso di interferenze con le linee elettriche AT durante il trasporto delle pale si cercherà di mantenersi al di sotto dell'altezza massima consentita.

In caso di interferenze con linea elettrica MT, BT e telefonica, sarà cura della società scrivente trasmettere ai gestori delle linee elettriche e telefoniche gli elaborati con l'individuazione dei tracciati planimetrici della viabilità e delle interferenze e di concordare le modalità di risoluzioni.

Per le interferenze con gli impianti semaforici si procederà allo spostamento provvisorio a bordo strada dei semafori che saranno ricollocati nella posizione originaria dopo la fine dei trasporti eccezionali.

5.3.2 Interferenze con ostacoli stradali

Uno dei principali problemi legati al trasporto dei nuovi aerogeneratori è legato al trasporto delle pale che rappresentano l'elemento più ingombrante in termini di lunghezza, questo implica la necessità di attenzionare le caratteristiche ed i requisiti che la viabilità esistente, e anche quella di progetto, devono avere.

È quindi importante, in fase preliminare, individuare il percorso stradale migliore, considerando che:

- La larghezza utile della strada minima per garantire un trasporto sicuro deve essere di almeno 5 metri sui tratti rettilinei e di grande raggio nei tratti di svolta;
- Il limite massimo della pendenza longitudinale non deve superare i 10-13%;
- Particolare attenzione deve essere posta ai ponti ed altri tipi di attraversamenti. È utile verificare che la loro portata massima sia sufficiente a consentire il transito dei mezzi carichi e delle gru.

Le strade, per consentire il passaggio della pala e della torre trasportata, quando ritenuto necessario, dovranno essere sgomberate lateralmente dai seguenti elementi:

- Vegetazione;
- Segnaletica stradale;
- Guard rail;
- Spartitraffico;
- Marciapiedi;
- Muri di sostegno.

Il trasporto di elementi di grandi dimensioni, come quelli che compongono una turbina eolica è un'operazione complessa che richiede dunque una pianificazione dettagliata dei percorsi, dal luogo

di arrivo sino ai siti di installazione. Tutte le criticità e le problematiche legate al trasporto sono state analizzate nel dettaglio nella relazione delle analisi e progetto strada di accesso al parco eolico.

6 DESCRIZIONE GENERALE DELLA TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA (T.O.C.)

La Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.), definita anche come perforazione direzionale, perforazione orizzontale controllata o perforazione teleguidata è una tecnica di perforazione no-dig che consente la posa interrata di tubazioni di vario diametro e materiale, senza scavi a cielo aperto.

Il profilo di trivellazione è identificato in fase progettuale e viene seguito in fase di realizzazione grazie a sistemi di guida estremamente precisi. Applicazioni tipiche includono attraversamenti di corsi d'acqua, strade e aree sensibili, nonché interventi di consolidamento e bonifica.

L'impiego di questa tecnologia implica un'analisi preliminare della situazione stratigrafica lungo il profilo di trivellazione.

La trivellazione orizzontale controllata prevede l'utilizzo del *rig,* una torre di perforazione posta su di un piano inclinato (slittone). Su di esso, trasla il carrello di perforazione completo con il motore idraulico che permette la rotazione del mandrino. Le aste di perforazione vengono installate sul mandrino e il loro montaggio e smontaggio viene eseguito con morse idrauliche. Il rig è costituito da:

- *Cabina di controllo*: dove si trovano i dispositivi di manovra e le attrezzature;
- *Unità di generazione di energia*: costituita dai motori elettrici o a scoppio che producono energia idraulica. Questa energia viene trasmessa al rig tramite la cabina di comando e serve per la traslazione del carrello e la perforazione del carrello;
- *Unità di fanghi*: costituita da una vasca, in cui vengono preparati i fanghi bentonitici per mezzo di una tramoggia venturi e di miscelatori; tramite pompe sommerse comandate dall'operatore i fanghi vengono immessi nel circuito. Gli stessi fanghi possono essere riciclati per una successiva utilizzazione grazie ad appositi filtraggi. La raccolta della bentonite sarà realizzata mediante scavo nel terreno di vasche opportunamente impermeabilizzate;
- *Unità di approvvigionamento idrico:* costituita da una pompa sommersa ubicata nel corso d'acqua da attraversare. Tramite dei tubi flessibili (manichette) invia l'acqua necessaria alla preparazione dei fanghi alla vasca di miscelazione;
- *Trivella*: Per la trivellazione del foro pilota vengono utilizzate due tipi di trivelle, una a getti ed una a motore a fanghi. La trivella a getti è un'asta di trivellazione con due fori sulla testa, uno

centrale e l'altro eccentrico. La bentonite in pressione, fuoriuscendo dai fori esercita un'azione di scavo nel terreno. La trivella con motore a fanghi è costituita da una turbina, azionata dai fanghi in pressione, che imprime una rotazione ad uno scalpello posto sulla testa; i fanghi fuoriescono poi da un foro posto sullo scalpello. Gli scalpelli possono essere di diversi tipi a seconda delle condizioni di terreno incontrate. Questa trivella si completa con la scarpa direzionale, che è un ringrosso eccentrico dell'asta di perforazione posizionato a circa 1 metro dalla testa;

- *Aste pilota*: A seconda del sistema direzionale impiegato le aste possono essere dotate di giunti conici o cilindrici. Le aste di trivellazione ubicate proprio dietro la trivella sono in materiale amagnetico per non influenzare il sistema di controllo direzionale;
- *Tubo guida:* costituito da aste di perforazione;
- *Attrezzature alesaggio e tiro-posa*: Queste attrezzature cambiano da ditta a ditta in base alle esperienze degli operatori, ai brevetti che le tutelano e ai terreni da attraversare;
- Alesatore: formato da una corona dentata su cui sono posti da sei a nove ugelli per l'uscita dei fanghi e una quantità variabile di taglienti;
- *Fresa a barilotto*: costituita da un cilindro bombato e dentato alle estremità completo con i soliti ugelli. Questo alesatore è molto utile se usato in coppia con il precedente, perché permette di mantenere sempre centrata la fresa rispetto al foro;
- *Snodo*: indispensabile per evitare che la condotta ruoti durante l'operazione di tiro-posa. Viene interposto tra la fresa e la condotta.

Le fasi operative per la posa di una tubazione mediante trivellazione controllata sono essenzialmente tre:

1. Esecuzione del foro pilota;
2. Alesatura del foro;
3. Tiro e posa della tubazione.

6.1 Esecuzione del foro pilota

L'esecuzione del foro pilota è la prima e la più delicata delle fasi di lavoro. Tale operazione può avvenire mediante diverse tecniche a seconda della litologia dei terreni presenti. La trivellazione consiste nel far avanzare le aste pilota con in testa una lancia a getti di fango bentonitico che consente il taglio del terreno. Al fine di minimizzare le interferenze con l'ambiente esterno e con le

falde acquifere si prevedrà l'utilizzo di miscele bentonitiche (fango di perforazione) additivate con polimeri biodegradabili con alto potere coesivo ed alta fluidità con caratteristiche di riduttori di filtrato.

La lancia a getti di fango bentonitico consiste in una asta che presenta una deviazione di circa 1° e dispone di due ugelli, uno centrale rispetto alla testa e l'altro, eccentrico, in asse con la deviazione.

I cambi di direzione necessari sono ottenuti ruotando le aste di perforazione in modo tale che la direzione della deviazione coincida con quella desiderata (asse trivellazione).

Il tracciato del foro pilota sarà controllato durante la trivellazione da frequenti letture dell'inclinazione e dell'azimut all'estremità della testa di perforazione. Queste letture, unite ai dati relativi alla lunghezza delle aste di trivellazione già installate, saranno utilizzate per calcolare le coordinate orizzontali e verticali dell'estremità di testa rapportate al punto di inizio della trivellazione.

Durante la perforazione del foro pilota, si procede periodicamente con l'inserimento e la rotazione di un tubo guida concentrico all'asta di perforazione. Questa operazione ha molteplici scopi: prevenire il bloccaggio dell'asta pilota, minimizzare l'attrito e facilitare le manovre di orientamento, oltre a favorire l'asportazione dei materiali di scavo. Il tubo guida svolge inoltre una funzione di mantenimento del foro aperto, consentendo eventuali operazioni di ritiro dell'asta pilota. Il completamento del foro pilota si verifica quando sia l'asta pilota che il tubo guida emergono dalla superficie sul lato opposto al rig. A questo punto, l'asta pilota viene estratta, lasciando in situ il tubo guida come riferimento per le successive fasi di allargamento del foro.

In caso di materiali molto compatti e in tutti i tipi di roccia, il sistema di perforazione ad espulsione di fanghi sopra descritto non è impiegabile; in tali circostanze si impiegano sistemi di trivellazione a roto-percussione che consistono nell'impiego di speciali martelli pneumatici a fondo foro direzionabili, alimentati da aria compressa additivata da schiume fluide (biodegradabili). Tale sistema non garantisce però un preciso direzionamento. Estremamente più efficace e precisa è invece la perforazione idromeccanica con "*mud motor*", ottenuta per mezzo di uno speciale motore a turbina, azionata da una circolazione forzata di fanghi a cui è collegato un utensile che, taglia meccanicamente e con facilità le rocce.

6.2 Alesatura del foro

Questa fase consiste nell'allargare il foro per mezzo di un alesatore di diametro adeguato alle dimensioni della tubazione da posare, generalmente il diametro dell'alesatore è circa 20-30% più grande del tubo da posare.

La testa di trivellazione viene sostituita con particolari alesatori che vengono trascinati a ritroso all'interno del foro, che ruotando grazie al moto trasmesso dalle aste ed esercitano un'azione frenante per allargare il foro. Durante le fasi di trivellazione, di pre-alesatura e di tiro-posa, verrà impiegato del fango bentonitico.

Questo fango, opportunamente dosato in base al tipo di terreno, avrà molteplici funzioni quali ridurre gli attriti nelle fasi di scavo, trasportare alla superficie i materiali di scavo, mantenere aperto il foro, lubrificare la condotta nella fase di tiro-posa e garantirne il galleggiamento. L'asportazione del terreno, anche in questa fase, è effettuata grazie all'impiego di getti di fango che, allo stesso tempo, garantiscono la stabilizzazione delle pareti del foro.

6.3 Tiro e posa della tubazione

Sul lato opposto al rig, verrà prefabbricata la colonna di varo, preferibilmente in un unico elemento, per accelerare le operazioni. Prima del varo, la colonna sarà sottoposta a collaudi idraulici. Per facilitare lo scorrimento, verrà predisposta una linea di appoggio (rulli, carrelli). I cavidotti assumeranno una catenaria predefinita per evitare danneggiamenti durante l'ingresso nel foro. Saranno rispettati i raggi di curvatura minimi indicati nel progetto esecutivo. Al termine, verrà redatta una relazione con il posizionamento esatto della condotta e saranno installate paline segnaletiche.

Palermo, 09/10/2025 Ing. Girolamo Gorgone