

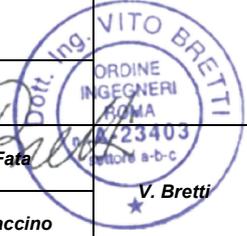
 Kailia Energia PARCO EOLICO MARINO			CODE KAI.ENG.REL.018.00
		 GEOTECH S.r.l. <small>SOCIETA' DI INGEGNERIA Via T.Nani, 7 Morbegno (SO) Tel. +39 0342610774 E-mail: info@geotech-srl.it Site: www.geotech-srl.it</small>	PAGE 1 di/of 32

RELAZIONE **AVAILABLE LANGUAGE: IT**

**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO
 ECONOMICA PER LA REALIZZAZIONE DEL
 PARCO EOLICO OFFSHORE: KAILIA**

Relazione tecnica elettrodotto

00	15/02/2024	EMISSIONE DEFINITIVA	<i>V. Bonifati</i>	<i>A. Fata</i>	<i>V. Bretti</i>
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED



CLIENT CODE													
IMP.			GROUP.				TYPE			PROGR.			REV
K	A	I	E	N	G	R	E	L	0	1	8	0	0
CLASSIFICATION <i>Final Issue</i>							UTILIZATION SCOPE <i>Supporto SIA</i>						

This document is property of Kailia Energia S.r.l. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Kailia Energia S.r.l.

 Kailia Energia PARCO EOLICO MARINO			CODE KAI.ENG.REL.018.00
		 GEOTECH S.r.l. <small>SOCIETA' DI INGEGNERIA Via T. Nani, 7 Morbegno (SO) Tel. +39 0342810774 E-mail: info@geotech-srl.it Sito: www.geotech-srl.it</small>	PAGE 2 di/of 32

Indice

1.0	INTRODUZIONE	6
1.1.	RIFERIMENTI METODOLOGICI PER L'ELABORAZIONE DELLO STUDIO	6
1.1.1	LEGGI	6
1.1.2	NORME TECNICHE	7
1.1.3	PRESCRIZIONI DIVERSE	8
1.2.	DESCRIZIONE SCHEMATICA DEL PROGETTO	8
2.0	SOLUZIONE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI TRASPORTO NAZIONALE	10
3.0	UBICAZIONE E DESCRIZIONE DELLE OPERE OFFSHORE	12
3.1	CONFIGURAZIONE DEI CAVI DI COLLEGAMENTO ALL'INTERNO DEL PARCO EOLICO E DEL CAVO DI ESPORTAZIONE	12
3.1.1	CARATTERISTICHE DEL CAVO SOTTOMARINO A 66 KV	16
4.0	UBICAZIONE E DESCRIZIONE DELLE OPERE ON SHORE	19
4.1	INTERVENTO 2 – COLLEGAMENTI A 66 KV	20
4.1.1	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO	20
4.1.2	CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL'ELETTRODOTTO IN CAVO.....	21
4.1.3	COMPOSIZIONE DELL'ELETTRODOTTO.....	21
4.1.3.1	CARATTERISTICHE ELETTRICHE E MECCANICHE DEL CONDUTTORE DI ENERGIA 21	
4.1.3.2	COLLEGAMENTO DEGLI SCHERMI	22
4.1.3.3	GIUNTI.....	22
4.1.3.4	TERMINALI PER QUADRO BLINDATO	22
4.1.3.5	SISTEMA DI TELECOMUNICAZIONE.....	22
4.1.3.6	SISTEMA DI MONITORAGGIO.....	23
4.1.4	SEZIONI TIPICHE DI POSA.....	23
4.1.4.1	POSA A TRIFOGLIO SU PASSERELLE ENTRO CUNICOLO TECNOLOGICO – SEZIONE TIPO “A”	24
4.2	INTERVENTO 4 – COLLEGAMENTI A 380 KV	25
4.2.1	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO	25
4.2.2	CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL'ELETTRODOTTO IN CAVO.....	25
4.2.3	COMPOSIZIONE DELL'ELETTRODOTTO.....	25
4.2.3.1	CARATTERISTICHE ELETTRICHE E MECCANICHE DEL CONDUTTORE DI ENERGIA 26	

 Kailia Energia <small>PARCO EOLICO MARINO</small>			CODE KAI.ENG.REL.018.00
		 GEOTECH S.r.l. <small>SOCIETA' DI INGEGNERIA Via T. Nani, 7 Morbegno (SO) Tel. +39 0342810774 E-mail: info@geotech-srl.it Site: www.geotech-srl.it</small>	PAGE 3 di/of 32

4.2.3.2	COLLEGAMENTO DEGLI SCHERMI	26
4.2.3.3	GIUNTI.....	27
4.2.3.4	BUCHE GIUNTI	27
4.2.3.5	TERMINALI PER ESTERNO.....	28
4.2.3.6	SISTEMA DI TELECOMUNICAZIONE.....	28
4.2.3.7	SISTEMA DI MONITORAGGIO.....	28
4.2.4	SEZIONI TIPICHE DI POSA.....	29
4.2.4.1	POSA IN TUBIERA – SEZIONE TIPO “B”	29
4.2.4.2	POSA IN TUBIERA A TRIFOGLIO ALLARGATO – SEZIONE TIPO “D1”	30
4.2.4.3	POSA IN TUBIERA A TRIFOGLIO ALLARGATO – SEZIONE TIPO “D2”	30
4.2.4.4	POSA SU PASSERELLA – SEZIONE TIPO “E”	30
5.0	CONCLUSIONI	32

TABELLE

Tabella 1: Valore preliminare di corrente per stringa	13
Tabella 2: Riepilogo della configurazione dei cavi di collegamento all'interno del parco (inter-array).....	14
Tabella 3: Riepilogo componenti del cavo di esportazione a 66 kV.....	17
Tabella 6: Caratteristiche cavo di telecomunicazione	23
Tabella 7: Caratteristiche cavo di telecomunicazione	28

FIGURE

Figura 1: Estratto elaborato KAI.ENG.TAV.001.00_Inquadramento generale delle opere.....	9
Figura 2: Schema linee di trasmissione ad alta tensione in Puglia.....	11
Figura 3: Configurazione dei cavi di collegamento all'interno del parco (inter-array) e del cavo di esportazione.	12
Figura 4: Esempio di cavo di esportazione a 66 kV	17
Figura 5: Configurazioni standard dei cavi dinamici.....	18
Figura 6: Posa dei cavi dinamici “lazy wave” realizzata mediante galleggianti.....	18
Figura 7: Estratto elaborato KAI.ENG.TAV.012_00_Area onshore - Inquadramento su CTR (tav. 1 di 5)	19
Figura 8: Sezione indicativa del cavo	21
Figura 9: Sezione cavo con 48 fibre ottiche	23
Figura 10: Tipologico cunicolo tecnologico.....	24
Figura 11: Sezione indicativa del cavo.....	26

 Kailia Energia <small>PARCO EOLICO MARINO</small>			<i>CODE</i> KAI.ENG.REL.018.00
		 GEOTECH S.r.l. <small>SOCIETA' DI INGEGNERIA Via T. Nani, 7 Morbegno (SO) Tel. +39 0342810774 E-mail: info@geotech-srl.it Site: www.geotech-srl.it</small>	<i>PAGE</i> 4 di/of 32

Figura 12: Tipologico schema cross bonding27

Figura 13: Sezione cavo28

 Kailia Energia <small>PARCO EOLICO MARINO</small>			CODE KAI.ENG.REL.018.00
		 GEOTECH S.r.l. <small>SOCIETA' DI INGEGNERIA Via T. Nani, 7 Morbegno (SO) Tel. +39 0342810774 E-mail: info@geotech-srl.it Site: www.geotech-srl.it</small>	PAGE 5 di/of 32

ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

DM	Decreto Ministeriale
DTS	Distributed Temperature Sensing
EPR	Etilene propilene
PEAD	Polietilene ad Alta Densità
PNC	Piano Nazionale per gli investimenti Complementari al PNRR
PNRR	Piano di Ripresa e Resilienza
PVC	PoliVinilCloruro
TR – XLPE	Polietilene reticolato
RTN	Rete di Trasmissione Nazionale
MIMS	Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibile
RTTR	Real Time Thermal Rating
TOC	Trivellazione Orizzontale Controllata
SU	Stazione Utente

 Kailia Energia <small>PARCO EOLICO MARINO</small>			CODE KAI.ENG.REL.018.00
		 GEOTECH S.r.l. <small>SOCIETA' DI INGEGNERIA Via T. Nani, 7 Morbegno (SO) Tel. +39 0342610774 E-mail: info@geotech-srl.it Site: www.geotech-srl.it</small>	PAGE 6 di/of 32

1.0 INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione è la descrizione delle caratteristiche tecniche e delle opere necessarie per la costruzione dell'impianto di utenza per la connessione utile per il collegamento alla RTN dell'impianto eolico offshore denominato "**Kailia**", ubicato di fronte alla costa nord-orientale della Regione Puglia, in corrispondenza dello specchio di mare indicativamente compreso tra il comune di Brindisi (BR) e San Cataldo (LE).

Più nello specifico, l'elaborato riferisce in merito ai raccordi di connessione in cavo sottomarino e terrestre, rimandando all'elaborato *KAI.ENG.REL.015.00_Relazione tecnica opere elettriche* per il dettaglio della stazione di trasformazione e della Buca giunti.

Il progetto in analisi, proposto dalla società Kailia Energia S.r.l., con sede legale in Viale Monza 259, 20126 Milano (MI) C.F. P. IVA:11670440962, è stato sottoposto alla procedura di Scoping presso il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (ex MiTE) con istanza del 30 Settembre 2021.

La presente relazione è parte integrante del Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica predisposto, a seguito della fase preliminare richiamata, nell'ambito della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale.

L'approfondimento tematico di cui al presente studio costituisce parte integrante del Progetto (approfondito a livello di Progetto di fattibilità tecnico-economica secondo quanto stabilito dalle Linee Guida MIMS per la redazione del progetto di fattibilità tecnica ed economica da porre a base dell'affidamento di contratti pubblici di lavori del PNRR e del PNC (*Art. 48, comma 7, del decreto-legge 31 maggio 2021, n. 77, convertito nella legge 29 luglio 2021, n. 108*)) e della documentazione allegata allo Studio di Impatto Ambientale, documenti redatti in conformità alle norme vigenti e richiesti dal D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. e dalla Circolare 40/2012 relativamente alla fase di Valutazione di Impatto Ambientale.

1.1. RIFERIMENTI METODOLOGICI PER L'ELABORAZIONE DELLO STUDIO

In questo paragrafo si riportano i principali riferimenti normativi da prendere in considerazione per la progettazione, la costruzione e l'esercizio delle opere descritte nel presente documento.

Il presente elaborato, inoltre, è stato redatto sulla base delle informazioni riportate nel Piano Tecnico delle Opere del Parco Eolico Offshore Kailia sviluppato da CEBAT S.p.A. – GEOTECH S.r.l.].

1.1.1 LEGGI

- Regio Decreto 11 dicembre 1933 n° 1775 "Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici";
- Legge 23 agosto 2004, n. 239 "Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia";
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPCM 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";

 Kailia Energia <small>PARCO EOLICO MARINO</small>			CODE KAI.ENG.REL.018.00
		 GEOTECH S.r.l. <small>SOCIETA' DI INGEGNERIA Via T. Nani, 7 Morbegno (SO) Tel. +39 0342610774 E-mail: info@geotech-srl.it Site: www.geotech-srl.it</small>	PAGE 7 di/of 32

- DPR 8 giugno 2001 n°327 “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di Pubblica Utilità” e s.m.i.;
- Legge 24 luglio 1990 n° 241, “Norme sul procedimento amministrativo in materia di conferenza dei servizi” come modificato dalla Legge 11 febbraio 2005, n. 15, dal Decreto legge 14 marzo 2005, n. 35 e dalla Legge 2 aprile 2007, n. 40;
- Decreto Legislativo 22 gennaio 2004 n° 42 “Codice dei Beni Ambientali e del Paesaggio, ai sensi dell’articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137 “;
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 dicembre 2005 “Individuazione della documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi proposti, ai sensi dell’articolo 146, comma 3, del Codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42”;
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 “Norme in materia ambientale”;
- Decreto Legislativo 09 Aprile 2008 n° 81 “Attuazione dell’articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n° 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”;
- Legge 5 novembre 1971 n. 1086. “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Applicazione delle norme sul cemento armato”;
- Decreto Interministeriale 21 marzo 1988 n. 449 “Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l’esecuzione e l’esercizio delle linee aeree esterne”;
- Decreto Interministeriale 16 gennaio 1991 n. 1260 “Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell’esercizio di linee elettriche aeree esterne”;
- Decreto Interministeriale del 05/08/1998 “Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione ed esercizio delle linee elettriche aeree esterne”.

1.1.2 NORME TECNICHE

- CEI 11-4, “Esecuzione delle linee elettriche esterne”, quinta edizione, 1998:09
- CEI 11-17, “Esecuzione delle linee elettriche in cavo”, quinta edizione, maggio 1989
- CEI 11-60, “Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne”, seconda edizione, 2002-06
- CEI 211-4, “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”, prima edizione, 1996-07
- CEI 211-6, “Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell’intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all’esposizione umana”, prima edizione, 2001-01
- CEI 103-6 “Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell’induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto”, terza edizione, 1997:12
- 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”, prima edizione, 2006:02
- CEI 11-1 “Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata”;

 Kailia Energia PARCO EOLICO MARINO			<i>CODE</i> KAI.ENG.REL.018.00
		 GEOTECH S.r.l. <small>SOCIETA' DI INGEGNERIA Via T. Nani, 7 Morbegno (SO) Tel. +39 0342610774 E-mail: info@geotech-srl.it Sito: www.geotech-srl.it</small>	<i>PAGE</i> 8 di/of 32

- CEI EN 11-37 “Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV”;
- CEI EN 62271-1 “Apparecchiature di manovra e di comando ad alta tensione – prescrizioni comuni”;
- CEI EN 62271-203 “Apparecchiature di manovra con involucro metallico con isolamento in gas per tensioni nominali superiori a 52 kV”.

1.1.3 PRESCRIZIONI DIVERSE

- TERNA - Codice di rete
- TERNA – Allegato A.17

1.2. DESCRIZIONE SCHEMATICA DEL PROGETTO

L'area designata per l'installazione del parco eolico è ubicata all'estremità meridionale della regione Puglia, nello specchio di mare indicativamente compreso tra il comune di Brindisi (BR) e San Cataldo (LE) a distanze comprese tra 8,7 km (distanza minima dalla costa) e 21,9 km e profondità variabili tra 70 m e 125 m circa. Il parco eolico interessa un'area pari a circa 175 kmq.



Figura 1: Estratto elaborato KAI.ENG.TAV.001.00_Inquadramento generale delle opere

Il parco eolico offshore sarà composto da 78 aerogeneratori per complessivi 1.170 MW.

Il parco eolico sarà collegato a mezzo di cavi sottomarini con il punto di approdo nel comune di Brindisi a nord della centrale elettrica "Federico II", da cui le opere di connessione si estenderanno all'interno del comune di Brindisi dapprima fino alla Sottostazione Utente (SSE) 66/380 kV e successivamente fino alla SE di Cerano (BR). Sulla base della STMG rilasciata da Terna, si prevedono rinforzi della rete elettrica nei dintorni del nodo di Brindisi che constano nella realizzazione di due nuovi elettrodotti RTN a 380 kV di collegamento tra un futuro ampliamento della SE Brindisi Sud ed un futuro ampliamento della sezione 380 kV della SE RTN 380/150 kV di Brindisi.

Per ogni ulteriore dettaglio sulle caratteristiche del progetto si rimanda all'elaborato KAI.ENG.REL.003.00_Relazione tecnica.

 Kailia Energia <small>PARCO EOLICO MARINO</small>			CODE KAI.ENG.REL.018.00
		 GEOTECH S.r.l. <small>SOCIETA' DI INGEGNERIA Via T. Nani, 7 Morbegno (SO) Tel. +39 0342610774 E-mail: info@geotech-srl.it Site: www.geotech-srl.it</small>	PAGE 10 di/of 32

2.0 SOLUZIONE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI TRASPORTO NAZIONALE

In data 08/03/2022 la società Kailia Energia S.r.l. ha ricevuto da TERNA la Soluzione Tecnica Minima Generale in risposta alle richieste di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) per i quattro impianti di generazione da fonte rinnovabile (eolica offshore) KAILIA A, KAILIA B, KAILIA C e KAILIA D.

Per tutti gli impianti, identificati rispettivamente con i codici pratica 202100709, 202100710, 202100711, 202100712, la soluzione di connessione prevedeva il collegamento in antenna a 380 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 380/150 kV di Brindisi Sud, previa realizzazione di due nuovi elettrodotti RTN a 380 kV di collegamento tra l'ampliamento della SE Brindisi Sud ed un futuro ampliamento della sezione 380 kV della SE RTN 380/150 kV di Brindisi e dei seguenti interventi previsti da Piano di Sviluppo Terna:

- Elettrodotto 380 kV Foggia – Larino – Gissi (cod. 402-P)
- Elettrodotto 380 kV Deliceto – Bisaccia (cod. 505-P)
- Elettrodotto 380 kV Aliano – Montecorvino (cod. 546-P)
- Elettrodotto 380 kV Montecorvino – Benevento (cod. 506-P)
- Elettrodotto 380 kV area Nord Benevento (553-N)

Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'ARERA, TERNA comunicava che i nuovi elettrodotti in antenna a 380 kV per il collegamento degli impianti sulla stazione RTN costituivano impianto di utenza per la connessione, mentre gli stalli a 380 kV nella suddetta stazione costituivano impianti di rete per la connessione.

A seguito di diversi incontri con TERNA si è arrivati ad una modifica della soluzione di connessione in data 19/07/2023. La soluzione finale prevede:

- In primis la condivisione dello stallo di connessione: l'impianto Kailia A si prevede condivida lo stallo con l'impianto Kailia B e l'impianto Kailia C si prevede condivida lo stallo con l'impianto Kailia D;
- La modifica dell'ubicazione degli stalli per la connessione non più presso la stazione di Brindisi Sud ma presso la futura stazione TERNA 380/150kV denominata SE Cerano ubicata in località Cerano nel comune di Brindisi, già progettata e in fase di autorizzazione da parte della società Cerano Energreen S.r.l.. La stazione sarà connessa in entra-esce a due delle linee 380kV di collegamento tra la SE Brindisi Centrale e la SE Brindisi SUD.

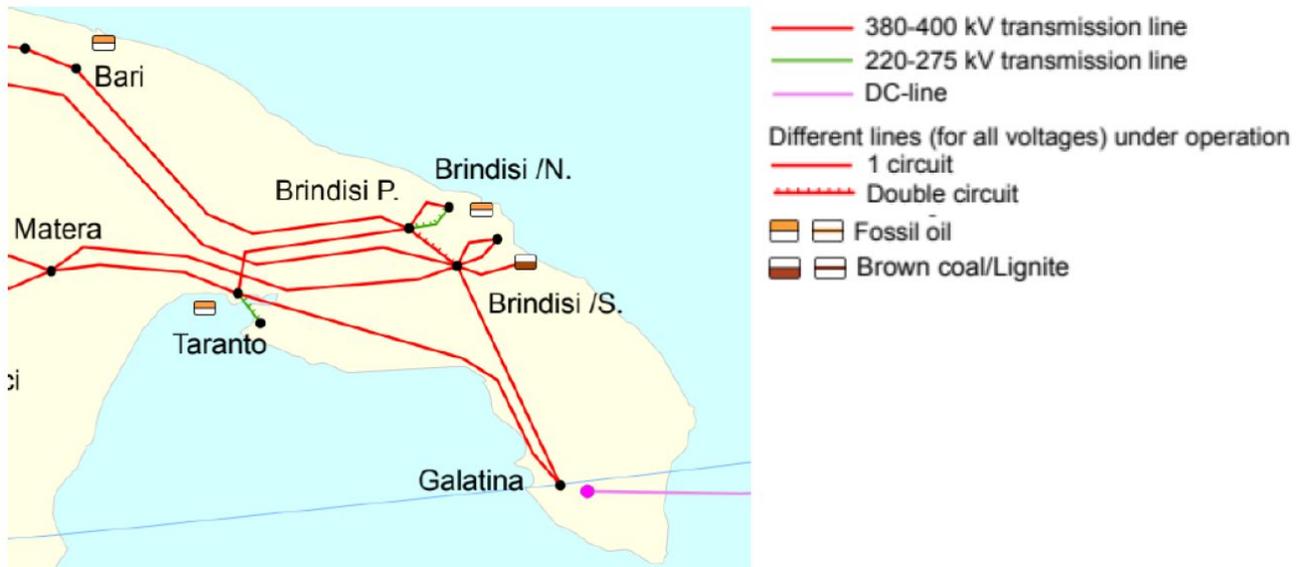


Figura 2: Schema linee di trasmissione ad alta tensione in Puglia.

 Kailia Energia PARCO EOLICO MARINO			CODE KAI.ENG.REL.018.00
		 GEOTECH S.r.l. SOCIETA' DI INGEGNERIA Via T. Nani, 7 Morbegno (SO) Tel. +39 0342810774 E-mail: info@geotech-srl.it Sito: www.geotech-srl.it	PAGE 12 di/of 32

3.0 UBICAZIONE E DESCRIZIONE DELLE OPERE OFFSHORE

Come premesso, il parco eolico offshore Kailia è composto da 78 aerogeneratori, ciascuno da 15 MW. Il parco è complessivamente diviso in quattro campi, suddivisi in quattro clusters con cinque o sei aerogeneratori per stringa.

Il cavo di esportazione collega ogni stringa con la Buca giunti, da dove i cavi onshore si dipartono verso la sottostazione onshore. Il parco eolico in progetto non prevede nel caso di base la sottostazione offshore (ovvero non c'è un aumento di tensione dalle turbine alla sottostazione onshore), pertanto il livello di tensione sia per l'inter-array che per il cavo di esportazione alla sottostazione è pari a 66 kV.

Nella sottostazione onshore sono presenti idonei trasformatori per l'aumento di tensione fino a 380 kV per il collegamento alla linea di trasmissione (interrata), di circa 4 km verso il punto di consegna alla RTN definito nella futura SE TERNA Cerano.

3.1 CONFIGURAZIONE DEI CAVI DI COLLEGAMENTO ALL'INTERNO DEL PARCO EOLICO E DEL CAVO DI ESPORTAZIONE

Considerando la configurazione precedentemente descritta per ciascuno dei quattro campi, il numero complessivo dei cavi di esportazione a terra è pari a 14. Inoltre, come già illustrato, l'assenza della sottostazione offshore fa sì che il livello di tensione dagli aerogeneratori alla sottostazione onshore sia pari a 66 kV.

La seguente figura mostra la configurazione del cavo progettata per ciascuno dei quattro campi che compongono il progetto Kailia, sia quelli di collegamento all'interno del parco (inter-array) che del cavo di esportazione dalla sezione offshore alla sottostazione onshore.



Figura 3: Configurazione dei cavi di collegamento all'interno del parco (inter-array) e del cavo di esportazione.

 Kailia Energia PARCO EOLICO MARINO			CODE KAI.ENG.REL.018.00
		 GEOTECH S.r.l. <small>SOCIETA' DI INGEGNERIA Via T. Nani, 7 Morbegno (SO) Tel. +39 0342610774 E-mail: info@geotech-srl.it Sito: www.geotech-srl.it</small>	PAGE 13 di/of 32

Si riporta di seguito la formula che consente di stimare la corrente prodotta da ciascun aerogeneratore, a seconda della sua potenza:

$$I_{n,gen,k} = \frac{P_{n,gen}}{\sqrt{3} \cdot (66 \cdot 10^3) \cdot 0,99} = \frac{15 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot (66 \cdot 10^3) \cdot 0,99} \cong 132,54 \text{ A} \cong 133 \text{ A}$$

dove:

- $P_{n,gen}$ = potenza attiva prodotto per aerogeneratore (W);
- V_n = livello di tensione dell'aerogeneratore (V);
- $\cos \varphi_{gen}$ = fattore di potenza.

A partire dalla stima della corrente prodotta da ciascun aerogeneratore, è possibile stimare il valore di corrente totale per stringa.

La seguente formula consente la stima del valore di corrente per le stringhe con 5 aerogeneratori:

$$I_{n,gen,k} = \sum_{k=1}^K I_{n,gen,k} = 5 \cdot 133 = 665 \text{ A}$$

La seguente formula consente invece la stima del valore di corrente per le stringhe con 6 aerogeneratori:

$$I_{n,gen,k} = \sum_{k=1}^K I_{n,gen,k} = 6 \cdot 133 = 798 \text{ A}$$

Dove k è il numero di aerogeneratori per ciascuna stringa.

Tabella 1: Valore preliminare di corrente per stringa

Campi del parco Kailia	Numero di stringhe	Valore di corrente per stringa (A)
A	4	665/798
B	3	665/798
C	4	665/798
D	3	665/798
Totale cavi di esportazione	14	-

La tabella seguente riassume la configurazione dei cavi di collegamento all'interno del parco (inter-array) e la configurazione del cavo di esportazione. Più nello specifico, per ogni sezione si riporta l'indicazione del livello di tensione e della lunghezza del cavo.

Tabella 2: Riepilogo della configurazione dei cavi di collegamento all'interno del parco (inter-array)

Sezione	Tensione [kV]	Lunghezza dei cavi [km]
Kailia A		
A1.1 – A1.2	66	1,66
A1.2 – A1.3	66	1,53
A1.3 – A1.4	66	2,63
A1.4 – A1.5	66	1,53
A1.5 – Buca giunti	66	28,05
Buca giunti – Sottostazione onshore Kailia	66	0,38
A2.1 – A2.2	66	1,53
A2.2 – A2.3	66	1,53
A2.3 – A2.4	66	1,53
A2.4 – A2.5	66	1,53
A2.5 – Buca giunti	66	20,31
Buca giunti – Sottostazione onshore Kailia	66	0,38
A3.1 – A3.2	66	1,53
A3.2 – A3.3	66	1,53
A3.3 – A3.4	66	1,53
A3.4 – A3.5	66	1,53
A3.5 – A3.6	66	1,53
A3.6 – Buca giunti	66	20,63
Buca giunti – Sottostazione onshore Kailia	66	0,38
A4.1 – A4.2	66	1,53
A4.2 – A4.3	66	1,53
A4.3 – A4.4	66	1,53
A4.4 – A4.5	66	1,53
A4.5 – A4.6	66	1,53
A4.6 – Buca Giunti	66	23,17
Buca giunti – Sottostazione onshore Kailia	66	0,38
Kailia B		
B1.1 – B1.2	66	1,53
B1.2 – B1.3	66	1,53
B1.3 – B1.4	66	1,53
B1.4 – B1.5	66	1,53
B1.5 – Buca giunti	66	21,97

Sezione	Tensione [kV]	Lunghezza dei cavi [km]
Buca giunti – Sottostazione onshore Lato Mare	66	0,38
B2.1 – B2.2	66	1,53
B2.2 – B2.3	66	1,53
B2.3 – B2.4	66	1,53
B2.4 – B2.5	66	1,53
B2.5 – B2.6	66	1,53
B2.6 – Buca giunti	66	22,21
Buca giunti – Sottostazione onshore Kailia	66	0,38
B3.1 – B3.2	66	1,53
B3.2 – B3.3	66	1,53
B3.3 – B3.4	66	1,53
B3.4 – B3.5	66	1,53
B3.5 – B3.6	66	1,53
B3.6 – Buca giunti	66	22,98
Buca giunti – Sottostazione onshore Kailia	66	0,38
Kailia C		
C1.1 – C1.2	66	1,53
C1.2 – C1.3	66	1,53
C1.3 – C1.4	66	1,53
C1.4 – C1.5	66	1,53
C1.5 – Buca giunti	66	29,64
Buca giunti – Sottostazione onshore Kailia	66	0,38
C2.1 – C2.2	66	1,53
C2.2 – C2.3	66	1,53
C2.3 – C2.4	66	1,53
C2.4 – C2.5	66	1,53
C2.5 – Buca giunti	66	30,37
Buca giunti – Sottostazione onshore Kailia	66	0,38
C3.1 – C3.2	66	1,53
C3.2 – C3.3	66	1,53
C3.3 – C3.4	66	1,53
C3.4 – C3.5	66	1,53
C3.5 – C3.6	66	1,53
C3.6 – Buca giunti	66	31,78

Sezione	Tensione [kV]	Lunghezza dei cavi [km]
Buca giunti – sottostazione onshore Kailia	66	0,38
C4.1 – C4.2	66	1,53
C4.2 – C4.3	66	1,53
C4.3 – C4.4	66	1,53
C4.4 – C4.5	66	1,53
C4.5 – C4.6	66	1,53
C4.6 – Buca giunti	66	24,18
Buca giunti – Sottostazione onshore Kailia	66	0,38
Kailia D		
D1.1 – D1.2	66	1,53
D1.2 – D1.3	66	1,53
D1.3 – D1.4	66	1,53
D1.4 – D1.5	66	1,53
D1.5 – Buca giunti	66	29,09
Buca giunti – Sottostazione onshore Kailia	66	0,38
D2.1 – D2.2	66	1,53
D2.2 – D2.3	66	1,53
D2.3 – D2.4	66	1,53
D2.4 – D2.5	66	1,53
D2.5 – D2.6	66	1,53
D2.6 – Buca giunti	66	30,09
Buca giunti – Sottostazione onshore Kailia	66	0,38
D3.1 – D3.2	66	1,53
D3.2 – D3.3	66	1,53
D3.3 – D3.4	66	1,53
D3.4 – D3.5	66	1,53
D3.5 – Buca giunti	66	32,33
Buca giunti – Sottostazione onshore Lato Mare	66	0,38

3.1.1 CARATTERISTICHE DEL CAVO SOTTOMARINO A 66 KV

Le linee elettriche a 66 kV che collegano gli aerogeneratori della sezione offshore alla sottostazione onshore Lato Mare sono costituite da cavi corazzati a tre anime in rame o alluminio, tra cui una fibra ottica che si trova all'interno dell'armatura del conduttore, chiaramente idonea per la posa sottomarina. Raggiunta la costa, la Buca giunti consente la transizione tra cavi sottomarini e cavi terrestri funzionanti alla stessa tensione.

Al presente livello di avanzamento progettuale i cavi sottomarini previsti sono progettati per 66 kV; si precisa ad ogni modo che le dimensioni finali saranno definite e/o confermate nei successivi livelli di approfondimento progettuale, di concerto con il produttore.

Ad ogni modo la seguente figura rappresenta le caratteristiche tipiche di un cavo sottomarino con una sezione di 800 mm² di nucleo in rame e isolamento EPR.

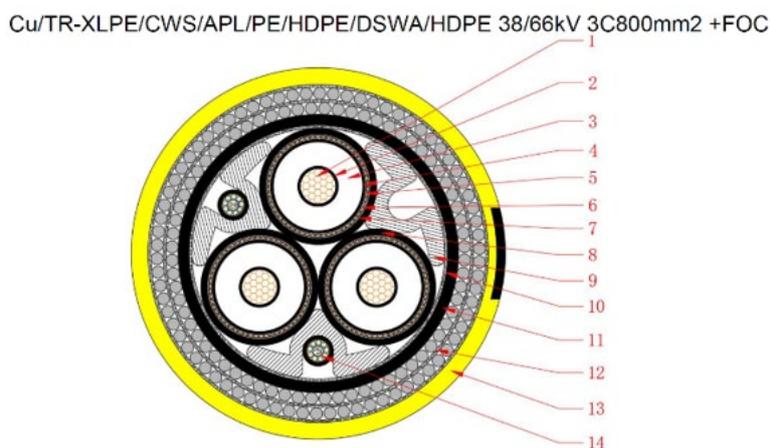


Figura 4: Esempio di cavo di esportazione a 66 kV

La seguente tabella riporta il dettaglio dei vari strati componenti il cavo a 66 kV.

Tabella 3: Riepilogo componenti del cavo di esportazione a 66 kV

N.	Componente	Descrizione	Spessore nominale	Diametro (approssimativo)
1	Conduttore	Trefoli in rame compattato (classe 2) con nastro idrorepellente	/	33,9
2	Schermo conduttore	Composto semiconduttore estruso	0,15+0,2+1,0	55,7
3	Isolante	TR – XLPE	8,5	
4	Schermo isolante	Composto semiconduttore estruso	1,0	69,6
5	Strato idrorepellente	Rivestimento idrorepellente semiconduttore	0,8	
6	Schermo metallico	Filo di rame con il contatore del nastro di rame avvolto ad elica aperta	48/Ø1,5+0,1	
7	Strato idrorepellente	Rivestimento idrorepellente semiconduttore	0,8	
8	Guaina individuale	Guaina estrusa in polietilene con rivestimento in polietilene semi conduttore	3	
9	Riempitivo	Non idroscopico	/	193,3

 Kailia Energia PARCO EOLICO MARINO			CODE KAI.ENG.REL.018.00
		 GEOTECH S.r.l. <small>SOCIETA' DI INGEGNERIA Via T.Nani, 7 Morbegno (SO) Tel. +39 0342810774 E-mail: info@geotech-srl.it Sito: www.geotech-srl.it</small>	PAGE 18 di/of 32

N.	Componente	Descrizione	Spessore nominale	Diametro (approssimativo)
10	Nastro legante	Non idroscopico		
11	Guaina interna	Polietilene ad alta densità	90±2/Ø5.0 98±2/Ø5.0	
12	Rivestimento	Doppio strato di fili di acciaio zincato con nastro legante		
13	Guaina esterna	Polietilene ad alta densità	8,0	
14	Unità a fibra ottica	2x48 nuclei		/

La seguente figura illustra infine le principali configurazioni di posa dei cavi dinamici.

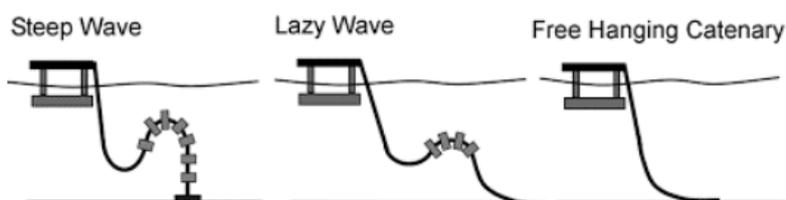


Figura 5: Configurazioni standard dei cavi dinamici.

Per il percorso del cavo dinamico nei tratti tra la fondazione galleggiante ed il punto di arrivo sul fondale si ritiene di utilizzare la configurazione detta ad “onda pigra” (lazy wave).

Tale configurazione prevede l’installazione di moduli di galleggiamento (boe di supporto) lungo specifiche sezioni del cavo. Tale soluzione riduce le sollecitazioni meccaniche alle quali il cavo sarebbe sottoposto e garantisce una maggiore libertà di movimento (riducendo così i cicli massimi di danno dovuti a tensione e fatica).

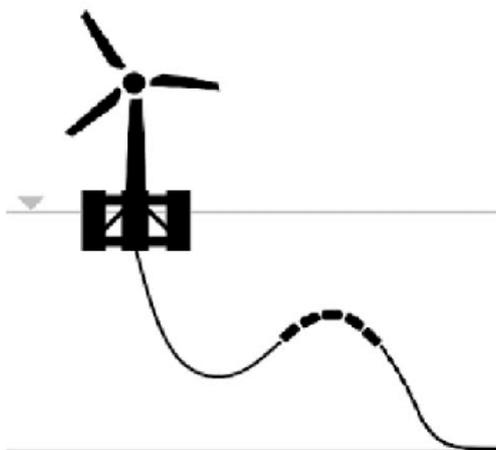


Figura 6: Posa dei cavi dinamici “lazy wave” realizzata mediante galleggianti



4.0 UBICAZIONE E DESCRIZIONE DELLE OPERE ON SHORE

La rete di cavi sottomarini “sbarcherà” nel comune di Brindisi a nord della centrale elettrica “Federico II”, da qui le opere di connessione si estenderanno all’interno del comune di Brindisi dapprima fino alla SU 66/380 kV e successivamente fino alla SE di Cerano (BR).

Nella figura sottostante è riportata l’ubicazione delle opere di connessione su carta tecnica regionale.

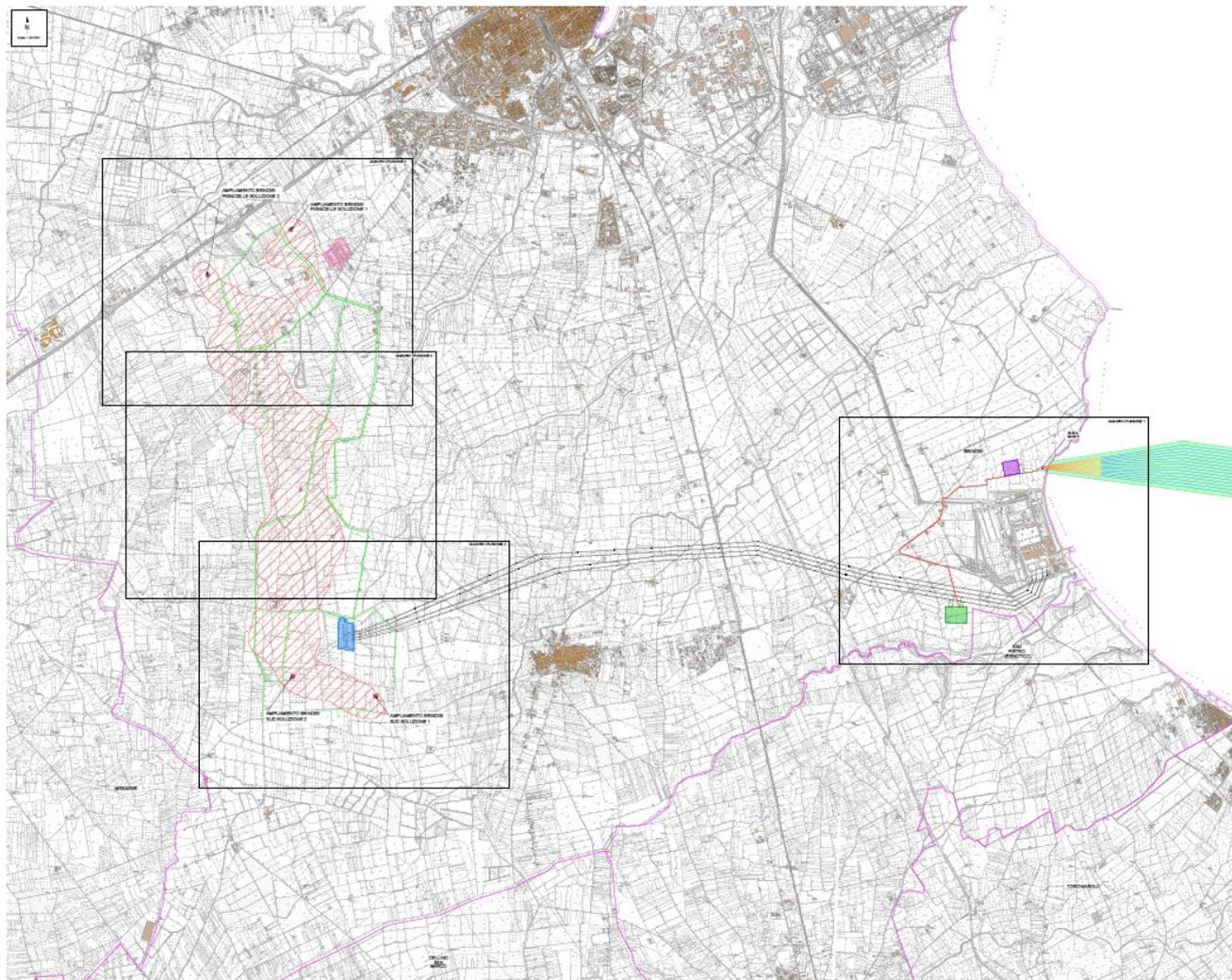


Figura 7: Estratto elaborato KAI.ENG.TAV.012_00_Area onshore - Inquadramento su CTR (tav. 1 di 5)

In dettaglio, gli interventi previsti nella sezione onshore si possono così riassumere:

- Intervento 1: costituito dalla buca giunti Mare/Terra;
- Intervento 2: costituito dai collegamenti a 66 kV tra la Buca giunti mare/terra e la SU 66/380 kV;
- Intervento 3: costituito dalla nuova SU 66/380kV;
- Intervento 4: costituito dai collegamenti in cavo interrato a 380 kV tra la SU 66/380 kV e la SE 380 kV di Cerano.

 Kailia Energia PARCO EOLICO MARINO			CODE KAI.ENG.REL.018.00
		 GEOTECH S.r.l. <small>SOCIETA' DI INGEGNERIA Via T. Nani, 7 Morbegno (SO) Tel. +39 0342810774 E-mail: info@geotech-srl.it Sito: www.geotech-srl.it</small>	PAGE 20 di/of 32

Nelle tabelle di seguito si riporta per ciascuna opera prevista l'ubicazione e i comuni interessati.

Tabella 4: Stazioni utente.

Nome	Area [m ²]	Comune
Stazione Utente 380/220 kV	51600	Brindisi (BR)

Tabella 5: elettrodotto in cavo interrato onshore

Nome	Lunghezza [m]	Collegamenti	Comuni attraversati
Elettrodotto in cavo interrato a 66 kV (n.14 terne)	395	L'elettrodotto collega la buca di transizione marino terrestre con la Stazione Utente 380/66 kV	Brindisi (BR)
Elettrodotto in cavo interrato a 380 kV (n.2 terne)	3800	L'elettrodotto collega la Stazione Utente 380/66 kV con la SE 380 kV di Cerano	Brindisi (BR)

Nel corpo del presente documento saranno descritti i seguenti interventi, mentre si rimanda alla Relazione KAI.ENG.REL.015.00_Relazione tecnica delle opere elettriche per la descrizione dei restanti interventi:

- Intervento 2: costituito dai collegamenti a 66 kV tra la Buca giunti mare/terra e la SU 66/380 kV;
- Intervento 4: costituito dai collegamenti in cavo interrato a 380 kV tra la SU 66/380 kV e la SE 380 kV di Cerano.

4.1 INTERVENTO 2 – COLLEGAMENTI A 66 KV

Il presente paragrafo descrive il cavidotto di collegamento a 66 kV tra la buca giunti mare/terra e la SE 380/66 kV. Per come è strutturato il campo eolico, suddiviso per quanto già detto in quattro sottocampi, il cavidotto terrestre a 66 kV sarà composto da 14 terne di cavi, 3 o 4 per ciascun sottocampo, che dovranno essere collegati alla sezione 66 kV della SE 66/380 kV.

Il cavidotto sarà pertanto formato da sedici terne di cavi (di cui due spares per il tratto in TOC) che viaggeranno su passerelle all'interno di due cunicoli tecnologici come specificato di seguito.

4.1.1 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Il tracciato dell'elettrodotto inizia in corrispondenza della buca giunti di transizione marino/terrestre poco più a nord della centrale elettrica "Federico II" nel comune di Brindisi (BR).

 Kailia Energia PARCO EOLICO MARINO			CODE KAI.ENG.REL.018.00
		 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	PAGE 21 di/of 32

Il tracciato del cavidotto esce dalla buca giunti immettendosi subito sul tratturo che percorre i campi coltivati circostanti percorrendolo per circa 230 metri prima di entrare all'interno della stazione elettrica 66/380 kV.

Qui i cavi tramite appositi cunicoli interrati saranno portati all'interno dei 4 edifici previsti in cui sono ubicati i quadri blindati a 66 kV.

4.1.2 CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL'ELETTRODOTTO IN CAVO

Il tratto di elettrodotto interrato sarà costituito da 14 terne di cavi composte ciascuna da tre cavi unipolari realizzati con conduttore in rame, isolante in XLPE, schermatura in alluminio e guaina esterna in polietilene.

Le principali caratteristiche elettriche per ciascuna terna sono le seguenti:

- Tensione nominale: 66 kV in corrente alternata;
- Frequenza nominale: 50 Hz;
- Corrente nominale: 1000 A (Massima portata in relazione alle condizioni di posa);
- Sezione nominale del conduttore: 1000 mm².

4.1.3 COMPOSIZIONE DELL'ELETTRODOTTO

L'elettrodotto è costituito dai seguenti componenti:

- Conduttori di energia;
- Terminali per quadro blindato;
- Sistema di telecomunicazioni.

Di seguito si riporta la descrizione delle caratteristiche tecniche delle opere.

4.1.3.1 CARATTERISTICHE ELETTRICHE E MECCANICHE DEL CONDUTTORE DI ENERGIA

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

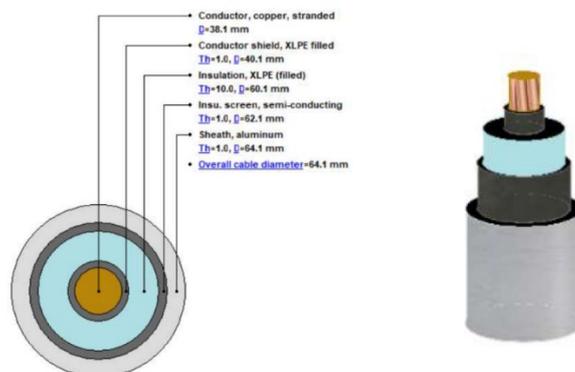


Figura 8: Sezione indicativa del cavo

 Kailia Energia PARCO EOLICO MARINO			CODE KAI.ENG.REL.018.00
		 GEOTECH S.r.l. <small>SOCIETA' DI INGEGNERIA Via T. Nani, 7 Morbegno (SO) Tel. +39 0342610774 E-mail: info@geotech-srl.it Sito: www.geotech-srl.it</small>	PAGE 22 di/of 32

L'elettrodotto sarà costituito da quattordici terne di cavi unipolari, con isolamento in XLPE, costituiti da un conduttore in rame con sezione pari a 1000 mm²; esso sarà un conduttore a corda rigida compatta e tamponata di rame ricotto non staginato, ricoperta da uno strato semiconduttivo interno estruso, dall'isolamento XLPE, dallo strato semiconduttivo esterno, e da nastri semiconduttivi igroespandenti.

Lo schermo metallico è costituito da un tubo metallico di alluminio, di sezione complessiva adeguata ad assicurare la protezione meccanica del cavo, la tenuta ermetica radiale ed a sopportare la corrente di guasto a terra. Sopra lo schermo viene applicata la guaina protettiva di polietilene nera e grafitata avente funzione di protezione anticorrosiva, ed infine la protezione esterne meccanica.

4.1.3.2 COLLEGAMENTO DEGLI SCHERMI

Gli schermi metallici intorno ai conduttori di fase dei cavi con isolamento estruso hanno la funzione principale di fornire una via di circolazione a bassa impedenza alle correnti di guasto in caso di cedimento di isolamento. Pertanto, essi saranno dimensionati in modo da sostenere le massime correnti di corto circuito che si possono presentare.

Inoltre, dovranno devono essere opportunamente collegati al fine di limitare le correnti di ricircolo indotte nei cavi, che costituiscono un limite termico per le portate.

Il progetto del collegamento degli schermi sarà dettagliato in fase di progetto esecutivo.

4.1.3.3 GIUNTI

I collegamenti tra la Buca giunti Mare/Terra e la SE 380/66 kV sarà realizzato con pezzature uniche, pertanto lungo la tratta non sono previsti giunti.

4.1.3.4 TERMINALI PER QUADRO BLINDATO

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. Il cono deflettore verrà inserito direttamente sul cavo, opportunamente preparato, e dovrà essere in grado di guidare le linee di campo elettrico secondo gradienti elettrici che non portino al cedimento degli strati isolanti. Una volta montato il cono deflettore sul cavo, questo verrà inserito all'interno del terminale, secondo un meccanismo di tipo plug-in. Il terminale dovrà essere di tipo "dry-type", ovvero non dovrà necessitare di olio isolante per il suo corretto funzionamento.

I terminali per entrata in cabina blindata, in quanto contenitori a pressione di gas, dovranno avere passato tutte le prove richieste dalla legislazione italiana di riferimento, ed avere le relative certificazioni emesse dagli enti preposti.

4.1.3.5 SISTEMA DI TELECOMUNICAZIONE

Per la trasmissione dati per il sistema di protezione, comando e controllo dell'impianto sarà realizzato un sistema di telecomunicazione tra la stazione elettrica ed il campo eolico. Le fibre ottiche presenti nei cavi sottomarini saranno connesse, all'interno della Buca giunti, con quelle terrestri.

 Kailia Energia PARCO EOLICO MARINO			CODE KAI.ENG.REL.018.00
		 GEOTECH S.r.l. <small>SOCIETA' DI INGEGNERIA Via T. Nani, 7 Morbegno (SO) Tel. +39 0342810774 E-mail: info@geotech-srl.it Sito: www.geotech-srl.it</small>	PAGE 23 di/of 32

Tabella 6: Caratteristiche cavo di telecomunicazione

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

Indicativamente verrà impiegato un cavo con 48 fibre ottiche, illustrato nella figura seguente.



- **Elemento centrale di supporto** : tondino di vetroresina.
- **Tubetti loose**: in materiale termoplastico, contenenti 12 fibre, tamponanti con grasso sintetico.
- **Riunione**: gli elementi necessari per formare il cavo (tubetti e riempitivi) sono cordati con metodo SZ attorno all'elemento centrale.
- **Tenuta longitudinale all'acqua**: materiali igroespandibili tali da garantire la proprietà di non propagazione dell'acqua (dry core water tightness)
- **Filato tagliaguaina**
- **Guaina interna**: polietilene
- **Elementi di tiro non metallici**: filati aramidici e/o vetro
- **Filato tagliaguaina**
- **Guaina esterna**: polietilene

Figura 9: Sezione cavo con 48 fibre ottiche

4.1.3.6 SISTEMA DI MONITORAGGIO

Per il collegamento in progetto si prevede l'installazione di un sistema di monitoraggio permanente del collegamento elettrico, composto da soluzioni DTS e RTTR e analisi dei dati, effettuata con un algoritmo di intelligenza artificiale che consente di identificare eventuali malfunzionamenti del sistema attraverso la generazione di allarmi automatici.

Si tratta di dispositivi optoelettronici in grado di misurare la temperatura mediante fibre ottiche, che funzionano come sensori lineari permettendo così:

- Il monitoraggio delle caratteristiche ambientali;
- Il monitoraggio della temperatura degli strati del cavo;
- La massimizzazione della capacità termica del circuito;
- La valutazione della "Storia termica" (valutazione della vita).

4.1.4 SEZIONI TIPICHE DI POSA

Si prevede il seguente tipo di posa:

- Posa a trifoglio su passerelle entro cunicolo tecnologico - Sezione tipo "A";

La scelta della tipologia di posa è stata dettata principalmente dalla larghezza della strada percorsa e dall'elevato numero di cavi da posare.

 Kailia Energia PARCO EOLICO MARINO			CODE KAI.ENG.REL.018.00
		 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	PAGE 24 di/of 32

4.1.4.1 POSA A TRIFOGLIO SU PASSERELLE ENTRO CUNICOLO TECNOLOGICO – SEZIONE TIPO “A”

Si prevede la realizzazione di due cunicoli tecnologici ai due lati della carreggiata ciascuno formato da un manufatto scatolare “chiuso” in calcestruzzo armato (C 40/50 N/mm², B450C) con giunzione del tipo a bicchiere idoneo a sopportare:

- carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno soprastante
- carichi variabili rappresentati da un automezzo da 600 kN per strade di 1^a categoria (DM 17.01.2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”)
- spinta laterale del terreno di riempimento a tergo dei piedritti e dei carichi variabili previsti
- spinta idraulica esterna dovuta alla presenza di eventuale falda
- azione sismica di riferimento per la località prodotto in conformità alle leggi e normative vigenti, e in particolare alla UNI EN UNI EN 14844: 2012 (prodotti con marcatura CE)

Cavo XLPE 66 kV a Trifoglio - Sezione tipo "A" Posa su terreno agricolo

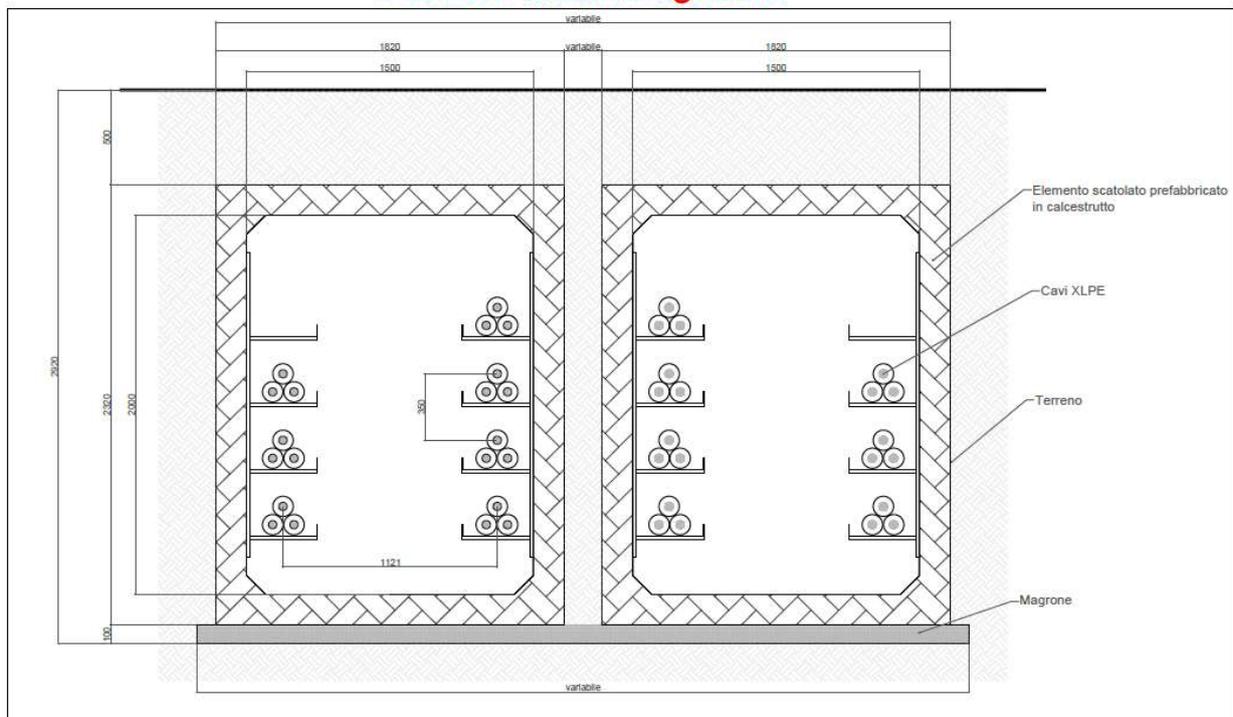


Figura 10: Tipologico cunicolo tecnologico

Ciascuno dei due cunicoli avrà dimensione utile di 1500mm di larghezza e 2000mm di altezza in modo da essere facilmente ispezionabile. Sarà posato ad una profondità di 3m dal piano stradale su piano in magrone, cls C12/15 N/mm² dello spessore minimo di 15-20 cm, armato con rete elettrosaldata \varnothing 6/20x20, perfettamente lisciata secondo la livelletta di progetto.

 Kailia Energia <small>PARCO EOLICO MARINO</small>			CODE KAI.ENG.REL.018.00
		 GEOTECH S.r.l. <small>SOCIETA' DI INGEGNERIA Via T. Nani, 7 Morbegno (SO) Tel. +39 0342810774 E-mail: info@geotech-srl.it Site: www.geotech-srl.it</small>	PAGE 25 di/of 32

Sulle due pareti laterali interne verranno posate delle passerelle metalliche, 4 per parete, ad una distanza verticale di 350mm. Su ciascuna passerella verrà posata una terna di cavi.

4.2 INTERVENTO 4 – COLLEGAMENTI A 380 KV

Il presente paragrafo descrive il cavidotto di collegamento a 380kV tra la la SE 66/380 kV Kailia e la stazione TERNA facente parte della RTN di Cerano in cui sono ubicati gli stalli di consegna. Per quanto specificato al capitolo 2 TERNA ha espresso la necessità della condivisione degli stalli assegnati tra più impianti ed in particolare uno stallo sarà in condivisione tra gli impianti Kailia A e B e uno tra gli impianti Kailia C e D.

4.2.1 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Il tracciato dell'elettrodotto inizia in corrispondenza della SE 66/380 kV Kailia localizzata a nord della centrale elettrica "Federico II" in area attualmente adibita a coltivazioni.

Il tracciato del cavidotto esce dalla stazione sul lato sud e procede verso ovest, in direzione della stazione elettrica RTN di Cerano (BR), procedendo dapprima al di sotto della strada di campagna sterrata per poi proseguire al di sotto della SP 88.

Il tracciato prosegue sempre sulla strada provinciale per circa 2 km per poi deviare al di sotto di alcuni campi coltivati prima di raggiungere la stazione Terna RTN di Cerano.

4.2.2 CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL'ELETTRODOTTO IN CAVO

Il tratto di elettrodotto interrato sarà costituito da due terne ciascuna composta di tre cavi unipolari realizzati con conduttore in rame, isolante in XLPE, schermatura in alluminio e guaina esterna in polietilene.

Le principali caratteristiche elettriche per ciascuna terna sono le seguenti:

- Tensione nominale: 380 kV in corrente alternata;
- Frequenza nominale: 50 Hz;
- Corrente nominale: 1150 A (Massima portata in relazione alle condizioni di posa);
- Sezione nominale del conduttore: 2500 mm².

4.2.3 COMPOSIZIONE DELL'ELETTRODOTTO

L'elettrodotto è costituito dai seguenti componenti:

- Conduttori di energia;
- Un giunto sezionato circa ogni 540 m con relative cassette di sezionamento e di messa a terra (il numero definitivo dipenderà dall'effettiva lunghezza delle pezzature di cavo, che verrà definito in sede di progettazione esecutiva);
- Terminali per esterno;
- Sostegni portaterminali;

- Sistema di telecomunicazioni.

4.2.3.1 CARATTERISTICHE ELETTRICHE E MECCANICHE DEL CONDUTTORE DI ENERGIA

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

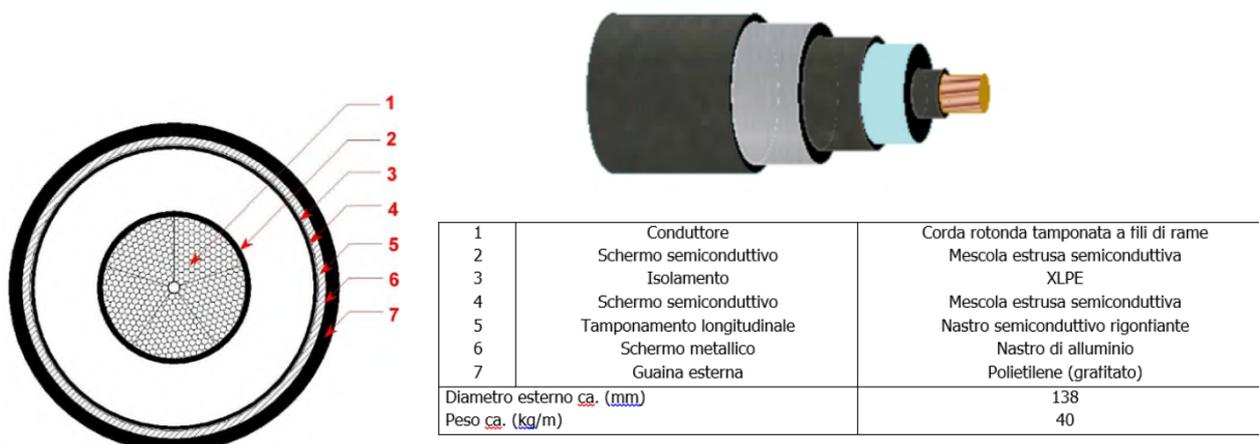


Figura 11: Sezione indicativa del cavo

L'elettrodotto sarà costituito da due terne di cavi unipolari, con isolamento in XLPE, costituiti da un conduttore in rame con sezione pari a 2500 mm²; esso sarà un conduttore a corda rigida compatta e tamponata di rame ricotto non stagnato, ricoperta da uno strato semiconduttivo interno estruso, dall'isolamento XLPE, dallo strato semiconduttivo esterno, e da nastri semiconduttivi igroespandenti.

Lo schermo metallico è costituito da un tubo metallico di alluminio, di sezione complessiva adeguata ad assicurare la protezione meccanica del cavo, la tenuta ermetica radiale ed a sopportare la corrente di guasto a terra. Sopra lo schermo viene applicata la guaina protettiva di polietilene nera e grafitata avente funzione di protezione anticorrosiva, ed infine la protezione esterne meccanica.

4.2.3.2 COLLEGAMENTO DEGLI SCHERMI

Gli schermi metallici intorno ai conduttori di fase dei cavi con isolamento estruso hanno la funzione principale di fornire una via di circolazione a bassa impedenza alle correnti di guasto in caso di cedimento di isolamento. Pertanto, essi saranno dimensionati in modo da sostenere le massime correnti di corto circuito che si possono presentare. Inoltre, dovranno devono essere opportunamente collegati al fine di limitare le correnti di ricircolo indotte nei cavi, che costituiscono un limite termico per le portate.

Il progetto del collegamento degli schermi sarà dettagliato in fase di progetto esecutivo in relazione all'esatto numero lunghezza delle pezzature. In linea generale, tra le possibili modalità di collegamento degli schermi metallici sarà utilizzata la cosiddetta modalità del *cross bonding*, in cui il collegamento in cavo viene suddiviso in tre tratte elementari (o multipli di tre) di uguale lunghezza, generalmente corrispondenti con le pezzature di posa.

 Kailia Energia PARCO EOLICO MARINO			CODE KAI.ENG.REL.018.00
		 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	PAGE 27 di/of 32

In tale configurazione gli schermi vengono messi francamente a terra, ed in corto circuito tra loro all'estremità di partenza della prima tratta ed all'estremità di arrivo della terza, mentre tra due tratte adiacenti gli schermi sono isolati da terra e uniti fra loro con collegamento incrociato come rappresentato nell'immagine di seguito.

CROSS BONDING

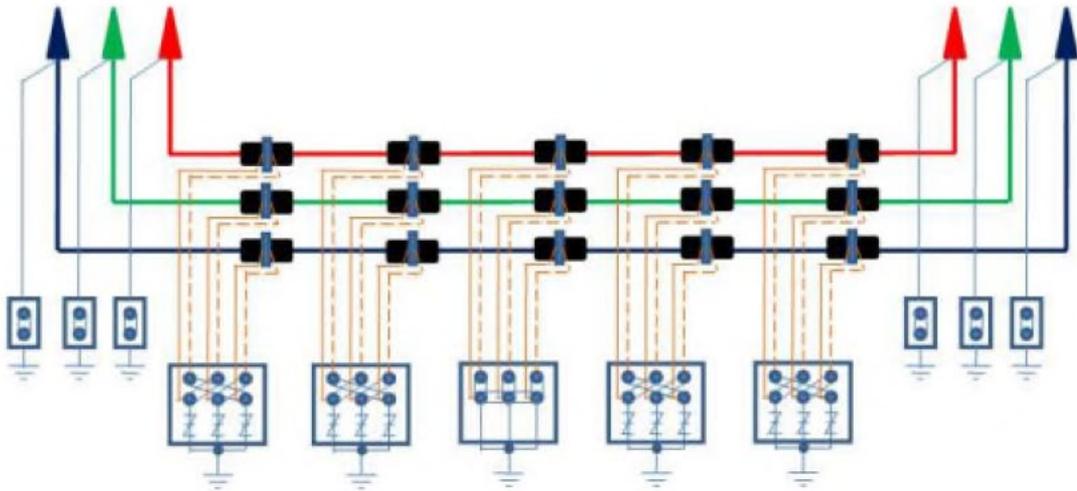


Figura 12: Tipologico schema cross bonding.

4.2.3.3 GIUNTI

I giunti unipolari saranno posizionati lungo il percorso del cavo, a circa 550 m l'uno dall'altro, ed ubicati all'interno di opportune buche giunti. Il posizionamento dei giunti sarà determinato in sede di progetto esecutivo in funzione delle interferenze sotto il piano di campagna e della possibilità di trasporto delle bobine.

4.2.3.4 BUCHE GIUNTI

I giunti necessari per il collegamento del cavo saranno posizionati lungo i percorsi dei cavi, a metri 540 circa l'uno dall'altro, ed ubicati all'interno di apposite buche.

Di seguito si sintetizziamo gli aspetti caratteristici:

- I Giunti saranno collocati in apposita buca ad una profondità prevalente di m -1,60 ca. e alloggiati in appositi loculi, costituiti da mattoni o blocchetti in calcestruzzo;
- I Loculi saranno riempiti con sabbia e coperti con lastre in calcestruzzo armato, aventi funzione di protezione meccanica;
- Sul fondo della Buca giunti, sarà realizzata una platea di sottofondo in c.l.s., allo scopo di creare un piano stabile sul quale poggiare i supporti dei giunti. Inoltre, sarà realizzata una maglia di terra locale costituita da 4 o più picchetti, collegati fra loro ed alla cassetta di sezionamento, per mezzo di una corda in rame;
- Accanto alla buca di giunzione sarà installato un pozzetto per l'alloggiamento della cassetta di sezionamento della guaina dei cavi. Agendo sui collegamenti interni della cassetta è possibile collegare o scollegare le guaine dei cavi dall'impianto di terra;

- Sempre accanto alla buca di giunzione si prevede l'ubicazione di altri due pozzetti: uno per ospitare le apparecchiature del sistema di telecomunicazione in fibra ottica, l'altro per l'alloggiamento della strumentazione del sistema di monitoraggio.

4.2.3.5 TERMINALI PER ESTERNO

I terminali cavo/aria, da installare agli estremi del cavo all'interno delle due stazioni di partenza e arrivo, 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 alla classe di tensione specificata.

Il terminale dovrà essere di tipo antideflagrante, ovvero dovrà avere superato la prova di arco interno.

4.2.3.6 SISTEMA 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 tabella seguente.

Tabella 7: Caratteristiche cavo di telecomunicazione

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



- **Elemento centrale di supporto** : tondino di vetroresina.
- **Tubetti loose**: in materiale termoplastico, contenenti 12 fibre, tamponanti con grasso sintetico.
- **Riunione**: gli elementi necessari per formare il cavo (tubetti e riempitivi) sono cordati con metodo SZ attorno all'elemento centrale.
- **Tenuta longitudinale all'acqua**: materiali igroespandibili tali da garantire la proprietà di non propagazione dell'acqua (dry core water tightness)
- **Filato tagliaguaina**
- **Guaina interna**: polietilene
- **Elementi di tiro non metallici**: filati aramidici e/o vetro
- **Filato tagliaguaina**
- **Guaina esterna**: polietilene

Figura 13: Sezione cavo

4.2.3.7 SISTEMA DI MONITORAGGIO

Per il collegamento in progetto si prevede l'installazione di un sistema di monitoraggio permanente del collegamento elettrico, composto da soluzioni DTS e RTTR e analisi dei dati, effettuata con un algoritmo di intelligenza artificiale che consente di identificare eventuali malfunzionamenti del sistema attraverso la generazione di allarmi automatici.

Si tratta di dispositivi optoelettronici in grado di misurare la temperatura mediante fibre ottiche, che funzionano come sensori lineari permettendo così:

- Il monitoraggio delle caratteristiche ambientali;

 Kailia Energia PARCO EOLICO MARINO			CODE KAI.ENG.REL.018.00
		 GEOTECH S.r.l. <small>SOCIETA' DI INGEGNERIA Via T. Nani, 7 Morbegno (SO) Tel. +39 0342610774 E-mail: info@geotech-srl.it Sito: www.geotech-srl.it</small>	PAGE 29 di/of 32

- Il monitoraggio della temperatura degli strati del cavo;
- La massimizzazione della capacità termica del circuito;
- La valutazione della “Storia termica” (valutazione della vita).

4.2.4 SEZIONI TIPICHE DI POSA

Sono possibili le seguenti tipologie di posa (meglio rappresentate nell’elaborato KAI.ENG.TAV.058.00_Tipologici di posa cavidotto - Planimetria e sezioni):

- Posa in tubiera su strada e su suolo agricolo - Sezione tipo "B";
- Posa in tubiera – sezione tipo “B”;
- Posa in tubiera a trifoglio allargato – Sezione tipo “D1”;
- Posa in tubiera a trifoglio allargato – Sezione tipo “D2”;
- Posa su passerella – Sezione tipo “E”.

La scelta della tipologia da impiegare è dettata principalmente dalla larghezza delle strade percorse, dall’eventuale presenza di interferenze da superare oltre che dalla presenza di ostacoli.

4.2.4.1 POSA IN TUBIERA – SEZIONE TIPO “B”

Tale tipologia di posa viene realizzata con scavo di larghezza 294 cm e della profondità standard minima di 1,60 m (tale valore può aumentare in base alle condizioni puntuali estrinseche del tracciato), con letto di posa di cemento magro a resistività termica controllata.

La posa verrà effettuata mediante traino del conduttore all’interno dei tubi in PEAD DN250mm. A fianco delle tubazioni per la posa dei cavi unipolari sarà previsto una quarta tubazione delle medesime dimensioni per poter ospitare due tritubi in polietilene per l’installazione del cavo in fibra ottica e di un di un monotubo di Ø50 mm per quanto riguarda il sistema di monitoraggio.

Una volta posate le tubiere, verrà steso intorno ad esse uno strato di intasamento pari a circa 50 cm per tutta la larghezza dello scavo realizzato, con annegato in un foglio di rete in acciaio elettrosaldato.

Al di sopra, al fine di ritombare lo scavo, a seconda di dove verrà effettuata la posa si prevede quanto segue:

Posa in terreno agricolo:

In questo caso verrà steso del materiale inerte (o altro materiale idoneo) con annegato ad una profondità di circa 70 cm il nastro segnalatore in PVC di colore rosso.

La finitura superficiale resterà quella del terreno naturale pre-esistente, con stesa di terreno vegetale al fine di ripristinare la funzione agricola

Posa su strada sterrata:

 Kailia Energia PARCO EOLICO MARINO			CODE KAI.ENG.REL.018.00
		 GEOTECH S.r.l. <small>SOCIETA' DI INGEGNERIA Via T. Nani, 7 Morbegno (SO) Tel. +39 0342810774 E-mail: info@geotech-srl.it Sito: www.geotech-srl.it</small>	PAGE 30 di/of 32

In questo caso verrà steso del materiale inerte (o altro materiale idoneo) con annegato ad una profondità di circa 70 cm il nastro segnalatore in PVC di colore rosso. Sopra il ritombamento con materiale inerte, una volta rullato e pressato lo stesso, si provvederà a ripristinare la strada sterrata esistente.

Posa su strada asfaltata:

In questo caso verrà steso del materiale tipo Geomix con annegato ad una profondità di circa 80 cm il nastro segnalatore in PVC di colore rosso.

Al di sopra del ritombamento, si provvederà a stendere un primo strato di binder dello spessore minimo di 8 cm, al di sopra del quale verrà posato, in un successivo momento, un adeguato strato di tappetino di usura dello spessore minimo pari a 3 cm.

4.2.4.2 POSA IN TUBIERA A TRIFOGLIO ALLARGATO – SEZIONE TIPO “D1”

Tale tipologia di posa viene realizzata con 2 scavi che vengono posti ognuno ad un lato della strada, le 2 terne devono rispettare la distanza minima tra loro di 2 m e vengono poste ad una profondità standard minima di 1,60 m (tale valore può aumentare in base alle condizioni puntuali estrinseche del tracciato), con letto di posa di cemento magro a resistività termica controllata.

La posa verrà effettuata mediante traino del conduttore all'interno dei tubi in PEAD lisci DN250 mm. A fianco delle tubazioni per la posa dei cavi unipolari sarà previsto una quarta tubazione delle medesime dimensioni per poter ospitare due tritubi in polietilene per l'installazione del cavo in fibra ottica oltre a un monotubo di Ø50 mm per quanto riguarda il sistema di monitoraggio.

Una volta posate le tubiere, verrà steso intorno ad esse uno strato di intasamento pari a circa 70 cm per tutta la larghezza dello scavo realizzato, con annegato in un foglio di rete in acciaio elettrosaldato.

4.2.4.3 POSA IN TUBIERA A TRIFOGLIO ALLARGATO – SEZIONE TIPO “D2”

La posa “D2” è sostanzialmente la medesima della posa “D1” con la differenza che il cavidotto è unito in un unico pacchetto con le 2 terne poste a 1,7 m di distanza l'una dall'altra.

4.2.4.4 POSA SU PASSERELLA – SEZIONE TIPO “E”

La posa “E” viene utilizzata nel tratto di attraversamento del metanodotto che alimenta la centrale elettrica “Federico II” e consiste in una passerella costituita da una struttura in metallo sulla quale vengono alloggiati le 2 terne di cavi XLPE ad una distanza di 463 mm circa. Al fine di garantire una corretta areazione all'interno della passerella si prevede di utilizzare una lamiera di copertura forata.

Questa soluzione prevede la posa di fondazioni in calcestruzzo ancorate al terreno tramite micropali e collegate tra loro tramite dei profili in acciaio opportunamente giuntati e strutturati in modo da rendere indipendente la struttura, oltre che in grado di sostenere il peso dei cavi. Questi ultimi verranno alloggiati all'interno di appositi collari in grado di mantenere la disposizione a trifoglio delle 2 terne e di garantirne la distanza minima. Come si può vedere dalla sezione sono previsti inoltre degli alloggiamenti per i tritubi ed i monotubi di diametro 50 mm.

 Kailia Energia <small>PARCO EOLICO MARINO</small>			CODE KAI.ENG.REL.018.00
		 GEOTECH S.r.l. <small>SOCIETA' DI INGEGNERIA Via T. Nani, 7 Morbegno (SO) Tel. +39 0342810774 E-mail: info@geotech-srl.it Site: www.geotech-srl.it</small>	PAGE 31 di/of 32

Per effettuare la posa dei cavi AT all'interno delle tubiere, come prima cosa, viene inserita nella stessa una fune di acciaio di tiro, L'operazione avviene immettendo prima all'interno della tubazione un cordino di nylon per mezzo di un apposito utensile, che consente l'iniezione di aria compressa e simultaneamente del cordino.

Le bobine dei cavi energia devono essere maneggiate con cura durante i vari spostamenti e posate una per volta.

Durante lo svolgimento del cavo si provvederà, con un esame visivo, a valutare il buono stato dei cavi stessi.

Dopo aver tolto il cappuccio di protezione in materiale termorestringente o plastico, applicato in fabbrica dal fornitore prima dell'imballaggio di ogni bobina, e preparato la testa di ogni cavo, per il tiro del cavo saranno applicati alla testa stessa dei dispositivi di attacco dotati di un giunto snodato su cui si scaricano i momenti torcenti che si sviluppano nella fune di trazione preventivamente svolta lungo la tratta in questione.

La rotazione della bobina deve essere controllata e se necessario frenata allo scopo di evitare dannose piegature del cavo, ammaccature, scalfitture e stiramenti della guaina; occorre altresì che durante le operazioni di posa per quanto riguarda la temperatura, i raggi di curvatura e gli sforzi di tiro siano rispettati i valori indicati dal costruttore e nelle norme CEI in vigore.

Il tiro del cavo sarà effettuato mediante l'utilizzo di un argano a motore con frizione automatica con un sistema di controllo dello sforzo di trazione che dovrà avvenire in modo graduale e continuativo evitando le interruzioni posto sul lato opposto rispetto alla bobina.

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

In corrispondenza della fine di ciascuna pezzatura viene lasciata una adeguata ricchezza in sovrapposizione con quella seguente, per consentire un'agevole esecuzione delle opere di giunzione.

 Kailia Energia <small>PARCO EOLICO MARINO</small>			CODE KAI.ENG.REL.018.00
		 GEOTECH S.r.l. <small>SOCIETA' DI INGEGNERIA Via T. Nani, 7 Morbegno (SO) Tel. +39 0342610774 E-mail: info@geotech-srl.it Site: www.geotech-srl.it</small>	PAGE 32 di/of 32

5.0 CONCLUSIONI

La presente relazione ha illustrato le principali caratteristiche dei raccordi di connessione in cavo sottomarino e terrestre, dell'impianto eolico offshore galleggiante denominato "**Kailia**", ubicato di fronte alla costa nord-orientale della Regione Puglia, in corrispondenza dello specchio di mare indicativamente compreso tra il comune di Brindisi (BR) e San Cataldo (LE).

Per quanto riguarda i seguenti interventi (previsti nella sezione onshore):

- Intervento 1: costituito dalla buca giunti Mare/Terra;
- Intervento 2: costituito dai collegamenti a 66 kV tra la Buca giunti mare/terra e la SU 66/380 kV;
- Intervento 3: costituito dalla nuova SU 66/380kV;
- Intervento 4: costituito dai collegamenti in cavo interrato a 380 kV tra la SU 66/380 kV e la SE 380 kV di Cerano.

l'elaborato si è occupato di definire le principali caratteristiche civili ed elettriche preliminari dei collegamenti a 66kV tra la Buca giunti Mare/Terra e la SU 66/380 kV, in cavo interrato a 380 kV tra la SU 66/380 kV e la SE 380 kV di Cerano.

Per quanto riguarda invece la sezione offshore l'elaborato ha riferito in merito al cavo sottomarino a 66 KV.

Il progettista
Ing. Vito Bretti