

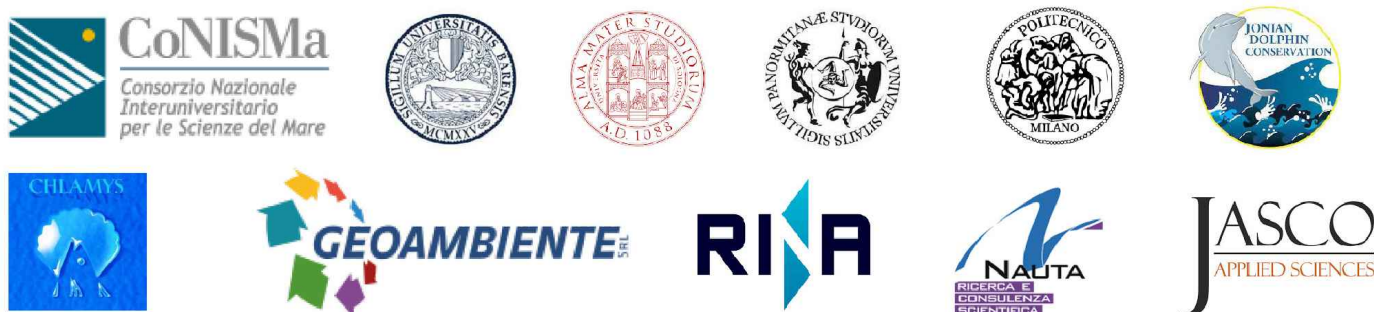
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA  
 PRODUZIONE DI ENERGIA MEDIANTE LO SFRUTTAMENTO DEL VENTO  
 NEL MARE ADRIATICO MERIDIONALE - LUPIAE MARIS  
 35 WTG – 525 MW

**PROGETTO DEFINITIVO - SIA**

Progettazione e SIA



Indagini ambientali e studi specialistici



Studio misure di mitigazione e compensazione



supervisione scientifica



**1. ELABORATI GENERALI**

**R.1.7 Relazione di calcolo preliminare degli impianti elettrici**

REV.	DATA	DESCRIZIONE



## INDICE

1. INTRODUZIONE .....	2
2. NORMATIVE E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	2
3. DATI PRINCIPALI .....	2
3.1 Descrizione sintetica del sistema elettrico .....	2
3.2 Dati relativi alle condizioni ambientali .....	3
3.3 Dati elettrici generali del sistema .....	3
3.4 Dati caratteristiche elettriche dei componenti dell'impianto .....	3
4. CALCOLI .....	4
4.1 Modalità di calcolo .....	4
4.2 Calcolo della portata .....	5
4.3 Scelta del tipo di cavo a AAT .....	7
4.3.1 Cavi marini a 66 kV in CA .....	7
4.4 Risultati .....	8
4.5 Dimensionamento cavidotto AAT .....	10
4.5.1 Cavo marino a 380 kV in CA .....	10
4.5.2 Cavo terrestre a 380 kV in CA .....	11
5. STAZIONE DI TRASFORMAZIONE OFF-SHORE 380/66 KV .....	13
5.1 Descrizione .....	13
5.2 Struttura della Stazione di Trasformazione Offshore .....	14
5.2.1 Jacket .....	14
5.2.2 Fondazioni .....	16
5.2.3 Topsides .....	16
5.3 Sistema GIS 66 kV .....	17
5.4 Sistema GIS a 380 kV .....	17
5.5 Sistema BT .....	17
5.6 Illuminazione esterna ed impianto FM .....	18
5.7 Impianti speciali .....	18
5.8 Protezione apparecchiature .....	19

## **1. INTRODUZIONE**

Il presente documento ha lo scopo di definire la metodologia e i calcoli preliminari degli impianti elettrici del parco eolico Off-shore di potenza totale da 525 MW formato da 35 aerogeneratori, posizionati a mare nel canale d'Otranto di fronte ai territori comunali di Lecce (LE) e Vernole (LE) e ad una distanza dalla costa compresa tra 16,5 km e i 22 km. Le opere con l'impianto di utenza per la connessione interesseranno, oltre alla parte in mare, anche il territorio del Comune di Brindisi (BR), con l'approdo dell'elettrodotto in cavo sottomarino AAT a 380 kV e l'ultimo tratto di cavo AAT a 380 kV terrestre per la connessione in antenna su uno stallo a 380 kV dell'esistente Stazione RTN 380/150 kV Brindisi.

Si dimensioneranno preliminarmente le apparecchiature 380/66 kV della sottostazione offshore e le sezioni dei cavi a 66 kV e a 380 kV e i relativi criteri per i sistemi di protezione. In particolare i calcoli per il dimensionamento dei cavi sarà effettuato confrontando le correnti di impiego ricavate da calcoli di load flow con la portata limite del cavo in funzione del suo regime termico di funzionamento e delle sue condizioni di installazione (temperatura ambiente, modalità di posa, loro raggruppamento e resistività termica del terreno ecc.) tale da ottenere perdite inferiori al 2 % sulla linea di vettoriamento, margine di sicurezza sulla portata del 20 % ed una caduta di tensione al massimo del 4%.

## **2. NORMATIVE E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

Per la redazione della presente relazione sono stati utilizzati i seguenti documenti di riferimento:

- Norme CEI CEI 99-2, 11-17 e 20-21 (equivalenti a IEC 60287);
- Catalogo e documentazione tecnica PRYSMIAN, Nexans cavi ecc.;
- XLPE Submarine Cable Systems Attachment to XLPE Land Cable Systems - User's Guide
- Varia letteratura e documentazione tecnica;
- DPR 547 del 27/04/1955;
- High voltage XLPE Cable systems-technical user Guide Brugg;
- XLPE Cable systems – user's guide ABB;
- Electrical power system – C.L Wadhawa;
- Impianti di terra – Cataliotti – Campoccia;

## **3. DATI PRINCIPALI**

### **3.1 Descrizione sintetica del sistema elettrico**

La costruzione della centrale eolica sarà costituita da 35 aerogeneratori da 15000 kW di potenza nominale, per una potenza complessiva installata di 525 MW.

Più in dettaglio, la centrale sarà costituita da:

- 35 aerogeneratori da 15000 kW di potenza nominale;
- elettrodotto a 66 kV sottomarino di raccolta e collegamento tra gli aerogeneratori e la sottostazione di trasformazione offshore 380/66 kV

- una Stazione di trasformazione a 380/66 kV offshore da realizzarsi in posizione baricentrica rispetto alle pale eoliche.
- elettrodotto di vettoriamento costituito da 1 terna di cavi a 380 kV per 36.800 m in cavo sottomarino e 17.400 in cavo terrestre interrato in XLPE che collegheranno la Stazione di Trasformazione Utente offshore 380/66 kV con lo stallo della Stazione RTN 380 kV di Brindisi;

I 35 aerogeneratori saranno collegati in “entra-esce” attraverso i quadri in GIS a 66 kV inseriti a base palo di ciascun generatore, mediante linee in cavo sottomarino a 66 kV e verranno suddivisi in 7 gruppi di produzione che raccoglieranno la potenza prodotta.

Tale soluzione è stata adottata al fine di limitare la potenza sulle linee in arrivo dal campo eolico alla Stazione di Trasformazione offshore 380/66 kV e la perdita di produzione di energia nel caso di fuori servizio di un gruppo e per evitare sprechi di materiale.

La suddivisione dei gruppi sarà la seguente:

- Gruppo 1 (aerogeneratori T1 – T4– T7– T10– T13)
- Gruppo 2 (aerogeneratori T2 – T5– T8– T11– T14)
- Gruppo 3 (aerogeneratori T3 – T6– T9– T12– T15)
- Gruppo 4 (aerogeneratori T26 – T22– T19– T20– T16)
- Gruppo 5 (aerogeneratori T34 – T32– T30– T27– T23)
- Gruppo 6 (aerogeneratori T35 – T33– T31– T28– T24)
- Gruppo 7 (aerogeneratori T29 – T25– T21– T17– T18)

### 3.2 Dati relativi alle condizioni ambientali

Altezza sul livello del mare	<1000m
Temperatura ambiente	-5 + 40°C
Temperatura media	25°C
Umidità relativa	90%
Inquinamento	leggero
Tipo di atmosfera	aggressiva

### 3.3 Dati elettrici generali del sistema

Sistema:	trifase
Frequenza:	50 Hz
Numero di fasi:	3
Tensione nominale	66/380 kV
Tipo di messa a terra del neutro	isolato

### 3.4 Dati caratteristiche elettriche dei componenti dell'impianto

Di seguito si riportano i dati caratteristici degli elementi costituenti l'impianto che sono stati utilizzati nei calcoli. In particolare nelle tabelle seguenti si riportano i dati relativi a:

- rete Terna;

- generatori asincroni (aerogeneratori);
- trasformatori MT/BT;
- trasformatore MT/AAT.

Rete	
Un [kV]	380

Tabella 1 - dati rete Terna

Generatore asincrono		Trasformatore AT/BT	
Un [kV]	0.69/6	Un1 [kV]	66
Pn [MW]	15000	Un2 [kV]	0.69
Efficienty	0.98	Sr [MVA] (ONAN)	2x9,2
Cos fi	0.95	Ukr [%]	10,9
		Gruppo	Dyn11

Tabella 2 – dati generatore asincrono e trasformatore MT/BT

2xTrasformatore 66/380	
Un1 [kV]	380
Un2 [kV]	69,3
Sr [MVA] (ONAN)	330
Ukr [%] (ONAN)	14,5
Gruppo	YNd11

Tabella 3 – dati trasformatore MT/AT

## 4. CALCOLI

### 4.1 Modalità di calcolo

Partendo dalla modellazione del sistema con i parametri dei generatori, dei trasformatori, si introducono i parametri dei cavi e si risolve il problema del load flow con il metodo di Newton – Raphson utilizzando un software proprietario e si verifica se sono rispettati i vincoli imposti sulla portata, caduta di tensione, perdite di potenze, etc.

Il processo è iterativo, nel senso che se uno dei vincoli non è rispettato si maggiora la sezione dei cavi, e si risolve di nuovo il problema.

Questa operazione sarà ripetuta fino a quando tutti i vincoli saranno rispettati.

Per la scelta delle caratteristiche delle apparecchiature elettriche e per la scelta definitiva dei cavi, si risolve il problema del corto circuito con la norma IEC 60909/2001 equivalente alla norma CEI 11-25, sulla rete precedentemente modellata (con i cavi che rispettano tutti i vincoli imposti).

Risolto il problema del corto circuito, si verifica se tutti i cavi precedentemente scelti, sono in grado di sostenere la corrente presunta di corto circuito per 0,5 secondi. Se si verifica che una data linea non è in grado di sostenere il corto circuito, si magiora la sezione e si procede di nuovo alla verifica, il tutto fino a quando i risultati sono coerenti.

## 4.2 Calcolo della portata

Una delle principali caratteristiche funzionali dei cavi interrati è la portata nominale al limite termico  $I_n$ , intesa come la massima intensità di corrente che può circolare in un conduttore, in condizioni di servizio, senza che la temperatura sia superiore a quella massima ammissibile  $\theta_{max}$  dell'isolante. Ovviamente questo valore di temperatura varierà a seconda delle caratteristiche dielettriche dell'isolante impiegato e, di conseguenza, la corrente che può circolare nel conduttore dipende fortemente dal tipo di isolante adoperato che, come precedentemente osservato, è la parte più sensibile alle sollecitazioni elettriche e termiche.

Considerando che il cavo è isolato in XLPE (polietilene reticolato), oppure in E4 o in P1 la temperatura massima ammissibile per l'isolante vale:

$$\theta_{max}=90^{\circ}(\text{caso peggiorativo})$$

Un altro parametro termico da tener presente è la temperatura dell'ambiente di posa del cavo, che varia a seconda delle sue condizioni di posa e, per ciascuna di esse, tiene conto della situazione ambientale più sfavorevole allo smaltimento del calore. In particolare, si è scelto:

$$\theta_{amb}=20^{\circ} \text{ (come previsto dalla CEI 20-21 per l'Italia)}$$

quale temperatura del terreno di posa.

Si definisce salto termico totale  $\Delta\theta_{tot}$  la quantità (funzione della portata  $I_n$ ):

$$\Delta\theta_{tot}=\theta_{max} - \theta_{amb}=f(I)$$

Il salto termico totale è un limite di temperatura che non deve essere superato. Infatti, la trasmissione di elevati valori di energia elettrica comporta notevoli difficoltà legate, oltre che al tipo di isolante e alle dimensioni del cavo, anche al modo in cui il calore viene smaltito all'esterno. Inoltre la vita dell'isolante, intesa come l'intervallo di tempo durante il quale il cavo può esercitare le funzioni per le quali è stato realizzato, cala bruscamente se il salto termico totale viene superato.

Assegnato  $\Delta\theta_{tot}$ , lo scopo del progetto termico è quello di determinare la portata massima ammissibile  $I_n$  del cavo. Per determinare la portata  $I_n$  occorre valutare l'intera potenza che si dissipa all'interno del cavo (ovvero la potenza termica che si genera al suo interno per effetto dei diversi fenomeni di perdita che hanno sede nei vari strati). Nota la potenza termica, sarà possibile valutare i salti di temperatura  $\Delta\theta$  relativi a ogni strato di cui è composto il cavo. A ciascun elemento del cavo, infatti, compete un diverso salto di temperatura, oltre che una diversa potenza dissipata, e la somma di questi  $\Delta\theta$  non dovrà superare  $\Delta\theta_{tot}$ .

Il progetto termico viene effettuato facendo riferimento alla norma tecnica Norma CEI 20-21, in modo tale da determinare la portata in regime permanente in funzione della temperatura ambiente

e modalità di posa. Le elaborazioni di calcolo ed i risultati sono ottenuti, come riportato dalle tabelle sotto riportate, utilizzando la procedura indicata dalla norma:

$$I = [\Delta\theta_{tot} - Wd(0,5T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)) / (RT_1 + nR(1 + \lambda_1)T_2 + nR(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4))]^{1/2}$$

dove:

- $Wd = \omega C U^2 \tan\delta$  (perdite dell'isolante per unità di lunghezza)
- $C = \epsilon / 18 \ln(Di/dc)$  (capacità dell'isolante per unità di lunghezza)
- $R = R'(1 + Y_s + Y_p)$  [ $\Omega/m$ ] (resistenza in corrente alternata del conduttore)
- $R' = R_0[1 + \alpha_2(\theta - 20)]$  [ $\Omega/m$ ] (resistenza in corrente continua)
- $Y_s$  (fattore dell'effetto pelle)
- $Y_p$  (fattore dell'effetto di prossimità)
- $X_s^2 = 8\pi f 10^{-7} K_p/R'$
- $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$  (fattore di perdita nella guaina e nello schermo ( $\lambda_2 = 0$  cavo non armato))
- $T_1$  (resistenza termica dell'isolante)
- $T_2$  (resistenza termica dell'imbottitura tra isolante e guaina esterna)
- $T_3$  (resistenza termica del rivestimento esterno del cavo)
- $T_4 = 1,5/3,14 \cdot \rho_T \ln(16L_3/De \cdot s^2)$  (resistenza termica tra la superficie del cavo ed il mezzo ambiente per una terna)
- $\rho_T$  (resistività termica del terreno)
- $T_4'$  (resistenza termica tra superficie esterna del cavo ed il mezzo ambiente per due terne affiancate)
- $T_4''$  (resistenza termica tra superficie esterna del cavo ed il mezzo ambiente per tre terne affiancate)

I cavi saranno posati direttamente a contatto con il terreno. La profondità di posa è di 1,2 m e le terne che seguiranno lo stesso tracciato saranno affiancate ad una distanza, rispetto ai cavi più interni, di 0,25 asse-asse. La portata dei cavi affiancati è calcolata tenendo conto anche del riscaldamento causato su di esso dalle correnti che effettivamente percorrono gli altri cavi posti nello stesso scavo. Tale calcolo per i vari casi previsti è fatto applicando il principio dell'immagine termica proposta dalla norma CEI 20-21.

Nelle tabelle sotto riportate sono illustrati i risultati dei calcoli di portata in base al numero di terne affiancate per le taglie di cavi che si utilizzeranno nella realizzazione della rete elettrica (400 mmq, 240 mmq e 185 mmq).

È importante sottolineare che la portata dei cavi dipende fortemente dalla resistività termica del mezzo che circonda il cavo interrato. Preliminarmente si è utilizzato per il calcolo delle portate di corrente il valore di resistenza termica del terreno di 1  $C \cdot m/W$

E' importante sottolineare che la resistenza termica dei terreni, lungo i 8+8 km dell'elettrodotto cambia di molto a seconda della tipologia dei terreni che si hanno dalla zona del campo eolico fino ad arrivare alla zona della sottostazione incontrando zone influenzata dalla presenza dei diversi torrenti.

### 4.3 Scelta del tipo di cavo a AAT

Nelle tavole allegate è riportato il percorso dell'elettrodotto interrato e la posizione della Stazione RTN e offshore.

I raccordi di collegamento e trasporto dell'energia previsti dal progetto, possono essere divisi per tipologia come di seguito elencato:

- cavi marini dinamici 66 kV in CA di collegamento tra le turbine e la Stazione Elettrica off-shore;
- cavo marino a 380 kV AC di collegamento tra la Stazione Elettrica off-shore e il punto di approdo/giunzione a terra;
- cavo terrestre a 380 kV tra il punto di approdo/giunzione a terra e il punto di inserimento su n. 1 stallo AAT a 380 kV della Stazione RTN Brindisi.

#### 4.3.1 Cavi marini a 66 kV in CA

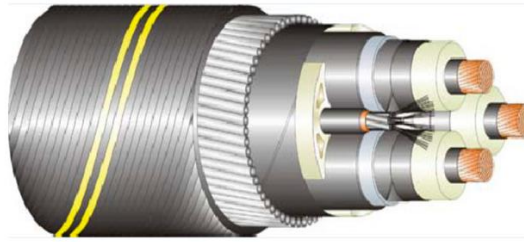
La tensione nominale di esercizio di ciascuna delle 7 linee sarà 66 kV in corrente alternata, per una corrente nominale totale per singolo gruppo di circa 657 A.

Il cavo scelto sarà del tipo tripolare con isolamento in XLPE e armatura in acciaio, con le seguenti caratteristiche:

Tensione nominale:	66 kV
Frequenza nominale:	50 Hz
Formazione:	3x150, 3x500, 3x1000
Tipo di conduttore:	Rame
Isolamento:	XLPE
Tensione massima permanente di esercizio:	72 kV
Diametro esterno massimo:	120-178 mm

All'interno della riunione del cavo, protetto da idoneo setto separatore, sarà presente un cavo in fibra ottica, a 24 fibre utile per il sistema di supervisione e controllo degli aerogeneratori.





Particolare di un cavo marino tripolare con isolamento in XLPE e armatura in acciaio

Cross-section of conductor	Diameter of conductor	Insulation thickness	Diameter over insulation	Lead sheath thickness	Outer diameter of cable	Cable weight (Aluminium)	Cable weight (Copper)	Capacitance	Charging current per phase at 50 Hz	Inductance
mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	mm	mm	kg/m	kg/m	μF/km	A/km	mH/km
Three-core cables, nominal voltage 66 kV (Um = 72.5 kV)										
95	11.2	9.0	31.6	1.3	113.0	19.8	21.6	0.17	2.0	0.44
120	12.6	9.0	33.0	1.4	116.0	21.6	23.8	0.18	2.1	0.43
150	14.2	9.0	34.6	1.4	120.0	22.9	25.7	0.19	2.3	0.41
185	15.8	9.0	36.2	1.4	124.0	24.5	28.0	0.20	2.4	0.40
240	18.1	9.0	38.5	1.6	129.0	26.8	31.3	0.22	2.6	0.38
300	20.4	9.0	40.8	1.6	134.0	28.7	34.3	0.24	2.8	0.37
400	23.2	9.0	43.6	1.7	141.0	31.7	39.2	0.26	3.1	0.35
500	26.2	9.0	47.0	1.9	149.0	36.0	45.4	0.29	3.5	0.34
630	29.8	9.0	50.6	2.0	157.0	40.1	52.0	0.32	3.7	0.33
800	33.7	9.0	54.5	2.1	167.0	45.1	60.1	0.35	4.1	0.32
1000	37.9	9.0	59.3	2.3	178.0	51.8	70.7	0.38	4.6	0.31

Dati Elettrici Cavi 66 kV

10-90 kV XLPE 3-core cables		
Cross section mm <sup>2</sup>	Copper conductor	Aluminium conductor
	A	A
95	300	235
120	340	265
150	375	300
185	420	335
240	480	385
300	530	430
400	590	485
500	655	540
630	715	600
800	775	660
1000	825	720

Portate Cavi

#### 4.4 Risultati

Nelle tabelle sottostanti si riportano i dati e i risultati dei calcoli effettuati a piena potenza.

	Tratto	Sezione [mmq]	Corrente di impiego da Load Flow [A]	Portata Conduttore [A]	Margine di sicurezza sul carico[%]	Caduta di tensione sulla linea
Gruppo 1	T1 – T4	150	131	375	65	OK

	T4-T7	150	262	375	30	OK
	T7 – T10	500	393	655	40	OK
	T10 – T13	500	524	655	20	OK
	T13 – SE Offshore	1000	655	825	20	OK
Gruppo 2	T2 – T5	150	131	375	65	OK
	T5-T8	150	262	375	30	OK
	T8 – T11	500	393	655	40	OK
	T11 – T14	500	524	655	20	OK
	T14 – SE Offshore	1000	655	825	20	OK
Gruppo 3	T3– T6	150	131	375	65	OK
	T6-T9	150	262	375	30	OK
	T9 – T12	500	393	655	40	OK
	T12 – T15	500	524	655	20	OK
	T15 – SE Offshore	1000	655	825	20	OK
Gruppo 4	T26 – T22	150	131	375	65	OK
	T22-T19	150	262	375	30	OK
	T19 – T20	500	393	655	40	OK
	T20 – T16	500	524	655	20	OK
	T16 – SE Offshore	1000	655	825	20	OK
Gruppo 5	T34 – T32	150	131	375	65	OK
	T32-T30	150	262	375	30	OK
	T30 – T27	500	393	655	40	OK
	T27 – T23	500	524	655	20	OK
	T23 – SE Offshore	1000	655	825	20	OK
Gruppo 6	T35 – T33	150	131	375	65	OK
	T33-T31	150	262	375	30	OK
	T31 – T28	500	393	655	40	OK
	T28 – T24	500	524	655	20	OK
	T24 – SE Offshore	1000	655	825	20	OK
Gruppo 7	T29 – T25	150	131	375	65	OK

T25-T21	150	262	375	30	OK
T21 – T17	500	393	655	40	OK
T17 – T18	500	524	655	20	OK
T18 – SE Offshore	1000	655	825	20	OK

*Tabella 4: verifica portata cavidotto di vettoriamento (potenza erogata 100%)*

Dai risultati ottenuti, si può constatare che, in regime di funzionamento ordinario (caso di massima potenza erogata), i vincoli impostati sono verificati su ogni tratto di linea.

#### **4.5 Dimensionamento cavidotto AAT**

##### 4.5.1 Cavo marino a 380 kV in CA

La tensione nominale di esercizio del cavo di connessione sarà a 380 kV in corrente alternata, per una corrente nominale totale di impianto di circa 798 A.

Il cavo scelto sarà del tipo tripolare con isolamento in XLPE e armatura in acciaio, con le seguenti caratteristiche:

Tensione nominale:	380 kV
Frequenza nominale:	50 Hz
Formazione:	3x1200
Tipo di conduttore:	Rame
Isolamento:	XLPE
Tensione massima permanente di esercizio:	420 kV
Diametro esterno massimo:	250 mm

All'interno della riunione del cavo, protetto da idoneo setto separatore, sarà presente un cavo in fibra ottica, a 24 fibre utile per il sistema di supervisione e controllo.



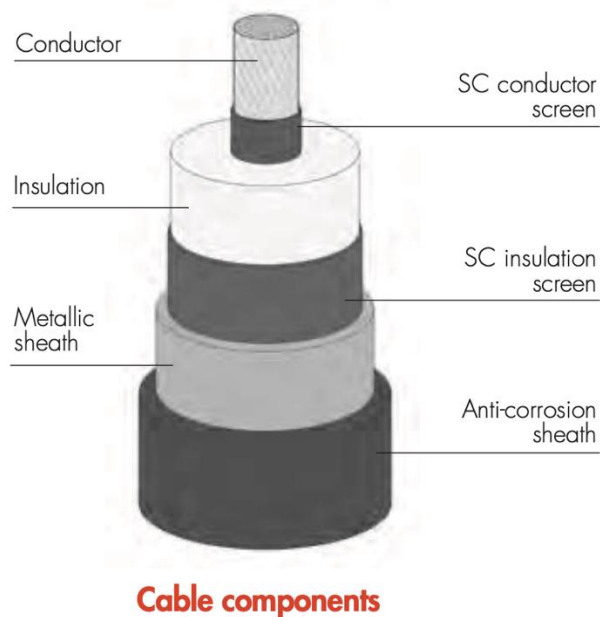
**Sezione di un cavo marino tripolare con isolamento in XLPE e armatura in acciaio**

#### 4.5.2 Cavo terrestre a 380 kV in CA

La tensione nominale di esercizio del cavo di connessione sarà a 380 kV in corrente alternata, per una corrente nominale totale di produzione di circa 798 A.

Il cavo scelto per il tratto su terra ferma sarà del tipo unipolare con isolamento in XLPE e armatura in acciaio, con le seguenti caratteristiche:

Tensione nominale:	380 kV
Frequenza nominale:	50 Hz
Formazione:	3x1x1200
Tipo di conduttore:	Rame
Isolamento:	XLPE
Tensione massima permanente di esercizio:	420 kV
Diametro esterno massimo singolo cavo:	120 mm



Struttura di un cavo terrestre unipolare con isolamento in XLPE e armatura in acciaio

Il raccordo terrestre di connessione alla RTN di progetto sarà in cavo interrato AAT a 380 kV formato da una terna trifase posata in piano costituita da cavi unipolari con anima in rame da 1200 mm<sup>2</sup>, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, schermo a fili di rame e guaina in alluminio monoplaccato e rivestimento in politene (PE) con grafitatura esterna. I cavi devono essere conformi al documento Cenelec HD 632 ovvero alla norma IEC 60840 seconda edizione 1999.

Il rivestimento protettivo esterno deve essere una guaina in polietilene conforme alla norma CEI 20-11 di colore nero. La curvatura dei cavi deve essere tale da non provocare danno agli stessi. Le condizioni ambientali (temperatura, umidità) durante la posa dei cavi dovranno essere nel range fissato dal fabbricante dei cavi.

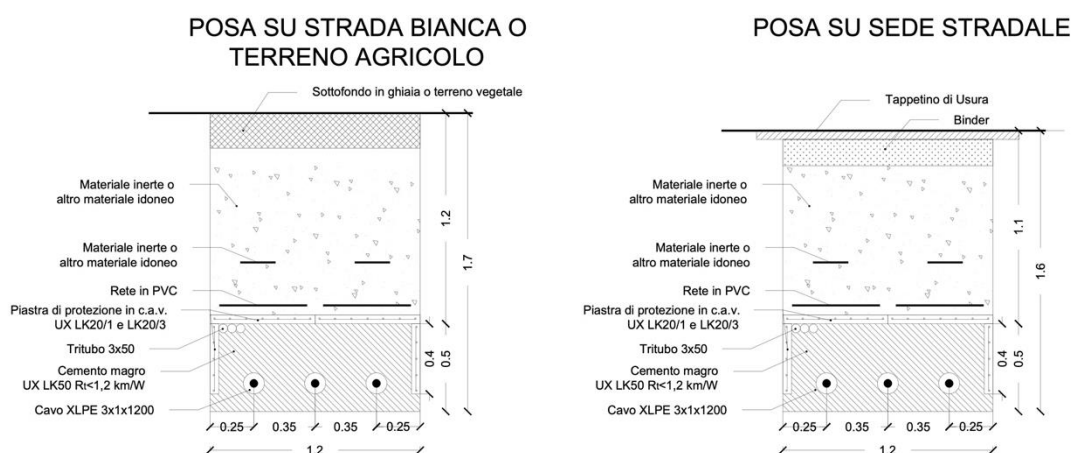
Nei tratti in cui si attraverseranno terreni rocciosi o in altre circostanze eccezionali in cui non potranno essere rispettate le profondità minime sopra indicate, dovranno essere predisposte adeguate protezioni.

Saranno eseguiti scavi a sezione ridotta e obbligata di profondità 170 cm (si vedano gli allegati grafici) a seconda del tipo di attraversamento.

Si procederà quindi con:

- scavo;
- posa primo strato di magrone cementizio;
- posa cavo AAT;

- rinfiancamento e riempimento con magrone cementizio fino alla quota stabilita,
- posa cavo di controllo entro tritubo in PEHD;
- Posa protezione tegoli in cls come da sezioni di scavo
- riempimento con terra derivante dallo scavo,
- posa di rete in plastica forata e di uno o più nastri segnalatori,
- rinterro con materiale arido proveniente dagli scavi, preventivamente approvato dalla D.L., per gli attraversamenti particolari; rinterro con conglomerato cementizio classe Rck 150;
- ripristino della pavimentazione stradale.



Tratto	Sezione [mmq]	Lunghezza [m]	Numero terne max affiancate	Corrente di impiego da Load Flow [A]	Portata Conduttore [A] ( $\rho_T=1$ C·m/W)	Caduta di tensione sulla linea[%]
SSE - Approdo	1200	36.800	3x1200	798	1076 (in acqua)	0,2
Approdo-SE RTN	1200	17.400	3x1x1200	798	1001	0,1

Tabella 5: verifica portata cavidotto AAT (potenza erogata 100%)

Sarà cura del fornitore del cavo AAT (e dei relativi terminali) la posa del cavo e il montaggio dei relativi terminali.

## 5. STAZIONE DI TRASFORMAZIONE OFF-SHORE 380/66 KV

### 5.1 Descrizione

La società proponente ha intenzione di realizzare in posizione baricentrica rispetto alle pale eoliche off-shore una Stazione di Trasformazione 380/66 kV (di cui si ha meglio evidenza negli elaborati allegati) atta a ricevere l'energia prodotta dall'impianto eolico off-shore per trasformarla

dal livello di tensione 66 kV in altissima tensione a 380 kV e vettorialarla con raccordo in cavo AAT verso la SE RTN.

All'interno della Stazione di Trasformazione offshore la tensione viene innalzata da 66 kV (tensione nominale del sistema di rete di raccolta tra i vari aerogeneratori) a 380 kV e da qui con raccordo in cavo sottomarino e interrato terrestre si collegherà su uno stallo a 380 kV presso la SE RTN di Brindisi.

La Stazione Elettrica off-Shore, come meglio evidenziato nel documento specialistico PTO\_5.2 prodotto dalla ESE Srl, sarà composta da due GIS a tensione rispettivamente pari a 66kV e 380kV.

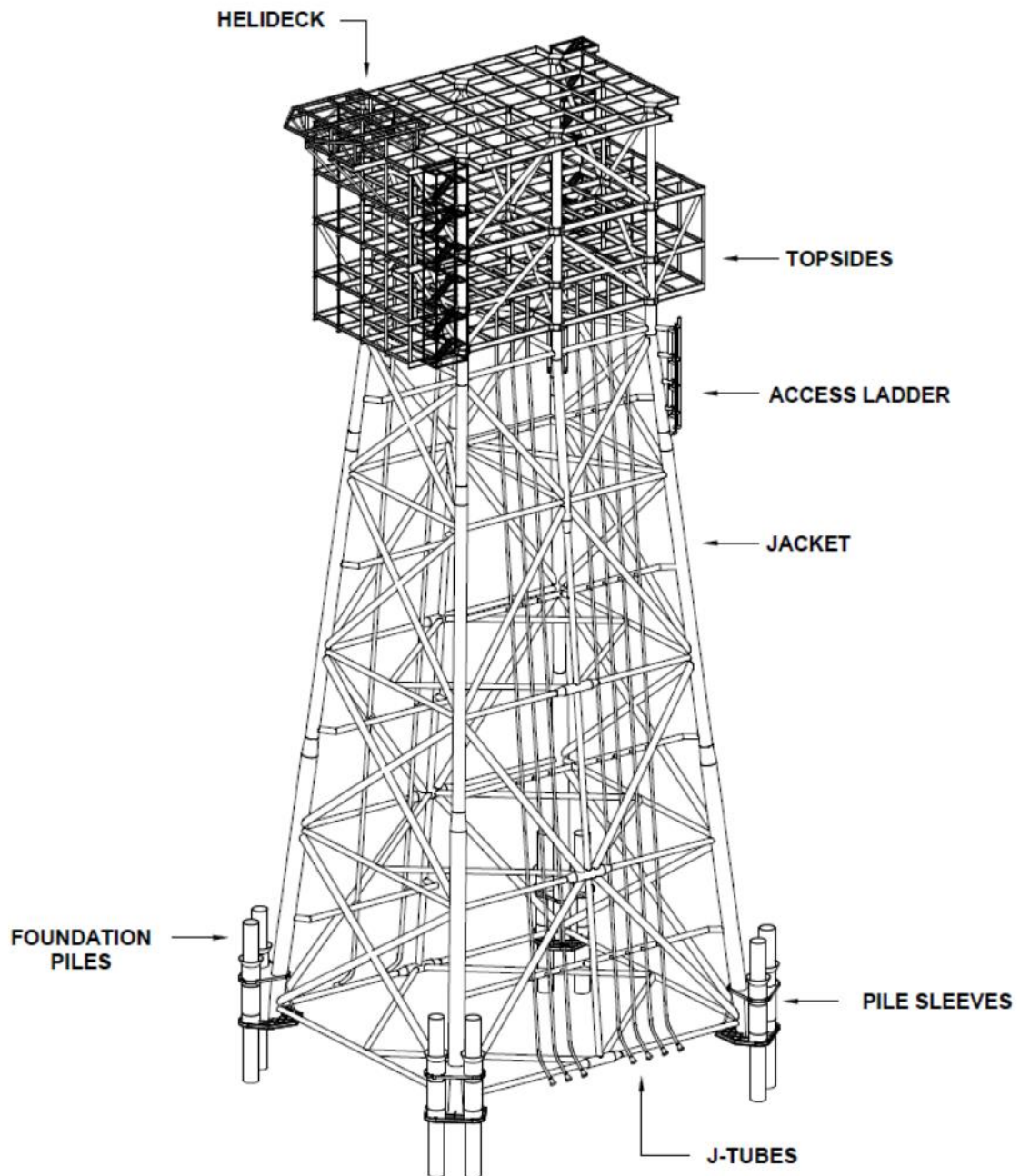
## **5.2 Struttura della Stazione di Trasformazione Offshore**

La struttura della sottostazione offshore è di tipo fisso ed è composta dai seguenti componenti:

- sottostruttura (Jacket);
- pali di fondazione;
- sovrastruttura (Topsides).

### **5.2.1 Jacket**

Il Jacket è una struttura reticolare saldata in acciaio tubolare a 4 gambe di forma tronco piramidale, che si estende dal fondale (-105m) a elevazione +15m dal livello del mare. Gli elementi tubolari e diagonali di controventatura sono disposti su quattro file principali, con inclinazioni 1/10 e 1/12, e 5 piani orizzontali, che si trovano alle el. +11.0m, -13.0m, -43.0m, -73.0m, -103.0m dal livello del mare.



Struttura Piattaforma

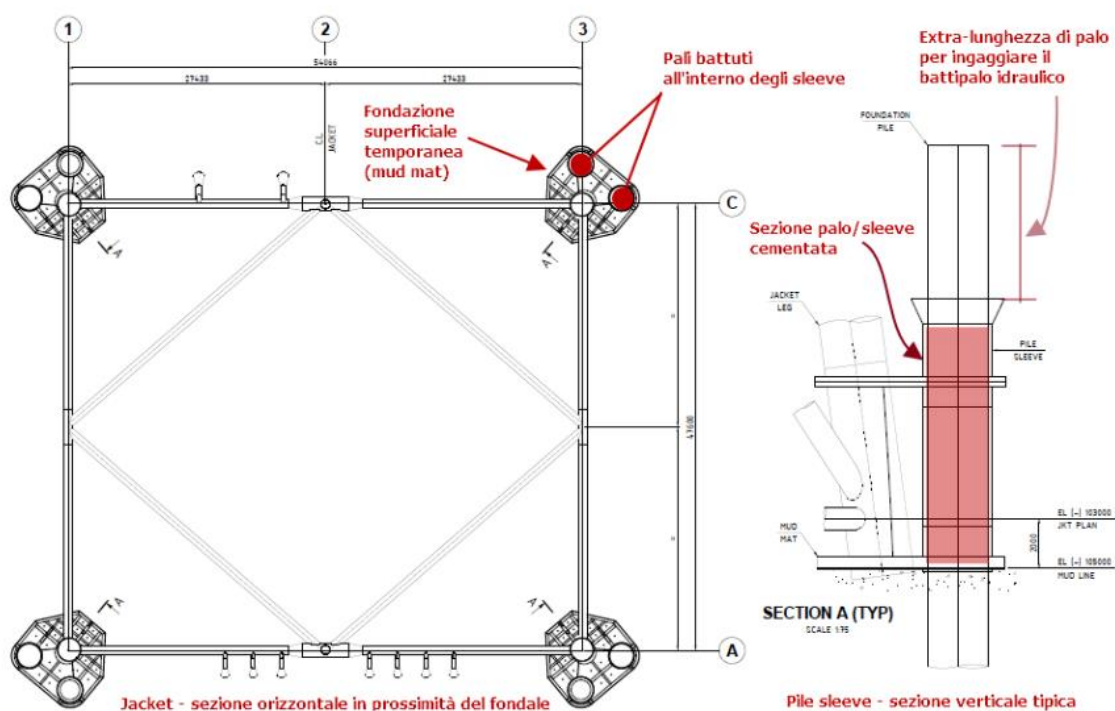
### Attracchi

La piattaforma è dotata di due attracchi disposti sulle due gambe del Jacket lato est per consentire l'accesso dal mare tramite Crew Transfer Vessel (CTV). Gli attracchi sono fissati alla struttura principale e pertanto saranno installati insieme al Jacket.



## 5.2.2 Fondazioni

La struttura del Jacket è ancorata al fondale mediante pali di fondazione di tipo 'skirt piles', posizionati ai quattro angoli. In questa fase di progetto sono stati considerati otto skirt piles (due per angolo).

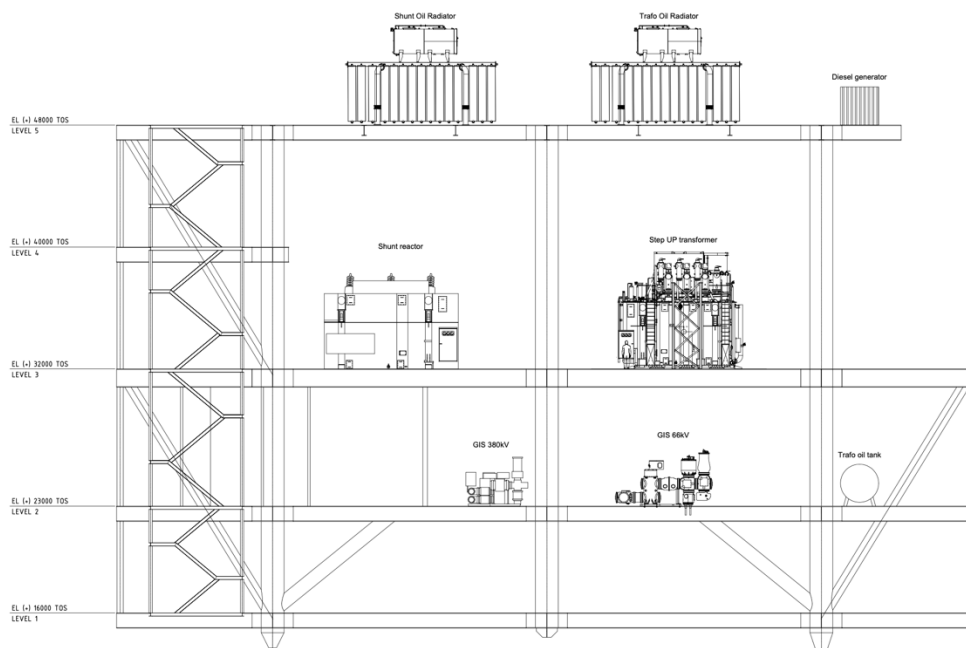


## 5.2.3 Topsides

Il Topsides è una struttura tralicciata a 5 livelli, al cui interno si trovano tutte le apparecchiature elettriche, gli impianti e il modulo alloggi.

I principali livelli previsti sono (quote rispetto al livello del mare):

- Livello 1 - el.+16.0m - Cable deck: piano a cui arriva la sommità dei J-tube, dedicato a fornire adeguata portata e spazio per i sistemi di pulling e per il routing dei cavi ai GIS 66kV e 380kV;
- Livello 2 - el. +23.0m - Utility deck: piano a cui sono alloggiati i GIS 66kV, 380kV e le control rooms;
- Livello 3 - el. +32.0m - Main deck -: piano a cui si trovano main transformers e shunt reactors;
- Livello 4 - el. +40.0m – Piano intermedio per servizi limitato ai due sbalzi laterali, non facente parte della tralicciatura principale del modulo; se richiesto, può essere aggiunto un ulteriore livello tra el. +32.0m e +48.0m;
- Livello 5 - el. +48.0m - Weather deck: copertura di capacità portante adeguata per il carico e la movimentazione di attrezzature;
- Livello 6 - el.+53.0m - Helideck: piano di appontaggio per elicotteri.



Livelli principali Topsides

### 5.3 Sistema GIS 66 kV

Il GIS a 66 kV sarà formato da:

- N.7 stalli (baie) in ingresso dal Parco Eolico.
- N.2 stalli (baie) per alimentazione dei due trasformatori ausiliari utili all'alimentazione degli ausiliari di impianto.
- N.2 stalli collegati ai trasformatori da 300MVA per innalzare il livello di tensione a 380kV.
- Il sistema sarà diviso in due semi sbarre collegate tramite un coupler normalmente aperto. Ogni semi-sbarra sarà equipaggiata con trasformatore di tensione e lame di messa a terra.

### 5.4 Sistema GIS a 380 kV

Il GIS a 380 kV sarà formato da uno stallo che permetterà il:

- Collegamento tramite n°1 terna di cavo sottomarino tripolare a uno stallo RTN di connessione per l'esportazione dell'energia prodotta dall'impianto eolico.
- Collegamento ai due Shunt Reactors previsti per la compensazione dell'energia capacitiva dovuta ai collegamenti in cavo sottomarino.
- Collegamento ai trasformatori innalzatori 66/380kV.

Dagli stalli dei trasformatori abbassatori del GIS 66kV si distribuirà l'energia agli ausiliari di sottostazione tramite n°2 trasformatori AT/BT. Ogni trasformatore si collegherà al quadro principale di Bassa Tensione che alimenterà a sua volta gli ausiliari di impianto.

### 5.5 Sistema BT

Il sistema in BT è caratterizzato da:

- N. 1 quadro di Bassa Tensione a 400 V (denominato LVSG-AUX1) per l'alimentazione dei sottoquadri ausiliari. Il quadro sarà diviso in n°3 semi sbarre con due interruttori di accoppiamento sbarre automatico (ATS.) Il quadro sarà normalmente alimentato dai due trasformatori ausiliari ed in caso di emergenza dal Generatore Diesel.
- Sistema in corrente continua (DC UPS)
- Gruppo di continuità in corrente alternata (AC UPS)

In aggiunta a quanto sopra, saranno previsti tutti i sistemi ausiliari d'impianto, necessari al corretto funzionamento della sottostazione, quali ad esempio:

- Sistema di controllo e protezione
- Sistema HVAC
- Sistema antincendio
- Sistema luci e prese
- Sistema di videosorveglianza
- Sistema trattamento acqua

Il dettaglio della distribuzione elettrica è rappresentato nello schema unifilare allegato al PTO Utente.

Il dettaglio della disposizione in pianta dei componenti è rappresentato nel layout stazione offshore contenuto nel documento PTO\_5.2 Stazione di Trasformazione offshore 380/66 kV.

## **5.6 Illuminazione esterna ed impianto FM**

L'impianto di illuminazione esterno sarà realizzato con corpi illuminanti opportunamente distanziati dalle parti in tensione ed in posizione tale da non ostacolare la circolazione dei mezzi. I proiettori saranno del tipo con corpo di alluminio, a tenuta stagna, grado di protezione IP67, con lampade a led non inferiore a 70 W e verranno montati ad altezza adeguata, aventi alla base. Il valore medio di illuminamento minimo in prossimità delle apparecchiature sarà di 100 lux. Sarà inoltre previsto l'utilizzo di un interruttore crepuscolare per l'accensione/spegnimento automatico dei corpi illuminanti.

Dovrà essere installata l'illuminazione interna dei locali in modo tale che sia garantito all'interno un illuminamento medio di 100 lux con organi di comando indipendenti per singoli locali.

## **5.7 Impianti speciali**

Tutta la piattaforma e i locali andranno protetti dall'ingresso di non autorizzati tramite un sistema di antintrusione, conforme alla CEI 79-2, composto da:

- barriere perimetrali;
- contatti sulle porte di accesso ai locali di utente;
- sirena auto-alimentata antischiuma;

- centrale elettronica di allarme;
- trasponder o chiave elettronica con interfaccia presso i punti di ingresso;
- compositore 5G;

L'area dovrà, inoltre, essere dotata di impianto di videosorveglianza.

### **5.8 Protezione apparecchiature**

La protezione di macchina è costituita da due interruttori automatici, uno sul lato 66, l'altro sul lato 380 kV, corredati di relativi sezionatori e sezionatori di terra, , scaricatori di sovratensione, trasformatori di misura e di rilevazione guasti. Sarà così realizzata sia la protezione dai corto circuiti e dai sovraccarichi che la protezione differenziale.

Come precedentemente descritto, l'impianto sarà dotato di interruttori automatici, sezionatori di terra, , trasformatori di misura isolati in GAS. Le protezioni e le tarature si definiranno in sede di progettazione esecutiva e di regolamento di esercizio.

\*\*\*\*\*