

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA		Pagina 1 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>		Numero Doc. F20GD-DOC-001
			Revisione 00

Committente  
**EFFEVENTI S.r.l.**  
Via Caminadella, 13  
20123 MILANO

-

Opera

**Impianto di Generazione Eolica Off-Shore**  
**Capitaneria di Porto di Termoli (CB)**

-

Oggetto

**Relazione di dimensionamento**  
**delle apparecchiature elettriche principali**

-

**RELAZIONE TECNICA**

Doc. n. F20GD-DOC-001 – Rev. 00 del 19/10/2005

							
	00	19/10/05	Edizione per V.I.A.	..... C.G.Dondi	..... F.Grande	..... F.Grande	
	0A	08/09/05	Edizione PRELIMINARE	..... C.G.Dondi	..... F.Grande	..... F.Grande	
Doc. n.	<b>F20GD-DOC-001</b>	Rev.	<b>Data</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Redatto</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 2 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

## INDICE

<b>1</b>	<b>INFORMAZIONI GENERALI</b>	<b>3</b>
1.1	Oggetto e Scopo	3
1.2	Disposizioni legislative, norme e guide tecniche	3
1.3	Descrizione delle unità che compongono l'impianto soggetto allo studio	3
1.4	Documentazione di riferimento	5
<b>2</b>	<b>DATI ED INFORMAZIONI DI BASE</b>	<b>6</b>
2.1	Condizioni ambientali	6
2.2	Basi di Progetto	6
2.3	Dati progettuali	6
<b>3</b>	<b>CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E CALCOLI</b>	<b>7</b>
3.1	Dimensionamento dei Quadri Elettrici MT di interconnessione (MV-02÷MV-45)	7
3.2	Dimensionamento Quadro elettrico MT collettore off-shore (MV-01)	8
3.3	Dimensionamento Quadro elettrico MT collettore on-shore (MV-00)	9
3.4	Dimensionamento del Trasformatore Elevatore (TR-00)	10
3.5	Dimensionamento dei Trasformatori Ausiliari (TR-AUX1 e TR-AUX2)	12
3.6	Dimensionamento degli organi d'interruzione e sezionamento a 150 kV (AT-00)	13
3.7	Dimensionamento Quadro elettrico BT ausiliario di stazione (LV-00)	13
3.8	Dimensionamento Cavi Terrestri (CTS)	14
3.9	Dimensionamento Cavi sottomarini (CSM)	19
3.10	Dimensionamento Linea Aerea a 150 kV tra AT-00 e Sottostazione San Salvo Smistamento (OHL-001)	20
3.11	Campo elettrico e magnetico	21
3.12	Impianto di Terra di Protezione	22
<b>4</b>	<b>ALLEGATI – DIMENSIONAMENTO DI MASSIMA DEI CAVI A 33 KV</b>	<b>24</b>
4.1	Allegato 1 - Dimensionamento preliminare dei cavi sottomarini a 33 kV	24
4.2	Allegato 2 - Dimensionamento preliminare dei cavi terrestri a 33 kV	25

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 3 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

## 1 INFORMAZIONI GENERALI

### 1.1 Oggetto e Scopo

La presente Relazione di dimensionamento delle Apparecchiature Principali descrive i dati ed i criteri utilizzati per dimensionare tutte le principali apparecchiature elettriche costituenti l'Impianto di Generazione Eolica Off-Shore che verrà realizzato in un'area del Mare Adriatico sottoposta alla giurisdizione della capitaneria di Porto di Termoli (CB), indicando i riferimenti normativi e i criteri progettuali osservati.

Tutti i risultati che verranno ricavati di seguito sono del tutto indicativi, basati su informazioni preliminari, stimate sulla base della letteratura elettrotecnica e desunte, ove possibile, da fogli dati commerciali di apparecchiature.

Tutti i risultati possono essere usati come punto di partenza per una progettazione di base ma dovranno comunque essere verificati in fase di ingegneria esecutiva, anche alla luce di eventuali scelte progettuali diverse da queste che risultano essere tali nell'ambito del progetto definitivo, nell'accezione della Guida CEI 0-2 Paragrafo 2.2.

### 1.2 Disposizioni legislative, norme e guide tecniche

Le principali disposizioni legislative, le norme e le guide tecniche considerate nel presente studio sono quelle indicate nel documento di descrizione dell'impianto elettrico, citato fra i documenti di riferimento.

### 1.3 Descrizione delle unità che compongono l'impianto soggetto allo studio

L'impianto considerato è composto da diverse apparecchiature elettriche, che dovranno essere dimensionate sulla base delle Norme di cui al Paragrafo 1.2, al fine di garantire il funzionamento dell'impianto nel suo complesso, rispettando le Norme tecniche e di sicurezza.

Le principali apparecchiature sono:

Apparecchiatura	Tensione	Potenza/Corrente	Sigla su Unifilare	Installazione	Dato di Progetto
Aero-Generatore Eolico	3.3 kV	3.6 MW 4.0 MVA	AR-01÷45	Off-Shore all'esterno	SI
Trasformatore di Unità MT/MT/BT	3.3/0.42/33 kV	4.0 MVA [2]	TR-01÷45	Off-Shore all'interno	SI
Quadri elettrici MT di interconnessione off-shore	33 kV	Da determinare	MV-02÷45	Off-Shore all'interno	
Quadro elettrico MT collettore off-shore	33 kV	Da determinare	MV-01	Off-Shore all'interno [1]	
Quadro elettrico MT collettore on-shore	33 kV	Da determinare	MV-00	On-Shore all'interno	
Trasformatore Elevatore MT/AT	33/150 kV	Da determinare	TR-00	On-Shore all'esterno	
Trasformatori Ausiliari MT/BT	33/0.42 kV 15/0.42 kV	Da determinare	TR-AUX1 TR-AUX2	On-Shore	
Quadro elettrico Ausiliario BT	0.42 kV	Da determinare	LV-00	On-Shore all'interno	

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 4 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

Apparecchiatura	Tensione	Potenza/Corrente	Sigla su Unifilare	Installazione	Dato di Progetto
Interruttore in aria per linea aerea 150 kV	150 kV	Da determinare	AT-00	On-Shore all'esterno	
Cavo sottomarino di connessione tra le unità [3]	33 kV	Da determinare		Off-Shore	
Cavo sottomarino di connessione tra MT-01 e MT-00 [3]	33 kV	Da determinare		Off-Shore	
Cavo terrestre tra TR-01÷45 e splicing box JSB	33 kV	Da determinare		Off-Shore	
Cavo terrestre tra MT-00 e splicing box	33 kV	Da determinare		On-Shore	
Linea aerea a 150 kV tra AT-00 e Sottostazione San Salvo Smistamento	150 kV	Da determinare	OHL-001	On-Shore all'esterno	
Sistema ausiliario di sottostazione	400 V	Da determinare		On-Shore all'interno	
Impianto di messa a terra	-	Da determinare			

Note

[1] - Installato a bordo della struttura dell'unità AR-01

[2] - Dimensionamento a cura del fornitore del Package Aero-Generatore eolico

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 5 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

#### 1.4 Documentazione di riferimento

Il presente studio si basa sulla documentazione di seguito elencata:

Pos.	Doc. n. – Rev, – Data	Titolo	Note
1	F20GD-DOC-002	Descrizione tecnica di principio dell'impianto elettrico	
2	F20GD-DOC-003	Descrizione di massima dei lavori d'installazione delle turbine eoliche, posa del cavo sottomarino e posa del cavo terrestre.	
3	F20GD-DOC-004	Computo metrico	
4	F20GD-DOC-005	Coordinate degli elementi principali dell'impianto	
5	F20GD-DWG-011	Schema Elettrico Unifilare Generale	
6	F20GD-DWG-021	Planimetria disposizione apparecchiature in sottostazione	
7	F20GD-DWG-022	Planimetria generale apparecchiature e percorsi cavi principali	
8	F20GD-DWG-023	Planimetria generale apparecchiature e percorsi cavi principali	
9	F20GD-DWG-024	Planimetria generale apparecchiature e percorsi cavi principali	

Note

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 6 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

## 2 DATI ED INFORMAZIONI DI BASE

### 2.1 Condizioni ambientali

Sono stati considerati i seguenti dati di installazione:

- Ambiente marino corrosivo per tutte le apparecchiature poste all'esterno dei cabinati sia sulla terra ferma che in mare.
- Ambiente marino anche per le apparecchiature nei cabinati installate off-shore
- Ambiente condizionato per le apparecchiature all'interno dei cabinati on-shore
- Temperatura ambiente media esterna inferiore a 25°C
- Temperatura ambiente media 25°C nei cabinati condizionati
- Altitudine rispetto al livello del mare trascurabile, in quanto comunque ben al di sotto di 1000 m s.l.m..

### 2.2 Basi di Progetto

Il dimensionamento delle apparecchiature elettriche si basa sulla relazione descrittiva del progetto elettrico dell' Impianto di Generazione Eolica Off-Shore che verrà realizzato in un'area del Mare Adriatico sottoposta alla giurisdizione della capitaneria di Porto di Termoli (CB).

I dati tecnici di partenza, di cui al paragrafo successivo, sono desunti da documentazione tipica di un possibile fornitore, e rappresentano una base realistica per il progetto definitivo, nell'accezione della Guida CEI 0-2 Paragrafo 2.2, e per la futura ingegneria esecutiva.

### 2.3 Dati progettuali

Sono stati considerati i seguenti dati di partenza:

- Dati nominali del singolo Aero-Generatore Eolico (AR-XX):
  - Potenza attiva nominale = 3.6 MW
  - Potenza apparente nominale = 4.0 MVA
  - Tensione nominale = 3.3 kV
  -
- Dati nominali del singolo trasformatore a tre avvolgimenti MT/MT/BT accoppiato all'Aero-Generatore Eolico (TR-XX):
  - Potenza apparente nominale = 4.0 MVA
  - Rapporto di trasformazione = 33/3.3/0.42 kV
  - Tensione di cortocircuito = 7 % STIMATO
  - Gruppo vettoriale = NON DISPONIBILE
  - Tipo di trasformatore = a secco inglobato in resina
  - Raffreddamento = Aria Naturale (AN)
- Gli Aero-Generatori Eolici installati saranno 45 su 5 file da 9 unità ciascuna
- Il quadro MT-01 a 33 kV, situato sull'Aero-Generatore Eolico AR-01 sarà il collettore off-shore dell'energia prodotta dalle 5 file di generatori, per trasmetterla alla sottostazione sulla terra ferma mediante 3 cavi sottomarini, ciascuno su circuito separato, al fine di ottenere una maggiore affidabilità.

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 7 di 26
	Impianto di Generazione Eolica Off-Shore	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

### 3 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E CALCOLI

#### 3.1 Dimensionamento dei Quadri Elettrici MT di interconnessione (MV-02÷MV-45)

I quadri elettrici a 33 kV montati a bordo di ciascuna unità produttiva, servono per realizzare l'arteria che porta l'energia di ciascuna fila di aerogeneratore all'unità 01 che fa da collettore.

Pertanto, questi quadri saranno dotati di almeno tre interruttori ciascuno, ad eccezione di quelli delle cinque unità che terminano ciascuna fila, che avranno un interruttore in meno. Ciascun quadro dovrà veicolare la potenza prodotta dalla sua unità in aggiunta a quella proveniente dal resto della fila.

Così, se il quadro che termina la fila dovrà sopportare la potenza prodotta solo dalla sua unità, il quadro capofila, che poi si interfacerà con il quadro collettore MV-01, dovrà sopportare nove volte la stessa potenza, e quindi dovrà avere una corrente nominale pari a 9 pu (per unità) del quadro che termina la fila.

Posto che la corrente nominale a 33 kV prodotta da ciascuna unità, trascurando gli assorbimenti delle apparecchiature ausiliarie, e considerando come potenza utile la potenza nominale del trasformatore di unità (TR01÷45) è:

$$I_{Unità} = \frac{A_{TR-XX}}{\sqrt{3} \times V_n} \times 1000 = \frac{4}{\sqrt{3} \times 33} \times 1000 \cong 70 \text{ A}$$

La corrente nominale delle sbarre di ogni quadro dovrebbe quindi crescere, in linea di principio, in ragione del valore di questi 70 A.

Pertanto dovremmo avere quadri con correnti nominali progressivamente da 70/140/210/280/350/420/490/560/630 A, ma poiché lo standard di produzione dei quadri a 33 kV non contempla tutti questi valori di corrente nominale per le sbarre, senza un grosso aggravio economico è possibile ridurre tutti i quadri in oggetto ad una sola taglia.

Per garantire un minimo margine sulla corrente nominale, in considerazione del possibile calo di caratteristiche nominali delle apparecchiature in condizioni ambientali critiche, è consigliabile passare alla taglia nominale superiore alla massima corrente indicata, ovvero 800 A

Sulla base del fatto che comunque la corrente di corto di ciascuna quadro sarà limitata dal trasformatore di unità, e che questo a sua volta non avrà una tensione di cortocircuito inferiore al 7%, la corrente di corto sarà al più 1/0.07 volte quella nominale del trasformatore, considerando conservativamente una rete di potenza infinita invece dell'aerogeneratore asincrono, ovvero:

$$I_{ccUnità} = \frac{I_{Unità}}{V_{ccTR-XX}} = \frac{70}{0.07} \times 1000 = 1000 \text{ A}$$

Per il principio della sovrapposizione degli effetti, avendo 9 unità per fila, ciascuna fila può produrre, nel caso peggiore, una corrente pari a 9 volte questa, ovvero:

$$I_{ccFila} = I_{ccUnità} \times 9 = 1000 \times 9 = 9000 \text{ A}$$

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 8 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

Sempre considerando gli standard costruttivi dei quadri elettrici a 33 kV, dovrà essere selezionata un'apparecchiatura con un valore di corrente di corto circuito almeno superiore a quella calcolata.

Pertanto le sbarre dei quadri MV-02÷45 avranno le seguenti caratteristiche nominali:

- $V_n = 33 \text{ kV}$
- $I_n = 800 \text{ A}$
- $I_{sc} = 16 \text{ kA}$  simmetrica RMS per 1 secondo

La situazione cambia per gli interruttori in arrivo e partenza, che verranno collegati sulle sbarre dei quadri.

Infatti, per proteggere i circuiti questi non possono essere eccessivamente sovradimensionati, almeno per quanto concerne i trasformatori di corrente di misura e protezione.

Infatti gli interruttori saranno preferibilmente tutti uguali, con una corrente nominale di 800 A, e differiranno solamente per le parti attive verso le protezioni (trasformatori di corrente appunto), consentendone l'intercambiabilità in caso di guasto con poche modifiche.

Di seguito si riporta una tabella con le caratteristiche necessarie per i due/tre interruttori che compongono ciascun quadro di unità:

QUADRI OMOLOGHI	In Min. Per Interr. TR-XX [A]	In Min. per Interr. Di Interconnessione [A]	
		ARRIVO	PARTENZ A
MV-09/18/27/36/45	70	-	70
MV-08/17/26/35/44	70	70	140
MV-07/16/25/34/43	70	140	210
MV-06/15/24/33/42	70	210	280
MV-05/14/23/32/41	70	280	350
MV-04/13/22/31/40	70	350	420
MV-03/12/21/30/39	70	420	490
MV-02/11/20/29/38	70	490	560
MV-10/19/28/37	70	560	630

Al fine di una corretta gestione dell'impianto, in fase di ingegneria esecutiva si dovrà considerare anche un numero di interruttori liberi, già installati nei quadri, per consentire rapide riparazioni in caso di guasto, almeno per gli interruttori più piccoli.

### 3.2 Dimensionamento Quadro elettrico MT collettore off-shore (MV-01)

Il quadro elettrico a 33 kV montato a bordo dell'unità produttiva AG-01, serve da collettore per tutta l'energia prodotta dalle 45 unità; inoltre, tre dei suoi interruttori sono dedicati alla trasmissione di detta energia verso la terra ferma.

In virtù del fatto che questo quadro assomma tutta la corrente in arrivo dalle 5 file, la corrente nominale delle sbarre sarà:

$$I_{n \text{ Off-Shore}} = I_{n \text{ Fila}} \times 5 = 800 \times 5 = 4000 \text{ A}$$

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 9 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

Inoltre, questo quadro sarà dotato di almeno nove interruttori:

- Uno per il trasformatore di unità, con corrente minima di 70 A
- Uno per l'arrivo dalle altre otto unità della prima fila, con corrente minima di 560 A
- Quattro per gli arrivi dalle altre quattro file di unità produttive, con corrente minima di 630 A
- Tre per la trasmissione dell'energia prodotta verso la terra ferma, con corrente minima di 1200 A

La corrente di cortocircuito sopportata da questo quadro è somma delle correnti di guasto delle 5 file e della corrente di guasto che può arrivare dalla terra ferma, limitata dai tratti in cavo sottomarino.

Dalle 5 file avremo:

$$I_{cc\text{Off-Shore}} = I_{cc\text{Fila}} \times 5 = 9000 \times 5 = 45 \text{ kA}$$

Dalla terra ferma la corrente di guasto è limitata dal trasformatore elevatore TR-00, che sarà dotato di opportuna impedenza di cortocircuito, al fine di limitare la corrente di guasto dal lato MT, come di seguito riportato, al valore di:

$$I_{cc\text{Terra Ferma}} = 30.285 \text{ kA}$$

Pertanto, il quadro collettore off-shore, e di conseguenza il suo gemello sulla terra ferma, dovranno essere in grado di tenere la corrente di guasto che somma le suddette componenti, ovvero una corrente della durata di un secondo, con valore:

$$I_{cc\text{Off-Shore}} = I_{cc\text{Off-Shore}} + I_{cc\text{Terra Ferma}} = 45 + 30.3 = 75.3 \text{ kA}$$

In conclusione il quadro MV-01, sulla base degli standard costruttivi dei quadri, dovrà poter tenere per un secondo una corrente di guasto trifase simmetrica di 75.3 kA, e pertanto dovrà essere selezionata un'apparecchiatura da 80 kA

### 3.3 Dimensionamento Quadro elettrico MT collettore on-shore (MV-00)

Il quadro elettrico a 33 kV installato all'interno della cabina presso la sottostazione sulla terra ferma, serve da collettore per tutta l'energia prodotta dalle 45 unità e trasmessa verso la terra ferma.

Pertanto, questo quadro sarà dotato di almeno 5 interruttori:

- Tre per la trasmissione dell'energia prodotta verso la terra ferma, con corrente minima di 1200 A, identici a quelli montati sul quadro MV-01
- Uno per la trasmissione di questa energia verso il trasformatore elevatore, con corrente minima di 3600 A
- Uno per l'alimentazione del trasformatore ausiliario TR-AUX1 (TR-AUX2 sarà alimentato dalla rete di distribuzione esterna, in media tensione), con corrente nominale su cui regolare le protezioni di circa 10 A.

Per quanto riguarda la corrente nominale delle sbarre, questa dovrà essere pari a quella del quadro MV-01, e quindi pari a 4000 A.

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 10 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

Per ciò che riguarda il corto circuito, vale esattamente quanto detto a proposito del quadro collettore MV-01, poiché direttamente connesso a questo con le tre linee sottomarine.

Pertanto anche questo quadro dovrà poter tenere per un secondo una corrente di guasto trifase simmetrica di 75.3 kA, e pertanto sarà selezionata un'apparecchiatura di pari caratteristiche di tenuta al guasto, ovvero da 80 kA.

### 3.4 Dimensionamento del Trasformatore Elevatore (TR-00)

Il trasformatore TR-00 ha la funzione di elevare la tensione dell'energia prodotta da 33 kV a 150 kV, così da permetterne la trasmissione a grande distanza, riducendo la corrente e quindi le perdite dovute all'effetto Joule.

TR-00 raccoglie tutta l'energia prodotta dai singoli Aero-Generatori, che viene convogliata tramite i cavi sottomarini a 33 kV verso la terra ferma.

Pertanto, deve poter ricevere e trasformare tutta la potenza che può essere prodotta contemporaneamente dai 45 generatori in mare; poiché ciascun generatore può, almeno in linea teorica, raggiungere una potenza attiva massima generata di 3,6 MW, trascurando le perdite legate all'alimentazione dei circuiti ausiliari, allora:

$$P_{TOT} = \sum_{n=1}^{45} P_{AG-n}$$

Dove:

$P_{TOT}$  è la potenza attiva totale generabile teoricamente dall'Impianto nel suo complesso

$P_{AG-n}$  è la potenza del singolo Aero-Generatore n-esimo

$$P_{TOT} = 162 \text{ MW}$$

Considerando conservativamente un fattore di potenza pari a 0,8, anche se in effetti, per la natura asincrona dei generatori, tale valore dovrebbe essere costantemente più vicino al valore 1, si ottiene che la potenza apparente minima necessaria per il trasformatore ( $A_{TR-00}$ ):

$$A_{TR-00} > \frac{162}{0.8} = 202.5 \text{ MVA}$$

Tuttavia, in considerazione della possibile riduzione della "capability" della trasformatore dovuta a fattori di origine termica (alta temperatura nei mesi estivi), attualmente non valutabile, si ritiene preferibile selezionare una macchina dotata di almeno il 5% di margine su questo valore, già conservativo.

$$A_{TR-00} > 202.5 \times 1.05 = 212.6 \text{ MVA}$$

Vista la natura della fonte di energia, di tipo rinnovabile ma di incerta disponibilità, bisogna considerare che la condizione di massima produzione rappresenta un evento statisticamente poco probabile e comunque non dotato di caratteristiche di continuità e durata nell'anno.

Pertanto, poiché il trasformatore sarà comunque isolato in olio, è possibile dotarlo di un sistema di raffreddamento dell'olio sia di tipo naturale (ONAN, ovvero Olio Naturale Aria Naturale), sia di tipo forzato (ONAF, ovvero Olio Naturale Aria Forzata), consentendo, in

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 11 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

caso di necessità anche per lunghi periodi, di caricare la macchina anche al 125% della potenza nominale senza comprometterne la vita utile.

Questa soluzione permette di migliorare anche il rendimento della macchina nelle diverse situazioni di carico, in virtù del fatto che il rendimento più alto di un trasformatore solitamente si trova attorno al 70% del carico nominale.

Così facendo si installerà un trasformatore che:

- In condizioni normali avrà una potenza nominale ridotta rispetto alla massima produzione teorica dell'impianto, e potrà funzionare ad un livello di carico ottimale
- In condizioni di vento favorevole, ovvero di massima produzione di energia, sarà utilizzato il raffreddamento ad aria forzata, che permetterà di sopperire ai carichi di punta.

Quindi:

$$A_{TR-00} = 180/225 \text{ MVA (ONAN/ONAF)}$$

$$V_{n1} = 150 \text{ kV}$$

$$V_{n2} = 33 \text{ kV}$$

Tale potenza nominale dà origine ad una corrente di corto circuito su entrambi i livelli di tensione della macchina, limitata sostanzialmente dalla caratteristica intrinseca al trasformatore denominata "tensione di corto circuito" ( $V_{cc}$ ).

Tale grandezza può essere pilotata, entro limiti tecnologici, al fine di limitare il valore della corrente di corto circuito entro i limiti ammessi dagli standard delle apparecchiature installate a monte e a valle del trasformatore.

Posto che le correnti nominali dei due avvolgimenti

- $I_{n1}$  = corrente nominale sul lato 150 kV
- $I_{n2}$  = corrente nominale sul lato 33 kV

sono:

$$I_{n1} = \frac{A_{TR-00}}{\sqrt{3} \times V_{n1}} \times 1000 = \frac{225}{\sqrt{3} \times 150} \times 1000 = 866 \text{ A}$$

$$I_{n2} = \frac{A_{TR-00}}{\sqrt{3} \times V_{n2}} \times 1000 = \frac{225}{\sqrt{3} \times 33} \times 1000 = 3937 \text{ A}$$

Trascurando le perdite negli avvolgimenti, e quelle dovute alle connessioni, considerando un contributo al corto circuito con rete prevalente a potenza infinita, ovvero nella condizione più conservativa possibile rispetto alla realtà, volendo ottenere una corrente di corto circuito sul lato 33 kV con un valore prossimo ai 30 kA, si dovrà selezionare una macchina con una tensione di corto circuito prossima al 13%, infatti:

$$I_{cc2} = \frac{A_{TR-00}}{\sqrt{3} \times V_{n2}} \times \frac{1000}{V_{cc}} = \frac{225}{\sqrt{3} \times 33} \times \frac{1000}{0.13} = 30.285 \text{ kA}$$

mentre il contributo della macchina alla corrente di guasto sul lato 150 kV, all'inizio della linea aerea OHL-001 sarà:

$$I_{cc1} = \frac{A_{TR-00}}{\sqrt{3} \times V_{n1}} \times \frac{1000}{V_{cc}} = \frac{225}{\sqrt{3} \times 150} \times \frac{1000}{0.13} = 6.662 \text{ kA}$$

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 12 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

### 3.5 Dimensionamento dei Trasformatori Ausiliari (TR-AUX1 e TR-AUX2)

Ciascun trasformatore ausiliario dovrà essere in grado di alimentare tutte le utenze di bassa tensione presenti nell'ambito della sottostazione, sia all'interno che all'esterno della cabina elettrica.

Le utenze di bassa tensione sono stimate come segue:

Descrizione	kW	Fattore di potenza	kVA
Raffreddamento del trasformatore TR-00	50	0.8	62.5
Sistema UPS	60	0.8	75
Luce normale interna (15 W/m <sup>2</sup> x ~200 m <sup>2</sup> )	3	0.8	3.75
Luce normale esterna (10 x 500 W)	5	0.8	6.25
Ventilazione e condizionamento	25	0.8	31.25
Paranco di manutenzione	15	0.8	18.75
Scaldiglie quadri e pannelli	2	0.8	2.5
Motori & caricamolle interruttore/sezionatori 150 kV e scaldiglie	5	0.8	6.25
Prese F.M. (minima contemporaneità d'uso)	5	0.8	6.25
Presa trattamento olio TR-00	70	0.8	87.5
<b>TOTALE</b>	240	0.8	300

Pertanto, considerando un minimo margine di espansione dei carichi, si consiglia l'utilizzo di trasformatore da 350 kVA.

La corrente nominale lato BT sarà:

$$I_{n2} = \frac{A_{TR-AUX1/2}}{\sqrt{3} \times V_{n1}} \times 1000 = \frac{350}{\sqrt{3} \times 400} \times 1000 = 505.2 \text{ A}$$

Si considera quindi una tensione di cortocircuito, tale da limitare la corrente di cortocircuito entro i limiti accettabili per gli standard costruttivi dei trasformatori e dei quadri di bassa tensione.

Ipotizzando un valore di V<sub>cc</sub> pari al 4%, si genera, nell'ipotesi conservativa di una rete di potenza infinita a monte del trasformatore, una corrente di guasto pari a 25 volte la corrente nominale, ovvero

$$I_{cc2} = \frac{I_{n2}}{V_{cc}} \times 100 = \frac{505.2}{4} \times 100 = 12630 \text{ A}$$

Pertanto:

ITEM	V <sub>n1</sub> /V <sub>n2</sub>	A <sub>n</sub>	V <sub>cc</sub>
TR-AUX1	33/0.42 kV	350 kVA	4%
TR-AUX2	15/0.42 kV	350 kVA	4%

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 13 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

### 3.6 Dimensionamento degli organi d'interruzione e sezionamento a 150 kV (AT-00)

Le apparecchiature di interruzione e sezionamento di alta tensione, a 150 kV, devono poter interrompere le correnti nominali e di corto circuito della linea in antenna verso la Sottostazione di San Salvo Smistamento e garantire le distanze di sezionamento quando necessario.

La minima corrente nominale dell'interruttore, scelta fra gli standard costruttivi in commercio, dovrà essere maggiore della massima corrente che può interessare il circuito in condizioni normali; tale valore si calcola sulla base della potenza nominale del trasformatore TR-00

$$I_{n1} = \frac{A_{TR-00}}{\sqrt{3} \times V_{n1}} \times 1000 = \frac{225}{\sqrt{3} \times 150} \times 1000 = 866 \text{ A}$$

Per motivi legati agli standard del Gestore, la minima taglia dell'interruttore a questo livello di tensione è 1250 A, che soddisfa ampiamente le esigenze di corrente nominale dell'impianto. Così verrà selezionato un interruttore con

$$I_n = 1250 \text{ A}$$

Inoltre, dovendo l'interruttore aprire la massima corrente di cortocircuito, dopo aver sopportato il guasto per il tempo tecnico necessario all'interruzione, la minima corrente di apertura dello stesso, scelta fra gli standard costruttivi in commercio, dovrà essere maggiore della massima corrente di corto circuito nel punto in oggetto, come somma del contributo dell'impianto e di quello della Rete di Trasmissione Nazionale dichiarato dal Gestore.

In linea di massima, non disponendo ancora di informazioni puntuali sui contributi di corto circuito, ma essendo questa una installazione non fuori standard come potenze in gioco, si può assumere che un interruttore in grado di aprire una corrente di guasto simmetrica trifase di 31,5 kA possa essere accettabile.

$$I_{cc} = 31.5 \text{ kA}$$

Il percorso della linea aerea sarà definito in fase di ingegneria esecutiva, una volta nota la posizione della sottostazione di arrivo "San Salvo smistamento", ed eseguiti i necessari rilievi topografici.

I sezionatori, di linea e di terra, dovranno invece garantire le distanze di sezionamento di sicurezza relative al livello di tensione di 150 kV e tutte le altre caratteristiche tecniche stabilite dalle Norme.

### 3.7 Dimensionamento Quadro elettrico BT ausiliario di stazione (LV-00)

Il quadro elettrico BT ausiliario di stazione, essendo alimentato dai trasformatori TR-AUX1 e TR-AUX2 alternativamente, dovrà avere una corrente nominale compatibile con le caratteristiche di entrambi i trasformatori presi singolarmente.

Pertanto, posto che i trasformatori avranno le caratteristiche di cui al paragrafo 3.5, il quadro dovrà avere le seguenti caratteristiche:

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 14 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

ITEM	V <sub>n</sub>	I <sub>n</sub>	I <sub>cc min</sub>
LV-00	0.40 kV	630 A	16 kA

La composizione del quadro sarà definita in fase di ingegneria esecutiva, assieme alla verifica del dimensionamento di cui sopra.

### 3.8 Dimensionamento Cavi Terrestri (CTS)

Il dimensionamento dei cavi, e quindi della sezione minima utilizzabile nelle varie condizioni, si basa sulla più restrittiva delle seguenti condizioni:

- Corrente nominale ammissibile (portata) nelle condizioni di posa
- Massima corrente di corto circuito tollerabile dal cavo
- Minima corrente di corto circuito determinata dal cavo
- Caduta di tensione ammissibile in funzionamento a regime
- Caduta di tensione ammissibile durante l'avviamento dei motori

Ciò che riguarda la tensione di contatto determinata dal guasto sul cavo non sarà considerato, sulla base della presenza di un impianto di terra di protezione che dovrà limitare comunque i valori di questo potenziale entro limiti ammissibili per la sicurezza dell'uomo.

Per il calcolo dei cavi di bassa tensione si rimanda all'ingegneria esecutiva.

#### 3.8.1 Dati per il calcolo dei cavi in media tensione

- Fattore di carico 100 %
- Temperatura dell'aria all'esterno 40°C (ipotizzata)
- Temperatura del suolo all'esterno 20° C (ipotizzata)
- Resistività equivalente del suolo 1 m.K/W (ipotizzata)
- Massima temperatura permessa sul conduttore:
  - In condizioni di regime 90° C
  - In condizioni di guasto (CTO CTO) 250° C
- Tensione Nominale 33 kV
- Fasi 3
- Frequenza 50 Hz
- Installazione dei cavi:
  - In aria libera su passerella
  - Direttamente interrato su singolo strato
- Caduta di tensione 1% di V<sub>n</sub>
- Protezione da corto circuito interruttore
- Tipo di cavo:
  - Cavo adatto a 33 kV con conduttori di sezione  $\geq 70 \text{ mm}^2$
  - 3 conduttori a fili, di classe 2
  - strato interno di semiconduttore sui conduttori
  - Isolamento dei conduttori in XLPE per 26/45 kV
  - strato esterno di semiconduttore sull'isolamento
  - Schermo di rame sui conduttori

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 15 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

- Armatura in fili d'acciaio (a nastro di alluminio per corde unipolari)
- Isolamento esterno in PVC
- Codifica italiana RG7H10OZR-26/45 kV

### 3.8.2 Criterio per il dimensionamento secondo corrente ammissibile (portata)

Tutti I cavi dovranno essere dimensionati per il funzionamento a regime con fattore di carico 100%, che solitamente è più oneroso delle condizioni di funzionamento normali (la corrente di utilizzo  $I_b$  risulta essere solitamente minore della nominale); tale criterio garantisce la sicurezza di funzionamento per il cavo.

I cavi potranno essere posati su passerella, a singolo strato, oppure direttamente interrati, e questi due casi diversi danno luogo a diversi influssi sui regimi termici dei cavi stessi.

La relazione tra la sezione del cavo ( $S$ ) e la corrente ammissibile dello stesso ( $I_z$ ), in accordo con le Norme di riferimento è:

$$I_z = A \times S^m$$

Dove  $A$  ed  $m$  sono costanti definite dalle Norme, dettate sulla base delle condizioni di posa e del tipo di cavo.

### 3.8.3 Determinazione della portata dei cavi di media tensione su passerella

La portata nominale dei cavi di media tensione sarà calcolata sulla base delle Norme CEI-Unel 35027, 35028 and 35029, moltiplicando la portata base della Norma per i fattori di correzione che terranno conto delle condizioni ambientali e di installazione.

Le portate base per i cavi in aria sono desumibili dalla Norma CEI-Unel 35028/2, e sono relative ad una temperatura ambiente di 30° C; pertanto per adeguare i valori alla temperatura di 40° C il fattore di correzione, come da CEI-Unel 35027 è 0.90, considerando un solo circuito per passerella.

Esiste comunque una tabella con 2 e 3 circuiti sulla medesima passerella.

Si sconsiglia la posa di più di tre circuiti sulla medesima passerella.

$$I_z = 0,90 \times \text{portata base (1, 2 o 3 circuiti su passerella)}$$

### 3.8.4 Determinazione della portata dei cavi di media tensione direttamente interrati

La portata nominale dei cavi di media tensione sarà calcolata sulla base delle Norme e dei dati desumibili da cataloghi di fornitori, moltiplicando la portata base della Norma per i fattori di correzione che terranno conto delle condizioni ambientali e di installazione.

Le portate base per i cavi interrati sono desumibili dalla Norme e dei dati desumibili da cataloghi di fornitori, e sono relative ad una temperatura del terreno di 20° C, con installazione ad una profondità di 80 cm; per profondità superiori si dovrà utilizzare un fattore di correzione che sarà desunto dalle Norme medesime.

Per i cavi interrati dalla battigia alla cabina elettrica, la cui profondità di posa arriverà in alcuni punti anche a 2,5 m di profondità rispetto al piano di campagna, il fattore di correzione sarà 0.55; per i cavi dalla cabina al TR-00, la cui profondità di posa non supererà gli 80 cm, il fattore di correzione sarà invece 0.61.

Quindi:

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 16 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

$I_z = 0,55 \times$  portata base per i cavi dalla battigia (considerando anche i parallelismi all'interno della stessa linea, e linee distanziate 4 m tra loro, con corde unipolari disposte a trifoglio)

$I_z = 0,61 \times$  portata base per i cavi verso il TR-00 (considerando anche i parallelismi all'interno della stessa linea e con corde unipolari disposte a trifoglio)

I cavi dovranno poi essere verificati nei confronti delle possibili tarature delle protezioni degli interruttori, in modo che la corrente di taratura della protezione sia maggiore della corrente di utilizzo del carico, e minore della portata effettiva del cavo (in base alla posa).

Inoltre la corrente di guasto MINIMA che determina l'intervento delle protezioni dovrà essere minore del 145% della portata effettiva del cavo.

Pertanto la portata effettiva del cavo dovrà essere, per relazioni ulteriori rispetto alle correnti precedentemente definite, **MAGGIORE O UGUALE AL VALORE DI 86%** della corrente di regolazione della protezione, ma questa condizione riguarda essenzialmente l'accoppiamento tra interruttore e cavo di alimentazione.

### 3.8.5 Criterio per il dimensionamento secondo massima corrente di corto circuito tollerabile dal cavo

Sulla base dei fenomeni di guasto che possono verificarsi, i cavi devono poter resistere anche nelle seguenti condizioni di guasto, che devono però essere sanate dagli organi di protezione in un tempo tecnico accettabile:

Massima corrente di corto circuito a monte del cavo

Minima corrente di corto circuito a valle del cavo

Minima corrente di corto circuito monofase a terra

In tutte queste condizioni la effettiva portata del cavo dovrà essere superiore dell'energia passante dell'apparecchiatura di protezione.

Poiché l'energia passante delle protezioni è una caratteristica espressa con un valore in A<sup>2</sup>.s, questa è equivalente al prodotto I<sup>2</sup>.t della seguente formula, in accordo alla Norma CEI 11-17

$$S \geq \sqrt{\frac{I^2 \cdot t}{K^2}}$$

dove:

S è la sezione del cavo in mm<sup>2</sup>

I<sup>2</sup>.t è l'energia passante dell'interruttore di protezione, oppure il prodotto della massima corrente di corto circuito al quadrato per la durata del guasto

K è definito dalla seguente formula

$$K = \sqrt{\frac{Q_c(\beta + 20)}{\rho_{20}} \cdot \ln\left(\frac{g_f + \beta}{g_i + \beta}\right)}$$

Dove

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 17 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

$K$	Fattore dipendente dal conduttore e dalle temperature $(As^{1/2}/mm^2)=143$ in questo caso
$\vartheta_f$	Temperatura finale del conduttore =250°C
$\vartheta_i$	Temperatura iniziale del conduttore =90°C
$\rho_{20}$	Resistività elettrica del conduttore a 20 °C=17.241x10 <sup>-6</sup> Ω.mm
$Q_c$	Calore specifico volumico del conduttore a 0 °C=3.45x10 <sup>-3</sup> J/°C.mm <sup>3</sup>
$\beta$	Reciproco del coefficiente di temperatura del conduttore a 0 °C =234.5 °C

Considerando che l'energia passante dell'interruttore è nota dopo la scelta dello stesso, ed è quindi valida per una verifica, si può in alternativa stimare un tempo d'interruzione sul livello 33 kV di 0,1 s, come somma del tempo di reazione della protezione e apertura dell'interruttore, parallelamente ad una corrente di cortocircuito massima sui quadri di 80 kA.

Così facendo la sezione minima dei cavi sarà:

$$S \geq 80 \times 0.001 / 143 = 177 \text{ mm}^2$$

Quindi la sezione minima del conduttore terrestre sarà 185 mm<sup>2</sup>, che rappresenta la taglia commerciale immediatamente superiore al valore trovato nel calcolo.

### 3.8.6 Criterio per il dimensionamento secondo minima corrente di corto circuito tollerabile per la protezione

In caso di guasto a fine linea, la corrente limitata dall'impedenza dei cavi dovrà essere sufficiente a far intervenire la protezione, senza surriscaldare eccessivamente il cavo.

Per calcolare il minimo valore della corrente di corto circuito si dovranno considerare quanto segue:

- Che il guasto sarà tra fase e fase, o tra fase e neutro o tra fase e terra
- Che la tensione a fine linea può essere, in condizioni di guasto, riotta del 5% rispetto al valore nominale
- Che il guasto a fine linea potrebbe durare anche 5 secondi

Applicando le formule seguenti si può trovare la massima lunghezza che il cavo può avere conservando le caratteristiche di protezione del circuito, una volta nota la corrente di taratura della protezione a monte:

Guasto fase-fase:

$$I_m = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{C_{\min} * m * U_o}{\sqrt{\left[ R_s + \rho_{20} * 1,25 \frac{L}{S_{ph} * n_{ph}} \right]^2 + \left[ X_s + \lambda \frac{L}{n_{ph}} \right]^2}}$$

Guasto fase-neutro:

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 18 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

$$I_m = \frac{C_{min} * m * U_o}{\sqrt{\left[ R_s + \rho_{20} * 1,25 * L \left( \frac{1}{S_{ph} * n_{ph}} + \frac{1}{S_n * n_n} \right) \right]^2 + \left[ X_s + \lambda * L \left( \frac{1}{n_{ph}} + \frac{1}{n_n} \right) \right]^2}}$$

dove:

$I_m$	Minima corrente di guasto a fine linea (A)
$C_{min}$	Fattore di correzione della tensione = 0,95
$m$	Fattore di carico = 1,05
$U_o$	Tensione di fase del quadro a monte (V)
$\rho_{20}$	Resistività del cavo = 17,24 (ohm x mm <sup>2</sup> / km) a 20 °C
1,25	Aumento della resistività del cavo sulla base dell'incremento di temperatura
$L$	Lunghezza della linea (km)
$S_{ph}$	Sezione del conduttore (mm <sup>2</sup> )
$n_{ph}$	Numero di conduttori in parallelo per ciascuna fase
$S_n$	Sezione del conduttore di neutro (mm <sup>2</sup> )
$n_n$	Numero di conduttori in parallelo per il neutro
$R_s$	Massima resistenza della rete a monte (ohm)
$X_s$	Massima reattanza della rete a monte (ohm)
$\lambda$	Reattanza del cavo per ogni conduttore (ohm / km)

Si considera un'impedenza della rete a monte totalmente reattiva, con un livello di corto circuito trifase di 31.5 kA (scelta conservativa su tutta la rete a 33 kV), quindi

$$X_s = \frac{V_n}{\sqrt{3} I_n} = 0.6 \Omega$$

### 3.8.7 Criterio per il dimensionamento secondo massima caduta di tensione

Il dimensionamento dei cavi dovrà contenere anche la caduta di tensione entro limiti accettabili, considerando che la caduta di tensione per i cavi a 33 kV tra i vari quadri, e soprattutto tra il quadro collettore e il quadro sulla terra ferma non dovrà mai superare il valore di 1%  $V_n$ .

Ciò verrà verificato con la formula:

$$DV_A \% = \frac{K \cdot I_b \cdot L (R \cdot \cos \varphi_A + X \cdot \sin \varphi_A) \cdot 100}{V}$$

Dove:

DVA %	= Caduta di tensione calcolata(%)
V	= Tensione nominale (V)
K	= 2 per D.C. e circuiti monofase
K	= 1,73 per circuiti trifase
$I_b$	= corrente di utilizzo o nominale (in base alle informazioni) (A)
$\varphi_A$	= angolo di fase del carico
R	= resistenza del cavo (ohm/km)
X	= resistenza del cavo (ohm/km)

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 19 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

L = lunghezza del cavo (km)

### 3.8.8 Dati dei Cavi Considerati

Si considerano dati tratti da cataloghi commerciali di fornitori di cavi, chiaramente da verificare poi, in sede di ingegneria esecutiva.

Formazione	Unipolare Tripolare	Portata base in aria [A]	Portata base in terra [A] con 100°C.cm/W	R specifica [Ω/km]	X specifica [Ω/km]
3 x 185 mm <sup>2</sup>	Tripolare	465	407	0,127	0,110
1 x 300 mm <sup>2</sup>	Unipolare	703	582	0,0785	0,120
1 x 400 mm <sup>2</sup>	Unipolare	807	669	0,0624	0,116
1 x 500 mm <sup>2</sup>	Unipolare	931	737	0,0500	0,112
1 x 630 mm <sup>2</sup>	Unipolare	1073	824	0,0405	0,107

Le portate dei cavi unipolari sono considerate con posa delle tre fasi disposte a “trifoglio”.

### 3.8.9 Calcolo di massima

In allegato al documento l’elenco delle tratte in cavo terrestre a 33 kV, con relativa sezione, considerando anche un minimo di ottimizzazione delle sezioni necessarie, sulla base delle bobinature commerciali dei cavi.

## 3.9 Dimensionamento Cavi sottomarini (CSM)

Il dimensionamento dei cavi sottomarini sarà realizzato con le stesse modalità del dimensionamento per i cavi terrestri; le uniche note di rilievo saranno:

- le caratteristiche costruttive del cavo, che determinano i valori di resistenza e reattanza (trascurando la capacità perché le linee sono inferiori a 30 km)
- la temperatura esterna, su cui influisce la presenza di acqua e comunque di un ambiente umido, se interrato sul fondale marino

I cavi saranno scelti con formazione tripolare, e saranno instradati sui tratti paralleli ad una distanza minima di quattro (4) metri uno dall’altro.

Dovranno essere verificate tutte le condizioni, come per il dimensionamento dei cavi terrestri.

### 3.9.1 Dati dei Cavi Considerati

Si considerano dati tratti da cataloghi commerciali di fornitori di cavi, chiaramente da verificare poi, in sede di ingegneria esecutiva.

Formazione	Unipolare Tripolare	Portata base in mare [A]	R specifica [Ω/km]	X specifica [Ω/km]
3 x 185 mm <sup>2</sup>	Tripolare	390,0	0,254	0,110
3 x 240 mm <sup>2</sup>	Tripolare	523,4	0,163	0,108
3 x 300 mm <sup>2</sup>	Tripolare	585,0	0,157	0,120
3 x 400 mm <sup>2</sup>	Tripolare	729,3	0,125	0,116
3 x 500 mm <sup>2</sup>	Tripolare	1066,0	0,100	0,112

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 20 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

### 3.9.2 Calcolo di massima

Un calcolo di massima per le linee sottomarine, analogamente a quanto fatto per i cavi terrestri, sarà allegato a questo documento.

### 3.10 Dimensionamento Linea Aerea a 150 kV tra AT-00 e Sottostazione San Salvo Smistamento (OHL-001)

La linea aerea a 150 kV che collegherà la sottostazione di impianto alla Sottostazione San Salvo Smistamento avrà una lunghezza approssimativa di 8 km.

Durante questo percorso la sua altezza potrà variare a causa degli attraversamenti di strade, linee ferroviarie e corsi d'acqua.

La linea dovrà essere dimensionata sulla base della corrente massima erogata dal trasformatore TR-00, il cui valore è prossimo a 900 A; per motivi di standardizzazione, l'interruttore avrà una taglia minima di 1250 A, ma i trasformatori di corrente, e conseguentemente le regolazioni delle protezioni, saranno fatte su 900 A.

La caduta di tensione, in questo tratto dovrà essere limitata quanto più possibile e dovrà permettere il rispetto delle regole di connessione.

Si considera l'impiego di tralicci con catene di isolatori sospesi, con una disposizione "a triangolo" e mutue distanze secondo le Norme e le direttive del gestore.

Sulla base di informazioni desumibili da cataloghi commerciali di fornitori dei materiali per la realizzazione delle linee aeree in alta tensione, si suppone di utilizzare un conduttore composto da acciaio e alluminio, ove l'acciaio funge da rinforzo alle corde in alluminio, che hanno la funzione di condurre l'energia elettrica (ACSR – Aluminium Conductor Steel Reinforced).

Una prima stima del conduttore da impiegare, sulla base del solo dato di portata necessario per i conduttori, suggerisce l'impiego del conduttore "Cardinale", avente le seguenti caratteristiche:

– Dimensioni nominali	483.4 mm <sup>2</sup>
– Numero di corde di Alluminio	54
– Numero di corde di Acciaio	7
– Diametro della corda di Alluminio	3.376 mm
– Diametro della corda di Acciaio	3.376 mm
– Diametro dell'anima d'acciaio	10.13 mm
– Diametro esterno totale	30.38 mm
– Peso totale	1827 kg/km
– Portata nominale	996 A
– Resistenza DC 20° C	0.0587 Ohm/km
– Resistenza AC 75° C	0.0747 Ohm/km

La portata nominale si intende con il conduttore ad una temperatura di 75° C, aria a 25° C, vento a 0.61 m/s, radiazione solare di 1033 W/m<sup>2</sup>, e coefficiente di emissione e assorbimento pari a 0.5.

I calcoli meccanici per i carichi di rottura, e i calcoli di impedenza della rete saranno realizzati in fase di ingegneria esecutiva, una volta noti con precisione i dati relativi al terreno sottostante, alle altimetrie necessarie per gli attraversamenti della linea, ecc.

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 21 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

Anche per il dimensionamento della fune di guardia, si rimanda all'ingegneria esecutiva, poiché per il calcolo corretto, sono necessari dati che saranno noti solo in quella fase.

### 3.11 Campo elettrico e magnetico

Sulla base delle disposizioni legislative e normative in materia, in fase di ingegneria esecutiva dovrà essere verificata la rispondenza dell'impianto alle condizioni limite imposte.

Infatti, il campo elettrico prodotto da una linea in un dato punto dipende in prima istanza dal livello di tensione e dalla distanza del punto dalla linea, e in seconda istanza dalla configurazione geometrica della linea stessa. A parità di configurazione il campo elettrico diminuisce all'aumentare della distanza ed aumenta al crescere della tensione. Va ricordato che il campo elettrico è molto influenzato dalla presenza di oggetti, anche se scarsamente conduttori, come il terreno, la vegetazione, le pareti degli edifici, lo stesso corpo umano. Le linee elettriche in cavo non producono campo elettrico apprezzabile all'esterno in quanto gli schermi e le guaine metalliche realizzano una schermatura pressoché totale.

Parimenti, il campo magnetico prodotto da una linea in un dato punto dipende in prima istanza dal livello di corrente e dalla distanza del punto dalla linea, e in seconda istanza dalla configurazione geometrica della linea stessa. A parità di configurazione il campo magnetico diminuisce all'aumentare della distanza ed aumenta al crescere della corrente. Contrariamente a quanto accade con la tensione, la corrente in una linea aerea è soggetta a forti variazioni. Il campo magnetico creato da una linea può assumere valori assai diversi in diversi periodi di osservazione, e deve quindi essere analizzato in termini statistici.

Le normative tecniche e le Leggi dello Stato indicano valori massimi di campo elettrico e magnetico. I valori massimi attuali sono quelli indicati dai Decreti di attuazione della "Legge quadro sulla protezione dalla esposizione ai campi elettrici, magnetici, ed elettromagnetici", 22 febbraio 2001, n.36.

Il decreto attuativo - DPCM 8 luglio 2003 - fissa i limiti di esposizione e i valori di attenzione per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti. Nel medesimo ambito, il decreto stabilisce altresì anche un obiettivo di qualità per il campo magnetico, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni.

#### 3.11.1 Limiti di esposizione e valori di attenzione

Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 µT per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 µT, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

La formula per il calcolo dell'induzione magnetica in aria è la seguente:

$$B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

dove I è il valore di corrente calcolato al paragrafo 3.6, ed r è la distanza dal conduttore del punto in cui si determina il campo.

Dalla precedente relazione si deduce che la distanza minima da tenere è:

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 22 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

$$r_{\min} = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot B_{rif}} = 57,7 \text{ m}$$

### 3.11.2 Obiettivi di qualità

Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, e' fissato l'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

In questo caso la distanza minima da tenere è:

$$r_{\min} = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot B_{rif}} = 17,31 \text{ m}$$

In fase di progetto esecutivo sarà necessario valutare e/o verificare il percorso della linea aerea alla luce dei valori di distanza minima di rispetto ottenuti tenendo conto delle precedenti considerazioni.

### 3.12 Impianto di Terra di Protezione

L'impianto di terra di protezione contro i contatti indiretti dovrà essere realizzato per le installazioni su terra ferma; tale impianto, da realizzare mediante la posa di una maglia di rame interrata, dovrà sostenere la massima corrente di guasto a terra della linea a 150 kV, per un tempo sufficiente a permettere l'apertura dell'interruttore a monte.

In considerazione della massima corrente di guasto che può richiudersi sull'impianto di terra, che è solamente quella della linea a 150 kV, si suppone una corrente di 31,5 kA per 1 secondo, per il dimensionamento dei conduttori da interrare.

La corrente di corto della media tensione a 33 kV non si richiude attraverso l'impianto di terra, poiché il neutro sarà esercito isolato.

Se anche dovesse essere messo a terra con alta impedenza, il valore della corrente richiusa sulla maglia di terra, sarà tipicamente inferiore a 1000 A e al limite si richiuderà sulla maglia da un punto all'altro dell'impianto.

Sulla base della formula per la tenuta al corto circuito utilizzata per la verifica dei cavi terrestri, si considera ancora:

$$S \geq \sqrt{\frac{I^2 \cdot t}{K^2}}$$

dove:

S è la sezione del cavo in mm<sup>2</sup>

I<sup>2</sup>.t è il prodotto della massima corrente di corto circuito (31.5 kA) al quadrato per la durata del guasto (1 secondo)

K è definito dalla seguente formula

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 23 di 26
	<b>Impianto di Generazione Eolica Off-Shore</b>	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

$$K = \sqrt{\frac{Q_c (\beta + 20)}{\rho_{20}} \cdot \ln\left(\frac{g_f + \beta}{g_i + \beta}\right)}$$

Dove

$K$	Fattore dipendente dal conduttore e dalle temperature $(As^{1/2}/mm^2)=175$ in questo caso
$g_f$	Temperatura finale del conduttore =250°C, così da comprendere sia conduttori nudi che isolati
$g_i$	Temperatura iniziale del conduttore =30°C
$\rho_{20}$	Resistività elettrica del conduttore a 20 °C=17.241x10 <sup>-6</sup> Ω.mm
$Q_c$	Calore specifico volumico del conduttore a 0 °C=3.45x10 <sup>-3</sup> J/°C.mm <sup>3</sup>
$\beta$	Reciproco del coefficiente di temperatura del conduttore a 0 °C =234.5 °C

$$S \geq \sqrt{\frac{31.5^2 \cdot 1}{175^2}} = 180.1 mm^2$$

Pertanto i conduttori costituenti la maglia di terra principale, dovranno avere una sezione minima di 185 mm<sup>2</sup>, mentre tutte i conduttori per il collegamento delle apparecchiature alla maglia dovranno essere dimensionati sulla base dei valori di guasto che saranno calcolati in fase di ingegneria esecutiva.

Per le installazioni in mare saranno le masse metalliche, di cui dovrà essere garantita la continuità, a fungere da impianto di terra.

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 24 di 26
	Impianto di Generazione Eolica Off-Shore	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

#### 4 ALLEGATI – DIMENSIONAMENTO DI MASSIMA DEI CAVI A 33 KV

Sulla base dei criteri enunciati al Paragrafo 3 e delle assunzioni impiantistiche enunciate nella relazione di descrizione dell'impianto elettrico, segue un dimensionamento preliminare dei cavi a 33 kV.

##### 4.1 Allegato 1 - Dimensionamento preliminare dei cavi sottomarini a 33 kV

TRATTA	TENSIONE	LUNGHEZZA	CORRENTE DI UTILIZZO	PARTENZA	ARRIVO	FORMAZIONE	CAVI IN PARALLELO	TIPO DI POSA	PORTATA EFFETTIVA DEI CAVI IN PARALLELO	CADUTA DI TENSIONE	CORTO A FINE LINEA
[ITEM]	[V]	[m]	[A]	[ITEM]	[ITEM]		n°		[A]	[%]	[kA]
CSM-001	33000	5800	1049,7	GIUNTO-001	JSB-004	3 x 500 mm2	1	INTERRATA	1066	0,047	22,3
CSM-002	33000	5800	1049,7	GIUNTO-002	JSB-005	3 x 500 mm2	1	INTERRATA	1066	0,047	22,3
CSM-003	33000	5800	1049,7	GIUNTO-003	JSB-006	3 x 500 mm2	1	INTERRATA	1066	0,047	22,3
CSM-004	33000	1048	559,9	JSB-011	JSB-012	3 x 300 mm2	1	INTERRATA	585	0,006	38,8
CSM-005	33000	1048	489,9	JSB-013	JSB-014	3 x 300 mm2	1	INTERRATA	585	0,005	38,8
CSM-006	33000	1048	419,9	JSB-015	JSB-016	3 x 300 mm2	1	INTERRATA	585	0,005	38,8
CSM-007	33000	1048	349,9	JSB-017	JSB-018	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,005	39,0
CSM-008	33000	1048	279,9	JSB-019	JSB-020	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,004	39,0
CSM-009	33000	1048	209,9	JSB-021	JSB-022	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,003	39,0
CSM-010	33000	1048	140,0	JSB-023	JSB-024	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,002	39,0
CSM-011	33000	1048	70,0	JSB-025	JSB-026	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,001	39,0
CSM-012	33000	718	629,8	JSB-010	JSB-027	3 x 500 mm2	1	INTERRATA	1066	0,003	41,6
CSM-013	33000	1048	559,9	JSB-028	JSB-029	3 x 300 mm2	1	INTERRATA	585	0,006	38,8
CSM-014	33000	1048	489,9	JSB-030	JSB-031	3 x 300 mm2	1	INTERRATA	585	0,005	38,8
CSM-015	33000	1048	419,9	JSB-032	JSB-033	3 x 300 mm2	1	INTERRATA	585	0,005	38,8
CSM-016	33000	1048	349,9	JSB-034	JSB-035	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,005	39,0
CSM-017	33000	1048	279,9	JSB-036	JSB-037	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,004	39,0
CSM-018	33000	1048	209,9	JSB-038	JSB-039	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,003	39,0
CSM-019	33000	1048	140,0	JSB-040	JSB-041	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,002	39,0
CSM-020	33000	1048	70,0	JSB-042	JSB-043	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,001	39,0
CSM-021	33000	1435	629,8	JSB-009	JSB-044	3 x 500 mm2	1	INTERRATA	1066	0,007	37,1
CSM-022	33000	1048	559,9	JSB-045	JSB-046	3 x 300 mm2	1	INTERRATA	585	0,006	38,8
CSM-023	33000	1048	489,9	JSB-047	JSB-048	3 x 300 mm2	1	INTERRATA	585	0,005	38,8
CSM-024	33000	1048	419,9	JSB-049	JSB-050	3 x 300 mm2	1	INTERRATA	585	0,005	38,8
CSM-025	33000	1048	349,9	JSB-051	JSB-052	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,005	39,0
CSM-026	33000	1048	279,9	JSB-053	JSB-054	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,004	39,0
CSM-027	33000	1048	209,9	JSB-055	JSB-056	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,003	39,0
CSM-028	33000	1048	140,0	JSB-057	JSB-058	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,002	39,0
CSM-029	33000	1048	70,0	JSB-059	JSB-060	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,001	39,0
CSM-030	33000	2153	629,8	JSB-008	JSB-061	3 x 500 mm2	1	INTERRATA	1066	0,010	33,5
CSM-031	33000	1048	559,9	JSB-062	JSB-063	3 x 300 mm2	1	INTERRATA	585	0,006	38,8
CSM-032	33000	1048	489,9	JSB-064	JSB-065	3 x 300 mm2	1	INTERRATA	585	0,005	38,8
CSM-033	33000	1048	419,9	JSB-066	JSB-067	3 x 300 mm2	1	INTERRATA	585	0,005	38,8
CSM-034	33000	1048	349,9	JSB-068	JSB-069	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,005	39,0
CSM-035	33000	1048	279,9	JSB-070	JSB-071	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,004	39,0
CSM-036	33000	1048	209,9	JSB-072	JSB-073	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,003	39,0
CSM-037	33000	1048	140,0	JSB-074	JSB-075	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,002	39,0
CSM-038	33000	1048	70,0	JSB-076	JSB-077	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,001	39,0
CSM-039	33000	2870	629,8	JSB-007	JSB-078	3 x 500 mm2	1	INTERRATA	1066	0,014	30,5
CSM-040	33000	1048	559,9	JSB-079	JSB-080	3 x 300 mm2	1	INTERRATA	585	0,006	38,8
CSM-041	33000	1048	489,9	JSB-081	JSB-082	3 x 300 mm2	1	INTERRATA	585	0,005	38,8
CSM-042	33000	1048	419,9	JSB-083	JSB-084	3 x 300 mm2	1	INTERRATA	585	0,005	38,8
CSM-043	33000	1048	349,9	JSB-085	JSB-086	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,005	39,0
CSM-044	33000	1048	279,9	JSB-087	JSB-088	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,004	39,0
CSM-045	33000	1048	209,9	JSB-089	JSB-090	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,003	39,0
CSM-046	33000	1048	140,0	JSB-091	JSB-092	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,002	39,0
CSM-047	33000	1048	70,0	JSB-093	JSB-094	3 x 185 mm2	1	INTERRATA	390	0,001	39,0

Ing. Claudio Giovanni DONDI Cascina Uccellina, 1 27020 – TROMELLO (PV)	IMPIANTO/OPERA	Pagina 25 di 26
	Impianto di Generazione Eolica Off-Shore	Numero Doc. F20GD-DOC-001
		Revisione 00

## 4.2 Allegato 2 - Dimensionamento preliminare dei cavi terrestri a 33 kV

TRATTA	TENSIONE	LUNGHEZZA	CORRENTE DI UTILIZZO	PARTENZA	ARRIVO	FORMAZIONE	CAVI IN PARALLELO	TIPO DI POSA	PORTATA EFFETTIVA DEI CAVI IN PARALLELO	CADUTA DI TENSIONE	CORTO A FINE LINEA
[ITEM]	[V]	[m]	[A]	[ITEM]	[ITEM]		n°		[A]	[%]	[kA]
CTS-001	33000	550	1049,7	MV-00	GIUNTO-001	1 x 400 mm2	3	INTERRATA	1103,85	0,12%	45,5
CTS-002	33000	550	1049,7	MV-00	GIUNTO-002	1 x 400 mm2	3	INTERRATA	1103,85	0,12%	45,5
CTS-003	33000	550	1049,7	MV-00	GIUNTO-003	1 x 400 mm2	3	INTERRATA	1103,85	0,12%	45,5
CTS-004	33000	75	3149,2	MV-00	TR-00	1 x 630 mm2	7	INTERRATA	3518,48	0,02%	47,0
CTS-005	33000	20	1049,7	MV-01	JSB-004	1 x 300 mm2	2	IN ARIA	1265,4	0,01%	47,0
CTS-006	33000	20	1049,7	MV-01	JSB-005	1 x 300 mm2	2	IN ARIA	1265,4	0,01%	47,0
CTS-007	33000	20	1049,7	MV-01	JSB-006	1 x 300 mm2	2	IN ARIA	1265,4	0,01%	47,0
CTS-008	33000	20	559,9	MV-01	JSB-011	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,01%	47,0
CTS-009	33000	20	70,0	MV-01	TR-01	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-010	33000	20	629,8	MV-01	JSB-010	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-011	33000	20	629,8	MV-01	JSB-009	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-012	33000	20	629,8	MV-01	JSB-008	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-013	33000	20	629,8	MV-01	JSB-007	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-014	33000	20	559,9	MV-02	JSB-012	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-015	33000	20	489,9	MV-02	JSB-013	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-016	33000	20	70,0	MV-02	TR-02	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-017	33000	20	489,9	MV-03	JSB-014	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-018	33000	20	419,9	MV-03	JSB-015	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-019	33000	20	70,0	MV-03	TR-03	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-020	33000	20	419,9	MV-04	JSB-016	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-021	33000	20	349,9	MV-04	JSB-017	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,01%	47,0
CTS-022	33000	20	70,0	MV-04	TR-04	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-023	33000	20	349,9	MV-05	JSB-018	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,01%	47,0
CTS-024	33000	20	279,9	MV-05	JSB-019	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-025	33000	20	70,0	MV-05	TR-05	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-026	33000	20	279,9	MV-06	JSB-020	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-027	33000	20	209,9	MV-06	JSB-021	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-028	33000	20	70,0	MV-06	TR-06	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-029	33000	20	209,9	MV-07	JSB-022	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-030	33000	20	140,0	MV-07	JSB-023	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-031	33000	20	70,0	MV-07	TR-07	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-032	33000	20	140,0	MV-08	JSB-024	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-033	33000	20	70,0	MV-08	JSB-025	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-034	33000	20	70,0	MV-08	TR-08	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-035	33000	20	70,0	MV-09	JSB-026	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-036	33000	20	70,0	MV-09	TR-09	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-037	33000	20	629,8	MV-10	JSB-027	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-038	33000	20	559,9	MV-10	JSB-028	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-039	33000	20	70,0	MV-10	TR-10	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-040	33000	20	559,9	MV-11	JSB-029	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-041	33000	20	489,9	MV-11	JSB-030	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-042	33000	20	70,0	MV-11	TR-11	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-043	33000	20	489,9	MV-12	JSB-031	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-044	33000	20	419,9	MV-12	JSB-032	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-045	33000	20	70,0	MV-12	TR-12	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-046	33000	20	419,9	MV-13	JSB-033	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-047	33000	20	349,9	MV-13	JSB-034	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,01%	47,0
CTS-048	33000	20	70,0	MV-13	TR-13	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-049	33000	20	349,9	MV-14	JSB-035	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,01%	47,0
CTS-050	33000	20	279,9	MV-14	JSB-036	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-051	33000	20	70,0	MV-14	TR-14	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-052	33000	20	279,9	MV-15	JSB-037	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-053	33000	20	209,9	MV-15	JSB-038	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-054	33000	20	70,0	MV-15	TR-15	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-055	33000	20	209,9	MV-16	JSB-039	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-056	33000	20	140,0	MV-16	JSB-040	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-057	33000	20	70,0	MV-16	TR-16	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-058	33000	20	140,0	MV-17	JSB-041	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-059	33000	20	70,0	MV-17	JSB-042	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-060	33000	20	70,0	MV-17	TR-17	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-061	33000	20	70,0	MV-18	JSB-043	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-062	33000	20	70,0	MV-18	TR-18	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-063	33000	20	629,8	MV-19	JSB-044	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-064	33000	20	559,9	MV-19	JSB-045	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-065	33000	20	70,0	MV-19	TR-19	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-066	33000	20	559,9	MV-20	JSB-046	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-067	33000	20	489,9	MV-20	JSB-047	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-068	33000	20	70,0	MV-20	TR-20	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-069	33000	20	489,9	MV-21	JSB-048	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-070	33000	20	419,9	MV-21	JSB-049	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-071	33000	20	70,0	MV-21	TR-21	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-072	33000	20	419,9	MV-22	JSB-050	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-073	33000	20	349,9	MV-22	JSB-051	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,01%	47,0
CTS-074	33000	20	70,0	MV-22	TR-22	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-075	33000	20	349,9	MV-23	JSB-052	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,01%	47,0
CTS-076	33000	20	279,9	MV-23	JSB-053	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-077	33000	20	70,0	MV-23	TR-23	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-078	33000	20	279,9	MV-24	JSB-054	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-079	33000	20	209,9	MV-24	JSB-055	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-080	33000	20	70,0	MV-24	TR-24	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0

TRATTA	TENSIONE	LUNGHEZZA	CORRENTE DI UTILIZZO	PARTENZA	ARRIVO	FORMAZIONE	CAVI IN PARALLELO	TIPO DI POSA	PORTATA EFFETTIVA DEI CAVI IN PARALLELO	CADUTA DI TENSIONE	CORTO A FINE LINEA
[ITEM]	[V]	[m]	[A]	[ITEM]	[ITEM]		n°		[A]	[%]	[kA]
CTS-081	33000	20	209,9	MV-25	JSB-056	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-082	33000	20	140,0	MV-25	JSB-057	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-083	33000	20	70,0	MV-25	TR-25	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-084	33000	20	140,0	MV-26	JSB-058	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-085	33000	20	70,0	MV-26	JSB-059	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-086	33000	20	70,0	MV-26	TR-26	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-087	33000	20	70,0	MV-27	JSB-060	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-088	33000	20	70,0	MV-27	TR-27	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-089	33000	20	629,8	MV-28	JSB-061	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-090	33000	20	559,9	MV-28	JSB-062	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-091	33000	20	70,0	MV-28	TR-28	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-092	33000	20	559,9	MV-29	JSB-063	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-093	33000	20	489,9	MV-29	JSB-064	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-094	33000	20	70,0	MV-29	TR-29	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-095	33000	20	489,9	MV-30	JSB-065	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-096	33000	20	419,9	MV-30	JSB-066	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-097	33000	20	70,0	MV-30	TR-30	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-098	33000	20	419,9	MV-31	JSB-067	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-099	33000	20	349,9	MV-31	JSB-068	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,01%	47,0
CTS-100	33000	20	70,0	MV-31	TR-31	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-101	33000	20	349,9	MV-32	JSB-069	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,01%	47,0
CTS-102	33000	20	279,9	MV-32	JSB-070	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-103	33000	20	70,0	MV-32	TR-32	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-104	33000	20	279,9	MV-33	JSB-071	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-105	33000	20	209,9	MV-33	JSB-072	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-106	33000	20	70,0	MV-33	TR-33	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-107	33000	20	209,9	MV-34	JSB-073	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-108	33000	20	140,0	MV-34	JSB-074	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-109	33000	20	70,0	MV-34	TR-34	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-110	33000	20	140,0	MV-35	JSB-075	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-111	33000	20	70,0	MV-35	JSB-076	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-112	33000	20	70,0	MV-35	TR-35	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-113	33000	20	70,0	MV-36	JSB-077	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-114	33000	20	70,0	MV-36	TR-36	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-115	33000	20	629,8	MV-37	JSB-078	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-116	33000	20	559,9	MV-37	JSB-079	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-117	33000	20	70,0	MV-37	TR-37	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-118	33000	20	559,9	MV-38	JSB-080	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-119	33000	20	489,9	MV-38	JSB-081	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-120	33000	20	70,0	MV-38	TR-38	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-121	33000	20	489,9	MV-39	JSB-082	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-122	33000	20	419,9	MV-39	JSB-083	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-123	33000	20	70,0	MV-39	TR-39	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-124	33000	20	419,9	MV-40	JSB-084	1 x 300 mm2	1	IN ARIA	632,7	0,01%	46,9
CTS-125	33000	20	349,9	MV-40	JSB-085	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,01%	47,0
CTS-126	33000	20	70,0	MV-40	TR-40	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-127	33000	20	349,9	MV-41	JSB-086	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,01%	47,0
CTS-128	33000	20	279,9	MV-41	JSB-087	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-129	33000	20	70,0	MV-41	TR-41	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-130	33000	20	279,9	MV-42	JSB-088	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-131	33000	20	209,9	MV-42	JSB-089	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-132	33000	20	70,0	MV-42	TR-42	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-133	33000	20	209,9	MV-43	JSB-090	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-134	33000	20	140,0	MV-43	JSB-091	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-135	33000	20	70,0	MV-43	TR-43	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-136	33000	20	140,0	MV-44	JSB-092	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-137	33000	20	70,0	MV-44	JSB-093	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-138	33000	20	70,0	MV-44	TR-44	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-139	33000	20	70,0	MV-45	JSB-094	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-140	33000	20	70,0	MV-45	TR-45	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0
CTS-141	33000	20	6,1	MV-00	TR-AUX	3 x 185 mm2	1	IN ARIA	418,5	0,00%	47,0