

# Impianto eolico di Collinas

## Progetto definitivo

Oggetto:

**COL-37 – Relazione di dimensionamento**

Proponente:



Sorgenia Renewables S.r.l.  
Via Algardi 4  
Milano (MI)

Progettista:



Stantec S.p.A.  
Centro Direzionale Milano 2, Palazzo Canova  
Segrate (Milano)

Rev. N.	Data	Descrizione modifiche	Redatto da	Rivisto da	Approvato da
00	11-05-2023	Prima Emissione	D.STANGALINO	G. ALFANO	D.STANGALINO

Fase progetto: **Definitivo**      Formato elaborato: **A4**

Nome File: **COL-37.00 - Relazione** di calcolo elettrico



# Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
1.1	Descrizione del proponente .....	4
1.2	Contenuti della relazione.....	4
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>IMPIANTO EOLICO .....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DEI CAVI DI MEDIA TENSIONE.....</b>	<b>9</b>
5.1	LINEE IN CAVO MT INTERNE AL PARCO EOLICO.....	9
5.2	LINEE IN CAVO MT DI COLLEGAMENTO AI TRASFORMATORI ELEVATORI.....	10
<b>6</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DEL TRASFORMATORE ELEVATORE .....</b>	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DEL QUADRO DI MEDIA TENSIONE DI RACCOLTA.....</b>	<b>13</b>
<b>8</b>	<b>VALUTAZIONE DELLA CADUTA DI TENSIONE .....</b>	<b>14</b>
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE DELLE PERDITE.....</b>	<b>15</b>
9.1	PERDITE SULLE LINEE IN CAVO MT INTERNE AL PARCO EOLICO .....	15
9.2	PERDITE SUL TRASFORMATORE ELEVATORE .....	16
<b>10</b>	<b>LOAD FLOW .....</b>	<b>17</b>
<b>11</b>	<b>CORTO CIRCUITO DI FASE.....</b>	<b>18</b>
<b>12</b>	<b>GUASTI A TERRA .....</b>	<b>19</b>

# Indice delle figure

Figura 2-1: Inquadramento territoriale dell'impianto di Collinas .....	5
Figura 2-2: Inquadramento su ortofoto dell'area dell'impianto eolico Collinas.....	6

## 1 PREMESSA

La società Sorgenia Renewables S.r.l, d'ora in avanti il proponente, intende realizzare un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nella provincia del Sud Sardegna, in agro del comune di Collinas.

L'impianto sarà costituito da 8 aerogeneratori di potenza unitaria nominale fino a 6 MW, per una potenza installata complessiva fino a 48 MW.

Data la potenza dell'impianto, superiore ai 10.000 kW, il servizio di connessione sarà erogato in alta tensione (AT), ai sensi della Deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 23 luglio 2008 n.99 e s.m.i.

Gli aerogeneratori forniscono energia elettrica in bassa tensione (690V) e sono pertanto dotati di un trasformatore MT/BT ciascuno, alloggiato all'interno dell'aerogeneratore stesso e in grado di elevare la tensione a quella della rete del parco. La rete del parco è costituita da un cavidotto interrato in media tensione (30kV), tramite il quale l'energia elettrica viene convogliata dagli aerogeneratori alla sottostazione elettrica (SSE) di trasformazione AT/MT di proprietà del proponente che sarà collegata in antenna ad una nuova stazione elettrica (SE) di smistamento a 380/150/36 kV della RTN, da inserirsi in modalità entra-esce sulla linea a 380 kV "Ittiri-Selargius" (nel seguito "nuova SE").

Le opere progettuali sono quindi sintetizzate nel seguente elenco:

- parco eolico composto da 8 aerogeneratori, da 6 MW ciascuno, con torre di altezza fino a 125 m e diametro del rotore fino a 170 m, e dalle relative opere civili connesse quali strade di accesso, piazzole e fondazioni;
- impianto di rete, consistente in una nuova SE di smistamento a 380/150/36 kV della RTN da inserirsi in modalità entra-esce sulla futura linea a 380 kV "Ittiri-Selargius";
- impianto di utenza per la connessione alla RTN, consistente nella rete di terra, nella rete di comunicazione in fibra ottica, nel cavidotto in media tensione (30kV) interamente interrato e sviluppato principalmente sotto strade esistenti, nella SSE di trasformazione 150/30 kV di proprietà del Proponente e nell'elettrodotto a 150 kV di collegamento tra la SSE e la nuova SE.

I progetti del tipo in esame rispondono a finalità di interesse pubblico (riduzione dei gas ad effetto serra, risparmio di fonti fossili scarse ed importate) ed in quanto tali sono indifferibili ed urgenti, come stabilito dalla legge 1° giugno 2002, n. 120, concernente "Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l'11 dicembre 1997" e dal D.Lgs. 29 dicembre 2003, n.387 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità" e s.m.i..

L'utilizzo di fonti rinnovabili comporta infatti beneficio a livello ambientale, in termini di tonnellate equivalenti di petrolio (TEP) risparmiate e mancate emissioni di gas serra, polveri e inquinanti. Per il progetto in esame si stima una producibilità del parco eolico superiore a 130 GWh/anno (Produzione Media Annuale P50), che consente di risparmiare almeno 24.000 TEP/anno (fonte ARERA: 0,187 TEP/MWh) e di evitare almeno 64.000 ton/anno di emissioni di CO<sub>2</sub> (fonte ISPRA, 2020: 493,80 gCO<sub>2</sub>/kWh).

## **1.1 Descrizione del proponente**

Il soggetto proponente del progetto in esame è Sorgenia Renewables S.r.l., interamente parte del gruppo Sorgenia Spa, uno dei maggiori operatori energetici italiani. Il Gruppo è attivo nella produzione di energia elettrica con oltre 4'750 MW di capacità di generazione installata e oltre 400'000 clienti in fornitura in tutta Italia. Efficienza energetica e attenzione all'ambiente sono le linee guida della sua crescita. Il parco di generazione, distribuito su tutto il territorio nazionale, è costituito dai più avanzati impianti a ciclo combinato e da impianti a fonte rinnovabile, per una capacità di circa 370 MW tra biomassa ed eolico. Nell'ambito delle energie rinnovabili, il Gruppo, nel corso della sua storia, ha anche sviluppato, realizzato e gestito impianti di tipo fotovoltaico (ca. 24 MW), ed idroelettrico (ca.33 MW). In quest'ultimo settore, Sorgenia è attiva con oltre 75 MW di potenza installata gestita tramite la società Tirreno Power, detenuta al 50%. Il Gruppo Sorgenia, tramite le sue controllate, fra le quali Sorgenia Renewables S.r.l., è attualmente impegnata nello sviluppo di un importante portafoglio di progetti rinnovabili di tipo eolico, fotovoltaico, biometano, geotermico ed idroelettrico, caratterizzati dall'impiego delle Best Available Technologies nel pieno rispetto dell'ambiente.

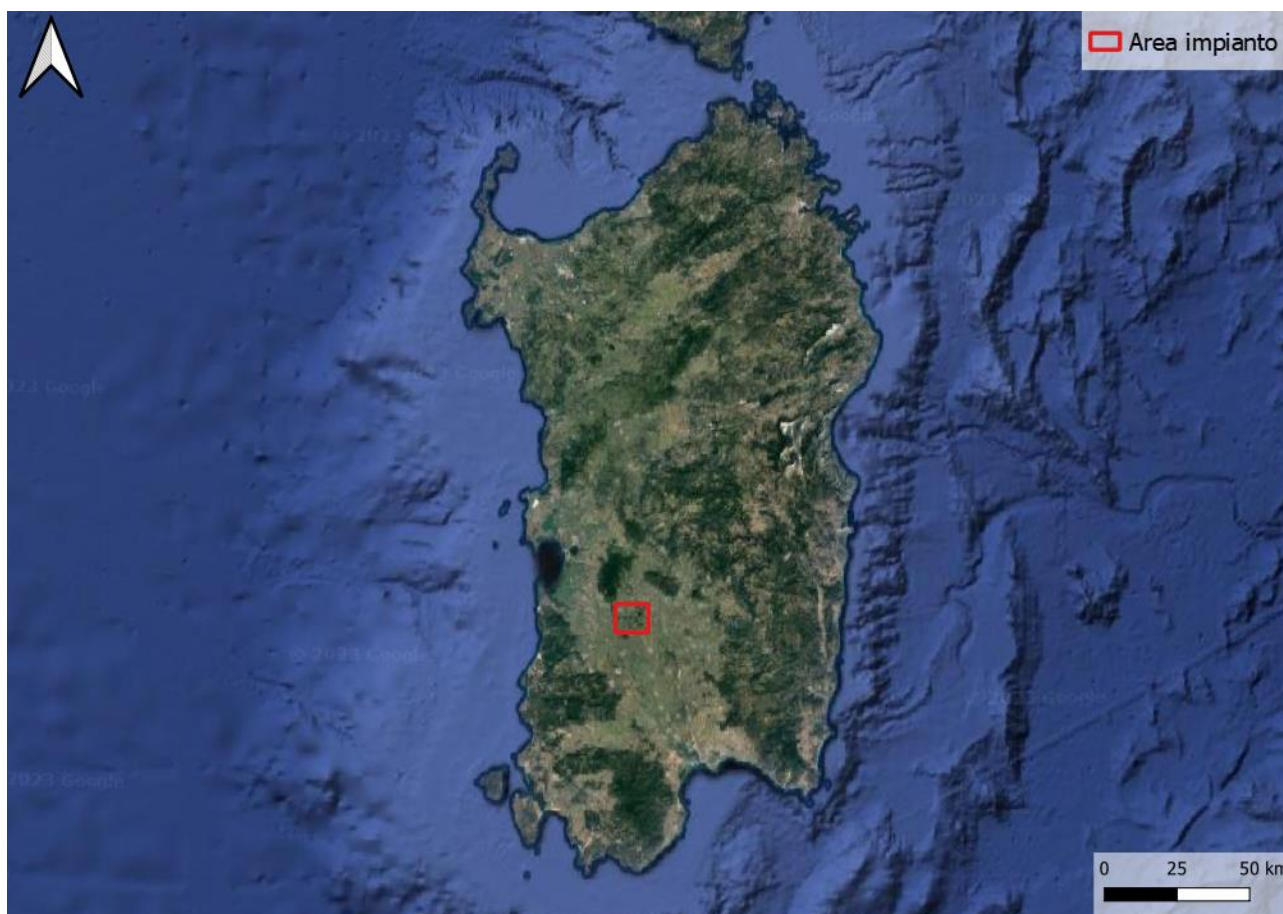
## **1.2 Contenuti della relazione**

La presente relazione ha l'obiettivo descrive i criteri di dimensionamento del nuovo impianto eolico denominato Collinas, che sarà connesso alla stazione condivisa con un altro impianto dello stesso proponente.

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito in cui sarà ubicato il parco eolico di nuova costruzione è collocato nel comune di Collinas, nella provincia del Sud Sardegna, in Sardegna.

L'impianto eolico di Collinas è localizzato a circa 45 km dal capoluogo, a circa 1,2 km dal centro urbano del comune di Collinas, ed a circa 8 km in direzione nord-ovest dal centro abitato del comune di Sanluri.



**Figura 2-1: Inquadramento territoriale dell'impianto di Collinas**

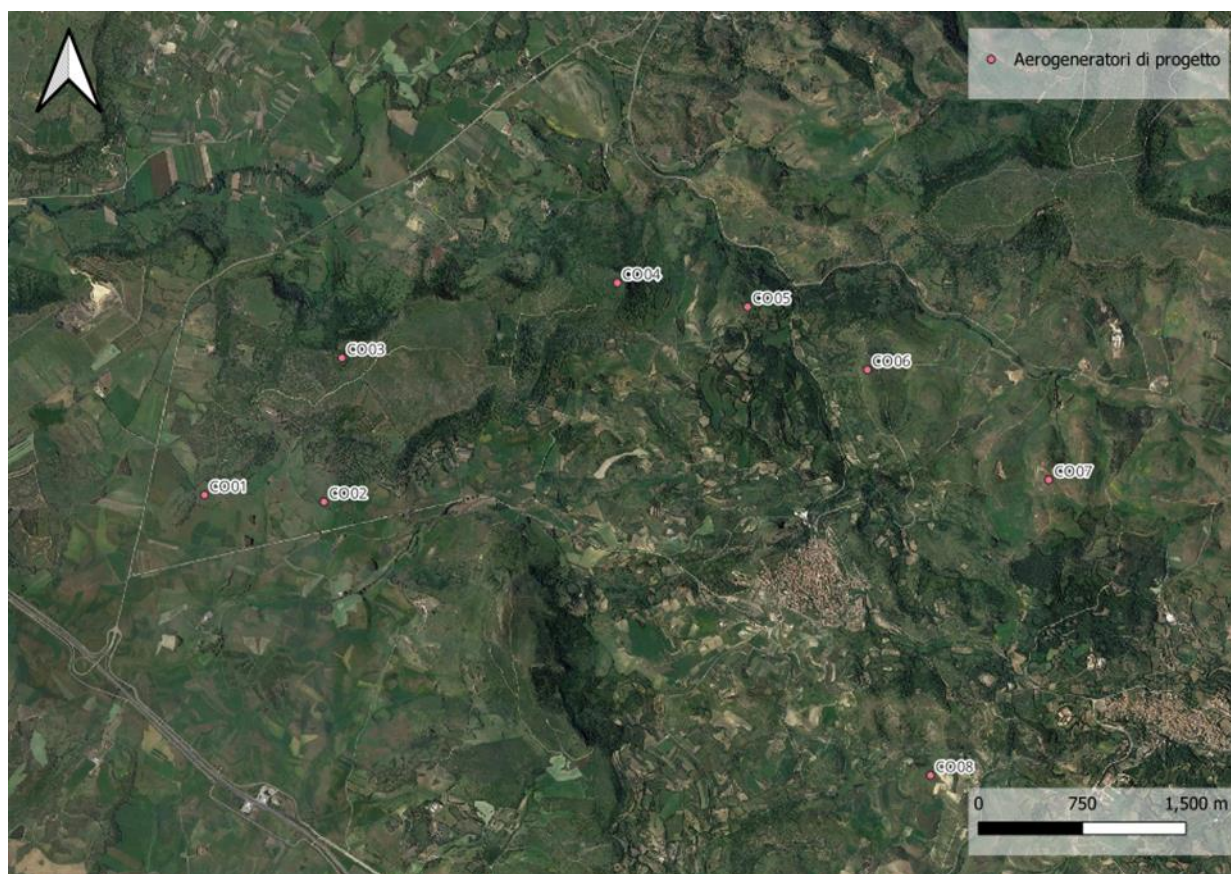
L'impianto eolico di Collinas è situato in una zona prevalentemente collinare non boschiva caratterizzata da un'altitudine media pari a circa 300 m s.l.m., con sporadiche formazioni di arbusti e la presenza di terreni seminativi/incolti.

Il parco eolico ricade all'interno dei seguenti fogli catastali:

- Fogli 1,4, 7, 9, 10, 22 nel comune di Collinas

In Figura 2-2 è riportato l'inquadramento territoriale dell'area nel suo stato di fatto e nel suo stato di progetto, con la posizione degli aerogeneratori su ortofoto.





**Figura 2-2: Inquadramento su ortofoto dell'area dell'impianto eolico Collinas**

Si riporta in formato tabellare un dettaglio sulla localizzazione delle turbine eoliche di nuova costruzione, in coordinate WGS84 UTM fuso 32 N:

**Tabella 1: Localizzazione geografica degli aerogeneratori di nuova costruzione**

ID	Comune	Est [m]	Nord [m]
CO01	Collinas	481841	4388538
CO02	Collinas	482705	4388489
CO03	Collinas	482834	4389529
CO04	Collinas	484824	4390072
CO05	Collinas	485765	4389899
CO06	Collinas	486631	4389443
CO07	Collinas	487941	4388648
CO08	Collinas	487087	4386511

### 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella stesura della presente relazione tecnica, sono state seguite le prescrizioni indicate e applicabili al caso specifico dalle seguenti norme:

- ✓ Guida CEI 0-2 II Ed. 2002, "Guida per la definizione della documentazione di progetto per gli Impianti Elettrici".
- ✓ Norma CEI EN 61936-1, "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a.
- ✓ Parte 1: Prescrizioni comuni".
- ✓ Norma CEI EN 50522, "Messa a terra degli impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a".
- ✓ Norma CEI 11-17, "Linee in cavo".
- ✓ Norma IEC 62271-200, "A.C. metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV".
- ✓ Norma CEI 64-8, "Impianti elettrici utilizzatori".
- ✓ Norma CEI EN 60076, "Trasformatori di potenza".
- ✓ Norma CEI 0-16, "Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica".
- ✓ Codice di rete Terna



## 4 IMPIANTO EOLICO

Il progetto di costruzione dell'impianto eolico consiste nell'installazione di n. 8 torri di generazione eolica di nuova costruzione ciascuna equipaggiata con generatore asincrono DFIG in bassa tensione 690 V da 6 MW, convertitore di frequenza per la regolazione della corrente di rotore, interruttore principale, servizi ausiliari, trasformatore elevatore a 30 kV e quadro di media tensione (36 kV isolamento) per la connessione esterna. Tutte le suddette apparecchiature sono installate

### Trasformatore elevatore singolo generatore eolico

Tensione primaria	30 kV $\pm 2 \times 2,5\%$ a vuoto
Potenza nominale	6 MVA
Gruppo vettoriale	YNd11
Tensione secondaria	0,690 kV
Tensione di corto circuito	8%
Sistema di raffreddamento	AN/AF (resina)
Perdite cc	34,2 kW (valore ipotizzato)

### Generatore eolico

Tipologia	asincrono DFIG
Potenza	6 MW
Tensione	690 V
Fattore di potenza	0,9
Contributo alla c.c.	4 In

La massima potenzialità del parco eolico sarà di 48 MW.

Il parco eolico sarà suddiviso in n. 3 sottocampi composti da 2 o 3 aerogeneratori collegati in entrata-esci con linee in cavo e connessi al quadro di media tensione installato all'interno del fabbricato della sottostazione di trasformazione.

Pertanto saranno previsti n. 3 elettrodotti che convoglieranno l'energia prodotta alla sottostazione di trasformazione:

- Elettrodotto 1: aerogeneratori COL 08- COL 07
- Elettrodotto 2: aerogeneratori COL 04- COL 05- COL 06
- Elettrodotto 3: aerogeneratori COL 01- COL 02- COL 03

## 5 DIMENSIONAMENTO DEI CAVI DI MEDIA TENSIONE

### 5.1 LINEE IN CAVO MT INTERNE AL PARCO EOLICO

Saranno impiegati cavi unipolari con conduttore in alluminio, isolamento in polietilene di tipo XLPE, ridotto spessore di isolamento, schermo in nastro di alluminio e rivestimento esterno in poliolefine tipo DMZ1, aventi sigla ARE4H5E tensione di isolamento 18/30 kV.

Le caratteristiche del cavo sono le seguenti:

Sezione	1x300 mm <sup>2</sup>	1x630 mm <sup>2</sup>
Resistenza a 90°C:	0,129 Ω/km	0,060 Ω/km
Reattanza:	0,103 Ω/km	0,092 Ω/km
Capacità:	0,311 μF/km	0,423 μF/Km
Portata nominale Iz	480 A	606 A
Costante cavo	K = 92	K=92
Energia specifica passante	761,76x10 <sup>6</sup> A <sup>2</sup> s	3004,136x10 <sup>6</sup> A <sup>2</sup> s

Le condizioni di posa utilizzate sono le seguenti:

Modalità di posa	interrato a trifoglio
distanza da terne vicine	25 cm
Temperatura del terreno	25 °C
Profondità di posa pari	1,2 m
Resistività del terreno	1 m °K/W

In relazione alle suddette condizioni di posa, sono stati assunti i seguenti coefficienti di derating della portata:

Coefficiente di correzione per la temperatura del terreno	K1=0,96
Coefficiente di correzione per la profondità di posa	K2=0,96
Coefficiente di correzione per resistività del terreno	K3=0,92
Coefficiente di correzione per la vicinanza di altri circuiti	K4= 0,75

Pertanto la portata effettiva dei cavi risulta essere:

$$\text{cavo } 1x300\text{mm}^2 \quad I_{\text{zeff}} = I_z * K1 * K2 * K3 * K4 = 305,23 \text{ A}$$

cavo 1x630mm<sup>2</sup>  $I_{zeff} = I_z \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 = 385,36 \text{ A}$

Corrente di impiego massima  $I_b$  117A tratto iniziale alimentato da 1 generatore  
 233A tratto intermedio alimentato da 2 generatori  
 350A tratto finale alimentato da 3 generatori  
 (valutazioni con  $\cos\phi \geq 0,9$  a piena potenza: 6 MW)

Verifica della portata  $I_b < I_{zeff}$

Sul tratto iniziale saranno utilizzati cavi da 300 mm<sup>2</sup>, mentre sul tratto intermedio e su quello finale sarà sempre utilizzato il cavo da 630 mm<sup>2</sup> (al fine di contenere la caduta di tensione complessiva).

La corrente di impiego è sempre inferiore alla portata dei cavi utilizzati.

Tempo di intervento protezioni 0,35 s soglia di corto circuito ritardato (51)

Massima c.c. sopportabile  $I = K_S / \sqrt{t} = 46,65 \text{ kA}$  cavo 1x300 m<sup>2</sup>

Massima c.c. sopportabile  $I = K_S / \sqrt{t} = 97,97 \text{ kA}$  cavo 1x630 m<sup>2</sup>

## 5.2 LINEE IN CAVO MT DI COLLEGAMENTO AI TRASFORMATORI ELEVATORI

Saranno impiegati cavi con conduttore in rame, isolamento HEPR di qualità G16, schermo in di rame e rivestimento esterno in PVC qualità Rz, aventi sigla RG16H1R12 tensione di isolamento 18/30 kV.

Le caratteristiche del cavo sono le seguenti:

Tipo di cavo: unipolare – 18/30 kV  
 Isolamento: HEPR di qualità G16  
 Sezione: 1x240 mm<sup>2</sup> / 5 conduttori in parallelo per fase  
 Resistenza: 0,0985  $\Omega$ /km  
 Reattanza: 0,110  $\Omega$ /km  
 Capacità: 0,24  $\Omega$ /km

Portata nominale  $I_z$  525 A  
 Costante cavo  $K = 143$   
 Energia specifica passante  $5636,25 \times 10^6 \text{ A}^2\text{s}$

Condizioni di posa in cunicolo in passerella  
 Temperatura del terreno 20 °C  
 Profondità di posa pari 1,2 m,  
 Resistività del terreno 1 m °K/W,

Coefficiente di correzione per la temperatura del terreno  $K_1=1$   
 Coefficiente di correzione per la profondità di posa  $K_2=1$   
 Coefficiente di correzione per resistività del terreno  $K_3=1$

Coefficiente di correzione per la vicinanza di altri circuiti  $K_4 = 0,85$

Portata effettiva del cavo  $I_{z\text{eff}}$   $I_z \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 = 446,25 \text{ A}$

Corrente di impiego  $I_b$  1250 A (corrente nominale quadro mt)

Verifica della portata  $I_b < I_{z\text{eff}} \rightarrow 1250 \text{ A} < 4 \cdot 446,25 = 1785 \text{ A}$

Tempo di intervento protezioni 0,5 s soglia di corto circuito ritardato (51)  
Massima c.c. sopportabile  $I = K_S / \sqrt{t} = 48,54 \text{ kA}$

## 6 DIMENSIONAMENTO DEL TRASFORMATORE ELEVATORE

Il trasformatore elevatore della sottostazione elettrica sarà dimensionato per poter evacuare la seguente potenza:

- Impianto eolico collinas 48 MW

Considerando un margine di riserva del 10%, sarà previsto un trasformatore di potenza 60/(\*) MVA con sistema di ventilazione ONAN/ONAF.

Il trasformatore sarà dotato di variatore sottocarico sul lato primario per la regolazione di tensione con  $\pm 10 \times 1$ , 5% posizioni.

Pertanto le caratteristiche principali del trasformatore elevatore sono:

Tensione primaria	150 kV
Variatore primario	$\pm 10 \times 1$ , 5%
Potenza nominale	60/(*) MVA
Gruppo vettoriale	YNd11
Tensione secondaria	30 kV
Tensione di corto circuito	11%
Sistema di raffreddamento	ONAN-ONAF
Perdite cc	195 kW a potenza nominale (valore ipotizzato 0,325%)

(\*) la potenza con il sistema di ventilazione forzata sarà definita in fase di ingegneria esecutiva.

## 7 DIMENSIONAMENTO DEL QUADRO DI MEDIA TENSIONE DI RACCOLTA

Il quadro di media tensione della sottostazione sarà dimensionato per consentire la connessione delle seguenti linee:

- Sottocampi dall'impianto eolico (3 linee)
- Linea di connessione a futuro shunt reactor da 5 MVA
- Linea di connessione a futuro bank capacitor da 5 MVAR
- Linea di alimentazione del trasformatore dei servizi ausiliari
- Linea di collegamento al trasformatore elevatore

Tenendo conto di:

- massima potenza da evacuare,
- contributo alla presunta corrente di corto circuito da parte della rete in AT, attraverso il trasformatore, e dei generatori eolici,

il quadro sarà dimensionato per i seguenti valori di riferimento:

- |                               |        |
|-------------------------------|--------|
| - Tensione di isolamento      | 36 kV  |
| - Corrente nominale           | 1250 A |
| - Corrente simmetrica di c.c. | 20 kA  |
| - Corrente di picco           | 50 kA  |

## 8 VALUTAZIONE DELLA CADUTA DI TENSIONE

Per la valutazione della caduta di tensione sui singoli elettrodotti sono stati considerati i parametri riportati nella seguente tabella:

### Elettrodotto 1

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Corrente transitante	Cdt%
CO-08	CO-07	3290	1x300	117	0,324
CO-07	SST	12000	1x630	233	2,072
					<b>2,396</b>

### Elettrodotto 2

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Corrente transitante	Cdt%
CO-04	CO-05	4890	1x300	117	0,481
CO-05	CO-06	4965	1x630	233	0,571
CO-06	SST	14250	1x630	350	2,460
					<b>3,512</b>

### Elettrodotto 3

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Corrente transitante	Cdt%
CO-01	CO-02	2050	1x300	117	0,202
CO-02	CO-03	1980	1x630	233	0,390
CO-03	SST	19420	1x630	350	3,352
					<b>3,944</b>

Occorre evidenziare che le suddette cadute di tensione sono state calcolate considerando come potenza erogabile, la massima potenza dei generatori (6 MW), trascurando l'assorbimento degli ausiliari e le perdite sul trasformatore elevatore di ciascuna torre.

Le reali cadute di tensione saranno inferiori ai valori indicati.



## 9 VALUTAZIONE DELLE PERDITE

### 9.1 PERDITE SULLE LINEE IN CAVO MT INTERNE AL PARCO EOLICO

Per la valutazione delle perdite di trasporto (perdite per effetto Joule) sui singoli elettrodotti sono stati considerati i seguenti parametri:

Lunghezze:

vedere capitolo 7

Resistenza dei cavi:

vedere paragrafo 4.1

Corrente di impiego delle condutture:

corrispondente alla massima potenza erogabile (6 MW) con fattore di potenza 0,9, quindi trascurando la potenza assorbita dagli ausiliari di ogni singolo generatore e le perdite sul trasformatore elevatore di ogni singola torre eolica.

Elettrodotto 1

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Perdite in linea [kW]	Perdite %
CO-08	CO-07	3290	1x300	17,322	
CO-07	SST	12000	1x630	264,478	
				<b>281,800</b>	<b>1,566</b>

Elettrodotto 2

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Perdite in linea [kW]	Perdite %
CO-04	CO-05	4890	1x300	25,746	
CO-05	CO-06	4965	1x630	48,635	
CO-06	SST	14250	1x630	314,068	
				<b>388,449</b>	<b>2,158</b>

Elettrodotto 3

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Perdite in linea [kW]	Perdite %
CO-01	CO-02	2050	1x300	10,793	
CO-02	CO-03	1980	1x630	41,699	
CO-03	SST	19420	1x630	428,014	
				<b>480,507</b>	<b>2,669</b>

## 9.2 PERDITE SUL TRASFORMATORE ELEVATORE

Per la valutazione delle perdite di trasporto sul trasformatore elevatore sono stati considerati i seguenti parametri:

Dati del trasformatore elevatore  
vedere capitolo 5

Potenza transitante  
Massima potenza erogabile dall'impianto dedotta delle perdite di trasmissione.

Perdite per effetto Joule:  
TR1 *145,103 kW*

## 10 LOAD FLOW

I flussi di potenza dell'impianto eolico sono stati calcolati considerando la piena potenza dei generatori eolici (6 MW  $\cos\phi=0,9$ ) decurtata delle perdite sul trasformatore elevatore di ogni torre (33 kV/690V  $vcc\%=8\%$  perdite nel rame 0,57%) e del consumo degli ausiliari (41 kW).

La massima potenza netta immessa in rete da ogni generatore risulta essere pari a 5918 kW.

Pertanto considerando tutti i generatori in servizio con erogazione massima si ha una potenza complessiva evacuabile sulla rete di 47344 kW.

Complessivamente le perdite di trasmissione sono 762,307 kW (perdite per effetto Joule sulle linee), mentre le perdite sul trasformatore elevatore della sottostazione risultano pari a 145,103 kW.

La potenza netta evacuata risulta essere pari a 46436,589 kW.

Il trasformatore elevatore della sottostazione in tale condizione è caricato al 86,26% (riferito a 60 MVA).

Non si evidenziano criticità sugli elettrodotti di collegamento dei sottocampi.

## 11 CORTO CIRCUITO DI FASE

Per la valutazione del corto circuito di fase sono stati considerati i seguenti parametri di rete:

<u>Rete alta tensione</u>		
Tensione nominale	150	kV
Tensione minima	-10%	
Tensione massima	+10%	
Massima corrente trifase	28	kA (valore ipotizzato)
Rapporto R/X	0,1	
Minima corrente trifase	12	kA (valore ipotizzato)
Massima corrente monofase	40	kA
Tempo di eliminazione del guasto	0,5	s

La corrente di corto circuito trifase sul quadro di raccolta a 33 kV (9,554 kA) è inferiore al valore di dimensionamento del quadro stesso (20 kA).

Le correnti di corto circuito sui cavi di media tensione sono inferiori alla massima corrente ammissibile da parte dei cavi stessi in funzione del tempo di intervento delle protezioni.

Il contributo dei generatori asincroni alla corrente di corto circuito lato 150 kV risulta essere pari a 815,2 A.

## 12 GUASTI A TERRA

La sezione di alta tensione sottostazione è esercita con il neutro connesso direttamente a terra come da prescrizioni del codice di rete di Terna.

La sezione di media tensione dell'impianto eolico è esercita con il neutro isolato.

Il contributo alla corrente di guasto monofase è determinato dalle capacità verso terra dei cavi di media tensione.

Utilizzando la formula approssimata delle norme CEI, la corrente di guasto monofase a terra è calcolabile con la seguente formula  $I_g = 0,2 * L * V$  [A] dove:

L = lunghezza delle linee della rete elettrica in km

V = tensione di esercizio in kV

Pertanto la corrente di guasto a terra risulta essere pari a 6,6 A/km.

Complessivamente sull'impianto si ha uno sviluppo di cavi di media tensione pari a 62,845 km e pertanto la corrente di guasto a terra massima potrebbe essere pari a 414,78 A.

Tale corrente sarà opportunamente rilevata con protezioni direzionali di guasto a terra (67N).