



Regione Sicilia



Città Metropolitana di Palermo



Comune di Monreale

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE
 DI UN IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA
 ELETTRICA A FONTE RINNOVABILE EOLICA, OPERE
 CONNESSE ED INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
 Località Termini di Monreale (PA)**

PROGETTO DEFINITIVO	Numero elaborato: RDE	Titolo elaborato: Relazione Dimensionamento preliminare cavi Elettrici
--------------------------------	-------------------------------------	--

Proponente: Teta Rinnovabili S.r.l.
Via Umberto Giordano 152
90144 Palermo (PA)
P.IVA. 07142330822

Progettisti: Eugenio Bordonali
Francesco Maria Rossi




Rev.	Data	File	Descrizione revisione	eseg.	contr.	Approv..
0	5/09/2023	MON3_Dimensionamento preliminare cavi.doc	Emissione	FR	FR	FR

Indice

Indice	2	
1.	Introduzione	3
2.	Normativa di riferimento	4
3.	Descrizione del sistema	4
4.	Criteri di dimensionamento	5
5.	Conclusioni	7

1. Introduzione

La presente relazione ha lo scopo di descrivere i collegamenti elettrici dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica sito nel Comune di Monreale, in Provincia di Palermo, denominato "Termini".

I 13 aerogeneratori in progetto avranno potenza 4.5 MW ciascuno - per una potenza totale installata di 58,5 MW -, altezza al mozzo 118m e diametro rotore 163m. Essi ricadranno nel territorio del Comune di Monreale (PA), nelle c.de Marcanza, Costa di Bababucia, Costa Lisera, Ravanusa, Madonna del Rosario, Conche dell'oro, Ponte Calatrasi e Boccadorio.

Il parco eolico sarà costituito dagli aerogeneratori, dalle nuove piste di accesso alle piazzole degli stessi e dalle opere per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) dell'energia elettrica. L'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori verrà immessa nella rete nazionale tramite un cavidotto interrato, in media tensione, ricadente nel Comune di Monreale (PA). Le opere per la connessione alla rete sono anch'esse localizzata nel Comune di Monreale (PA) e, in misura marginale, nel Comune di Piana degli Albanesi.

L'iniziativa si inquadra nel piano di sviluppo di impianti per la produzione d'energia da fonte rinnovabile che la società "Teta Rinnovabili S.r.l." intende realizzare nella Regione Sicilia per contribuire al soddisfacimento delle esigenze d'energia pulita e sviluppo sostenibile.

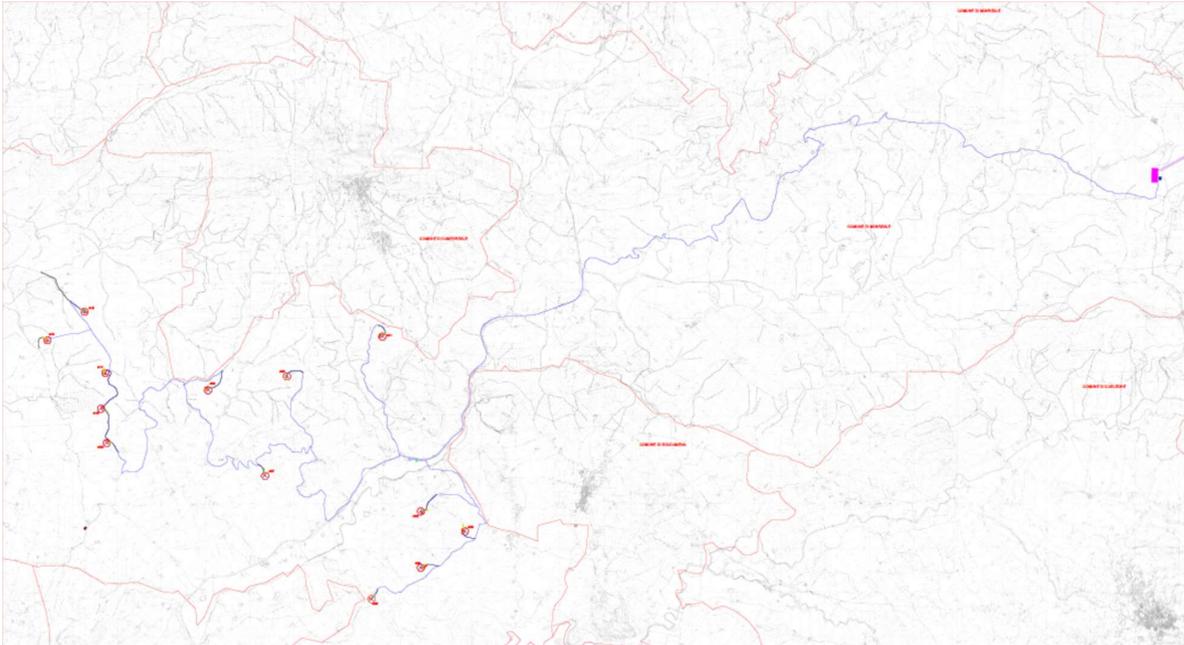
2. Normativa di riferimento

Di seguito si riportano le principali Norme e Leggi di riferimento:

- Norma CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici
- Norma CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
- Norma CEI 11-4 Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne.
- Norma CEI 11-17+Var.V1 Impianti produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica-Linee in cavo
- Norma CEI EN 62271-100 Interruttori a corrente alternata ad alta tensione
- Norma CEI EN 62271-102 Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata per alta tensione
- Norma CEI EN 60898-1 Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari
- Norma CEI 20-22 Prove d'incendio sui cavi elettrici
- Norma CEI 20-37 Prove sui gas emessi durante la combustione dei materiali prelevati dai cavi;
- Norma CEI EN 61009-1 Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari
- Norma CEI 33-2 Condensatori di accoppiamento e divisori capacitivi
- Norma CEI 36-12 Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V
- Norma CEI EN 60044-1+Var. A1/A2 Trasformatori di corrente
- Norma CEI EN 60044-2 Trasformatori di tensione induttivi
- Norma CEI EN 60044-5 Trasformatori di tensione capacitivi
- Norma CEI EN 60076-1 Trasformatori di potenza
- Norma CEI 64-2 Impianti elettrici in luoghi con pericolo di esplosione
- Norma CEI 64-8+Var. V1/V2 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua
- Norma CEI EN 60694+Var.A1/A2 Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione

3. Descrizione del sistema

L'impianto si sviluppa in direzione est-ovest enord-sud, ma il punto di consegna è collocato a circa 18 km in direzione nord-est dal sito di impianto. Nel collegamento elettrico si è quindi creato un unico sottocampo, raggruppato sotto una cabina di smistamento che funge da punto di raccolta elettrico di tutti gli aerogeneratori.



L'impianto costituito da aerogeneratori elettricamente collegati mediante un cavidotto interrato, le cui caratteristiche sono riepilogate di seguito.

Tensione nominale di esercizio (U)	45 Kv	
Tensione massima (Um)	52 Kv	
Frequenza nominale del sistema	50 Hz	
stato del neutro	isolato	

Il cavo sarà di tipo unipolare ad elica visibile, schermato, con isolamento estruso, come di seguito riassunto:

Sigla di identificazione	RG7H1R	
Conduttori	Alluminio	
Isolamento	Mescola di polietilene reticolato (qualità DIX 8)	
Schermo	filo di rame	
Guaina esterna	Air Bag	
Profondità di posa	Vedere tipici	

4. Criteri di dimensionamento

La tensione dei cavi è di 45 kV con isolamento verso terra di 52 kV come da norma CEI 11-17; questi saranno tripolari composti da 3 cavi unipolari riuniti ad elica visibile, le giunzioni saranno di due tipologie costruttive: a nastro o resina iniettata. La prima prevede la ricostruzione della giunzione mediante una serie di nastri per tutti gli strati che compongono il cavo; la seconda è ottenuta iniettando della resina per applicazioni apposite in ambito elettrico che ha la funzione di isolante e poi viene ricostruito lo schermo con nastri in rame. Queste due tipologie di giunzioni sono realizzate secondo la norma CEI 20-24.

Il dimensionamento è stato mirato a ridurre le perdite di potenza e le cadute di tensione compatibilmente con i vincoli ambientali.

Di seguito è mostrato il metodo utilizzato per determinare la caduta di tensione.

Il calcolo della caduta di tensione è stato eseguito mediante la seguente formula, che

tiene conto dei parametri longitudinali dei cavi, della potenza attiva e di quella reattiva.

$$\Delta V = \frac{P * R + Q * X}{\sqrt{2}} = \frac{P * R + P * \tan \phi * X}{\sqrt{2}}$$

Analogamente sono stati determinati i valori delle perdite di potenza per effetto Joule usando la seguente formula:

$$P = 3 * R * I^2$$

Dove:

P = potenza attiva

Q = potenza reattiva, calcolata con un valore del fattore di potenza pari a 0,95

R = resistenza complessiva del cavo

X = reattanza longitudinale del cavo

V = tensione nominale di esercizio a 30kV

I = corrente nominale

Sulla base delle formule indicate, impostando una perdita nei cavi di tensione massima

consentita del 4% ed una perdita di potenza del 3%, sono state dimensionati i cavi, che hanno

assunto la configurazione indicata in tabella:

tratto (WTG)		Potenza linea [kW]	tensione [kV]	Corrente	N conduttori	lunghezza [m]	sezione cavo [mmq]	n cavi in parallelo
1	smistamento	4500	36	72	3	4200	70	1
12	11	4500	36	72	3	1540	70	1
13	11	9000	36	145	3	2050	150	1
11	10	13500	36	217	3	1000	150	1
10	smistamento	18000	36	289	3	18000	630	1
9	8	4500	36	72	3	5100	240	1
8	7	9000	36	145	3	5000	240	1
7	smistamento	13500	36	217	3	7400	240	1
6	smistamento	4500	36	72	3	7700	630	1
5	4	4500	36	72	3	2000	70	1
4	3	9000	36	145	3	2000	240	1
3	smistamento	13500	36	217	3	3000	630	1
2	smistamento	4500	36	72	3	2200	70	1
smistamento	consegna	58500	36	997	3	26000	630	1

Nell'impianto eolico per effettuare il calcolo della portata si è tenuto conto dei coefficienti correttivi dipendenti dal tipo di installazione del numero di terne di cavi per scavo e dalla temperatura di esercizio; la posa di più terne in un unico scavo e la temperatura di lavoro più alta rispetto a quella di riferimento comportano una riduzione della portata di corrente. Nel caso in esame sono state considerate un numero massimo di 3 terne per ogni trincea ed una temperatura di esercizio di 25°C. Di seguito si riportano i coefficienti correttivi assunti rispettivamente in base al numero di terne presenti nel medesimo scavo, ed in base alle condizioni di temperatura.

Numero terne a trifoglio	2	3	4	6
Coefficiente correttivo	0.86	0.78	0.74	0.69

Temperatura ambiente °C	15	20	25	30	35	40
Coefficiente correttivo	1,04	1	0,96	0,92	0,88	0,84

La formula utilizzata, di seguito esposta, tiene conto dei coefficienti correttivo come da norma CEI 20-21

$$\text{Portata} = CT \times CS \times I_{mt}$$

Dove:

- CT coefficiente riduzione dovuto alla temperatura
- CS coefficiente riduzione dovuto al numero di terne per scavo
- I_{mt} corrente di riferimento come da costruttore

Da un'analisi dei risultati tabulati nelle tabelle sopra per i tratti di cavo che costituiscono la rete MT, le correnti nominali che percorrono i cavi sono inferiori alla portata del cavo.

La formula utilizzata per la verifica termica in condizioni di corrente di corto circuito fa riferimento alla Norma CEI 11-17 :

$$K^2 S^2 \geq I_{cc}^2 t$$

dove:

- K (A s^{1/2} mm⁻²) è un coefficiente che tiene conto della resistività, del calore specifico e del coefficiente di temperatura del materiale conduttore;
- S (mm²) è la sezione del conduttore;
- I_{cc} (A) è la corrente di corto circuito;
- t (sec.) durata della corrente di cortocircuito

La norma CEI 11-17 riporta i diversi valori di K in funzione del materiale conduttore (alluminio), della temperatura iniziale, e di quella finale. Come da tabella seguente:

Temperatura iniziale	Temperatura finale					
	140	160	180	200	220	250
90	55	64	72	79	85	92
30	86	92	98	103	107	114

Il materiale conduttore alluminio e l'isolante del cavo in XLPE la temperatura massima in cortocircuito deve essere pari a 250 °C. La verifica è stata eseguita considerando una corrente di corto circuito di 11,22 kA, che è quella massima erogabile dalla rete di distribuzione, e tempo di eliminazione del guasto pari ad 1 secondo. La I_{cc} del cavo è di 28 kA come da valori forniti dal costruttore; per cui la verifica ha avuto esito positivo.

5. Conclusioni

Nel documento sono stati riassunti i criteri progettuali dei collegamenti elettrici, che ha permesso di mantenere le perdite di potenza al di sotto del 4% e le cadute di tensione al di sotto del 4%.