



REGIONE
SICILIA



PROVINCIA DI
PALERMO



COMUNE DI
SCLAFANI BAGNI



COMUNE DI
VALLEDOLMO



COMUNE DI
CALTAVUTURO



COMUNE DI
POLIZZI GENEROSA



COMUNE DI
CASTELLANA
SICULA



COMUNE DI
VILLALBA

OGGETTO:

Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato "CATERINA I" situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo(PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL).

ELABORATO:

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE



PROPONENTE:

**AEI WIND
PROJECT X S.R.L.**

P.I. 17264891007
Via Savoia 78,
00198 Roma

Codice fiscale e n.iscr. al Registro Imprese: 17264891007
Numero REA RM: 1707098
Domicilio digitale/PEC: aeiwindprojectx@legalmail.it

PROGETTAZIONE:


Ing. Carmen Martone
Iscr. n.1872
Ordine Ingegneri Potenza
C.F MRTCMN73D56H703E


EGM PROJECT S.R.L.

Geol. Raffaele Nardone
Iscr. n. 243
Ordine Geologi Basilicata
C.F NRDRFL71H04A509H


EGM PROJECT S.R.L.
VIA VERRASTRO 15/A
85100- POTENZA (PZ)
P.IVA 02094310766
REA PZ-206983

Livello prog.	Cat. opera	N°. prog.elaborato	Tipo elaborato	N° foglio/Tot. fogli	Nome file	Scala	
PD	I.IE	17	R		_RELAZIONE_CALCULO_ELETTTRICO_		
REV.	DATA	DESCRIZIONE			ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	DICEMBRE 2023	EMISSIONE				Ing. Carmen Martone EGM Project	Ing. Carmen Martone EGM Project

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 1 di 53</p>
--	--	--

Sommario

1. PREMESSA	2
1.1 Scopo del documento	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
2.1 Leggi.....	3
2.2 Norme del comitato elettrotecnico italiano CEI, UNI e UNEL.....	4
3. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO	5
3.1 Iniziativa.....	11
3.2 Attenzione per l’ambiente.....	12
4. DESCRIZIONE TECNICA DEI COMPONENTI DELL’IMPIANTO	12
4.1 Aerogeneratori	12
4.2 Cavidotti.....	19
4.3 Modalità di connessione alla rete	19
5. CALCOLO LINEA ELETTRICA PER LA CONNESSIONE DELL’IMPIANTO.....	20
5.1 Dimensionamento dei cavidotti in MT.....	22
5.2 Scelte progettuali	24
5.3 Risultati dimensionamento	27
5.4 Dimensionamento del cavidotto in AT	44
5.5 Scelte progettuali	45
5.6 Risultati dimensionamento	48
6. DETERMINAZIONE DELLE POTENZE/CORRENTI DI CORTOCIRCUITO	49
6.1 Generatori.....	50
6.1 Cavi e linee	50
6.3 Correnti di guasto.....	52

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 2 di 53</p>
---	--	---

1. PREMESSA

1.1 Scopo del documento

Con il Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n. 387, il Parlamento Italiano ha proceduto all’attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell’energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell’elettricità.

Con la nuova normativa introdotta dal d.lgs. 30 giugno 2016, n. 127 (legge Madia), la conferenza dei servizi si potrà svolgere in modalità “Sincrona” o “Asincrona”, nei casi previsti dalla legge.


In particolare per impianti fotovoltaici superiori ad 1 MW di potenza è prevista l’indizione della conferenza dei servizi ai sensi del D.Lgs. 387/2003.

Il citato decreto stabilisce la documentazione amministrativa necessaria e la disciplina del procedimento unico. Il Progetto, nello specifico, è compreso tra le tipologie di intervento riportate nell’Allegato IV alla Parte II, comma 2 del D.Lgs. n. 152 del 3/4/2006 (cfr. 2c) – “Impianti industriali non termici per la produzione di energia, vapore ed acqua calda con potenza complessiva superiore a 1MW”, pertanto rientra tra le categorie di opere da sottoporre alla procedura di Valutazione d’Impatto Ambientale di competenza delle Regioni.

Nel caso specifico, l’iter di VIA si configura come un endo-procedimento della procedura di Autorizzazione Unica ai sensi del D.lgs. 29 dicembre 2003. In data 21 luglio 2017 è entrato in vigore il d. lgs. n. 104 del 16 giugno 2017 (pubblicato in G.U. n. 156 del 06/06/2017), il quale ha modificato la disciplina inserita nel D.lgs. n.152/2006 in tema di Valutazione di Impatto ambientale (VIA).

Il provvedimento trae origine da un adeguamento nazionale alla normativa europea prevista dalla Direttiva 2014/52/UE del 16 aprile 2014, la quale ha modificato la Direttiva 2011/92/UE concernente la valutazione dell’impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati. Scopo del provvedimento in esame è quello di rendere più efficiente le procedure amministrative nonché di innalzare il livello di tutela ambientale.

La presente relazione costituisce l’Elaborato Progettuale A1 a supporto della documentazione indicata nell’Appendice A – “Principi generali per la progettazione, la costruzione, l’esercizio e la dismissione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili – Impianti eolici di grande Generazione” indicati nel Piano di Indirizzo Energetico Ambientale Regionale (P.I.E.A.R.) della Regione Sicilia, necessaria all’ottenimento dell’Autorizzazione Unica atta alla costruzione ed all’esercizio di impianti di produzione di elettricità da

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 3 di 53</p>
--	--	--

fonti rinnovabili ai sensi dell’art. 12 del d.lgs. n. 387 del 29 dicembre 2003, che nel caso in esame ha come oggetto la realizzazione del Parco Eolico “Caterina I” situato nel comune di Sclafani Bagni (PA). Questa relazione ha lo scopo di fornire una descrizione di calcolo delle linee elettriche per la realizzazione di un impianto di generazione elettrica con utilizzo della fonte rinnovabile eolica.

In linea con l’orientamento mondiale, la società AEI WIND PROJECT X S.R.L. intende realizzare nel comune di Sclafani Bagni (PA), un parco eolico della potenza nominale di 85,8 MW.


Il parco in progetto sarà costituito da 13 aerogeneratori e relative opere accessorie, ovvero la realizzazione della viabilità di accesso al parco, ove non esistente e/o non idonea al trasporto dei componenti delle torri, la posa del cavidotto interno di collegamento tra gli aerogeneratori, la posa del cavidotto di collegamento tra il parco eolico e la nuova cabina di Terna che permetterà l’immissione dell’energia elettrica prodotta alla dorsale nazionale. Il progetto è finalizzato alla produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, in linea con la Strategia Energetica Nazionale (SEN).

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la progettazione si è fatto riferimento alle normative tecniche e di legge riguardanti gli impianti.

2.1 Leggi


- ✓ DM 37/08 per quanto concerne la progettazione, la realizzazione, l’utilizzazione e la manutenzione degli impianti ed in particolare per quelli elettrici.
- ✓ DPR 547 del 27.04.1955 (ove applicabile) ed aggiornamenti successivi “Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro”.
- ✓ LEGGE n° 186 del 01.03.1968 “Disposizione concernente la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici”.
- ✓ LEGGE n° 791 del 18.10.1977 “Attuazione della direttiva CEE n° 73/23 relativa alle garanzie di sicurezza che dovrà possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione”.
- ✓ DLgs. n° 81/08, DLgs n° 626/94 (ove applicabile) “Attuazione delle Direttive CEE n° 89/391, n° 89/654, n° 89/655, n°90/269, n° 90/270, n° 90/394, n° 90/679 riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro”.

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 4 di 53</p>
--	--	--

- ✓ D.P.R. n° 462 del 22/10/01 “Regolamento per la semplificazione del procedimento per la denuncia
- ✓ di installazioni di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici”.

2.2 Norme del comitato elettrotecnico italiano CEI, UNI e UNEL

- ✓ NORMA CEI-UNEL 35024 2020-05 “Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portata di corrente in regime permanente per posa in aria”.
- ✓ NORMA CEI-UNEL 35011 fasc. 5757 “Cavi per energia e segnalamento. Sistema di designazione”.
- ✓ NORMA CEI-UNEL 35026 2000 “Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portata di corrente in regime permanente per posa interrata”.
- ✓ NORMA CEI 0-2 “Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici”.
- ✓ •NORMA CEI 17-13/1 fasc. 5862, 5863, 5922, 6230, 3445, 5666, 4153 “Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT)”.
- ✓ NORMA CEI 20-27 fasc. 5640 “Cavi per energia e per segnalamento. Sistema di designazione”.
- ✓ NORMA CEI 20-27; V1 fasc. 6337 “Cavi per energia e per segnalamento. Sistema di designazione”.
- ✓ NORMA CEI 20-40 fasc. 4831 “Guida per l’uso di cavi a bassa tensione”.
- ✓ NORMA CEI EN 50086-2-1 e successive integrazioni e varianti “Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche”.
- ✓ NORMA CEI 23-51 fasc. 2731 “Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di
- ✓ distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare”.
- ✓ NORMA CEI 23-51; V1 fasc. 4306 “Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare”.
- ✓ NORMA CEI 34-21 “Apparecchi di illuminazione – Parte I: Prescrizioni generali e prove”.
- ✓ NORMA CEI 34-22 “Apparecchi di illuminazione – Parte II: Prescrizioni particolari. Apparecchi di

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 5 di 53</p>
--	--	--

emergenza”.

- ✓ NORMA CEI 70-1; “Gradi di protezione degli involucri”.
- ✓ NORMA CEI 81-10/1 -10/2 – 10/3 e 10/4; “Protezione contro i fulmini – Parte 1 – Principi generali – Parte 2 – Valutazione del rischio – Parte 3 – Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone e Parte 4 – Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture”.
- ✓ NORMA CEI 0-16 Edizione ultima: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica -Criteri di allacciamento di clienti alla rete MT della distribuzione;
- ✓ NORMA CEI 11-1: Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- ✓ NORMA CEI 11-25: Calcolo delle correnti di cortocircuito delle reti trifasi a corrente alternata;
- ✓ Guida CEI 64-12: Guida per l’esecuzione dell’impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario;
- ✓ Guida CEI 11-37: Guida per l’esecuzione dell’impianto di terra di impianti utilizzatori in cui siano presenti sistemi con tensione maggiore di 1 kV.


3. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO

Il sito oggetto dello studio è situato in provincia di Palermo (PA), nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Castellana Sicula e Polizzi Generosa e in provincia di Caltanissetta (CL) nel comune di Villalba.

Il parco eolico denominato “Caterina I” è composto da 13 aerogeneratori; la SG01 e la SG02 ricadono nel territorio comunale di Polizzi Generosa, la SG03, SG04, SG05, SG06 e la SG13 ricadono nel territorio comunale di Sclafani Bagni, la SG07, SG08 e SG09 rientrano nel comune di Caltavuturo ed infine la SG10, SG11 e SG12 ricadono nel territorio comunale di Valledolmo.

Il cavidotto per il collegamento del parco eolico alla sottostazione, si estende anche nei territori dei Comuni di Castellana Sicula e di Villalba, ove ricade anche la nuova stazione elettrica di trasformazione RTN.

L'area di progetto su cui verrà realizzato il parco eolico è caratterizzata da orografia tipica delle zone montuose della zona, priva di complicazioni eccessive e con un'altezza media compresa tra 490 e 872

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 6 di 53</p>
--	--	--

metri sul livello del mare.

Attualmente il sito presenta un uso del suolo principalmente agricolo; la copertura vegetale arborea è scarsa, quindi l'area in esame è caratterizzata da una rugosità media, caratteristica favorevole allo sfruttamento del vento. Le turbine eoliche saranno posizionate in modo omogeneo, in direzione perpendicolare al vento prevalente N.

Per effettuare una localizzazione univoca dei terreni sui quali insiste il parco eolico, di seguito si riportano le cartografie riguardanti:

- sovrapposizione del campo eolico su ortofoto (figura 1);
- sovrapposizione del campo eolico su catastale (figura 2);
- sovrapposizione del campo eolico su CTR (figura 3);
- sovrapposizione del campo eolico su IGM (figura 4).

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

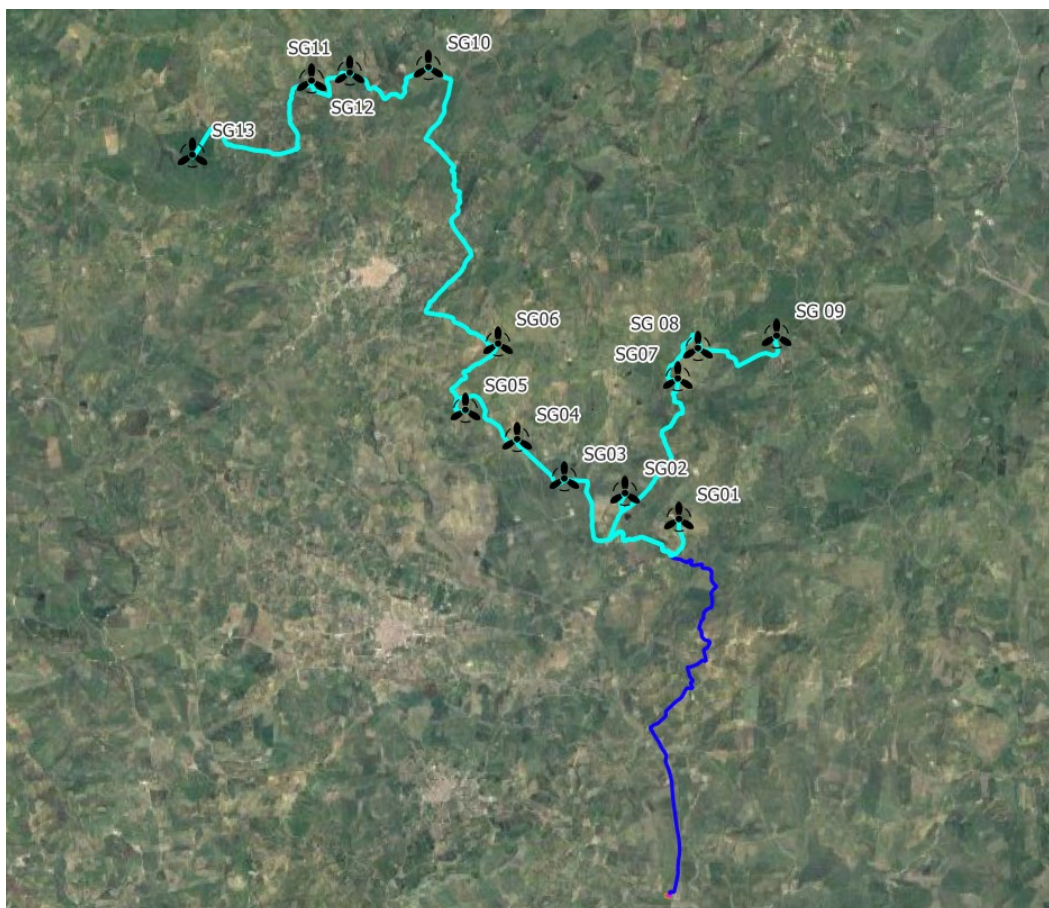


Figura 1 - Inquadramento area parco eolico su base ortofoto

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

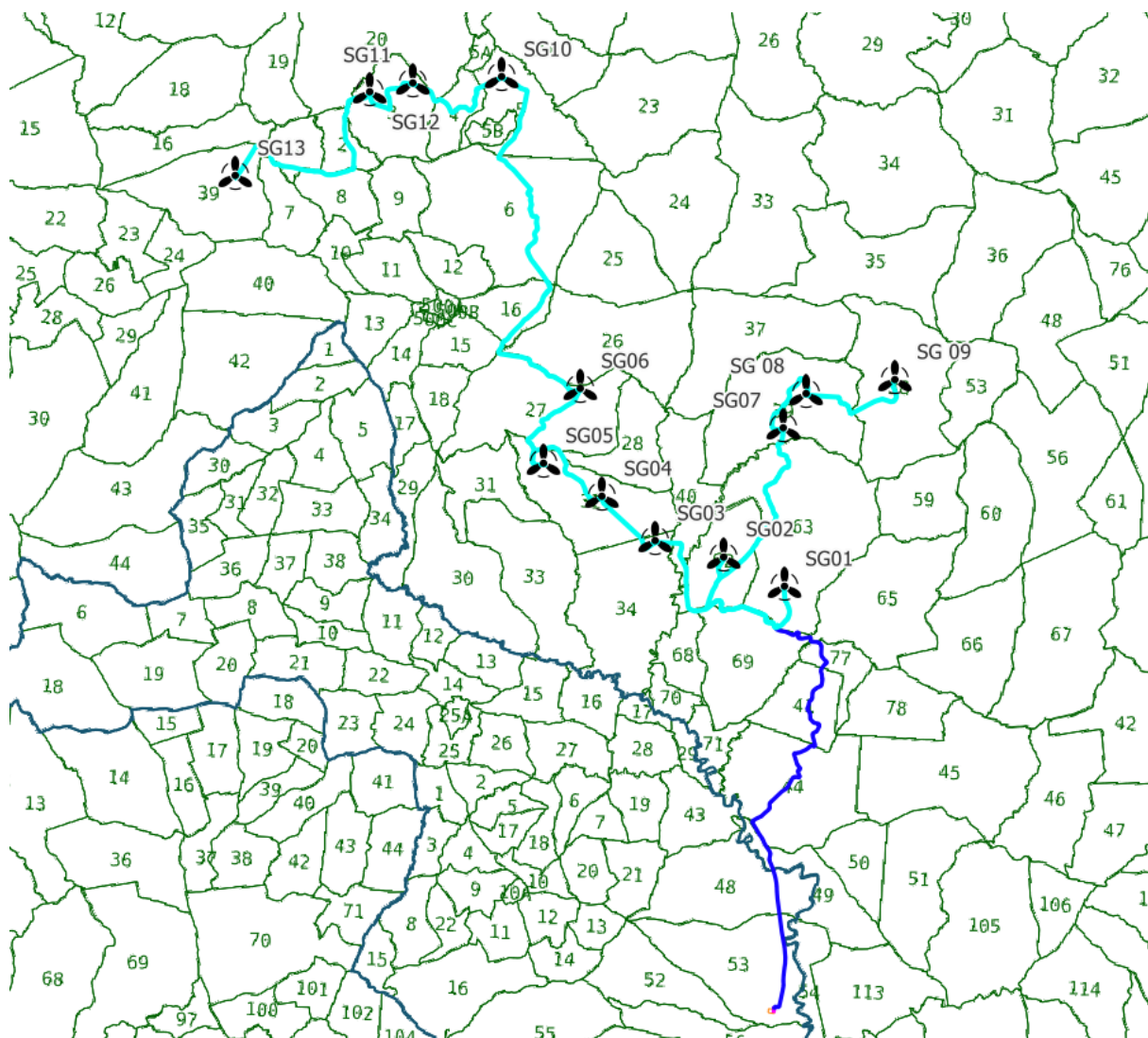


Figura 2 - Inquadramento area parco eolico su catastale

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

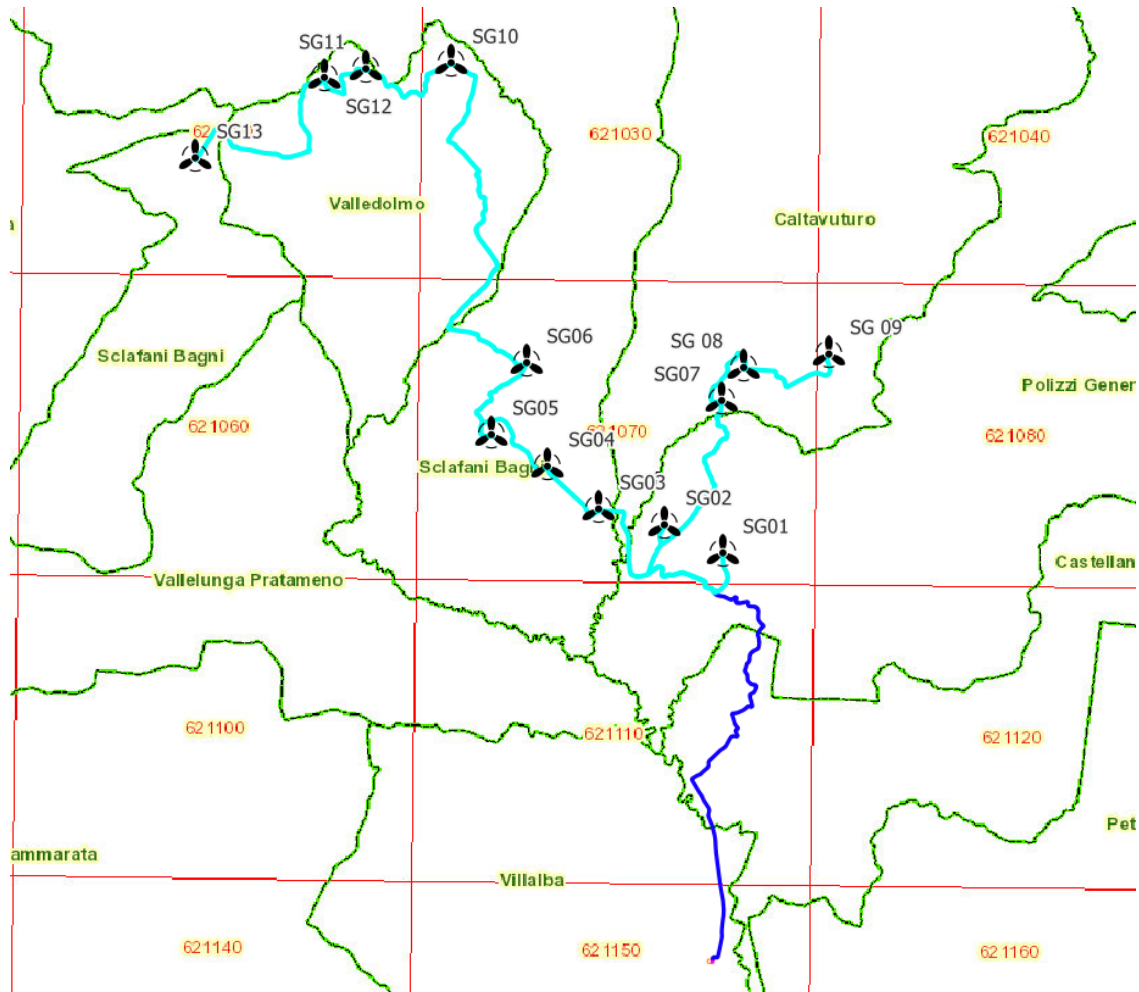


Figura 3 - Inquadramento area parco e sottostazione su CTR

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

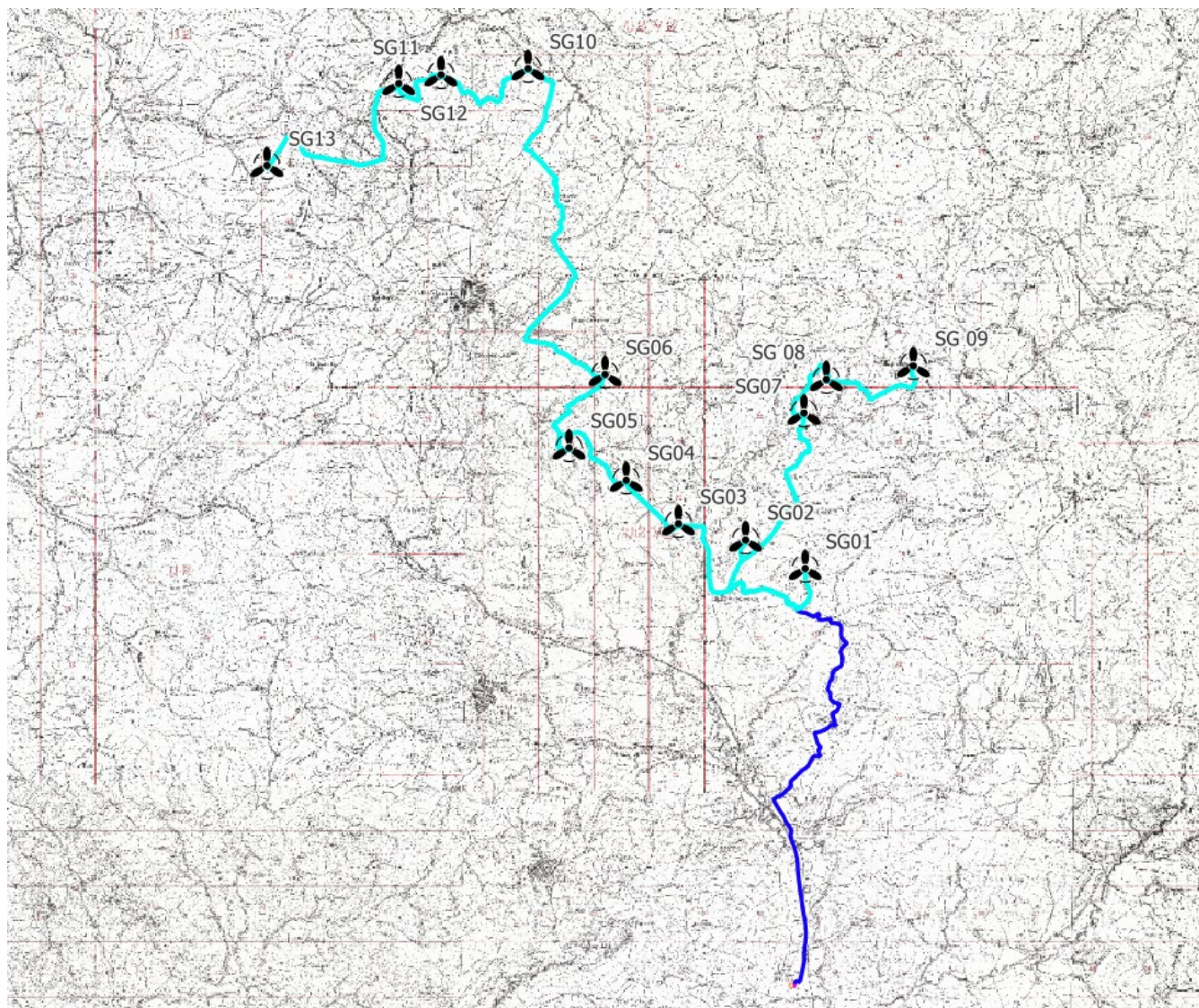



Figura 4 - Inquadramento area parco e sottostazione su IGM

Il parco eolico per la produzione di energia elettrica oggetto di studio avrà le seguenti caratteristiche:

- potenza installata totale: 85,8 MW;
- potenza della singola turbina: 6,60MW;
- n.13 turbine;
- n. 1 “Cabina di raccolta e smistamento”;
- n. 1 “Nuova stazione elettrica di trasformazione RTN”.

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p align="center">“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p align="center">RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p align="right">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 11 di 53</p>
--	--	---

I fogli e le particelle interessati dall’installazione dei nuovi aerogeneratori sono sintetizzati nella Tabella seguente.


Aerogeneratore	Foglio	Particella
SG 01	63	69
SG 02	62	58
SG 03	34	7
SG 04	32	13
SG 05	32	115
SG 06	27	24
SG 07	39	63
SG 08	39	49
SG09	38	136
SG10	5	251
SG11	3	151
SG12	3	117
SG13	39	16

Tabella 1 – Fogli e particelle aerogeneratori

3.1 Iniziativa

Con la realizzazione dell’impianto eolico “Caterina I”, si intende conseguire un significativo risparmio energetico, mediante il ricorso alla fonte energetica rinnovabile rappresentata dal vento, tale tecnologia nasce dall’esigenza di coniugare:

- ✓ la compatibilità con esigenze paesaggistiche e di tutela ambientale;
- ✓ nessun inquinamento acustico;
- ✓ un risparmio di combustibile fossile;
- ✓ una produzione di energia elettrica senza emissioni di sostanze inquinanti.

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 12 di 53</p>
--	--	---

Il progetto mira a contribuire al soddisfacimento delle esigenze di “Energia Verde” e allo “Sviluppo Sostenibile” invocate dal Protocollo di Kyoto, dalla Conferenza sul clima e l’ambiente di Copenaghen 2009 e dalla Conferenza sul clima di Parigi del 2015.

3.2 Attenzione per l’ambiente

Ad oggi, la produzione di energia elettrica è per la quasi totalità proveniente da impianti termoelettrici che utilizzano combustibili sostanzialmente di origine fossile.

L'Italia non possiede riserve significative di fonti fossili, ma da esse ricava circa il 90% dell'energia che consuma, con una rilevante dipendenza dall'estero. I costi della bolletta energetica, già alti, per l'aumento della domanda internazionale rischiano di diventare insostenibili per la nostra economia con le sanzioni previste in caso di mancato rispetto degli impegni di Kyoto, Copenaghen e Parigi.

La transizione verso un mix di fonti di energia e con un peso sempre maggiore di rinnovabili è, pertanto, strategica per un Paese come il nostro dove, tuttavia, le risorse idrauliche e geotermiche sono già sfruttate appieno.


Negli ultimi 10 anni grazie agli incentivi sulle fonti rinnovabili lo sviluppo delle energie verdi nel nostro paese ha subito un notevole incremento soprattutto nel fotovoltaico e nell’eolico, portando l’Italia tra i paesi più sviluppati dal punto di vista dell’innovazione energetica e ambientale.

La conclusione di detti incentivi ha frenato lo sviluppo soprattutto dell’eolico, creando notevoli problemi all’economia del settore.

La società proponente AEI WIND PROJECT X S.R.L, con sede amministrativa in Via Savoia 78 (RN), si pone come obiettivo di attuare la “grid parity” nell’eolico, grazie all’installazione di impianti di elevata potenza, nuovi aerogeneratori, che abbattano i costi fissi e rendono l’energia prodotta dell’eolico conveniente e sullo stesso livello delle energie prodotte dalle fonti fossili.

4. DESCRIZIONE TECNICA DEI COMPONENTI DELL’IMPIANTO

4.1 Aerogeneratori

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 13 di 53</p>
--	--	---

Le pale di un aerogeneratore sono fissate al mozzo e vi è un sistema di controllo che ne modifica costantemente l'orientamento rispetto alla direzione del vento, per offrire allo stesso sempre il medesimo profilo alare garantendo, indipendentemente dalla direzione del vento, un verso orario di rotazione.

L'aerogeneratore previsto per la realizzazione del parco eolico è la turbina da 6.6 MW della Siemens-Gamesa SG 6.6-170 -MOD 6,6 MW_v2.

Nella tabella che segue sono sintetizzate le principali caratteristiche dell'aerogeneratore previsto nel parco eolico “CATERINA I”.

Altezza al Mozzo	155 m
Diametro Rotore	170 m
Lunghezza singola Pala	83,5 m
Numero Pale	3
Velocità di Rotazione Max a regime del Rotore	12 rpm
Potenza Nominale Turbina	6600 kW

Tabella 2 - Caratteristiche principali dell'aerogeneratore previsto nel parco eolico.


- **Rotore-Navicella**

Il rotore è una costruzione a tre pale, montata sopravento rispetto alla torre. L'uscita di potenza è controllata da pitch e regolazione della domanda di coppia. La velocità del rotore è variabile ed è progettata per massimizzare la potenza durante mantenendo i carichi e il livello di rumore.

La navicella è stata progettata per un accesso sicuro a tutti i punti di servizio durante il servizio programmato. Inoltre, la navicella è stata progettata per la presenza sicura dei tecnici dell'assistenza nella navicella durante le prove di servizio con la turbina eolica in piena attività.

Ciò consente un servizio di alta qualità della turbina eolica e fornisce ottimali condizioni di risoluzione dei problemi.

- **Lame**

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 14 di 53</p>
---	--	--

Le lame sono generalmente costituite da infusione di fibra di vetro e componenti stampati pultrusi in carbonio. La struttura della lama utilizza gusci aerodinamici contenenti cappucci di longheroni incorporati, legati a due reti di taglio principali in balsa epossidica / fibra di vetro.

- **Mozzo del rotore**

Il mozzo del rotore è solitamente fuso in ghisa sferoidale ed è montato sull'albero lento della trasmissione con un collegamento a flangia. Il mozzo è sufficientemente grande da fornire spazio ai tecnici dell'assistenza durante la manutenzione delle radici e del passo delle pale cuscinetti dall'interno della struttura.

- **Copertura della navicella**

Lo schermo meteorologico e l'alloggiamento attorno ai macchinari nella navicella sono realizzati con pannelli laminati rinforzati con fibra di vetro.

- **Torre**

La turbina eolica è montata di serie su una torre d'acciaio tubolare rastremata. Altre tecnologie di torri sono disponibili per altezze del mozzo più elevate. La torre ha salita interna e accesso diretto al sistema di imbardata e navicella. È dotata di pedane e illuminazione elettrica interna.

- **Controllore**

Il controller per turbine eoliche è un controller industriale basato su microprocessore. Il controllore è completo di quadro e dispositivi di protezione ed è autodiagnosi.

- **Convertitore**


Collegato direttamente al rotore, il convertitore di frequenza è un sistema di conversione 4Q back to back con 2 VSC in un collegamento CC comune.

Il Convertitore di Frequenza consente il funzionamento del generatore a velocità e tensione variabili, fornendo potenza a frequenza e tensione costanti al trasformatore MT.

- **SCADA**

L'aerogeneratore fornisce la connessione al sistema SGRE SCADA. Questo sistema offre il controllo remoto e una varietà di visualizzazioni di stato e report utili da un browser Web Internet standard.

Le viste di stato presentano informazioni tra cui dati elettrici e meccanici, stato operativo e di guasto, dati meteorologici e dati della stazione di rete.

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 15 di 53</p>
---	--	--

- **Monitoraggio delle condizioni della turbina**

Oltre al sistema SCADA SGRE, la turbina eolica può essere dotata dell'esclusiva configurazione di monitoraggio delle condizioni SGRE. Questo sistema monitora il livello di vibrazione dei componenti principali e confronta gli spettri di vibrazione effettivi con una serie di spettri di riferimento stabiliti. Revisione dei risultati, analisi dettagliata e la riprogrammazione può essere eseguita utilizzando un browser web standard.

- **Sistemi operativi**

La turbina eolica funziona automaticamente. Si avvia automaticamente quando la coppia aerodinamica raggiunge un certo valore.

Al di sotto della velocità del vento nominale, il controller della turbina eolica fissa i riferimenti di passo e coppia per operare nel punto aerodinamico ottimale (massima produzione) tenendo conto della capacità del generatore.

Una volta superata la velocità del vento nominale, la richiesta di posizione del passo viene regolata per mantenere una produzione di energia stabile pari al valore nominale.

Se è abilitata la modalità declassamento per vento forte, la produzione di energia viene limitata una volta che la velocità del vento supera un valore di soglia definito dalla progettazione, fino a quando non viene raggiunta la velocità del vento di interruzione e la turbina eolica smette di produrre energia.

Se la velocità media del vento supera il limite operativo massimo, l'aerogeneratore viene spento per beccheggio delle pale.

Quando la velocità media del vento scende al di sotto della velocità media del vento di riavvio, i sistemi si ripristinano automaticamente.

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

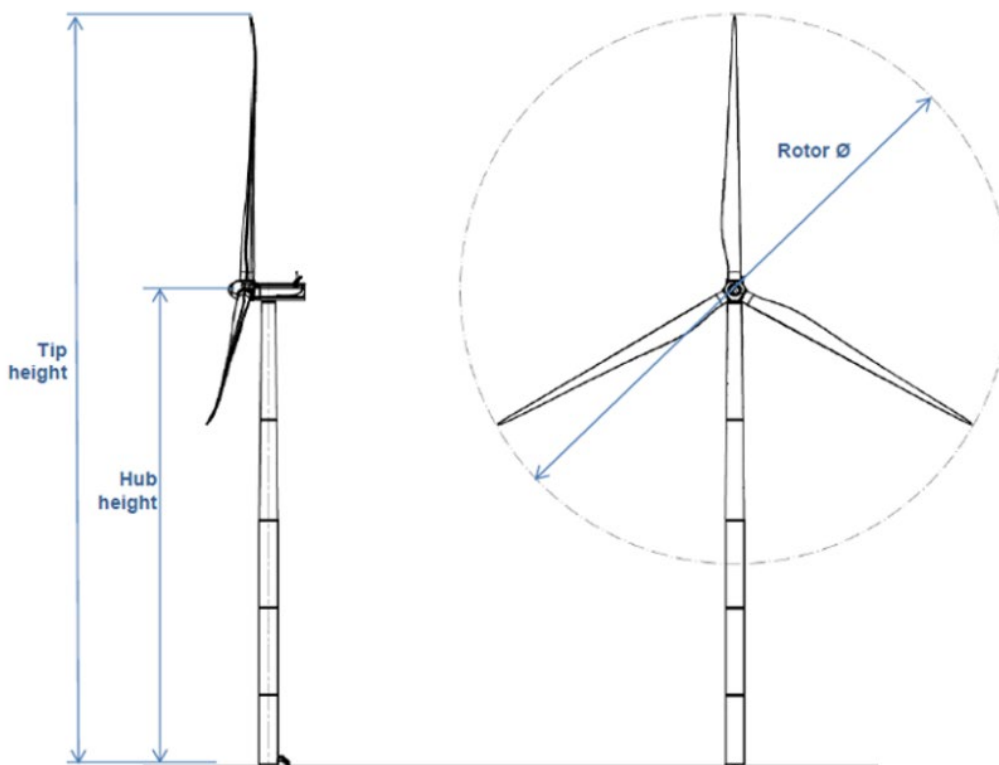


Figura 5 – Esempio Aerogeneratore

La navicella ospita i principali componenti del generatore eolico.


La navicella è ventilata e illuminata da luci elettriche. Un portello fornisce l'accesso alle pale e mozzo. Inoltre all'interno della navicella si trova anche una gru che può essere utilizzata per il sollevamento di strumenti e di altri materiali.

L'accesso dalla torre alla navicella avviene attraverso il fondo della navicella.

La turbina eolica è montata su una torre tubolare in acciaio, con un'altezza di circa 155 m, e ospita alla sua base il sistema di controllo.

È costituita da più sezioni tronco-coniche che verranno assemblate in sito. Al suo interno saranno inserite la scala di accesso alla navicella e il cavedio in cui saranno posizionati i cavi elettrici necessari al trasporto dell'energia elettrica prodotta.

L'accesso alla turbina avviene attraverso una porta alla base della torre che consentirà l'accesso al personale addetto alla manutenzione.

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 17 di 53</p>
--	--	---

La torre, il generatore e la cabina di trasformazione andranno a scaricare su una struttura di fondazione in cemento armato di tipo diretto che verrà dimensionata sulla base degli studi geologici e dell’analisi dei carichi trasmessi dalla torre.

L’aerogeneratore ad asse orizzontale è costituito da una torre tubolare che porta alla sua sommità la navicella che supporta le pale e contenente i dispositivi di trasmissione dell’energia meccanica, il generatore elettrico e i dispositivi ausiliari.

La navicella può ruotare rispetto al sostegno in modo tale da tenere l’asse della macchina sempre parallela alla direzione del vento (movimento di imbardata).

Opportuni cavi convogliano al suolo, in un quadro all’interno della torre, l’energia elettrica prodotta e trasmettono i segnali necessari per il controllo remoto del sistema aerogeneratore.

Tutte le funzioni dell’aerogeneratore sono monitorate e controllate da un’unità di controllo basata su microprocessori. Le pale possono essere manovrate singolarmente per una regolazione ottimale della potenza prodotta, questo fa sì che anche a velocità del vento elevate, la produzione d’energia viene mantenuta alla potenza nominale.

La turbina è anche dotata di un sistema meccanico di frenatura che, all’occorrenza, può arrestarne la rotazione. In caso di ventosità pericolosa, per la tenuta meccanica delle pale, l’aerogeneratore dispone anche di un freno aerodinamico, un sistema in grado di ruotare le pale fino a 90° attorno al proprio asse che le posiziona in maniera tale da offrire la minima superficie possibile all’azione del vento.

Le verifiche di stabilità del terreno e delle strutture di fondazione saranno eseguite con i metodi ed i procedimenti della geotecnica, tenendo conto delle massime sollecitazioni sul terreno che la struttura trasmette.

Le massime sollecitazioni sul terreno saranno calcolate con riferimento ai valori nominali delle azioni. Il piano di posa delle fondazioni sarà ad una profondità tale da non ricadere in zona ove risultino apprezzabili le variazioni stagionali del contenuto d’acqua.

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

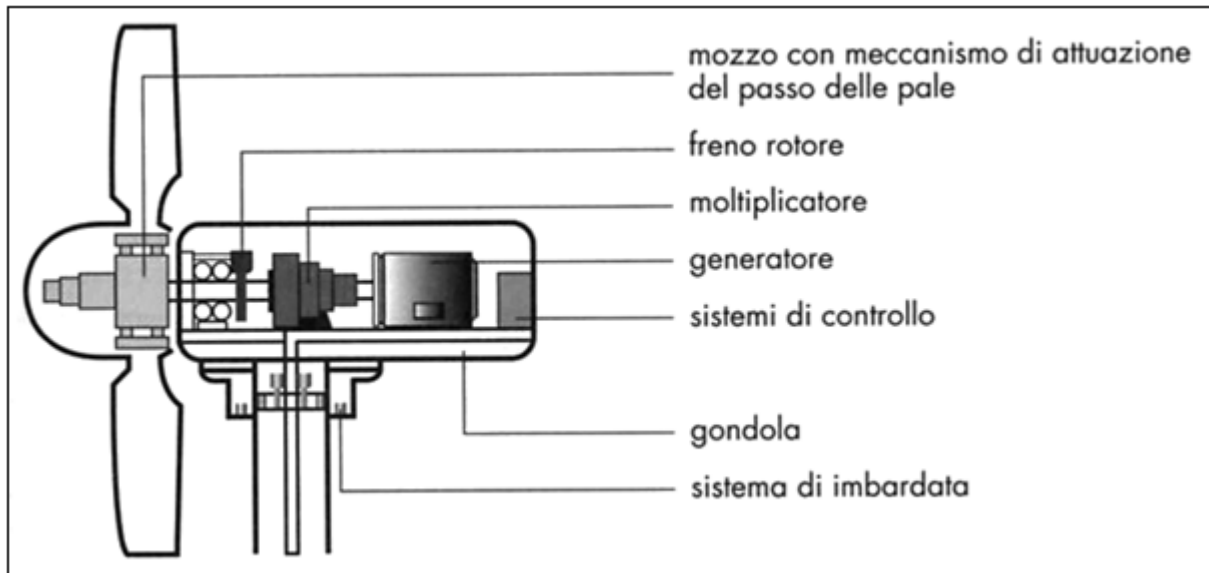



Figura 6 - Schema di principio di un aerogeneratore

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 19 di 53</p>
---	--	--

4.2 Cavidotti

Gli aerogeneratori sono connessi tra loro tramite una linea MT a 30 kV; successivamente i cavidotti saranno raccolti e smistamenti in corrispondenza della “Cabina di raccolta e smistamento”. In uscita dalla cabina di raccolta e smistamento, è stato previsto un unico cavidotto interrato a 30 kV per connettere poi l’impianto alla stazione elettrica di trasformazione di competenza dell’utente. All’interno della cabina di trasformazione lato utente è stato previsto l’installazione di un trasformatore elevatore, il cui compito sarà aumentare la tensione da 30kV a 36kV. Il cavo in uscita dal trasformatore sarà posato un cavo AT il quale provvederà alla connessione in antenna all’ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) 380/150/36 kV della RTN, da inserire in entra-esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN “Chiaramonte Gulfi-Ciminna”, come da STMG.

Ogni aerogeneratore è dotato di tutte le apparecchiature e circuiti di potenza nonché di comando, protezione, misura e supervisione.

L’impianto elettrico in oggetto comprende sistemi di categoria 0, I, II e III ed è esercito alla frequenza di 50Hz. Si distinguono le seguenti parti:

- ✓ il sistema MT a 30 kV, esercito con neutro isolato;
- ✓ il sistema AT a 36 kV, esercito con neutro isolato.


4.3 Modalità di connessione alla rete

La STMG è definita dal Gestore sulla base di criteri finalizzati a garantire la continuità del servizio e la sicurezza di esercizio della rete su cui il nuovo impianto si va ad inserire, tenendo conto dei diversi aspetti tecnici ed economici associati alla realizzazione delle opere di allacciamento.

In particolare il Gestore analizza ogni iniziativa nel contesto di rete in cui si inserisce e si adopera per minimizzare eventuali problemi legati alla eccessiva concentrazione di iniziative nella stessa area, al fine di evitare limitazioni di esercizio degli impianti di generazione nelle prevedibili condizioni di funzionamento del sistema elettrico.

La STMG contiene unicamente lo schema generale di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), nonché i tempi ed i costi medi standard di realizzazione degli impianti di rete per la connessione.

L’Autorità per l’energia elettrica, il gas e rete idrica con la delibera ARG/elt99/08 (TICA) e s.m.i. stabilisce

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 20 di 53</p>
--	--	---

le condizioni per l'erogazione del servizio di connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi per gli impianti di produzione di energia elettrica.

Il campo di applicazione è relativo anche ad impianti di produzione e si prefigge di individuare il punto di inserimento e la relativa connessione, dove per inserimento s'intende l'attività d'individuazione del punto nel quale l'impianto può essere collegato, e per connessione s'intende l'attività di determinazione dei circuiti e dell'impiantistica necessaria al collegamento.

L'impianto eolico di riferimento avrà una potenza di 85,8 MW.


La soluzione tecnica minima generale elaborata prevede che la centrale venga collegata in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150/36 kV alla RTN, da inserire in entra-esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN “Chiamonte Gulfi - Ciminna”.

Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, il nuovo/i elettrodotto/i a 36 kV per il collegamento in antenna della centrale sulla Stazione Elettrica della RTN costituisce/constituiscono impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo/i arrivo produttore a 36 kV nella suddetta stazione costituisce/constituiscono impianto di rete per la connessione.

5. CALCOLO LINEA ELETTRICA PER LA CONNESSIONE DELL'IMPIANTO


Le scelte progettuali di seguito descritte hanno inoltre tenuto conto delle esigenze operative del committente al fine di raggiungere gli obiettivi riguardanti:

1. la sicurezza;
2. la funzionalità;
3. l'affidabilità;
4. la durata;
5. l'economicità.

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p align="center">“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p align="center">RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p align="right">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 21 di 53</p>
--	--	---

La connessione tra l’impianto e la rete elettrica avverrà con una linea interrata (entro cavidotti in PVC).
Le caratteristiche della potenza immessa in rete dal generatore, sulla base del quale va effettuato il calcolo di verifica, sono le seguenti:

Tratta			Generazione	
Da	A	Lunghezza (km)	Pn (kW)	Vn (kV)
SG13	SG12	4,46	6600	30
SG12	SG11	1,47	13200	30
SG11	SG10	2,32	19800	30
SG10	SG06	8,04	26400	30
SG06	SG05	2,12	33000	30
SG05	SG04	2,24	39600	
SG04	SG03	1,41	46200	30
SG03	Cabina raccolta e smistamento	3,87	52800	30
SG01	Cabina raccolta e smistamento	0,85	6600	30
SG09	SG08	2,40	6600	30
SG08	SG07	1,66	13200	30
SG07	SG02	3,99	19800	30
SG02	Cabina raccolta e smistamento	2,69	26400	30
Cabina di raccolta e smistamento	SSE lato utente di trasformazione	9,14	85800	30
SSE lato utente di trasformazione	Nuova stazione elettrica RTN	0,05	85800	36

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 22 di 53</p>
---	--	--

5.1 Dimensionamento dei cavidotti in MT

Il dimensionamento dei cavidotti in MT a 30kV, sono stati eseguiti utilizzando la seguente relazioni matematiche le quali dovranno essere soddisfatte contemporaneamente:

$$I_b \leq I_z$$

$$\Delta V\% \leq 4\%$$

dove:

- I_b è la corrente di impiego del cavo;
- I_z è la portata del cavo, calcolata tenendo conto del tipo di cavo e delle condizioni di posa;

$\Delta V\%$ è la massima caduta di tensione calcolata tenendo conto della lunghezza del cavidotto oggetto di progettazione.

Per determinare la portata del cavo sono state ipotizzate le seguenti condizioni di posa:

$$I_z = I_0 k_1 k_2 k_3 k_4$$


Dove:

- I_0 : rappresenta la portata nominale del cavo;
- k_1 : fattore di correzione per gruppi di circuiti installati sullo stesso piano in tubi interrati;
- k_2 : fattore di correzione per differenti valori di profondità di posa;
- k_3 : fattore di correzione per temperatura di esercizio diverse da 20°C;
- k_4 : fattore di correzione valori di resistività termica del terreno diverse da 1 Km/W.


Il calcolo della caduta di tensione percentuale è stato svolto attraverso l'utilizzo della seguente relazione:

$$\Delta V\% = \frac{\sqrt{3} I l}{V_n} (r_l \cos\varphi + x_l \sin\varphi) \leq 4\%$$

Dove:

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 23 di 53</p>
--	--	---

- r_1 : rappresenta la resistenza per unità di lunghezza specifica di quel cavo alla temperatura di esercizio;
- x_1 : rappresenta la reattanza per unità di lunghezza specifica del cavo alla frequenza di 50Hz;
- l : lunghezza del cavidotto;
- I : intensità di corrente;
- V_n : tensione nominale concatenata.

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 24 di 53</p>
--	--	---

5.2 Scelte progettuali

Il dimensionamento dei cavidotti è stato svolto, considerando il seguente cavo unipolare di potenza, con anima in rame rosso flessibile, isolato in XLPE di qualità G7 con guaina in PVC per le connessioni tra gli aereogeneratori e la connessione tra la cabina di raccolta e smistamento e la cabina di trasformazione lato utente:

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

CAVI MEDIA TENSIONE - ENERGIA
MEDIUM VOLTAGE CABLES - POWER

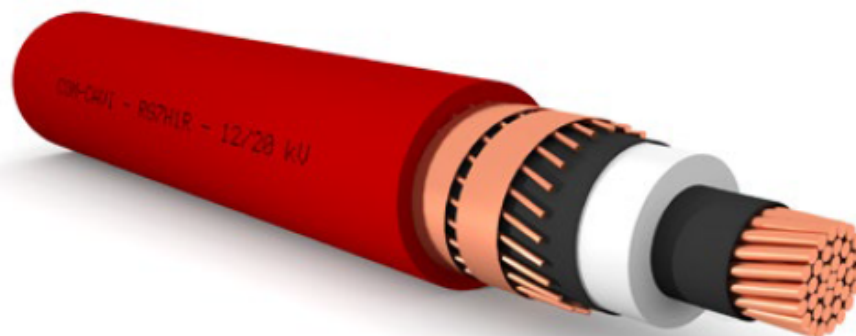
RG7H1R 1.8/3 kV - 26/45 kV

MEDIA TENSIONE - SENZA PIOMBO
MEDIUM VOLTAGE - LEAD-FREE



RIFERIMENTO NORMATIVO/STANDARD REFERENCE

Costruzione e requisiti/Construction and specifications	IEC 60502 CEI 20-13
Misura delle scariche parziali/Measurement of partial discharges	CEI 20-16 IEC 60885-3
Propagazione fiamma/Flame propagation	CEI EN 60332-1-2



Le immagini sono protette da diritti di copyright ©

DESCRIZIONE:

Cavi unipolari isolati in gomma HEPR di qualità G7, sotto guaina di PVC.

CARATTERISTICHE FUNZIONALI:

- Tensione nominale U_0/U : 1,8/3 ÷ 26/45 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di esercizio: -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Temperatura minima di posa: 0°C
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 12 volte il diametro del cavo.
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 60 N/mm² di sezione del rame

CONDIZIONI DI IMPIEGO:

Adatto per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze. Per posa in aria libera, in tubo o canale. Ammessa la posa interrata anche non protetta, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

DESCRIPTION:

Single-core cables, insulated with HEPR rubber of G7 quality, under PVC sheath.

FUNCTIONAL CHARACTERISTICS

- Nominal voltage U_0/U : 1,8/3 ÷ 26/45 kV
- Maximum operating temperature: 90°C
- Min. operating temperature: -15°C (without mechanical shocks)
- Minimum installation temperature: 0°C
- Maximum short circuit temperature: 250°C
- Recommended minimum bending radius: 12 times the cable diameter.
- Recommended maximum tensile stress: 60 N/mm² of the cross-section of the copper

USE AND INSTALLATION

Suitable for energy transmission between transformer rooms and big power users. For laying on air, into tube or open pass. Can be laid underground, also if not protected, complying with art. 4.3.11 of CEI 11-17 standard.



RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

**Caratteristiche tecniche/Technical characteristics
U max: 52 kV**


Formazione Size	Ø indicativo conduttore Approx. conduct. Ø	Spessore medio isolante Average insulation thickness	Ø estemo max Max outer Ø	Peso indicativo cavo Approx. cable weight	Portata di corrente Current rating			
					A			
					in aria In air		interrato* buried*	
n° x mm²	mm	mm	mm	kg/km	a trifoglio trefoil	in piano flat	a trifoglio trefoil	in piano flat
1 x 70	9,7	10,3	41,9	2150,0	280,0	315,0	255,0	260,0
1 x 95	11,4	10,3	43,8	2490,0	340,0	380,0	300,0	310,0
1 x 120	12,9	10,0	44,8	2735,0	395,0	440,0	355,0	365,0
1 x 150	14,3	9,5	45,1	3020,0	445,0	495,0	385,0	395,0
1 x 185	16,0	9,3	47,1	3395,0	510,0	570,0	440,0	460,0
1 x 240	18,3	9,3	49,2	4025,0	600,0	665,0	510,0	520,0
1 x 300	21,0	9,0	52,2	4725,0	695,0	760,0	570,0	580,0
1 x 400	23,2	9,0	54,8	5635,0	800,0	875,0	650,0	655,0
1 x 500	26,1	9,0	58,6	6825,0	930,0	1010,0	735,0	740,0
1 x 630	30,3	9,0	62,7	8260,0	1070,0	1180,0	835,0	845,0

*Resistività termica del terreno 100°C cm/W
* Ground thermal resistivity 100°C cm/W

Caratteristiche elettriche/Electrical characteristics

Formazione Size	Resistenza elettrica a 20°C Max. electrical resistance at 20°C	Resistenza apparente a 90°C e 50Hz Conductor apparent resistance at 90°C and 50Hz		Reattanza di fase Phase reactance		Capacità a 50Hz Capacity at 50Hz
		a trifoglio trefoil	in piano flat	a trifoglio trefoil	in piano flat	
		Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	
1 x 70	0,268	0,342	0,342	0,15	0,21	0,15
1 x 95	0,193	0,246	0,246	0,14	0,20	0,16
1 x 120	0,153	0,196	0,196	0,14	0,20	0,18
1 x 150	0,124	0,159	0,158	0,13	0,19	0,20
1 x 185	0,0991	0,128	0,127	0,13	0,19	0,21
1 x 240	0,0754	0,0985	0,0972	0,12	0,18	0,23
1 x 300	0,0601	0,0797	0,0779	0,12	0,18	0,26
1 x 400	0,0470	0,0638	0,0616	0,11	0,17	0,28
1 x 500	0,0366	0,0517	0,0489	0,11	0,17	0,31
1 x 630	0,0283	0,0425	0,0389	0,10	0,16	0,34

Figura 7 – Scheda tecnica cavi MT

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 27 di 53</p>
--	--	---

Per quanto riguarda il tipo di posa scelto, è stato considerato:

- Posa di tipo interrato;
- Cavi posati a trifoglio a contatto: $K1=0.7$;
- Profondità di posa pari a 1.2m: $K2=0.96$;
- Resistività termica del terreno pari a 1 Km/W: $K3= 0.96$;
- Temperatura di servizio pari a 25°C: $k4= 1.08$.

5.3 Risultati dimensionamento


Nelle seguenti tabelle vengono riportate in sintesi i calcoli svolti per il dimensionamento dei cavidotti, in funzione dei tratti analizzati:

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

CIRCUITO			SG13 SG12
TIPO CAVO			RG7H1R 26/45 Kv
Tensione trasporto	Vn	KV	30
Cosfi			0,97
Potenza nominale	Pn	MW	6,6
Corrente di impiego	I _b	A	127,02
Numero di cavi in parallelo			1
Sezione cavo	S	mm ²	70,00
Lunghezza linea	L	km	4,46
Resistenza della linea [20°C]	R _L	Ω / km	0,27
Resistenza della linea [90°C]	R _L	Ω / km	0,342
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0,15
Caduta di tensione	ΔV	V	361,259
	ΔV	%	1,20%
ΔV% ≤ 4%			VERIFICATO
Materiale isolamento			EPR
Portata nominale	I ₀	A	255
Temperatura terreno	T	°C	25
terne		nr	1
distanza		m	a contatto
Profondità di posa		m	1,2
Resistività termica		°C m/W	1
Portata cavo	I _z	A	177,67
I _b ≤ I _z			VERIFICATO

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

CIRCUITO			SG12 SG11
TIPO CAVO			RG7H1R 26/45 kV
Tensione trasporto	Vn	KV	30
Cosfi			0,97
Potenza nominale	Pn	MW	13,2
Corrente di impiego	I _b	A	254,03
Numero di cavi in parallelo			1
Sezione cavo	S	mm ²	150,00
Lunghezza linea	L	km	1,47
Resistenza della linea [20°C]	R _L	Ω / km	0,12
Resistenza della linea [90°C]	R _L	Ω / km	0,159
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0,13
Caduta di tensione	ΔV	V	119,812
	ΔV	%	0,40%
ΔV% ≤ 4%			VERIFICATO
Materiale isolamento			EPR
Portata nominale	I ₀	A	385
Temperatura terreno	T	°C	25
terne		nr	1
distanza		m	a contatto
Profondità di posa		m	1,2
Resistività termica		°C m/W	1
Portata cavo	I _z	A	268,24
I _b ≤ I _z			VERIFICATO


 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 30 di 53</p>
--	--	---

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

CIRCUITO			SG11 SG10
TIPO CAVO			RG7H1R 26/45 kV
Tensione trasporto	Vn	KV	30
Cosfi			0,97
Potenza nominale	Pn	MW	19,8
Corrente di impiego	I _b	A	381,05
Numero di cavi in parallelo			1
Sezione cavo	S	mm ²	300,00
Lunghezza linea	L	km	2,32
Resistenza della linea [20°C]	R _L	Ω / km	0,06
Resistenza della linea [90°C]	R _L	Ω / km	0,080
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0,12
Caduta di tensione	ΔV	V	162,780
	ΔV	%	0,54%
ΔV% ≤ 4%			VERIFICATO
Materiale isolamento			EPR
Portata nominale	I ₀	A	570
Temperatura terreno	T	°C	25
terne		nr	1
distanza		m	a contatto
Profondità di posa		m	1,2
Resistività termica		°C m/W	1
Portata cavo	I _z	A	397,14
I _b ≤ I _z			VERIFICATO

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

CIRCUITO			SG10 SG06
TIPO CAVO			RG7H1R 26/45 kV
Tensione trasporto	Vn	KV	30
Cosfi			0,97
Potenza nominale	Pn	MW	26,4
Corrente di impiego	I _b	A	508,07
Numero di cavi in parallelo			1
Sezione cavo	S	mm ²	500,00
Lunghezza linea	L	km	8,04
Resistenza della linea [20°C]	R _L	Ω / km	0,04
Resistenza della linea [90°C]	R _L	Ω / km	0,052
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0,11
Caduta di tensione	ΔV	V	543,693
	ΔV	%	1,81%
ΔV% ≤ 4%			VERIFICATO
Materiale isolamento			EPR
Portata nominale	I ₀	A	735
Temperatura terreno	T	°C	25
terne		nr	1
distanza		m	a contatto
Profondità di posa		m	1,2
Resistività termica		°C m/W	1
Portata cavo	I _z	A	512,10
I _b ≤ I _z			VERIFICATO

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 33 di 53</p>
--	--	---

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

CIRCUITO			SG06 SG05
TIPO CAVO			RG7H1R 26/45 Kv
Tensione trasporto	Vn	KV	30
Cosfi			0,97
Potenza nominale	Pn	MW	33
Corrente di impiego	I _b	A	635,09
Numero di cavi in parallelo			2
Sezione cavo	S	mm ²	240,00
Lunghezza linea	L	km	2,12
Resistenza della linea [20°C]	R _L	Ω / km	0,08
Resistenza della linea [90°C]	R _L	Ω / km	0,099
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0,12
Caduta di tensione	ΔV	V	145,726
	ΔV	%	0,49%
	ΔV% ≤ 4%		VERIFICATO
Materiale isolamento			EPR
Portata nominale	I ₀	A	510
Temperatura terreno	T	°C	25
terne		nr	1
distanza		m	a contatto
Profondità di posa		m	1,2
Resistività termica		°C m/W	1
Portata cavo	I _z	A	710,66
	I _b ≤ I _z		VERIFICATO

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

CIRCUITO			SG05 SG04
TIPO CAVO			RG7H1R 26/45 Kv
Tensione trasporto	Vn	KV	30
Cosfi			0,97
Potenza nominale	Pn	MW	39,6
Corrente di impiego	I _b	A	762,10
Numero di cavi in parallelo			2
Sezione cavo	S	mm ²	300,00
Lunghezza linea	L	km	2,24
Resistenza della linea [20°C]	R _L	Ω / km	0,06
Resistenza della linea [90°C]	R _L	Ω / km	0,080
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0,12
Caduta di tensione	ΔV	V	157,424
	ΔV	%	0,52%
ΔV% ≤ 4%			VERIFICATO
Materiale isolamento			EPR
Portata nominale	I ₀	A	570
Temperatura terreno	T	°C	25
terne		nr	1
distanza		m	a contatto
Profondità di posa		m	1,2
Resistività termica		°C m/W	1
Portata cavo	I _z	A	794,27
I _b ≤ I _z			VERIFICATO

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

CIRCUITO			SG04 SG03
TIPO CAVO			RG7H1R 26/45 kV
Tensione trasporto	Vn	KV	30
Cosfi			0,97
Potenza nominale	Pn	MW	46,2
Corrente di impiego	I _b	A	889,12
Numero di cavi in parallelo			2
Sezione cavo	S	mm ²	500,00
Lunghezza linea	L	km	1,41
Resistenza della linea [20°C]	R _L	Ω / km	0,04
Resistenza della linea [90°C]	R _L	Ω / km	0,052
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0,11
Caduta di tensione	ΔV	V	83,203
	ΔV	%	0,28%
ΔV% ≤ 4%			VERIFICATO
Materiale isolamento			EPR
Portata nominale	I ₀	A	735
Temperatura terreno	T	°C	25
terne	nr		1
distanza	m		a contatto
Profondità di posa	m		1,2
Resistività termica	°C m/W		1,2
Portata cavo	I _z	A	995,74
I _b ≤ I _z			VERIFICATO

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

CIRCUITO			SG03 Cabina raccolta e smistamento
TIPO CAVO			RG7H1R 26/45 kV
Tensione trasporto	Vn	KV	30
Cosfi			0,97
Potenza nominale	Pn	MW	52,8
Corrente di impiego	I _b	A	1016,14
Numero di cavi in parallelo			2
Sezione cavo	S	mm ²	500,00
Lunghezza linea	L	km	3,87
Resistenza della linea [20°C]	R _L	Ω / km	0,04
Resistenza della linea [90°C]	R _L	Ω / km	0,052
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0,11
Caduta di tensione	ΔV	V	261,801
	ΔV	%	0,87%
ΔV% ≤ 4%			VERIFICATO
Materiale isolamento			EPR
Portata nominale	I ₀	A	735
Temperatura terreno	T	°C	25
terne		nr	1
distanza		m	a contatto
Profondità di posa		m	1,2
Resistività termica		°C m/W	1
Portata cavo	I _z	A	1024,19
I _b ≤ I _z			VERIFICATO

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

CIRCUITO			SG01 Cabina raccolta e smistamento
TIPO CAVO			RG7H1R 26/45 Kv
Tensione trasporto	Vn	KV	30
Cosfi			0,97
Potenza nominale	Pn	MW	6,6
Corrente di impiego	I _b	A	127,02
Numero di cavi in parallelo			1
Sezione cavo	S	mm ²	70,00
Lunghezza linea	L	km	0,85
Resistenza della linea [20°C]	R _L	Ω / km	0,27
Resistenza della linea [90°C]	R _L	Ω / km	0,342
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0,15
Caduta di tensione	ΔV	V	68,650
	ΔV	%	0,23%
ΔV% ≤ 4%			VERIFICATO
Materiale isolamento			EPR
Portata nominale	I ₀	A	255
Temperatura terreno	T	°C	25
terne		nr	1
distanza		m	a contatto
Profondità di posa		m	1,2
Resistività termica		°C m/W	1
Portata cavo	I _z	A	177,67
I _b ≤ I _z			VERIFICATO

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

CIRCUITO			SG09 SG08
TIPO CAVO			RG7H1R 26/45 kV
Tensione trasporto	Vn	KV	30
Cosfi			0,97
Potenza nominale	Pn	MW	6,6
Corrente di impiego	I _b	A	127,02
Numero di cavi in parallelo			1
Sezione cavo	S	mm ²	70,00
Lunghezza linea	L	km	2,40
Resistenza della linea [20°C]	R _L	Ω / km	0,27
Resistenza della linea [90°C]	R _L	Ω / km	0,342
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0,15
Caduta di tensione	ΔV	V	194,693
	ΔV	%	0,65%
ΔV% ≤ 4%			VERIFICATO
Materiale isolamento			EPR
Portata nominale	I ₀	A	255
Temperatura terreno	T	°C	25
terne		nr	1
distanza		m	a contatto
Profondità di posa		m	1,2
Resistività termica		°C m/W	1
Portata cavo	I _z	A	177,67
I _b ≤ I _z			VERIFICATO

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

CIRCUITO			SG08 SG07
TIPO CAVO			RG7H1R 26/45 kV
Tensione trasporto	Vn	KV	30
Cosfi			0,97
Potenza nominale	Pn	MW	13,2
Corrente di impiego	I _b	A	254,03
Numero di cavi in parallelo			1
Sezione cavo	S	mm ²	150,00
Lunghezza linea	L	km	1,66
Resistenza della linea [20°C]	R _L	Ω / km	0,12
Resistenza della linea [90°C]	R _L	Ω / km	0,159
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0,13
Caduta di tensione	ΔV	V	136,095
	ΔV	%	0,45%
ΔV% ≤ 4%			VERIFICATO
Materiale isolamento			EPR
Portata nominale	I ₀	A	385
Temperatura terreno	T	°C	25
terne		nr	1
distanza		m	a contatto
Profondità di posa		m	1,2
Resistività termica		°C m/W	1
Portata cavo	I _z	A	268,24
I _b ≤ I _z			VERIFICATO

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

CIRCUITO			SG07 SG02
TIPO CAVO			RG7H1R 26/45 kV
Tensione trasporto	Vn	KV	30
Cosfi			0,97
Potenza nominale	Pn	MW	19,8
Corrente di impiego	I _b	A	381,05
Numero di cavi in parallelo			1
Sezione cavo	S	mm ²	300,00
Lunghezza linea	L	km	3,99
Resistenza della linea [20°C]	R _L	Ω / km	0,06
Resistenza della linea [90°C]	R _L	Ω / km	0,080
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0,12
Caduta di tensione	ΔV	V	280,227
	ΔV	%	0,93%
ΔV% ≤ 4%			VERIFICATO
Materiale isolamento			EPR
Portata nominale	I ₀	A	570
Temperatura terreno	T	°C	25
terne		nr	1
distanza		m	a contatto
Profondità di posa		m	1,2
Resistività termica		°C m/W	1
Portata cavo	I _z	A	397,14
I _b ≤ I _z			VERIFICATO

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE


CIRCUITO			SG02 Cabina raccolta e smistamento
TIPO CAVO			RG7H1R 26/45 kV
Tensione trasporto	Vn	KV	30
Cosfi			0,97
Potenza nominale	Pn	MW	26,4
Corrente di impiego	I _b	A	508,07
Numero di cavi in parallelo			1
Sezione cavo	S	mm ²	500,00
Lunghezza linea	L	km	2,69
Resistenza della linea [20°C]	R _L	Ω / km	0,04
Resistenza della linea [90°C]	R _L	Ω / km	0,052
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0,11
Caduta di tensione	ΔV	V	181,923
	ΔV	%	0,61%
ΔV% ≤ 4%			VERIFICATO
Materiale isolamento			EPR
Portata nominale	I ₀	A	735
Temperatura terreno	T	°C	25
terne		nr	1
distanza		m	a contatto
Profondità di posa		m	1,2
Resistività termica		°C m/W	1
Portata cavo	I _z	A	512,10
I _b ≤ I _z			VERIFICATO



RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

CIRCUITO			Cabina di raccolta e smistamento SSE lato utente di trasformazione
TIPO CAVO			RG7H1R 26/45 kV
Tensione trasporto	Vn	KV	30
Cosfi			0,97
Potenza nominale	Pn	MW	85,8
Corrente di impiego	I _b	A	1651,22
Numero di cavi in parallelo			3
Sezione cavo	S	mm ²	630,00
Lunghezza linea	L	km	9,14
Resistenza della linea [20°C]	R _L	Ω / km	0,03
Resistenza della linea [90°C]	R _L	Ω / km	0,043
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0,1
Caduta di tensione	ΔV	V	571,091
	ΔV	%	1,90%
ΔV% ≤ 4%			VERIFICATO
Materiale isolamento			EPR
Portata nominale	I ₀	A	835
Temperatura terreno	T	°C	25
terne		nr	1
distanza		m	a contatto
Profondità di posa		m	1,2
Resistività termica		°C m/W	1
Portata cavo	I _z	A	1745,31
I _b ≤ I _z			VERIFICATO

Tabella 3-Cavi MT previsti in progetto

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 44 di 53</p>
---	--	---

5.4 Dimensionamento del cavidotto in AT

Il dimensionamento del cavidotto in AT a 36kV, è stato eseguito utilizzando le seguenti relazioni matematiche le quali dovranno essere soddisfatte contemporaneamente:

$$I_b \leq I_z$$

$$\Delta V\% \leq 4\%$$

dove:

- I_b è la corrente di impiego del cavo;
- I_z è la portata del cavo, calcolata tenendo conto del tipo di cavo e delle condizioni di posa;

$\Delta V\%$ è la massima caduta di tensione calcolata tenendo conto della lunghezza del cavidotto oggetto di progettazione.

Per determinare la portata del cavo sono state ipotizzate le seguenti condizioni di posa:

$$I_z = I_0 k_1 k_2 k_3 k_4$$


Dove:

- I_0 : rappresenta la portata nominale del cavo;
- k_1 : fattore di correzione per gruppi di circuiti installati sullo stesso piano in tubi interrati;
- k_2 : fattore di correzione per differenti valori di profondità di posa;
- k_3 : fattore di correzione per temperatura di esercizio diverse da 20°C;
- k_4 : fattore di correzione valori di resistività termica del terreno diverse da 1 Km/W.

Il calcolo della caduta di tensione percentuale è stato svolto attraverso l'utilizzo della seguente relazione:

$$\Delta V\% = \frac{\sqrt{3} I l}{V_n} (r_l \cos\varphi + x_l \sin\varphi) \leq 4\%$$

Dove:

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 45 di 53</p>
---	--	--

- r_1 : rappresenta la resistenza per unità di lunghezza specifica di quel cavo alla temperatura di esercizio;
- x_1 : rappresenta la reattanza per unità di lunghezza specifica del cavo alla frequenza di 50Hz;
- l : lunghezza del cavidotto;
- I : intensità di corrente;
- V_n : tensione nominale concatenata.

5.5 Scelte progettuali

Il dimensionamento del cavidotto è stato svolto, considerando il seguente cavo unipolare di potenza, con anima in rame, isolato in XLPE con guaina in PVC per la connessione in antenna a 36kV tra la stazione di trasformazione lato utente e la Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) 380/150/36 kV della RTN, da inserire in entra-esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN “Chiamonte Gulfi-Ciminna”:

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

High Voltage Cables



HXLMK / AHXLMK

Single core XLPE insulated power cable with lead sheath

- 1 **Conductor**
Longitudinally watertight segmental stranded and compacted copper or aluminium
- 2 **Binder tapes**
Semiconducting waterblocking tapes and binder tapes
- 3 **Conductor screen**
Extruded semiconducting copolymer compound
- 4 **Insulation**
Extruded superclean XLPE compound
- 5 **Insulation screen**
Extruded semiconducting copolymer compound
- 6 **Bedding**
Semiconducting waterblocking tapes
- 7 **Metallic sheath**
Extruded lead, alloy E
- 8 **Outer sheath**
Extruded PE, PVC or HFFR



RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

High Voltage Cables

Sample Constructions

Rated voltages
 $U_0/U = 38/66$ kV
 $U_m = 72.5$ kV
 $U_p = 325$ kV

Rated temperatures
 • Maximum permissible temp. of conductor in continuous use 90°C
 • Maximum permissible temp. of conductor in short-circuit 250°C (for durations up to 5 sec.)
 Standard IEC 60840

72 kV Cables 36/66 kV Single core, XLPE-insulated high voltage power cables

Nominal cross-sectional area of conductor		mm ²	300	500	800	1200	1600
---	--	-----------------	-----	-----	-----	------	------

Constructional data

Outer diameter	With aluminium conductor	mm	80	87	74	83	90
	With copper conductor	mm	80	87	74	83	93
Net weight	With aluminium conductor	kg/km	8800	8400	11000	14000	16500
	With copper conductor	kg/km	8750	12000	16000	22000	27500
Recommended minimum bending radius during laying		m	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7

Electrical properties at 66 kV and 50 Hz

Maximum DC-resistance		at 20°C		Ω/km	0.1000	0.0605	0.0367	0.0247	0.0186	
Aluminium conductor	Effective-resistance, screens bonded at both ends	Flat formation	Conductor	20°C	Ω/km	0.120	0.084	0.065	0.033	0.036
			temperature	65°C	Ω/km	0.136	0.092	0.068	0.033	0.033
			temperature	90°C	Ω/km	0.143	0.097	0.070	0.060	0.033
	Trefoil formation	Conductor	20°C	Ω/km	0.106	0.068	0.047	0.037	0.033	
		temperature	65°C	Ω/km	0.123	0.078	0.052	0.040	0.033	
		temperature	90°C	Ω/km	0.133	0.084	0.055	0.042	0.036	
Copper conductor	Effective-resistance, screens bonded at both ends	Flat formation	Conductor	20°C	Ω/km	0.080	0.061	0.051	0.047	0.047
			temperature	65°C	Ω/km	0.083	0.064	0.052	0.046	0.043
			temperature	90°C	Ω/km	0.093	0.066	0.052	0.043	0.044
	Trefoil formation	Conductor	20°C	Ω/km	0.067	0.045	0.033	0.024	0.022	
		temperature	65°C	Ω/km	0.076	0.050	0.036	0.023	0.023	
		temperature	90°C	Ω/km	0.082	0.054	0.038	0.026	0.023	
DC-resistance of metallic screen at 20°C approx.				Ω/km	0.74	0.62	0.51	0.40	0.33	
Inductance		Flat formation	mH/km	0.33	0.36	0.33	0.31	0.30		
		Trefoil formation	mH/km	0.40	0.37	0.34	0.33	0.32		
Operating capacitance			pF/km	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40		
Charging current			A/km	2.3	2.7	3.5	4.3	4.8		

Continuous current-carrying capacities

Conductor	Cables laid	Conductor temperature	Laying formation	Screen circuit	A	300	500	800	1200	1600
Aluminium	In ground of 15°C	65°C	Flat	Open	A	435	573	750	910	1040
				Closed	A	415	525	640	710	750
				Trefoil	Open	A	415	545	700	830
			Closed	A	410	535	680	730	870	
			Trefoil	Open	A	515	680	830	1080	1235
				Closed	A	490	625	770	860	920
	Open	A		490	645	830	930	1110		
	In air of 25°C	30°C	Flat	Open	A	685	930	1265	1535	1815
				Closed	A	660	865	1105	1270	1390
				Open	A	605	820	1035	1335	1535
			Trefoil	Closed	A	600	810	1085	1320	1515
				Open	A	560	730	940	1200	1390
Closed				A	520	655	740	820	855	
Copper	In ground of 15°C	65°C	Flat	Open	A	555	685	880	1035	1240
				Closed	A	525	670	820	1005	1105
				Open	A	660	865	1115	1415	1645
			Trefoil	Closed	A	620	765	900	1005	1095
				Open	A	630	815	1025	1305	1485
				Closed	A	620	735	980	1205	1335
	In air of 25°C	30°C	Flat	Open	A	880	1185	1585	2040	2420
				Closed	A	830	1065	1305	1505	1620
				Open	A	775	1035	1355	1765	2065
			Trefoil	Closed	A	770	1025	1340	1685	1940

Maximum permissible short-circuit currents for short-circuit duration of one second

Aluminium conductor	kA	28.5	47.2	75.6	115.4	151.2
Copper conductor	kA	42.8	71.4	114.2	171.4	228.5

8


 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 48 di 53</p>
--	--	---

Figura 8 – Scheda tecnica cavo AT

Per quanto riguarda il tipo di posa scelto, è stato considerato:

- Posa di tipo interrato;
- Cavi posati a trifoglio a contatto;
- Profondità di posa pari a 1.3m;
- Resistività termica del terreno pari a 1 Km/W;
- Temperatura di servizio pari a 25°C.

5.6 Risultati dimensionamento

Nella seguente tabella viene riportata una sintesi del calcolo svolto per il dimensionamento del cavidotto:

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

CIRCUITO			SSE lato utente di trasformazione Nuova stazione elettrica RTN
TIPO CAVO			HXLMK da 38/66kV Umax 72,5kV
Tensione trasporto	Vn	KV	36
Cosfi			0,97
Sinfi			0,24
Potenza nominale	Pn	MW	85,8
Corrente di impiego	I_b	A	1376,02
Tipo di posa			Interrato
Tipo di disposizione			A trifoglio
Numero di cavi in parallelo			2
Sezione cavo	S	mm ²	800
Lunghezza linea	L	km	0,451
Resistenza della linea [20°C]	R _L	Ω / km	0,033
Resistenza della linea [90°C]	R _L	Ω / km	0,038
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0,107
Caduta di tensione	ΔV	V	33,77
	ΔV	%	0,09%
ΔV% ≤ 4%			VERIFICATO
Materiale isolamento			XLPE
Portata nominale	I ₀	A	1025
Temperatura terreno	T	°C	25
Resistività termica	°C m/W		1
Profondità di posa	m		1,3
distanza	mm		a contatto
Fattori di correzione			
K1			0,93
K2			0,8
K3			1
K4			0,97
Portata cavo	I _z	A	1479,44
I_b ≤ I_z			VERIFICATO


Tabella 4-Cavo AT previsto da progetto

6. DETERMINAZIONE DELLE POTENZE/CORRENTI DI CORTOCIRCUITO

I cavi e le canaline sono posati secondo quanto descritto dalle norme CEI 11-17, CEI 0-16, CEI 0-21.

In generale il cablaggio elettrico avviene per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame/alluminio scelti in funzione della effettiva tensione di esercizio e portata e del tipo unificato e/o armonizzato e non propaganti l'incendio e con le seguenti prescrizioni:

- sezione delle anime in rame opportunamente dimensionati in modo da contenere la caduta di potenziale entro il 3% del valore misurato da qualsiasi punto dell'impianto elettrico al gruppo di conversione;

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 50 di 53</p>
---	--	--

- Tipo FG7(O)R per il sistema di distribuzione in corrente alternata se installati in esterno o in cavidotti su percorsi interrati;

I cavi sono tutti contrassegnati e chiaramente identificabili, quelli del sistema a corrente continua e/o di segnale da quelli del sistema a corrente alternata. Per i cavi in corrente continua è osservata l'assegnazione dei colori di polarità: polo positivo il color rosso; polo negativo il color nero.

Tutti i percorsi cavi sono realizzati con posa in tubazione (cavidotto), eventualmente in idonee canaline di protezione affrancate alle pareti ma non sono previsti in posa libera.

Si riporta la definizione dei parametri di sequenza, in particolare si riportano gli elementi fondamentali per i singoli componenti dell'impianto, ovvero:

- ✓ reattanze longitudinali di sequenza per Generatori;
- ✓ resistenze e reattanze longitudinali di sequenza per linee e cavi AT;
- ✓ reattanze trasversali di sequenza per linee e cavi AT.

6.1 Generatori

Per il generatore eolico si suppone un contributo al corto circuito pari a 4 volte la corrente nominale del generatore eolico, in quanto risulta essere equivalente al comportamento di una macchina asincrona:

$$\dot{X}_1'' = \dot{X}_2'' = \frac{A_G}{4 \cdot A_n}$$

e

$$\dot{X}_0'' = 0,30 \cdot \dot{X}_1''$$

dove

- A_n è la potenza nominale apparente in MVA del gruppo generatore
- X_1'' è la reattanza suBTransitoria diretta dell'inverter in per unit (p.u.);
- X_2'' è la reattanza suBTransitoria inversa dell'inverter in per unit (p.u.);
- X_0'' è la reattanza suBTransitoria omopolare dell'inverter in per unit (p.u.).

6.1 Cavi e linee

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

$$\dot{R}_1 = \dot{R}_2 = R_L \cdot \frac{A_G}{V_n^2}$$

$$\dot{X}_1 = \dot{X}_2 = X_L \cdot \frac{A_G}{V_n^2}$$

da cui

$$\dot{Z}_1 = \dot{Z}_2 = \dot{R}_1 + j \cdot \dot{X}_1$$

analogamente

$$\dot{R}_0 = R_{0L} \cdot \frac{A_G}{V_n^2}$$

$$\dot{X}_0 = X_{0L} \cdot \frac{A_G}{V_n^2}$$

da cui


$$\dot{Z}_0 = \dot{R}_0 + j \cdot \dot{X}_0$$

dove

- V_n è la tensione nominale in kV della linea;
- R_L è la resistenza in Ω della linea;
- R_1 è la resistenza diretta della linea in per unit (p.u.);
- R_2 è la resistenza inversa della linea in per unit (p.u.);
- Z_1 è l'impedenza diretta della linea in per unit (p.u.);
- Z_2 è l'impedenza inversa della linea in per unit (p.u.);
- X_L è la reattanza in Ω della linea;
- X_1 è la reattanza diretta della linea in per unit (p.u.);

- X_2 è la reattanza inversa della linea in per unit (p.u.);
- R_{0L} è la resistenza omopolare in Ω della linea;
- R_0 è la resistenza omopolare della linea in per unit (p.u.);
- X_{0L} è la reattanza omopolare in Ω della linea;
- X_0 è la reattanza omopolare della linea in per unit (p.u.);
- Z_0 è l'impedenza omopolare della linea in per unit (p.u.).

Per i cavi si rimanda a quanto appena detto in relazione alle linee, ricordando che per i cavi oltre ai parametri longitudinali sono importanti anche i parametri trasversali ed in particolare la capacità verso

 <p>AEI WIND PROJECT X S.R.L. P.I. 17264891007 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 85,8 MW denominato “CATERINA I” situato nei comuni di Sclafani Bagni, Valledolmo, Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula in provincia di Palermo (PA) e Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)”</p> <p align="center">RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 52 di 53</p>
---	---	--

terra, soprattutto quella omopolare, CO, per la valutazione della corrente da guasto monofase verso terra.

6.3 Correnti di guasto

Definita l'impedenza longitudinale equivalente in p.u. nel punto di guasto alla sequenza diretta, inversa e omopolare come:

$$\dot{Z}_{1g} = \sum_{i=1}^n \dot{R}_{1i} + j \cdot \sum_{i=1}^n \dot{X}_{1i}$$

$$\dot{Z}_{2g} = \sum_{i=1}^n \dot{R}_{2i} + j \cdot \sum_{i=1}^n \dot{X}_{2i}$$

$$\dot{Z}_{0g} = \sum_{i=1}^n \dot{R}_{0i} + j \cdot \sum_{i=1}^n \dot{X}_{0i}$$

Le correnti di guasto in termini di modulo (A) e di fase (°) sono calcolati con le seguenti espressioni:

- a) Corto circuito monofase - Si suppone un guasto sulla fase R (fase S e fase T integre).

$$I_{cc1} = I_R = \frac{1}{(\dot{Z}_{1g} + \dot{Z}_{2g} + \dot{Z}_{0g})} \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot A_G}{V_n}$$

- b) Corto circuito bifase senza terra - Si suppone un guasto fra la fase S e la fase T (fase R integra).

$$I_{cc2} = I_S = -I_T = \frac{j \cdot \sqrt{3}}{(\dot{Z}_{1g} + \dot{Z}_{2g})} \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot A_G}{V_n}$$

- c) Corto circuito bifase con terra - Si suppone un guasto fra la fase S e la fase T (fase R integra).

$$I_S = \frac{-j \cdot (\dot{Z}_{0g} - \alpha \cdot \dot{Z}_{2g})}{(\dot{Z}_{1g} \cdot \dot{Z}_{2g} + \dot{Z}_{1g} \cdot \dot{Z}_{0g} + \dot{Z}_{2g} \cdot \dot{Z}_{0g})} \cdot \frac{A_G}{V_n}$$

$$I_T = \frac{j \cdot (\dot{Z}_{0g} - \alpha^2 \cdot \dot{Z}_{2g})}{(\dot{Z}_{1g} \cdot \dot{Z}_{2g} + \dot{Z}_{1g} \cdot \dot{Z}_{0g} + \dot{Z}_{2g} \cdot \dot{Z}_{0g})} \cdot \frac{A_G}{V_n}$$

con fattore complesso di Fortsque pari a e^{j90°

- d) Corto circuito trifase.

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

$$I_R = \frac{1}{Z_{lg}} \cdot \frac{A_G}{\sqrt{3} \cdot V_n}$$

$$I_S = \frac{\alpha^2}{Z_{lg}} \cdot \frac{A_G}{\sqrt{3} \cdot V_n}$$

$$I_T = \frac{\alpha}{Z_{lg}} \cdot \frac{A_G}{\sqrt{3} \cdot V_n}$$