



REGIONE
SICILIA



PROVINCIA DI
PALERMO



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 52,8 MW denominato "CATERINA II" situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA), e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL).

ELABORATO:

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE



PROPONENTE:

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

P.I. 17264821004
Via Savoia 78,
00198 Roma

Codice fiscale e n.iscr. al Registro Imprese: 17264821004
Numero REA RM - 1707090
Domicilio digitale/PEC: aeiwindprojectxi@legalmail.it



PROGETTAZIONE:

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



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 _ELETTRICO		
REV.	DATA	DESCRIZIONE			ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	DICEMBRE 2023	EMISSIONE				Ing. Carmen Martone EGM Project	Ing. Carmen Martone EGM Project



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	10
3.2 Attenzione per l'ambiente	10
4. DESCRIZIONE TECNICA DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO	11
4.1 Aerogeneratori	11
4.2 Cavidotti	17
4.3 Modalità di connessione alla rete	17
5. CALCOLO LINEA ELETTRICA PER LA CONNESSIONE DELL'IMPIANTO	18
5.1 Dimensionamento dei cavidotti in MT	20
5.2 Scelte progettuali	22
5.3 Risultati dimensionamento	25
5.4 Dimensionamento del cavidotto in AT	26
5.5 Scelte progettuali	27
5.6 Risultati dimensionamento	30
6. DETERMINAZIONE DELLE POTENZE/CORRENTI DI CORTOCIRCUITO	31
6.1 Generatori	32
6.1 Cavi e linee	33
6.3 Correnti di guasto	34

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 2 di 35</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 XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p align="center">“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p align="center">RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p align="right">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 3 di 35</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 II” situato nei comuni di Caltavuturo, Castellana Sicula e Polizzi Generosa, in provincia di Palermo (PA) e Villalba in provincia di Caltanissetta (CL).

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 Caltavuturo e Polizzi Generosa, in provincia di Palermo (PA) e Villalba in provincia di Caltanissetta (CL), un parco eolico della potenza nominale di 52,8 MW.

Il parco in progetto sarà costituito da 8 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

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p align="center">“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p align="center">RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p align="right">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 4 di 35</p>
---	--	---

sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro”.

- ✓ 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 XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 5 di 35</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 Caltavuturo, Castellana Sicula e Polizzi Generosa e in Villalba in provincia di Caltanissetta (CL).

Il parco eolico denominato “Caterina II” è composto da 8 aerogeneratori; la A1, A2, A3, A4, A5, A6 A7 ricadono nel territorio comunale di Polizzi Generosa mentre la A8 ricade nel territorio comunale di Caltavuturo.

Il cavidotto per il collegamento del parco eolico alla sottostazione, si estende anche nel territorio del Comune di Castellana Sicula e Villalba; in quest’ultimo 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 471 e 768 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

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

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).

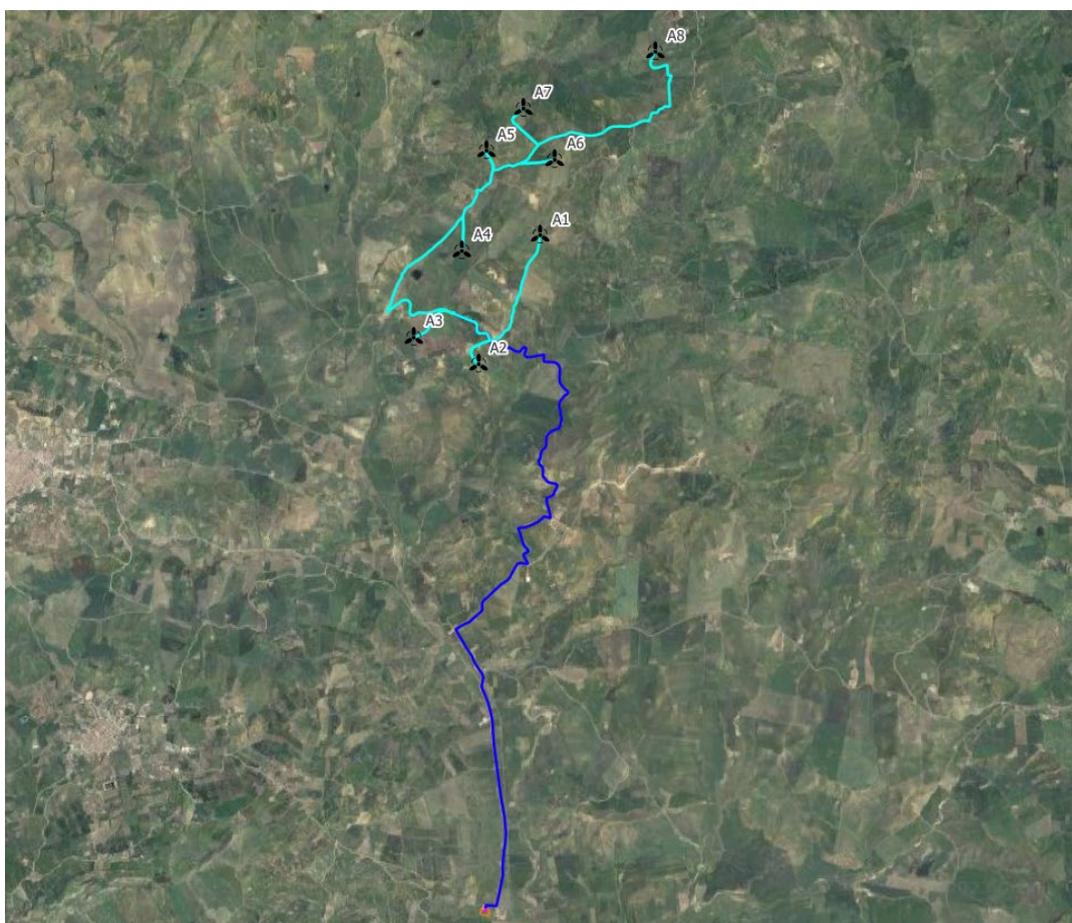


Figura 1 - Inquadramento area parco eolico su base ortofoto

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

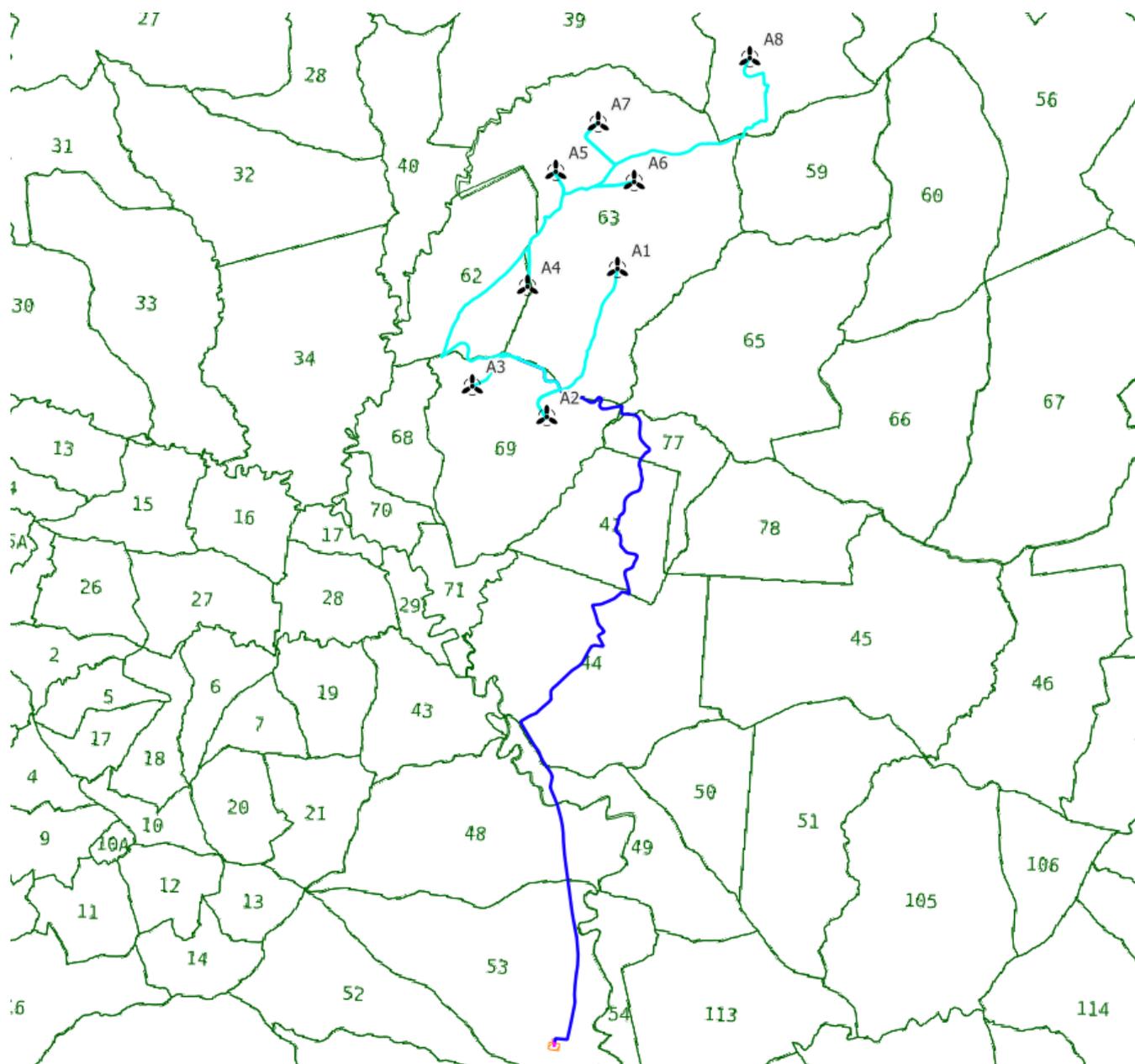


Figura 2 - Inquadramento area parco eolico su catastale

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

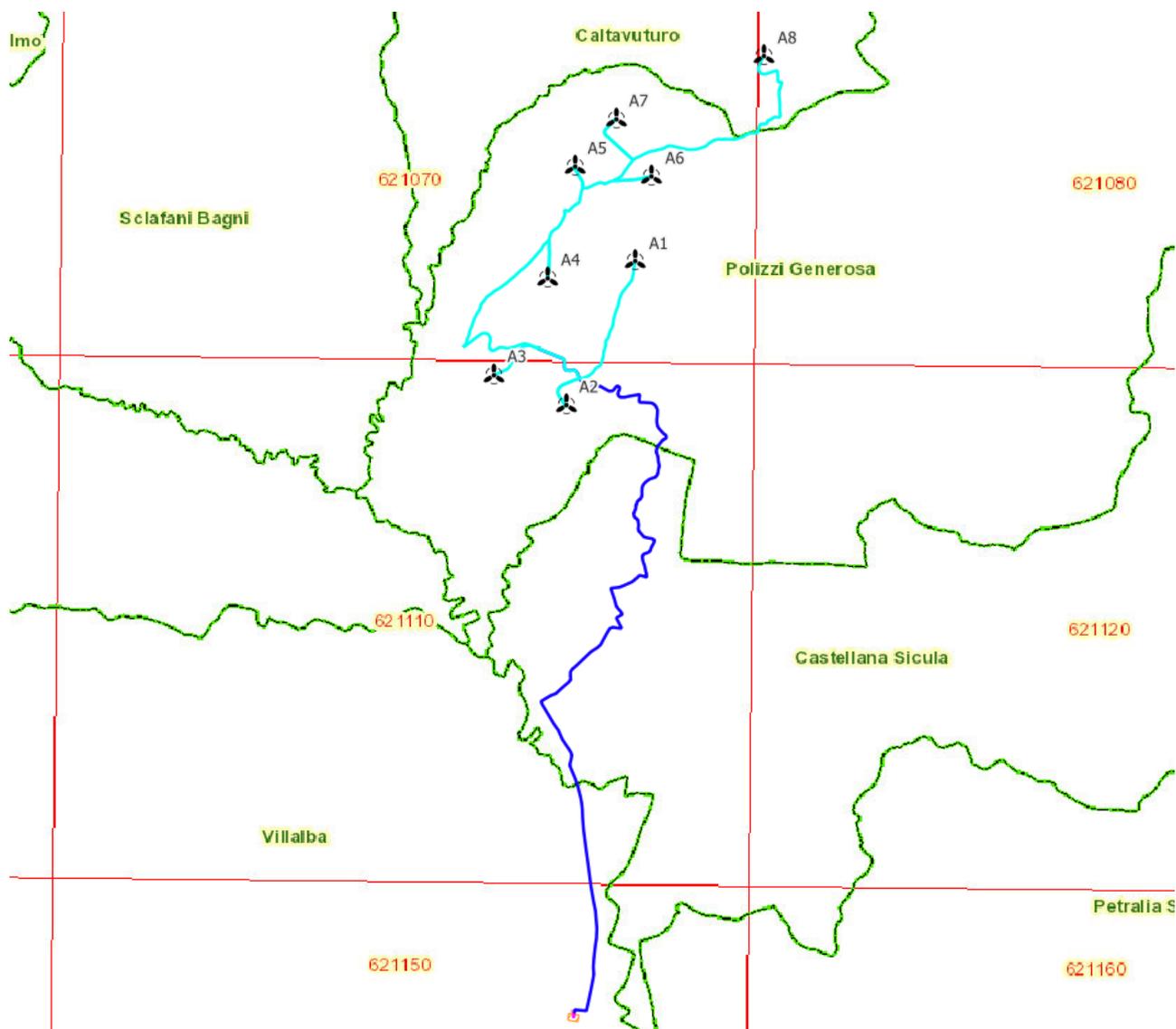


Figura 3 - Inquadramento area parco e sottostazione su CTR

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

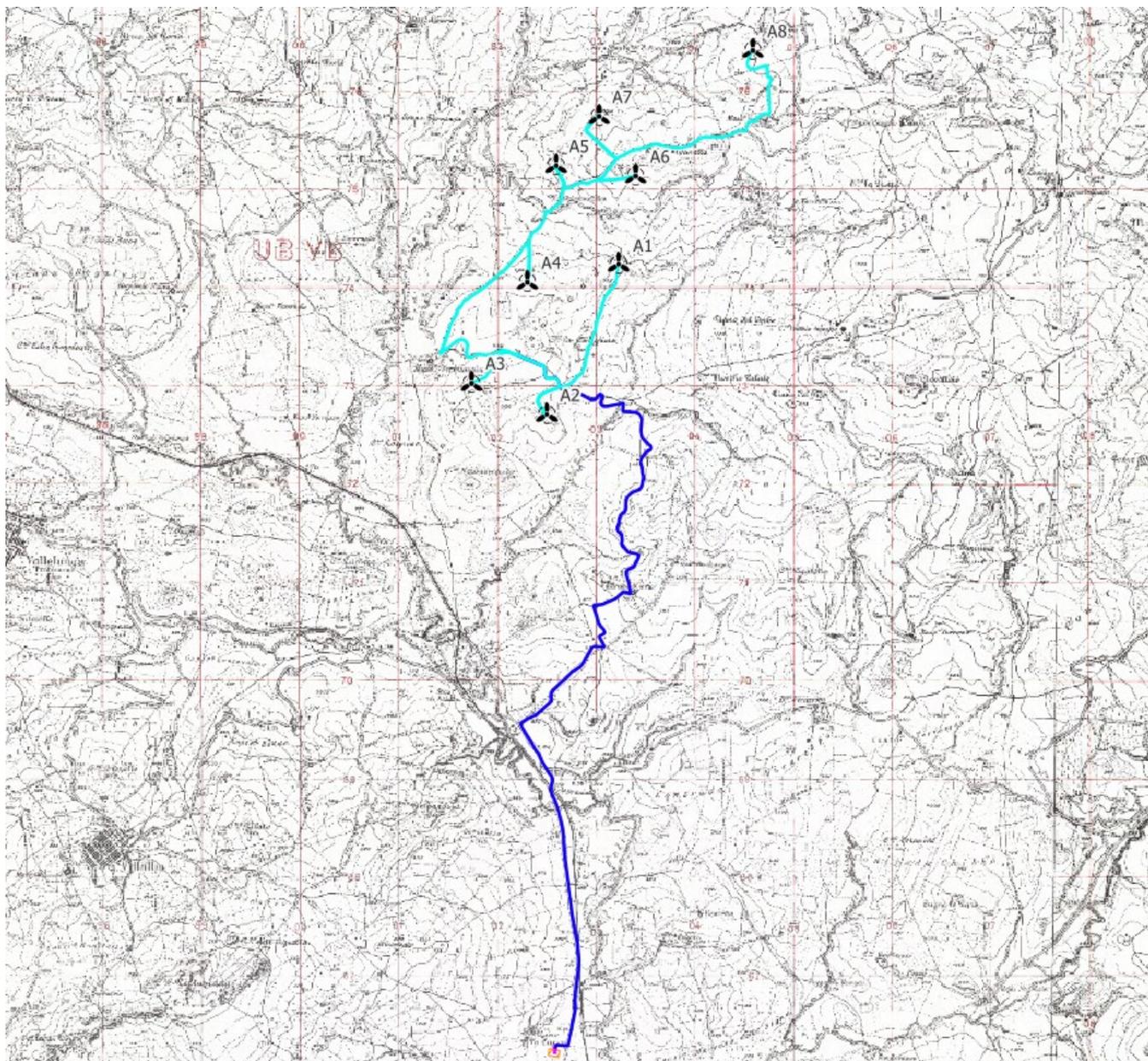


Figura 4 - Inquadramento area parco e sottostazione su IGM

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

- potenza installata totale: 52,8 MW;
- potenza della singola turbina: 6,60MW;
- n.8 turbine;
- n. 1 “Cabina di raccolta e smistamento”;
- n.1 “SSE lato utente di trasformazione”;

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 10 di 35</p>
--	--	--

- n. 1 “Nuova stazione elettrica di trasformazione RTN”.

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

Aerogeneratore	Foglio	Particella
A1	63	91
A2	69	61
A3	69	9
A4	62	1
A5	63	98
A6	63	7
A7	63	155
A8	38	16

Tabella 1 – Fogli e particelle aerogeneratori

3.1 Iniziativa

Con la realizzazione dell’impianto eolico “Caterina II”, 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.

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 Copenhagen 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

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 11 di 35</p>
--	--	--

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

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, o similare.

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

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 12 di 35</p>
--	--	--

Altezza al Mozzo	155 m
Diametro Rotore	170 m
Lunghezza singola Pala	83.5 m
Superficie del rotore	22,698 m ²
Numero Pale	3
Velocità di Rotazione Max a regime del Rotore	11.20 rpm
Potenza Nominale Turbina	6600 kW
Cut-Out	25 m/s
Cut-in	3 m/s

Tabella 2 - Caratteristiche principali dell'areogeneratore 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**

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

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 13 di 35</p>
---	--	---

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.

- **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

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

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.

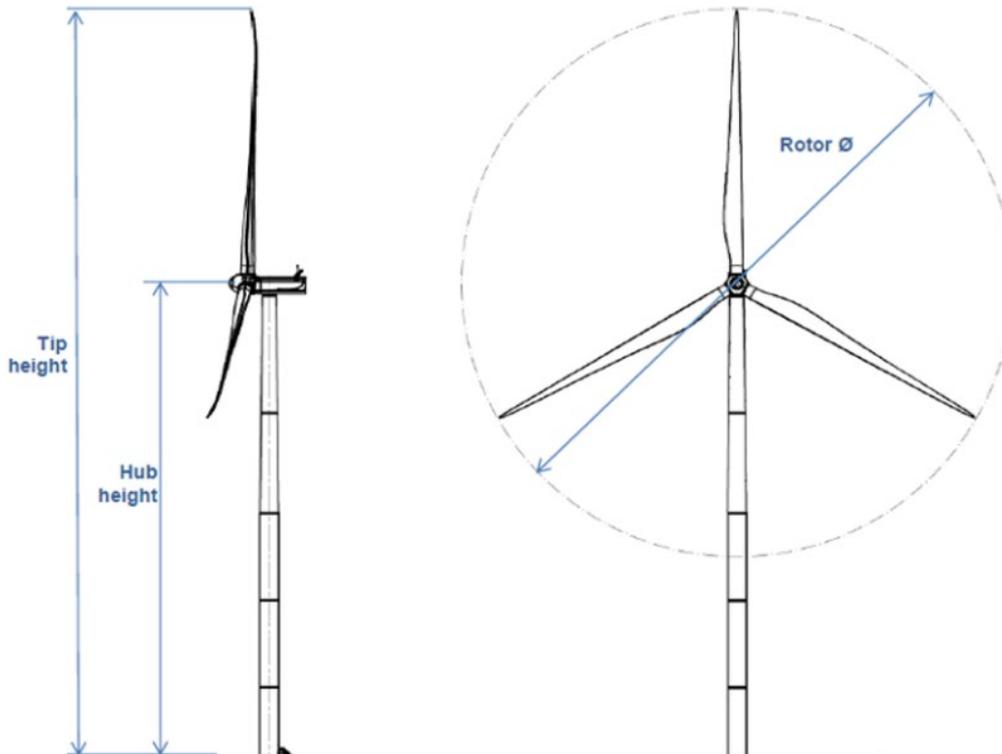


Figura 5 – Esempio Aerogeneratore

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 15 di 35</p>
--	--	--

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.

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

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

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.

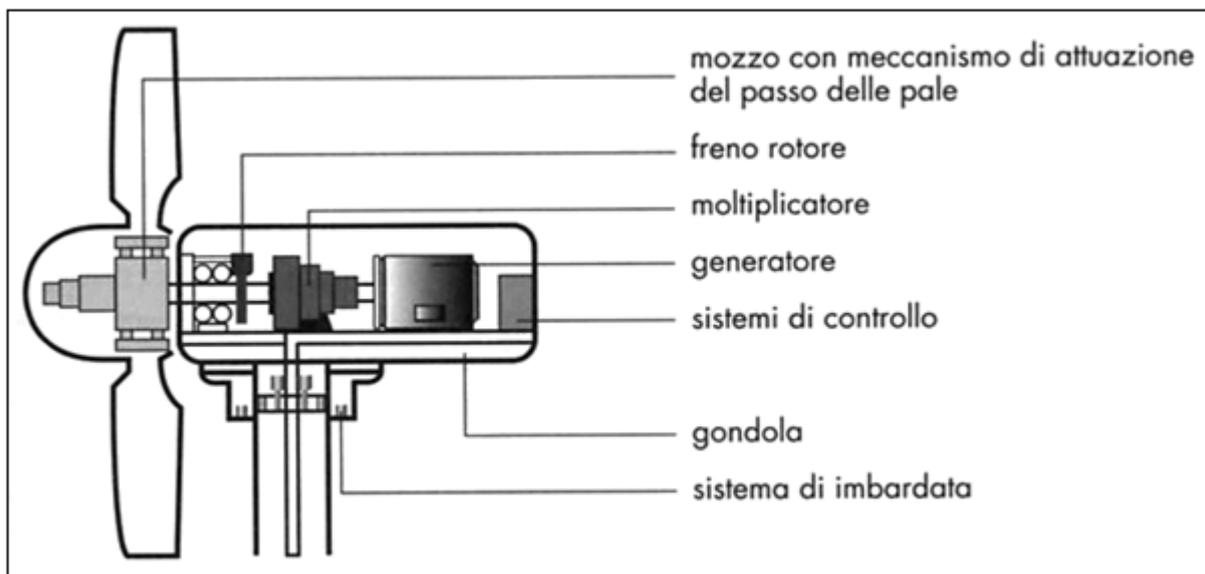


Figura 6 - Schema di principio di un aerogeneratore

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 17 di 35</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 le condizioni per l’erogazione del servizio di connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 18 di 35</p>
--	--	--

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 52,8 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.

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:



RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

Tratta			Generazione	
Da	A	Lunghezza (km)	Pn (kW)	Vn (kV)
A8	A7	3,46	6600	30
A7	A6	3,46	13200	30
A6	A5	1,07	19800	30
A5	A4	1,42	26400	30
A4	Cabina raccolta e smistamento	2,96	33000	30
A3	Cabina raccolta e smistamento	0,66	6600	30
A1	A2	1,94	6600	30
A2	Cabina raccolta e smistamento	1,11	13200	30
Cabina di raccolta e smistamento	SSE lato utente di trasformazione	9,71	52800	30
SSE lato utente di trasformazione	Nuova stazione elettrica RTN	0,04	52800	36

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 20 di 35</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 XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 21 di 35</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 cavo;
- I : intensità di corrente;
- V_n : tensione nominale concatenata.

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 22 di 35</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 guina 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**

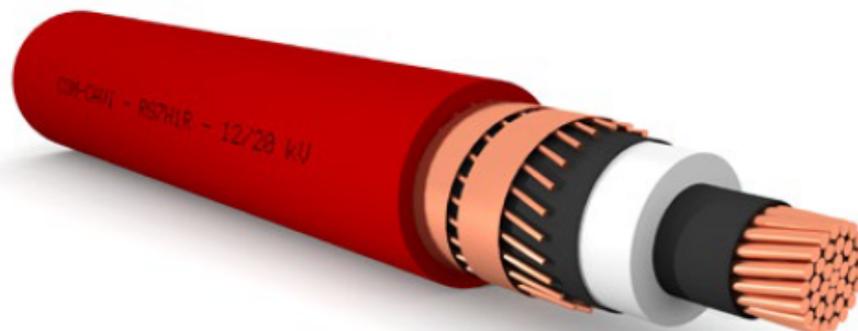
RG7H1R 1.8/3 kV - 26/45 kV

**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 presentate in questa occasione da copyright ©

DESCRIZIONE:

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

DESCRIPTION:

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

CARATTERISTICHE FUNZIONALI:

- Tensione nominale U₀/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

FUNCTIONAL CHARACTERISTICS

- Nominal voltage U₀/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

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.

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		interato* 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

RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

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:

CIRCUITO			A8 A7	A7 A6	A6 A5	A5 A4	A4 Cabina raccolta e smistamento	A3 Cabina raccolta e smistamento	A1 A2	A2 Cabina raccolta e smistamento	Cabina di raccolta e smistamento SSE lato utente di trasformazione
TIPO CAVO			RG7HIR 26/45 kv	RG7HIR 26/45 kv	RG7HIR 26/45 kv	RG7HIR 26/45 kv	RG7HIR 26/45 kv				
Tensione trasporto	Vn	KV	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Cosfi			0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
Potenza nominale	Pn	MW	6,6	13,2	19,8	26,4	33	6,6	6,6	13,2	52,8
Corrente di impiego	I_b	A	127,02	254,03	381,05	508,07	635,09	127,02	127,02	254,03	1016,14
Numero di cavi in parallelo			1	1	1	1	2	1	1	1	2
Sezione cavo	S	mm ²	70,00	150,00	300,00	500,00	240,00	70,00	70,00	150,00	630,00
Lunghezza linea	L	km	3,46	3,46	1,07	1,42	2,96	0,66	1,94	1,11	9,71
Resistenza della linea [20°C]	R_L	Ω / km	0,27	0,12	0,06	0,04	0,08	0,27	0,27	0,12	0,03
Resistenza della linea [90°C]	R_L	Ω / km	0,342	0,159	0,080	0,052	0,099	0,342	0,342	0,159	0,043
Reattanza della linea	X_L	Ω / km	0,15	0,13	0,12	0,11	0,12	0,15	0,15	0,13	0,1
Caduta di tensione	ΔV	V	280,278	282,586	75,408	96,218	203,040	53,463	157,150	90,352	560,103
$\Delta V \leq 4\%$	ΔV	%	0,93%	0,94%	0,25%	0,32%	0,68%	0,18%	0,52%	0,30%	1,87%
Materiale isolamento			EPR	EPR	EPR	EPR	EPR	EPR	EPR	EPR	EPR
Portata nominale	I_b	A	255	385	570	735	510	255	255	385	835
Temperatura terreno	T	°C	25	25	25	25	25	25	25	25	25
terme	nr		1	1	1	1	1	1	1	1	1
distanza	m		a contatto	a contatto	a contatto	a contatto	a contatto				
Profondità di posa	m		1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Resistività termica	°C m/W		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fattori di correzione											
K1			0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
K2			0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
K3			0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
K4			1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
Portata cavo	I_b	A	177,67	268,24	397,14	512,10	710,66	177,67	177,67	268,24	1163,54
$I_b \leq I_z$			VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO

Tabella 3-Cavi MT previsti in progetto

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 26 di 35</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 XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 27 di 35</p>
--	--	--

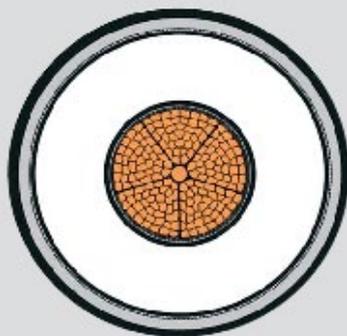
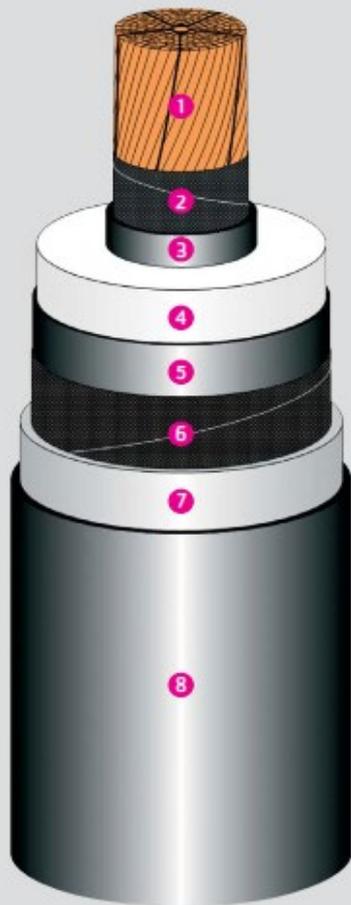
- r_1 : rappresenta la resistenza per unità di lunghezza specifica di quel cavo alla temperatura di esercizio;
- x_1 : rappresenta la reattanza per unità di lunghezza specifica del cavo alla frequenza di 50Hz;
- l : lunghezza del cavidotto;
- I : intensità di corrente;
- V_n : tensione nominale concatenata.

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 “Chiaramonte Gulfi-Ciminna”:



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

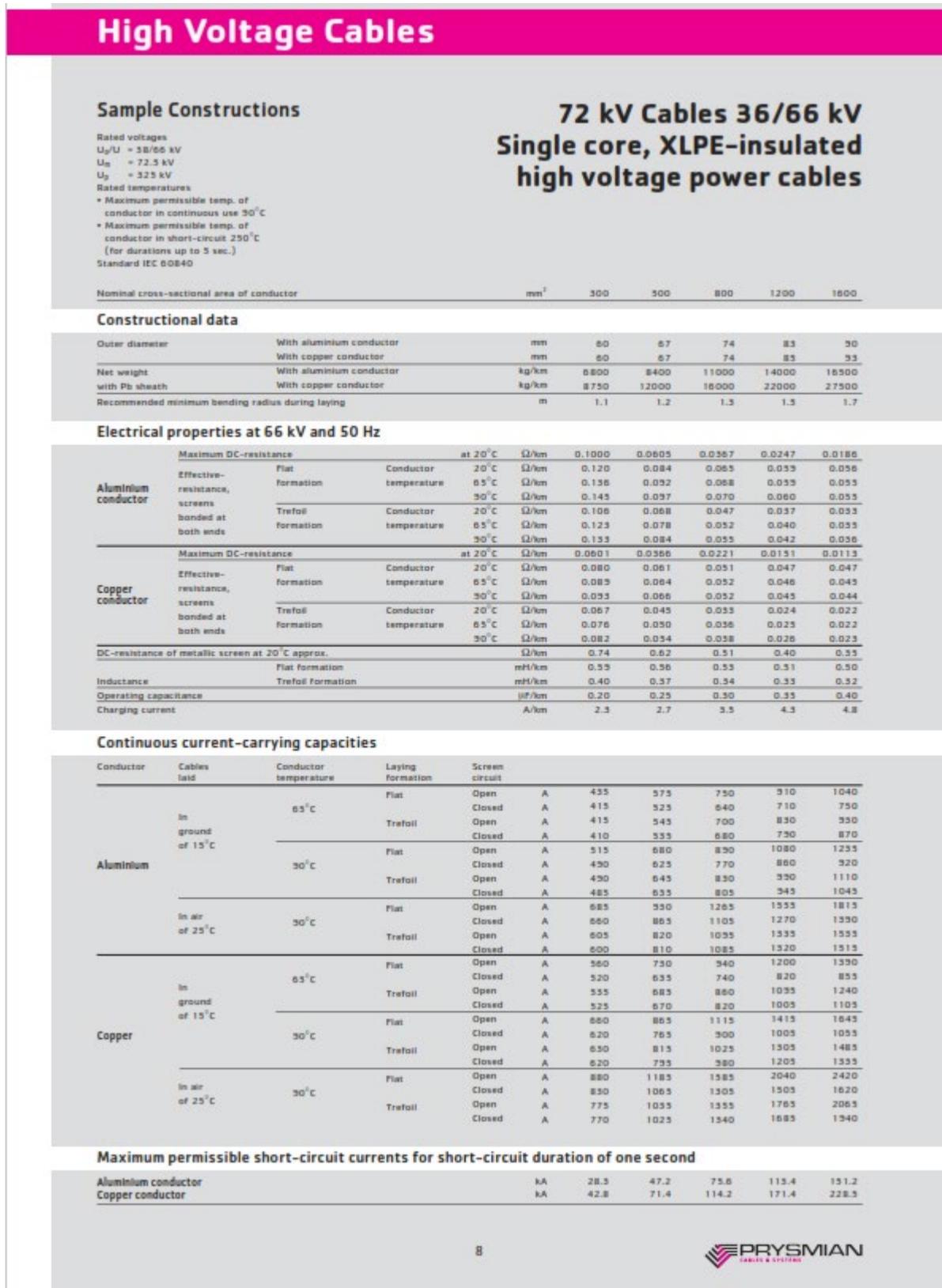


Figura 8 – Scheda tecnica cavo AT

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 30 di 35</p>
--	--	--

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	52,8
Corrente di impiego	I _b	A	846,78
Tipo di posa			Interrato
Tipo di disposizione			A trifoglio
Numero di cavi in parallelo			2
Sezione cavo	S	mm ²	300
Lunghezza linea	L	km	0,451
Resistenza della linea [20°C]	R _L	Ω / km	0,067
Resistenza della linea [90°C]	R _L	Ω / km	0,082
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0,126
Caduta di tensione	ΔV	V	36,41
	ΔV	%	0,10%
ΔV% ≤ 4%			VERIFICATO
Materiale isolamento			XLPE
Portata nominale	I ₀	A	630
Temperatura terreno	T	°C	25
Numero di gruppo di cavi (o Terne)			1
Numero di tubi			1
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	909,32
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;
- Tipo FG7(O)R per il sistema di distribuzione in corrente alternata se installati in esterno o in



 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 32 di 35</p>
--	--	--

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.).



RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

6.1 Cavi e linee

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

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

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 terra, soprattutto quella omopolare, C_0 , 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 ($^{\circ}$) 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 $e^{j90^{\circ}}$

- d) Corto circuito trifase.



RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

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

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

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