

Valutazione d'impatto ambientale D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

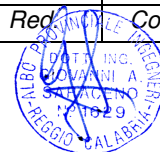
AMISTADE

Progetto di un Parco Eolico nei territori dei comuni di Esterzili e di Escalaplano (SU).



PROGETTO DEFINITIVO INFRASTRUTTURE ELETTRICHE CALCOLI ELETTRICI PRELIMINARI

0	14/03/23	Emissione per procedura di VIA	Sartec	Sartec	Sartec
Rev.	Data	Descrizione	Red.	Contr.	Appr.



Valutazione d'impatto ambientale D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

AMISTADE

Progetto di un Parco Eolico nei territori dei comuni di Esterzili e di Escalaplano (SU).

PROGETTO DEFINITIVO INFRASTRUTTURE ELETTRICHE

COORDINAMENTO GENERALE:

Ing. Manolo Mulana – SARTEC – Saras Ricerche e Tecnologie

PROGETTAZIONE:

Ing. Ivano Distinto (Direttore tecnico) – Fad System S.r.l.

Ing. Giovanni Saraceno (Direttore tecnico) 3E Ingegneria Srl

Gruppo di lavoro:

Ing. Francesco Schirru

Mariano Agus

Dott. Geol. Chiara D'Andrea

Ing. Gianni Serpi

Geom. Roberto Accalai

Ing. Francesco Samaritani

Collaborazioni specialistiche:

Verifiche strutturali: Ing. Luca Corsini

Aspetti archeologici: Dott. Luca Sanna

Aspetti geologici e geotecnici: Dott. Geol. Andrea Bavestrelli





3E Ingegneria S.r.l.

Amistade - Progetto di un Parco Eolico nei territori dei comuni di Esterzili e di Escalaplano (SU). - Febbraio 2023

Aspetti floristico-vegetazionali: Dott. Nat. Francesco Lecis

Aspetti pedologici ed uso del suolo: Dott. Geol. Andrea Bavestrelli

Aspetti impatto Acustico: Ing. Claudio Fiaschi – Geom. Nicola Ambrosini

Interferenze e telecomunicazioni: Respect S.r.l. – Prof. Ing. Giuseppe Mazzarella – Ing. Emilio Ghiani

SOMMARIO

2	PREMESSA	5
3	LEGGI, NORME E REGOLAMENTI	8
4	CARATTERISTICHE INFRASTRUTTURE ELETTROMECCANICHE	9
4.1	AEROGENERATORI.....	9
4.1.1	<i>Generatore</i>	9
4.1.2	<i>Convertitore</i>	9
4.1.3	<i>Trasformatore elevatore di macchina</i>	10
4.2	QUADRO ELETTRICO MT CONNESSIONE RETE (COLLETTORE DI IMPIANTO).....	10
4.3	SOTTOSTAZIONE MT/AT UTENTE.....	11
5	DIMENSIONAMENTO LINEE MT	12
5.1	CRITERI DI PROGETTO.....	12
5.2	VERIFICA PORTATE IN REGIME PERMANENTE.....	12
5.3	CAVI PER LA DISTRIBUZIONE ELETTRICA IN MT.....	12
5.3.1	<i>ARE4H1R - 18/30 kV</i>	13
5.3.2	<i>ARE4H1RX - 18/30 kV</i>	14
5.4	VERIFICA DELLE PORTATE.....	16
5.5	VERIFICA CADUTE DI TENSIONE.....	17
5.6	VERIFICA TERMICA ALLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO.....	18
5.7	PROTEZIONE DEI CIRCUITI MT.....	20
5.8	PROTEZIONE DEI CIRCUITI BT.....	21
5.8.1	<i>Protezione contro i sovraccarichi</i>	21
5.8.2	<i>Protezione contro i cortocircuiti</i>	21
5.9	CONTRIBUTO ALLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO.....	22

1 PREMESSA

La presente relazione tecnica costituisce parte integrante dello Studio di impatto ambientale relativo al progetto del parco eolico denominato “Amistade” proposto dalla società Sardeolica S.r.l. del Gruppo SARAS, nel territorio di Esterzili e di Escalaplano (SU).

Il nuovo impianto sarà composto da n. 21 aerogeneratori di potenza pari a 6,2 MW collegati alla Sottostazione Elettrica (SSE) utente di proprietà di Sardeolica, secondo una distribuzione elettrica di tipo radiale in accordo con la disposizione planimetrica illustrata in Figura 1.

Per la connessione del parco eolico alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) sarà realizzata una nuova stazione utente realizzata in territorio di Escalaplano (SU). La stazione elettrica sarà costituita da una sezione AT per il collegamento con la Stazione 150kV, due trasformatori elevatori ed una sezione MT per la connessione degli aerogeneratori ai trasformatori. Per una descrizione più approfondita si rimanda alla documentazione di progetto relativa alla stazione utente e collegamento AT alla RTN.

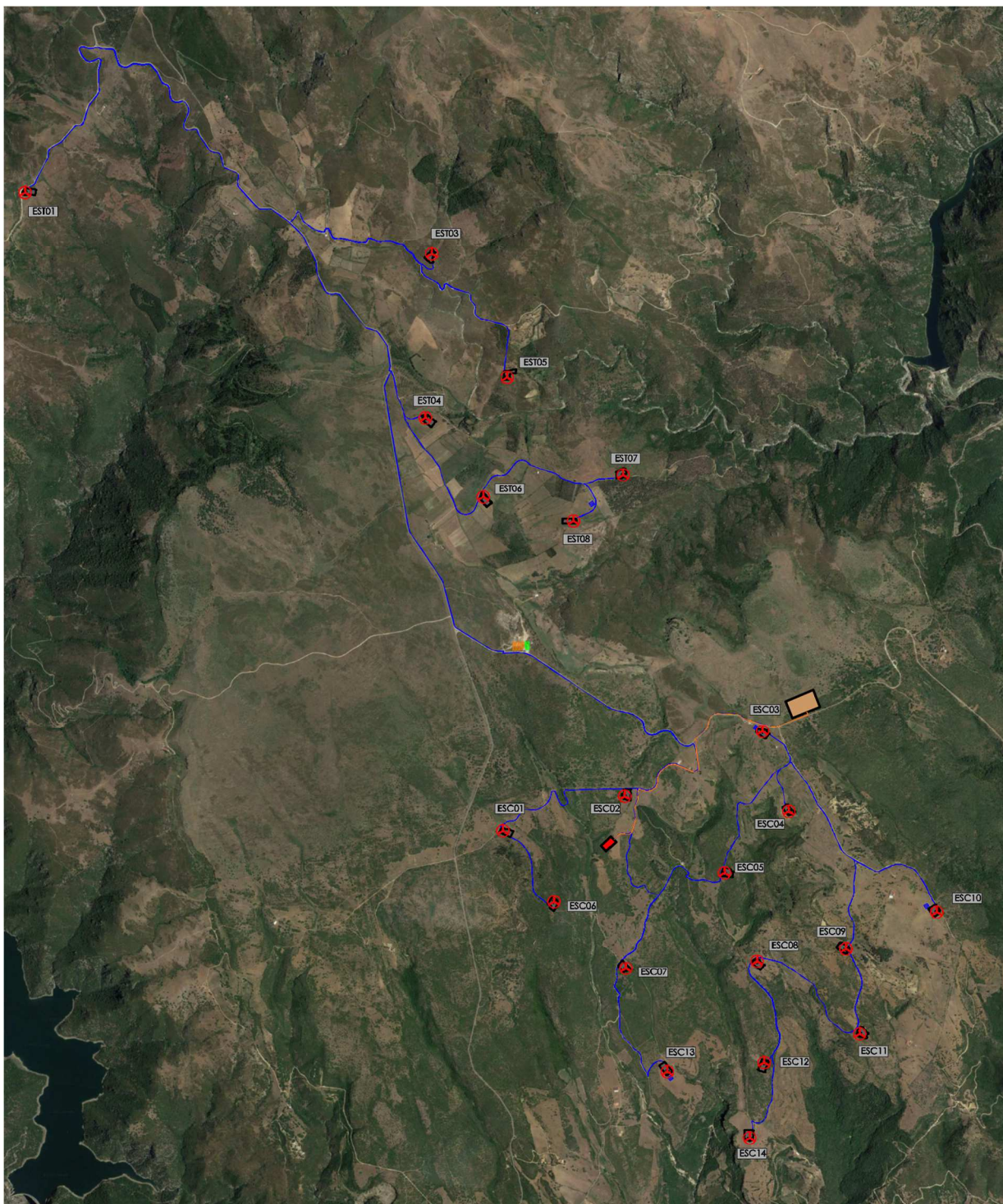


Figura 1 – Parco eolico Amistade - Aerogeneratori in progetto ed elettrodotti MT/AT (azzurro/arancione)

I criteri progettuali illustrati nella presente relazione sono principalmente quelli di pervenire ad una configurazione impiantistica tale da garantire il corretto funzionamento dell'impianto eolico nelle diverse condizioni operative.

Il dimensionamento degli impianti è sviluppato in conformità alla Norma CEI 0-2 con lo scopo di:

- determinare i parametri elettrici fondamentali di funzionamento dell'impianto, sia in condizioni normali che in condizione di guasto;
- determinare i parametri elettrici di riferimento per l'acquisizione dei principali componenti di impianto, determinando i criteri generali di scelta delle soluzioni impiantistiche adottate;
- definire i criteri e le soluzioni impiantistiche ai fini della sicurezza delle persone nei confronti dei contatti diretti e indiretti.

Nell'ambito del progetto si è tenuto conto delle seguenti condizioni ambientali:

- temperatura interna da -5°C a $+40^{\circ}\text{C}$,
- temperatura esterna da -10°C a $+70^{\circ}\text{C}$,
- umidità interna variabile dal 20 % al 85 %.

2 LEGGI, NORME E REGOLAMENTI

L'impianto dovrà essere realizzato "a regola d'arte", sia per quanto riguarda le caratteristiche di componenti e materiali, sia per quel che concerne l'installazione. A tal fine dovranno essere rispettate norme, prescrizioni e regolamentazioni emanate dagli organismi competenti in relazione alle diverse parti dell'impianto stesso, alcune delle quali richiamate nella presente relazione.

Si riportano a titolo esemplificativo ma non esaustivo le principali leggi, norme e regolamenti applicati nell'ambito del progetto:

Norme tecniche

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT.
- EN 61936-1 (CEI 99-2): Impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a..
- CEI EN 50522 -2: Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI 11-17 - Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI 20-89 - Guida all'uso e all'installazione dei cavi elettrici e degli accessori di MT.
- CEI 64-8 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.

Riferimenti legislativi

- D.M. 06.07.2012. Incentivi alla produzione di energia elettrica da impianti a fonti rinnovabili diversi dai fotovoltaici.
- L.R. N°43/89 del 20 Giugno 1989 "Norme in materia di opere concernenti linee ed impianti elettrici".
- Decreto 22 Gennaio 2008, n. 37 – (sostituisce Legge 46/90) – Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici. (G.U. n. 61 del 12-3-2008).
- Decreto Legislativo 09/04/2008 n. 81 - Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro (Suppl. Ordinario n.108) – (sostituisce e abroga tra gli altri D. Lgs. 494/96, D.Lgs. n. 626/94, D.P.R. n. 547/55).

3 CARATTERISTICHE INFRASTRUTTURE ELETTROMECCANICHE

3.1 Aerogeneratori

Si riporta la lista dei principali item elettrici costituenti l'aerogeneratore:

- generatore;
- convertitore;
- trasformatore elevatore di macchina;
- quadro elettrico MT dotato di dispositivi di sezionamento e protezione;
- quadro elettrico BT per servizi ausiliari di torre.

3.1.1 Generatore

Si riportano le principali caratteristiche del generatore:

- Tipo sincro a magneti permanenti
- Potenza nominale: 6250 kW
- Tensione statorica: 3x800 V (a velocità nominale)
- Numero di poli: 36
- Range di velocità: 0-460 rpm
- Fattore di potenza: $0,95_{CAP} - 1 - 0,95_{IND}$ ai carichi parziali e a pieno carico
- Frequenza: 0-138 Hz
- classe di protezione involucro: IP54.

3.1.2 Convertitore

Il convertitore è del tipo full-scale converter e consente di controllare la potenza e la frequenza della potenza generata e immessa in rete al variare della velocità di rotazione delle pale. Il convertitore consente altresì di regolare la potenza reattiva al fine di soddisfare eventuali servizi richiesti dal gestore della rete.

Si riportano le principali caratteristiche:

- Potenza nominale: 6550 kVA (A_n)
- Tensione lato rete: 3x720V
- Tensione lato generatore: 3x800V
- Corrente nominale lato rete: 5250A

- Classe di protezione involucro: IP54.

3.1.3 Trasformatore elevatore di macchina

Il trasformatore elevatore di macchina ha la funzione di innalzare la tensione BT in output dal convertitore (720V) al valore di tensione MT (30kV) previsto all'interno del parco eolico.

Di seguito i dati di targa della macchina:

- Potenza nominale: 7000 kVA (A_n)
- Rapporto di trasformazione: $33\pm 2,5\% \pm 5\% / 0,720$ kV
- Gruppo Vettoriale: Dyn5 / YNyn0
- Frequenza: 50 Hz
- Tensione di Cto.Cto - Vcc: 9%
- Classe isolamento: F
- Temperatura massima di funzionamento: 90°C
- Classe Comportamento al fuoco: F1
- Classe climatica e ambientale: C2, E2.

3.2 Quadro elettrico MT connessione rete (collettore di impianto)

Ciascun aerogeneratore sarà connesso alla rete di distribuzione interna mediante un quadro elettrico in media tensione a 30 kV avente le seguenti caratteristiche:

- Tensione nominale/esercizio: 30 kV
- Frequenza nominale: 50 Hz
- N° fasi: 3
- Corrente nominale delle sbarre principali: 630 A
- Corrente nominale ammissibile di breve durata: 12,5 KA
- Corrente nominale di picco: 31,5 kA
- Potere di interruzione degli interruttori alla tensione nominale: 12,5 kA
- Durata nominale del corto circuito: 1s.

I quadri MT e le relative apparecchiature di sezionamento e protezione saranno progettati, costruiti e collaudati in conformità alle Norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano), IEC (*International Electrotechnical Commission*) in vigore.

3.3 Sottostazione MT/AT Utente

Come già accennato, l'energia prodotta dalla centrale eolica *Amistade* sarà immessa nella RTN sfruttando due stalli trasformatore di nuova realizzazione nella SSE di Sardeolica S.r.l. nell'ambito dello stesso progetto.

Come già detto per i dettagli relativi alla stazione utente si rimanda alla documentazione di progetto relativa a questa sezione.

4 DIMENSIONAMENTO LINEE MT

4.1 Criteri di progetto

I criteri di progettazione elettrico hanno preso inizio dalla scelta della posizione della nuova Stazione Utente. Tale posizione è stata definita in modo da essere il più possibile nel baricentro elettrico del parco eolico. Questo consente di ottenere una suddivisione del parco in sottocampi tale da massimizzare gli aspetti tecnico economici dell'infrastruttura elettrica.

Sulla base delle informazioni progettuali disponibili, l'impianto per la distribuzione dell'energia verso la stazione di connessione alla RTN verrà realizzato con cavidotti interrati entro uno scavo di profondità variabile nell'intervallo 1m - 1,5m, linee MT a 30 kV in cavo con conduttore in alluminio con sezione con sezione variabile da 50 mm² a 500mm² cordato ad elica per sezioni sino a 185 mm² e unipolare per le sezioni superiori.

Tenuto conto delle soluzioni individuate si è proceduto alle seguenti verifiche elettriche del cavo scelto:

- portata in regime permanente;
- caduta di tensione;
- tenuta termica alle correnti di forte intensità e di breve durata.

4.2 Verifica portate in regime permanente

I cavi elettrici sono stati dimensionati in modo tale che risulti soddisfatta la relazione:

$$I_b \leq I_z \quad (1)$$

dove:

- I_b è la corrente di impiego del cavo corrispondente alla potenza massima in transito sul tratto di linea considerata;
- I_z è la portata del cavo, calcolata tenendo conto del tipo di cavo e delle condizioni di posa.

4.3 Cavi per la distribuzione elettrica in MT

Le linee di distribuzione in MT sono state dimensionate considerando la modalità e profondità di posa e le lunghezze delle linee in progetto.

I cavi utilizzati sono unipolari/tripolari, del tipo ARE4H1R/X - 18/30 kV - U_{max} : 36 kV elicordati, con le seguenti caratteristiche costruttive:

- Conduttore: alluminio, formazione rigida compatta, classe 2
- Strato semiconduttore: estruso

Amistade - Progetto di un Parco Eolico nei territori dei comuni di Esterzili e di Escalaplano (SU) - Febbraio 2023

- Isolamento: polietilene reticolato XLPE senza piombo
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo
- Schermo: fili di rame rosso con nastro di rame in controspirale
- Guaina: miscela a base di PVC, qualità ST2
- Colore: rosso.

Le caratteristiche dei cavi sono illustrate nelle tabelle di seguito riportate:

4.3.1 ARE4H1R - 18/30 kV

U max: 36 kV

Caratteristiche tecniche/Technical characteristics					Caratteristiche elettriche Electrical characteristics			
Formazione	Ø indicativo conduttore	Ø indicativo isolante	Ø esterno max	Peso indicativo cavo	Portata di corrente			
Size	Approx. conduct. Ø	Approx. insulation Ø	Max outer Ø	Approx. cable weight	Current rating			
					A			
					in aria In air		interrato* buried*	
n° x mm ²	mm	mm	mm	kg/km	a trioglio trefoil	in piano flat	a trioglio trefoil	in piano flat
1 x 50	8,2	24,60	32,7	880	184,0	222,0	152,0	157,0
1 x 70	9,9	26,30	34,8	1020	230,0	278,0	186,0	192,0
1 x 95	11,4	27,80	36,4	1150	280,0	338,0	221,0	229,0
1 x 120	13,1	29,50	38,4	1300	324,0	391,0	252,0	260,0
1 x 150	14,4	30,80	39,8	1420	368,0	440,0	281,0	288,0
1 x 185	16,2	32,60	41,9	1600	424,0	504,0	317,0	324,0
1 x 240	18,4	34,80	44,5	1860	502,0	593,0	367,0	373,0
1 x 300	20,7	37,05	47,1	2120	577,0	677,0	414,0	419,0
1 x 400	23,6	40,00	50,5	2650	673,0	769,0	470,0	466,0
1 x 500	26,5	42,90	53,8	2980	781,0	890,0	550,0	540,0
1 x 630	30,2	46,60	58,0	3550	909,0	1030,0	710,0	700,0

Tabella 1 - Caratteristiche tecniche cavi in MT tipo ARE4H1R - 18/30 kV

Amistade - Progetto di un Parco Eolico nei territori dei comuni di Esterzili e di Escalaplano (SU). - Febbraio 2023
Caratteristiche elettriche/Electrical characteristics

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Resistenza apparente a 90°C e 50Hz		Reattanza di fase		Capacità a 50Hz
		Conductor apparent resistance at 90°C and 50Hz		Phase reactance		
Size	Max. electrical resistance at 20°C	a trifoglio trefoil	in piano flat	a trifoglio trefoil	in piano flat	Capacity at 50Hz
n° x mm ²	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	μF/km
1 x 50	0,641	0,822	0,822	0,14	0,15	0,143
1 x 70	0,443	0,568	0,568	0,13	0,15	0,160
1 x 95	0,320	0,411	0,411	0,12	0,14	0,175
1 x 120	0,253	0,325	0,325	0,12	0,13	0,192
1 x 150	0,206	0,265	0,265	0,11	0,13	0,205
1 x 185	0,164	0,211	0,211	0,11	0,12	0,222
1 x 240	0,125	0,161	0,161	0,11	0,12	0,244
1 x 300	0,100	0,130	0,129	0,10	0,11	0,265
1 x 400	0,0778	0,102	0,101	0,10	0,11	0,294
1 x 500	0,0605	0,0901	0,0794	0,097	0,11	0,321
1 x 630	0,0469	0,0635	0,0625	0,094	0,11	0,357

Tabella 2 - Caratteristiche elettriche cavi in MT tipo ARE4H1R - 18/30 kV

4.3.2 ARE4H1RX - 18/30 kV

18/30 kV Dati dimensionali - size characteristics

Formazione	Ø nominale conduttore	Spessore isolante	Spessore guaina	Ø nominale cavo	Peso nominale cavo	Raggio minimo di curvatura
Size	Nominal conduct. Ø	Insulation thickness	Sheath thickness	Nominal cable Ø	Nominal cable weight	Minimum bending radius
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	kg/km	mm
3x1x70	9,9	8,0	2,0	85,3	3427	480
3x1x95	11,5	8,0	2,1	88,8	3803	500
3x1x120	12,9	8,0	2,1	91,8	4148	530
3x1x150	14,2	8,0	2,2	95,5	4539	550
3x1x185	15,9	8,0	2,2	98,9	5005	570
3x1x240	18,3	8,0	2,3	105,8	5832	610

Tabella 3 - Caratteristiche tecniche cavi in MT tipo ARE4H1RX - 18/30 kV

Amistade - Progetto di un Parco Eolico nei territori dei comuni di Esterzili e di Escalaplano (SU). - Febbraio 2023

Formazione	Capacità nominale	Corrente capacitiva nominale a tensione U_0	Reattanza di fase a 50 Hz	Resistenza massima in CC del conduttore a 20°C	Resistenza massima in CC dello schermo a 20°C	Resistenza massima in CA del conduttore a 90°C	Portata di corrente	Corrente di corto circuito del conduttore
Size	Nominal capacity	Nominal capacitive current at voltage U_0	Reactance phase 50HZ	Conductor max electrical resist. CC at 20°C	Screen max electrical resist. CC at 20°C	Conductor max electrical resist. CA at 20°C	Current rating	Short circuit current conductor (1s)
n° x mm ²	mm	A/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	in aria a 30° C interrato a 20° C Underground at 20° C	kA
3x1x70	0,15	0,92	0,140	0,443	3,0	0,570	243	6,5
3x1x95	0,16	1,01	0,132	0,320	3,0	0,412	289	8,8
3x1x120	0,18	1,10	0,127	0,253	3,0	0,328	334	11,1
3x1x150	0,19	1,16	0,123	0,206	3,0	0,268	373	13,8
3x1x185	0,21	1,22	0,119	0,164	3,0	0,213	426	17,0
3x1x240	0,22	1,37	0,115	0,125	3,0	0,163	494	22,1

Tabella 4- Caratteristiche elettriche cavi in MT tipo ARE4H1R - 18/30 kV

4.4 Verifica delle portate

La seguente tabella riporta i valori di portata nominali:

	<i>Tratta</i>	<i>Potenza nom.</i>	<i>Formazione cavo</i>	<i>Ib</i>	<i>Iz</i>
		<i>[kW]</i>		<i>[A]</i>	<i>[A]</i>
Sotto campo 2	SU-ESC 07	12400,0	3x185	261,2	294,8
	ESC 07 - ESC 013	6200,0	3x50	130,6	141,4
Sottocampo 3	SU - ESC 09	31000,0	3x(2x300)	652,9	883,5
	ESC 09 - ESC 011	24800,0	3x(1x500)	522,3	574,7
	ESC 11 - ESC 08	18600,0	3x(1x300)	391,7	441,8
	ESC 08 - ESC 12	12400,0	3x185	261,2	294,8
	ESC 12 - ESC 14	6200,0	3x50	130,6	141,4
Sottocampo 4	SU - ESC 05	24800,0	3x(1x500)	522,3	574,7
	ESC 05 - ESC 04	18600,0	3x(1x300)	391,7	441,8
	ESC 04 - ESC 03	12400,0	3x185	261,2	294,8
	ESC 03 - ESC 10	6200,0	3x50	130,6	141,4
Sottocampo 1	SU-ESC 02	18600,0	3x(1x300)	391,7	441,8
	ESC 02 - ESC 01	12400,0	3x185	261,2	294,8
	ESC 01 - ESC 06	6200,0	3x50	130,6	141,4
Sottocampo 5	SU - EST 05	18600,0	3x(1x400)	391,7	505,0
	EST 05 - EST 03	12400,0	3x(1x240)	261,2	392,5
	EST 03 - EST 01	6200,0	3x(1x240)	130,6	392,5
Sottocampo 6	SU - EST 04	24800,0	3x(1x500)	522,3	574,7
	EST 04 - EST 06	18600,0	3x(1x300)	391,7	441,8
	EST 06 - EST 07	12400,0	3x185	261,2	294,8
	EST 07 - EST 08	6200,0	3x50	130,6	162,8

Tabella 5 –Portate in progetto

4.5 Verifica cadute di tensione

I cavi elettrici sono stati dimensionati in modo tale che sia soddisfatta la relazione:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100 = \frac{\Delta v \cdot L \cdot Ib}{V} \cdot 100 \leq 5\%$$

Dove:

- $\Delta V\%$ è la caduta di tensione percentuale nell'impianto.
- Δv è la caduta di tensione specifica (V/A·km);
- Ib è la corrente di impiego del cavo(A).

La verifica delle cadute di tensione è stata effettuata per le diverse tratte considerando gli opportuni dati tecnici di riferimento in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** La verifica della caduta di tensione nelle reti MT in cavo, sia per la loro limitata lunghezza sia per i bassi valori di impedenza specifica, non è in genere determinante nella scelta delle sezioni; i valori calcolati sono riportati in Tabella 6, il valore massimo di caduta di tensione è del 3,73% per il cluster 5.

	<i>Tratta</i>	<i>Potenza nom.</i>	<i>Ib</i>	<i>Formazione cavo</i>	<i>Lungh.</i>	<i>Cdt totale Ib</i>
		<i>[kW]</i>	<i>[A]</i>		<i>[m]</i>	<i>[%]</i>
Sotto campo 2	SU-ESC 07	12400,0	261,2	3x185	1540	0,55
	ESC 07 - ESC 013	6200,0	130,6	3x50	1260	1,32
Sottocampo 3	SU - ESC 09	31000,0	652,9	3x(2x300)	4220	1,19
	ESC 09 - ESC 011	24800,0	522,3	3x(1x500)	735	1,42
	ESC 11 - ESC 08	18600,0	391,7	3x(1x300)	1110	1,79
	ESC 08 - ESC 12	12400,0	261,2	3x185	935	2,13
	ESC 12 - ESC 14	6200,0	130,6	3x50	835	2,64
Sottocampo 4	SU - ESC 05	24800,0	522,3	3x(1x500)	1620	0,50
	ESC 05 - ESC 04	18600,0	391,7	3x(1x300)	1340	0,96
	ESC 04 - ESC 03	12400,0	261,2	3x185	760	1,23
	ESC 03 - ESC 10	6200,0	130,6	3x50	2070	2,48

Sotto campo 1	SU-ESC 02	18600,0	391,7	3x(1x300)	710	0,24
	ESC 02 - ESC 01	12400,0	261,2	3x185	1335	0,72
	ESC 01 - ESC 06	6200,0	130,6	3x50	730	1,16
Sottocampo 5	SU - EST 05	18600,0	391,7	3x(1x400)	9360	2,61
	EST 05 - EST 03	12400,0	261,2	3x(1x240)	1555	3,02
	EST 03 - EST 01	6200,0	130,6	3x(1x240)	5275	3,73
Sottocampo 6	SU - EST 04	24800,0	522,3	3x(1x500)	5950	1,85
	EST 04 - EST 06	18600,0	391,7	3x(1x300)	1325	2,30
	EST 06 - EST 07	12400,0	261,2	3x185	1275	2,75
	EST 07 - EST 08	6200,0	130,6	3x50	715	3,17

Tabella 6 – Verifica cadute di tensione

4.6 Verifica termica alle correnti di corto circuito

In caso di corto circuito occorre verificare che le relative correnti non determinino temperature eccessive nei conduttori e nell'isolamento.

La massima corrente di corto circuito sopportabile dal cavo può essere determinata con la seguente formula:

$$I_{cc} = \frac{K \cdot S}{\sqrt{t}}$$

dove:

- I_{cc} corrente di corto circuito (A)
- S sezione del conduttore (mm²)
- t durata del corto circuito (tempo di intervento delle protezioni <1s)
- K coefficiente che dipende dalle caratteristiche del materiale conduttore e dalla differenza di temperatura all'inizio e alla fine del corto circuito. Con temperatura del conduttore all'inizio di 90°C e alla fine del corto circuito di 250°C per conduttore di alluminio K=92.

La corrente di cortocircuito che i cavi dovranno sopportare entro 1 secondo e i valori ammissibili sono indicati nella seguente tabella:

	Tratta	Sezione	I_{cc} (1s)
		[mmq]	[kA]
Sotto campo 2	SU-ESC 07	185	17,02
	ESC 07 - ESC 013	50	4,6
Sottocampo 3	SU - ESC 09	2x300	55,2
	ESC 09 - ESC 011	500	46
	ESC 11 - ESC 08	300	27,6
	ESC 08 - ESC 12	185	17,02
	ESC 12 - ESC 14	50	4,6
Cluster 4	SU - ESC 05	500	46
	ESC 05 - ESC 04	300	27,6
	ESC 04 - ESC 03	185	17,02
	ESC 03 - ESC 10	50	4,6
Sottocampo 1	SU-ESC 02	300	27,6
	ESC 02 - ESC 01	185	17,02
	ESC 01 - ESC 06	50	4,6
Sottocampo 5	SU - EST 05	400	36,8
	EST 05 - EST 03	240	22,08
	EST 03 - EST 01	240	22,08
Sottocampo 6	SU - EST 04	500	46
	EST 04 - EST 06	300	27,6
	EST 06 - EST 07	185	17,02
	EST 07 - EST 08	50	4,6

Tabella 7 – Verifica Correnti di Corto Circuito

4.7 Protezione dei circuiti MT

Le unità di protezione elettrica dei circuiti MT saranno basate su tecnologia a microprocessore e adatte a garantire elevata affidabilità e disponibilità di funzionamento.

Le unità di protezione saranno di tipo espandibile e potranno essere dotate, anche in un secondo tempo, di ulteriori accessori che permetteranno di realizzare:

- automatismi di richiusura per linee MT;
- gestione dei segnali dai trasformatori;
- acquisizione dei valori di temperatura da sonde termiche;
- emissione di una misura analogica associabile ad una delle grandezze misurate dall'unità stessa (correnti, temperature, ecc.).

La regolazione delle soglie, avverrà direttamente in valori primari nelle relative grandezze espresse in corrente o tempo rendendo più semplice l'utilizzo e la consultazione all'operatore.

Saranno implementate le seguenti protezioni:

- massima tensione concatenata (59 - senza ritardo intenzionale);
- massima tensione omopolare (59N - ritardata);
- minima tensione concatenata (27- ritardo tipico: 300 ms);
- massima frequenza (81> senza ritardo intenzionale);
- minima frequenza (81< senza ritardo intenzionale);
- protezione contro la perdita di rete con PLC di richiusura DDI con rete presente;
- protezione direzionale di terra 67N;
- massima corrente 50/51;
- massima corrente di terra 50N/51N;
- sequenza negativa / squilibrio 46;
- mancata apertura interruttore 50BF.

Il valori di taratura delle diverse protezioni saranno definiti in fase di progettazione esecutiva.

4.8 Protezione dei circuiti BT

4.8.1 Protezione contro i sovraccarichi

La protezione dei sovraccarichi è effettuata secondo la norma CEI 64-8/4 rispettando le condizioni seguenti:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

Dove:

- I_b = Corrente di impiego del circuito
- I_n = Corrente nominale del dispositivo di protezione
- I_z = Portata in regime permanente della condotta
- I_f = Corrente di funzionamento del dispositivo di protezione

4.8.2 Protezione contro i cortocircuiti

La protezione dei cortocircuiti sarà effettuata secondo la norma CEI 64-8/4 rispettando le condizioni seguenti:

$$I_{CC_{max}} \leq P.d.I.$$

$$I^2t \leq K^2 S^2$$

Dove:

- $I_{CC_{max}}$ = Corrente di cortocircuito massima
- P.d.I. =Potere di interruzione apparecchiatura di protezione
- I^2t = Integrale di Joule della corrente di cortocircuito presunta (valore letto sulle curve delle apparecchiature di protezione)
- K = Coefficiente della condotta utilizzata
 - o 115 per cavi isolati in PVC;
 - o 135 per cavi isolati in gomma naturale e butilica;
 - o 143 per cavi isolati in gomma etilenpropilenica e polietilene reticolato;
- S = Sezione della condotta.

4.9 Contributo alle correnti di corto circuito

Il calcolo del contributo dell'impianto alla corrente di corto circuito al punto di consegna (Point of Common Coupling - PCC) è fatto considerando la situazione più gravosa valutando il contributo al corto circuito dell'impianto eolico.

Il contributo alla corrente di corto circuito lato c.a. AT a 150kV è in genere trascurabile rispetto al contributo della rete in quanto i sistemi di controllo degli aerogeneratori limitano la corrente in uscita ad un valore doppio della corrente nominale e si portano in stand-by in pochi decimi di secondo per intervento delle protezioni interne. Il contributo al corto circuito sul lato c.a. AT può essere calcolato considerando il contributo proveniente dagli aerogeneratori e maggiorando del 100% il valore della corrente nominale complessiva.

Di conseguenza, tenuto conto che la potenza nominale di ciascun convertitore associato agli aerogeneratori è di 6550 kVA (An) e che alla tensione di 720V la corrente nominale è di 5250A, il contributo al c.to c.to al punto di consegna a 150kV dovuto ai n°21 aerogeneratori risulta pari a 1060 A.