

# COMUNI DI BELCASTRO E CUTRO

Provincia di Catanzaro e Crotona



Progetto parco eolico "Cantorato"

<b>Elaborato:</b> CA_R05	<b>RELAZIONE SPECIALISTICA OPERE ELETTRICHE</b>
<b>Scala:</b> Documento	
<b>Data:</b> 24.06.2023	

Committente:  
*Energia Levante S.r.l.*

Il Progettista  
Ferraro architetto Francesco



Società del gruppo:

N°REVISIONE	Data revisione	Elaborato	Controllato	Approvato	Note
1			F.F.	G.M.	

E' vietata la copia anche parziale del presente elaborato

*ENERGIA LEVANTE S.r.l.*

Via Luca Gaurico n°9/11 - Regus Eur 4° piano - Cap. 00143 ROMA (Italia)  
P.IVA 10240591007- REA RM1219825 - PEC: [energialevantesrl@legalmail.it](mailto:energialevantesrl@legalmail.it)  
Indirizzo email: [www.sserenewables.com](http://www.sserenewables.com) - Telefono (+39) 0654832107

## INDICE

Pag.

1	OGGETTO [Dimensionamento dei cavi MT]	3
2	DATI INIZIALI	3
3	DESCRIZIONE DELL'INFRASTRUTTURA	3
4	DESCRIZIONE DETTAGLIATA DELL'INFRASTRUTTURA	3
4.1	DIMENSIONAMENTO CAVO MT	5
4.2	RETE MT	5
4.3	CALCOLO DELLA RETE DI MT SECONDO CRITERI TERMICI	6
4.3.1	CAVIDOTTO LATO BELCASTRO	7
4.3.2	CAVIDOTTI di 4 terne dalla CS BELCASTRO e CS CUTRO fino alla SET	9
4.3.3	RAPPORTI CYMCAP	20
4.4	TRASFORMATORI PER TURBINE EOLICHE	20
4.5	TRASFORMATORI DELLA SOTTOSTAZIONE	20
4.6	SERVIZI AUSILIARI DI SOTTOSTAZIONE	20
5.	RELAZIONE E DESCRIZIONE OPERE ELETTRICHE E MANUFATTI	20-30

## 1. OGGETTO [Dimensionamento dei cavi MT]

Il presente studio è riferito al dimensionamento dei cavi MT e delle perdite elettriche della linea P.E. "CANTORATO" - COMUNI DI CUTRO E BELCASTRO CON SOTTOSTAZIONE ELETTRICA NEL COMUNE DI SCANDALE.

## 2. DATI INIZIALI

I dati considerati per i calcoli di questo elaborato (predisposti dalla società Inproin), sono ottenuti dai seguenti documenti: [1] Caratteristiche dei cavi MT: catalogo commerciale; [2] Risorsa eolica del sito e curva di potenza delle turbine eoliche; [3] Caratteristiche dei trasformatori per turbine eoliche schede allegate al progetto esecutivo; [4] Caratteristiche del trasformatore di cabina: Regolamento (UE) n. 548/2014, la commissione del 21 giugno 2014, con cui viene sviluppata la Direttiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio per quanto riguarda i trasformatori di potenza piccola, media e grande potenza.

3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'INFRASTRUTTURA Il PE CANTORATO 124 MW è composto da 20 aerogeneratori da 6,2MW. Il sistema di collettori MT è composto da 4 circuiti da 30 kV in installazione interrata fino al Centro di Sezionamento Belcastro del Parco Eolico e altri 3 circuiti a 30 kV installazione interrata al Centro di Sezionamento di Cutro del Parco Eolico. Da ciascuno uno di questi Centri di Sezionamento sono in installazione altri 4 circuiti da 30 kV sotterraneo che si collega al sistema di celle (Stazione Utente) MT e alla Stazione Terna.

## 4. DESCRIZIONE DETTAGLIATA DELLE INFRASTRUTTURE

### 4.1. DIMENSIONE CAVO MT

I cavi selezionati per la rete MT che collegano i WTG tra loro e allo switching-center della cabina hanno un livello di tensione di 18/30 kV, per sopportare la tensione nominale dell'impianto MT a 30 kV. I cavi MT saranno unipolari, con conduttore in alluminio, HEPR isolato e schermato. Le caratteristiche elettriche di questa tipologia di cavi sono le seguenti:

HEPRZ1-OL 18/30kV AL				
Temperatura Máx.Conductor=	105,0 °C	Material =	AL	
Temperatura del Terreno=	25,0 °C	Frecuencia =	50 Hz	
Resistividad Térmica Terreno=	1,5 K·m/W	Tensión =	30,0 kV	
Profundidad Enterramiento=	1,00 m			
SECCIÓN	I <sub>MAX</sub>		Resistencia	Reactancia
	ENTERRADO	ENTUBADO	R a 105,0 °C	X
(mm <sup>2</sup> )	(A)	(A)	(Ω/km)	(Ω/km)
150	275,0	255,0	0,277	0,118
400	470,0	450,0	0,105	0,102
630	615,0	590,0	0,063	0,098

Le condizioni di canalizzazione del sistema MT sono le seguenti:

Installazione in tubo e cemento.

- Temperatura del suolo = 25 °C
- Resistività termica del suolo = 1,5 K m/W
- Profondità di installazione = 1 m
- Separazione libera tra triple = 200 mm (300 mm tra i centri)

La sezione dei cavi MT viene scelta tenendo conto dei seguenti criteri:

- **Tensione:** Tensione nominale ( $V_n$ ). Il codice di rete italiano indica che i dispositivi devono essere progettato in modo tale che l'impianto possa rimanere in parallelo con la rete AT, per valori di tensione al punto di consegna, compresi nel seguente range:  $85\% V_n \leq V_n \leq 115\% V_n$ . È stato considerato che la sottostazione di trasformazione 150/30kV che collega il punto di consegna con la rete ad alta tensione dispone dell'apparecchiatura necessario (commutatore automatico o altro) per mantenere la rete multimediale tensione a valori prossimi alla tensione nominale.
- **Portata:** la sezione selezionata deve essere in grado di sopportare la corrente massima che può circolare attraverso ciascun cavo senza superare la temperatura di esercizio permanente di isolamento. I fattori correttivi utilizzati corrispondono a quelli indicati nell'art CEI 60502-2.
- **Cadute/sovratensioni:** dato che è presente un impianto di generazione, è il valore da limitare è l'incremento di tensione delle sbarre MT dalla cabina ai terminali di MT dei trasformatori WTG. Il limite sarà una deviazione dell'8% della tensione nominale. Con questo valore, il contributo di WTG alla regolazione della potenza reattiva dovrebbe essere corretto.
- **Parallelismo e coefficienti di profondità:** Le intensità massime indicate dal produttore del cavo vengono modificati dei coefficienti di riduzione indicati nella norma IEC 60502-2.

Coeficientes correctores de Intensidad para cables HEPRZ1-OL 18/30kV AL entubados						IEC 60502-2
POR CONFIGURACIÓN DE LA ZANJA			POR CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO			
Agrupamiento Líneas		Profundidad Enterramiento		Resistividad Térmica		Temperatura de Terreno
Separación a = 300 mm		Profundidad p = 1,00 m		Resistividad = 1,5 K·m/W		Temperatura = 25,0 °C
Líneas	Ka	Sección	Kp	Sección	Kr	Kt = 1,0000
1	1,0000	mm <sup>2</sup>		mm <sup>2</sup>		
2	0,8700	150	1,0000	150	1,0000	
3	0,7800	400	1,0000	400	1,0000	
4	0,7350	630	1,0000	630	1,0000	
5	0,7000					
6	0,6800					
7	0,6600					
8	0,6500					

Tabla 2. Correctores Cables MT.

## 4.2. RETE MT

Una volta eseguiti i calcoli in conformità ai criteri di calcolo precedenti e alla norma IEC 60502-2., rete MT ottenuta:

CÁLCULO DE RED 30 kV según IEC 60502-2: CIRCUITO n° 1																														
DE A POSICIÓN	TENSION POSICIÓN	POTENCIA POSICIÓN	POTENCIA Acumulada	INTENSIDAD D Acumulada	CABLE	LONGITUD Medida	LONGITUD Cálculo	N° de TERNAS	TIPO Instalación	TIPO Zanja	N° de Conductores	Cable 1: RHZ1-OL 18/30kV AL				Cable 2: HEPRZ1-OL 18/30kV AL				Frecuencia de la Red = 50 Hz										
												Temperatura a del Terno	Resistividad del Terno	Separación entre CENTROS	Profundidad	K1	K2	Ka	Kp	INTENSIDAD D MÁXIMA	Grado utilización cable	Resistencia	Reactiva	CADA TENSION Parcial	CADA TENSION Acumulada	CADA TENSION Acumulada	POTENCIA PERÍODA Parcial	POTENCIA PERÍODA Acumulada	POTENCIA PERÍODA Acumulada	
(kV)	(MW)	(MW)	(A)	(A)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(°C)	(Ω·m)	(mm)	(m)	(mm <sup>2</sup> )	(%)	(Ω/km)	(Ω/km)	(V)	(V)	(V)	(%)	(MW)	(MW)	(MW)				
CAR02	CAR01	30	6200	6200	145.511	Cable 2	1.668	1.760	2	Entubado Normal	1	150	25.0	1.5	300	1.000	1.000	0.8700	1.000	0.8700	221.850	65.6	0.277	0.118	132.186	132.186	0.441	31.317	31.317	0.595
CAR01	BELCAST	30	6200	12400	291.022	Cable 2	5.648	5.879	4	Entubado Normal	1	630	25.0	1.5	300	1.000	1.000	0.7350	1.000	0.7350	433.650	67.1	0.063	0.098	319.324	461.510	1.585	94.110	125.426	1.012

CÁLCULO DE RED 30 kV según IEC 60502-2: CIRCUITO n° 2																														
DE A POSICIÓN	TENSION POSICIÓN	POTENCIA POSICIÓN	POTENCIA Acumulada	INTENSIDAD D Acumulada	CABLE	LONGITUD Medida	LONGITUD Cálculo	N° de TERNAS	TIPO Instalación	TIPO Zanja	N° de Conductores	Cable 1: RHZ1-OL 18/30kV AL				Cable 2: HEPRZ1-OL 18/30kV AL				Frecuencia de la Red = 50 Hz										
												Temperatura a del Terno	Resistividad del Terno	Separación entre CENTROS	Profundidad	K1	K2	Ka	Kp	INTENSIDAD D MÁXIMA	Grado utilización cable	Resistencia	Reactiva	CADA TENSION Parcial	CADA TENSION Acumulada	CADA TENSION Acumulada	POTENCIA PERÍODA Parcial	POTENCIA PERÍODA Acumulada	POTENCIA PERÍODA Acumulada	
(kV)	(MW)	(MW)	(A)	(A)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(°C)	(Ω·m)	(mm)	(m)	(mm <sup>2</sup> )	(%)	(Ω/km)	(Ω/km)	(V)	(V)	(V)	(%)	(MW)	(MW)	(MW)				
CAB7	CAB9	30	6200	6200	145.511	Cable 2	1.142	1.238	2	Entubado Normal	1	150	25.0	1.5	300	1.000	1.000	0.8700	1.000	0.8700	221.850	65.6	0.277	0.118	91.949	91.949	0.306	21.784	21.784	0.351
CAB9	CAB6	30	6200	12400	291.022	Cable 2	2.326	2.458	2	Entubado Normal	1	400	25.0	1.5	300	1.000	1.000	0.8700	1.000	0.8700	391.500	74.3	0.105	0.102	178.980	270.929	0.905	65.995	87.349	0.704
CAB6	BELCAST	30	6200	18600	436.533	Cable 2	3.328	4.108	4	Entubado Normal	1	630	25.0	1.5	300	1.000	1.000	0.7350	1.000	0.7350	433.650	100.7	0.063	0.098	334.652	605.662	2.019	147.341	235.250	1.269

CÁLCULO DE RED 30 kV según IEC 60502-2: CIRCUITO n° 3																														
DE A POSICIÓN	TENSION POSICIÓN	POTENCIA POSICIÓN	POTENCIA Acumulada	INTENSIDAD D Acumulada	CABLE	LONGITUD Medida	LONGITUD Cálculo	N° de TERNAS	TIPO Instalación	TIPO Zanja	N° de Conductores	Cable 1: RHZ1-OL 18/30kV AL				Cable 2: HEPRZ1-OL 18/30kV AL				Frecuencia de la Red = 50 Hz										
												Temperatura a del Terno	Resistividad del Terno	Separación entre CENTROS	Profundidad	K1	K2	Ka	Kp	INTENSIDAD D MÁXIMA	Grado utilización cable	Resistencia	Reactiva	CADA TENSION Parcial	CADA TENSION Acumulada	CADA TENSION Acumulada	POTENCIA PERÍODA Parcial	POTENCIA PERÍODA Acumulada	POTENCIA PERÍODA Acumulada	
(kV)	(MW)	(MW)	(A)	(A)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(°C)	(Ω·m)	(mm)	(m)	(mm <sup>2</sup> )	(%)	(Ω/km)	(Ω/km)	(V)	(V)	(V)	(%)	(MW)	(MW)	(MW)				
CAB5	CAB4	30	6200	6200	145.511	Cable 2	0.666	0.748	2	Entubado Normal	1	150	25.0	1.5	300	1.000	1.000	0.8700	1.000	0.8700	221.850	65.6	0.277	0.118	55.537	55.537	0.185	13.157	13.157	0.212
CAB4	CAB8	30	6200	12400	291.022	Cable 2	3.136	3.292	4	Entubado Normal	1	400	25.0	1.5	300	1.000	1.000	0.7350	1.000	0.7350	330.750	88.0	0.102	0.102	239.741	295.277	1.084	82.823	100.980	0.814
CAB8	BELCAST	30	6200	18600	436.533	Cable 2	1.757	1.872	4	Entubado Normal	1	630	25.0	1.5	300	1.000	1.000	0.7350	1.000	0.7350	433.650	100.7	0.063	0.098	152.473	447.751	1.493	67.404	168.384	0.905

CÁLCULO DE RED 30 kV según IEC 60502-2: CIRCUITO n° 4																														
DE A POSICIÓN	TENSION POSICIÓN	POTENCIA POSICIÓN	POTENCIA Acumulada	INTENSIDAD D Acumulada	CABLE	LONGITUD Medida	LONGITUD Cálculo	N° de TERNAS	TIPO Instalación	TIPO Zanja	N° de Conductores	Cable 1: RHZ1-OL 18/30kV AL				Cable 2: HEPRZ1-OL 18/30kV AL				Frecuencia de la Red = 50 Hz										
												Temperatura a del Terno	Resistividad del Terno	Separación entre CENTROS	Profundidad	K1	K2	Ka	Kp	INTENSIDAD D MÁXIMA	Grado utilización cable	Resistencia	Reactiva	CADA TENSION Parcial	CADA TENSION Acumulada	CADA TENSION Acumulada	POTENCIA PERÍODA Parcial	POTENCIA PERÍODA Acumulada	POTENCIA PERÍODA Acumulada	
(kV)	(MW)	(MW)	(A)	(A)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(°C)	(Ω·m)	(mm)	(m)	(mm <sup>2</sup> )	(%)	(Ω/km)	(Ω/km)	(V)	(V)	(V)	(%)	(MW)	(MW)	(MW)				
CA02	CA01	30	6200	6200	145.511	Cable 2	0.591	0.671	2	Entubado Normal	1	150	25.0	1.5	300	1.000	1.000	0.8700	1.000	0.8700	221.850	65.6	0.277	0.118	49.799	49.799	0.166	11.798	11.798	0.190
CA01	CA03	30	6200	12400	291.022	Cable 2	3.318	3.479	2	Entubado Normal	1	400	25.0	1.5	300	1.000	1.000	0.8700	1.000	0.8700	391.500	74.3	0.105	0.102	263.393	303.192	1.011	92.824	104.622	0.844
CA03	BELCAST	30	6200	18600	436.533	Cable 2	4.430	4.625	4	Entubado Normal	1	630	25.0	1.5	300	1.000	1.000	0.7350	1.000	0.7350	433.650	100.7	0.063	0.098	376.778	679.970	2.267	166.563	271.185	1.458

CÁLCULO DE RED 30 kV según IEC 60502-2: CIRCUITO n° 1																														
DE A POSICIÓN	TENSION POSICIÓN	POTENCIA POSICIÓN	POTENCIA Acumulada	INTENSIDAD D Acumulada	CABLE	LONGITUD Medida	LONGITUD Cálculo	N° de TERNAS	TIPO Instalación	TIPO Zanja	N° de Conductores	Cable 1: RHZ1-OL 18/30kV AL				Cable 2: HEPRZ1-OL 18/30kV AL				Frecuencia de la Red = 50 Hz										
												Temperatura a del Terno	Resistividad del Terno	Separación entre CENTROS	Profundidad	K1	K2	Ka	Kp	INTENSIDAD D MÁXIMA	Grado utilización cable	Resistencia	Reactiva	CADA TENSION Parcial	CADA TENSION Acumulada	CADA TENSION Acumulada	POTENCIA PERÍODA Parcial	POTENCIA PERÍODA Acumulada	POTENCIA PERÍODA Acumulada	
(kV)	(MW)	(MW)	(A)	(A)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(°C)	(Ω·m)	(mm)	(m)	(mm <sup>2</sup> )	(%)	(Ω/km)	(Ω/km)	(V)	(V)	(V)	(%)	(MW)	(MW)	(MW)				
BELCAST	SET	30	86200	86200	1396.287	Cable 2	24.462	25.258	8	Entubado Normal	4	630	25.0	1.5	300	1.000	1.000	0.6500	1.000	0.6500	1534.000	91.0	0.063	0.098	1414.939	1414.939	4.716	2328.720	2328.720	3.412

Tabella 3a. Rete M.T lato Belcastro.

## 4.3. CALCOLO DELLA RETE DI MEDIA TENSIONE SECONDO CRITERI TERMICI.

Come si può vedere nel calcolo presentato nella sezione precedente, le sezioni di cavo proposto in alcuni tratti del parco superano il 100% dell'intensità ammissibile secondo il calcolo effettuato con la norma IEC 60502-2.

Lo scopo di questa analisi è quello di validare la progettazione termica dei cavi di media tensione del parco eolico di Cantorato, nelle diverse situazioni descritte nei paragrafi successivi.

Lo studio calcola la temperatura raggiungendo presupponendo l'intensità nominale del cavo e lo confronta con l'intensità massima dei cavi (105°C).

Il software utilizzato nello studio è CYMCAP sviluppato dalla società CYME International.

### 4.3.1. TRINCEA LATO BELCASTRO

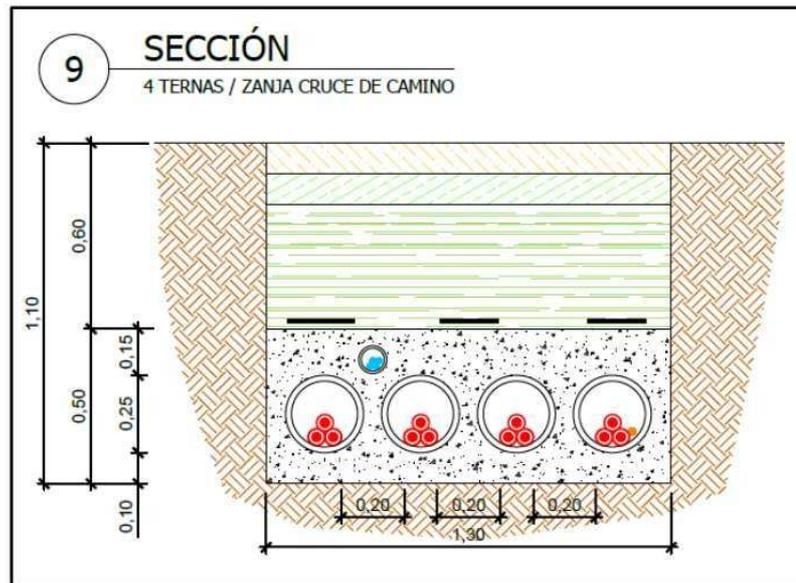
Di seguito si studia la sezione del fossato in cemento con 4 triple lato Belcastro. che percorrono i seguenti cavi:

- CIRCUITO 1: 12.40MW - 291A - CAVO 3x1x630mm<sup>2</sup> HEPRZ1 105°C
- CIRCUITO 2: 18.60MW - 437A - CAVO 3x1x630mm<sup>2</sup> HEPRZ1 105°C
- CIRCUITO 3: 18.60MW - 437A - CAVO 3x1x630mm<sup>2</sup> HEPRZ1 105°C
- CIRCUITO 4: 18.60MW - 437A - CAVO 3x1x630mm<sup>2</sup> HEPRZ1 105°C

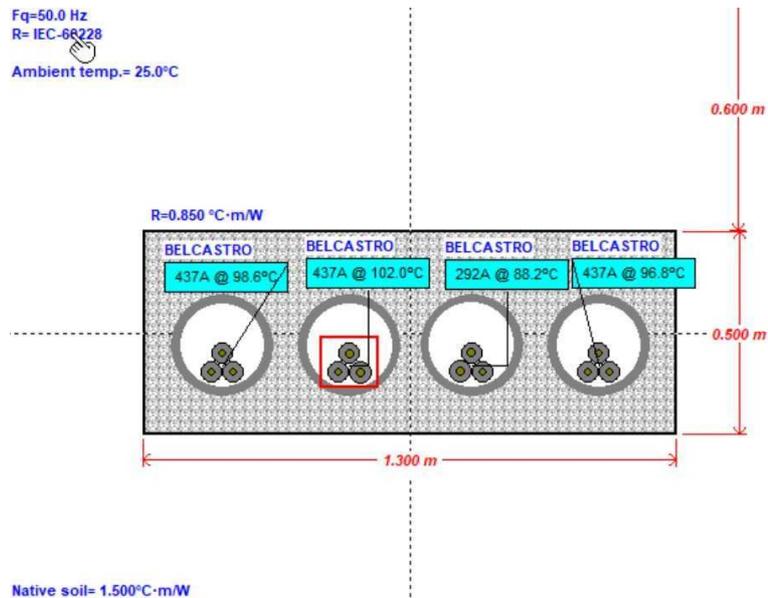
## CONDIZIONI DI INSTALLAZIONE

- Resistività termica del terreno: 1,50 °C m / W
- Resistività termica della sabbia: 1,50 °C m / W
- Resistività termica del calcestruzzo: 0,85 °C m / W
- Temperatura del suolo: 25°C
- Profondità di installazione: 1,00 m
- Separazione tra triple: 200 mm
- Tubi diametro esterno 250 (interno 212)

Le sezioni di trincea proposte sono mostrate di seguito:



Fq=50.0 Hz  
R= IEC-6R228  
Ambient temp.= 25.0°C



#### 4.3.2. TRINCEA DI N.4 TERNE DA CS BELCASTRO E N.4 TERNE DA CS CUTRO ALLA SET.

La sezione della trincea in cemento con 8 pannelli di evacuazione tra il Centro di

sezionamento Belcastro e Centro sezionamento Cutro alla SET, mediante i seguenti cavi: Tra il CS Belcastro e la SET

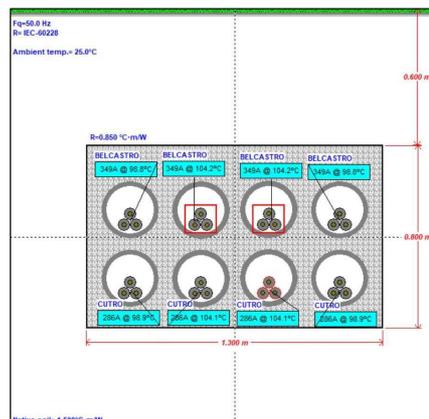
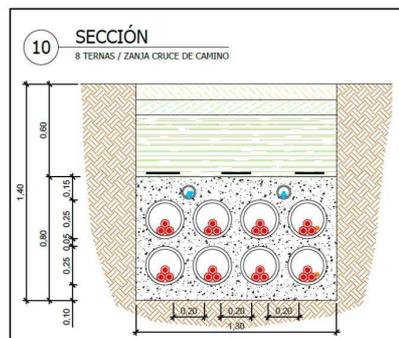
- CIRCUITO 1: 17.05MW - 349A - CAVO 3x1x630mm<sup>2</sup> HEPRZ1 105°C
- CIRCUITO 2: 17.05MW - 349A - CAVO 3x1x630mm<sup>2</sup> HEPRZ1 105°C
- CIRCUITO 3: 17.05MW - 349A - CAVO 3x1x630mm<sup>2</sup> HEPRZ1 105°C
- CIRCUITO 4: 17.05MW - 349A - CAVO 3x1x630mm<sup>2</sup> HEPRZ1 105°C

Tra CS Cutro e la SET

- CIRCUITO 1: 13.95MW - 286A - CAVO 3x1x630mm<sup>2</sup> HEPRZ1 105°C
- CIRCUITO 2: 13.95MW - 286A - CAVO 3x1x630mm<sup>2</sup> HEPRZ1 105°C
- CIRCUITO 3: 13.95MW - 286A - CAVO 3x1x630mm<sup>2</sup> HEPRZ1 105°C
- CIRCUITO 4: 13.95MW - 286A - CAVO 3x1x630mm<sup>2</sup> HEPRZ1

#### 105°C CONDIZIONI DI INSTALLAZIONE

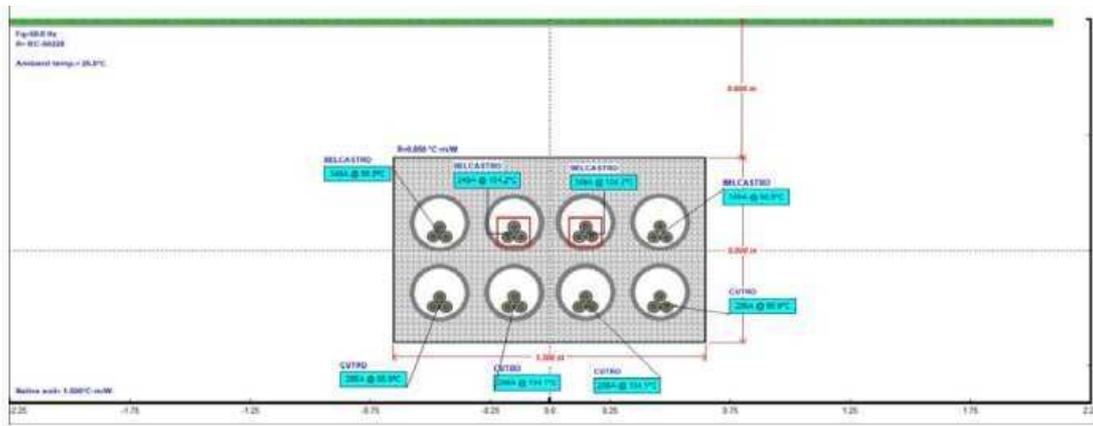
- Resistività termica del terreno: 1,50 °C m/W
- Resistività termica della sabbia: 1,50 °C m/W
- Resistività termica del calcestruzzo: 0,85 °C m/W
- Temperatura del suolo: 25°C
- Profondità di installazione: 1,00 m per Belcastro e 1,30 m per Cutro
- Separazione tra triple: 200 mm
- Tubi diametro esterno 250 (diametro interno 212) Le sezioni di trincea proposte sono mostrate diseguito:



### 4.3.3. RAPPORTI CYMCAP

Di seguito si allegano le relazioni di calcolo termico con il software CYMCAP.

cyme		Study Summary	
<b>CYMCAP Version</b>	R.1 Revision 2		
<b>Study:</b>	PE CANTORATO		
<b>Execution:</b>	PE CANTORATO_7 TERNAS_ENTUBADAS Y HORMIGONADAS		
<b>Date:</b>	6/29/2023 11:57:00 AM		
<b>General Simulation Data</b>			
Steady State Option		Temperature	No
Consider Electrical interaction between circuits			1.0
Induced currents in metallic layers as a fraction of conductor current (applied to all single phase circuits):			IEC 228
Conductor Resistances Computation Option:			
<b>Standard Settings Options</b>			
General guidance			Custom
Factor on RAC due to magnetic armour			CGREGuidance
Factor on RAC due to magnetic duct			CGREGuidance
Factor on $I_1$ due to magnetic armour			CYMCAPGuidance
Factor on $I_1$ due to magnetic duct			CGREGuidance
Factor on $I_1$ due to $I_1'$			CYMCAPGuidance
$I_1'$ computation			CGREGuidance
$I_{1,pe}$ computation			CYMCAPGuidance
$W_{10}$ computation			CGREGuidance
$T_1$ computation			CGREGuidance
$T_2$ computation			CYMCAPGuidance
<b>Installation Type:Ductbank</b>			
Ambient Soil Temperature at Installation Depth	[°C]		25.0
Native Soil Thermal Resistivity	[K.m/W]		1.5
Thermal Resistivity of Duct Bank	[K.m/W]		0.9
Depth of Center of Duct Bank	[m]		1.0
Duct Bank Width	[m]		1.3
Duct Bank Height	[m]		0.6



## Results Summary

Cable No.	Cable ID	Circuit No.	Feeder ID	Cable Phase	Cable Frequency	Daily Load Factor	X coordinate [m]	Y coordinate [m]	Conductor temperature [°C]	Ampacity [A]
1	EPRZ1_AL_18_30KV_6	1	CUTRO	A	50.0	1.0	0.43	1.25	98.9	285.6
2	EPRZ1_AL_18_30KV_6	1	CUTRO	B	50.0	1.0	0.49	1.25	98.9	285.6
3	EPRZ1_AL_18_30KV_6	1	CUTRO	C	50.0	1.0	0.46	1.2	98.9	285.6
4	EPRZ1_AL_18_30KV_6	2	BELCASTRO	A	50.0	1.0	0.43	0.95	98.8	349.1
5	EPRZ1_AL_18_30KV_6	2	BELCASTRO	B	50.0	1.0	0.49	0.95	98.8	349.1
6	EPRZ1_AL_18_30KV_6	2	BELCASTRO	C	50.0	1.0	0.46	0.9	98.8	349.1
7	EPRZ1_AL_18_30KV_6	3	BELCASTRO	A	50.0	1.0	0.12	0.95	104.2	349.1
8	EPRZ1_AL_18_30KV_6	3	BELCASTRO	B	50.0	1.0	0.18	0.95	104.2	349.1
9	EPRZ1_AL_18_30KV_6	3	BELCASTRO	C	50.0	1.0	0.15	0.9	104.2	349.1
10	EPRZ1_AL_18_30KV_6	4	CUTRO	A	50.0	1.0	0.12	1.25	104.1	285.6
11	EPRZ1_AL_18_30KV_6	4	CUTRO	B	50.0	1.0	0.18	1.25	104.1	285.6
12	EPRZ1_AL_18_30KV_6	4	CUTRO	C	50.0	1.0	0.15	1.2	104.1	285.6
13	EPRZ1_AL_18_30KV_6	5	CUTRO	A	50.0	1.0	-0.18	1.25	104.1	285.6
14	EPRZ1_AL_18_30KV_6	5	CUTRO	B	50.0	1.0	-0.12	1.25	104.1	285.6
15	EPRZ1_AL_18_30KV_6	5	CUTRO	C	50.0	1.0	-0.15	1.2	104.1	285.6
16	EPRZ1_AL_18_30KV_6	6	BELCASTRO	A	50.0	1.0	-0.18	0.95	104.2	349.1
17	EPRZ1_AL_18_30KV_6	6	BELCASTRO	B	50.0	1.0	-0.12	0.95	104.2	349.1
18	EPRZ1_AL_18_30KV_6	6	BELCASTRO	C	50.0	1.0	-0.15	0.9	104.2	349.1
19	EPRZ1_AL_18_30KV_6	7	BELCASTRO	A	50.0	1.0	-0.49	0.95	98.8	349.1
20	EPRZ1_AL_18_30KV_6	7	BELCASTRO	B	50.0	1.0	-0.43	0.95	98.8	349.1
21	EPRZ1_AL_18_30KV_6	7	BELCASTRO	C	50.0	1.0	-0.46	0.9	98.8	349.1
22	EPRZ1_AL_18_30KV_6	8	CUTRO	A	50.0	1.0	-0.49	1.25	98.9	285.6
23	EPRZ1_AL_18_30KV_6	8	CUTRO	B	50.0	1.0	-0.43	1.25	98.9	285.6
24	EPRZ1_AL_18_30KV_6	8	CUTRO	C	50.0	1.0	-0.46	1.2	98.9	285.6

CUM

Steady State Summary

Variable	Description	Unit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Cables																											
Conductor Temperature																											
Conductor Resistance																											
Conductor Reactance																											
Conductor Inductance																											
Conductor Capacitance																											
Conductor Impedance																											
Conductor Losses																											
Conductor Ampacity																											
Conductor Voltage Drop																											
Conductor Power Factor																											
Conductor Efficiency																											
Conductor Reliability																											
Conductor Maintenance																											
Conductor Safety																											
Conductor Environmental																											
Conductor Economic																											
Conductor Social																											
Conductor Cultural																											
Conductor Historical																											
Conductor Future																											
Conductor Overall																											



### Cables Report

<b>CYMAP Version</b>	8.1 Revision 2
<b>Study:</b>	PE CANTORATO
<b>Enaution:</b>	PE CANTORATO, 7 TERNAS, ENTUBADAS Y HORMIGONADAS
<b>Date:</b>	6/29/2023 11:57:00 AM

No.	Description	Unit	1
<b>General Cable Information</b>			
1	Cable Equipment ID		HEPRZ1_AL_18_30KV_630
2	Number of Cores		Single Core
3	Voltage	[kV]	30
4	Conductor Area	[mm <sup>2</sup> ]	630.0
5	Cable Overall Diameter	[mm]	53.4
6	Maximum Steady-State Conductor Temperature	[°C]	106
7	Maximum Emergency Conductor Temperature	[°C]	250
<b>Conductor</b>			
8	Material		Aluminum
9	Electrical Resistivity at 20°C	[μΩ.cm]	2.8264
10	Temperature Coefficient at 20°C	[1/K]	0.00403
11	Reciprocal of Temperature Coefficient of Resistance (BETA)	[K]	228.1389578
12	Volumetric Specific Heat (SH)	[J/(K*cm <sup>3</sup> )]	2.5
13	Construction		Round Stranded
14	Number of Wires Composing Stranded Conductor		61 Wires
15	Conductor Insulation System		Extruded
16	Milliken Wires Construction		nia
17	Ks (Skin Effect Coefficient)		1
18	Kp (Proximity Effect Coefficient)		0.8
19	Diameter	[mm]	29.3
<b>Conductor Shield</b>			
20	Thickness	[mm]	0.7
21	Diameter	[mm]	30.7
<b>Insulation</b>			
22	Material		EPR
23	Thermal Resistivity	[K.m/W]	5
24	Dielectric Loss Factor - (tan delta)		0.02
25	Relative Permittivity - (epsilon)		3
26	Specific Insulation Resistance Constant at 60°F - (K)	[KΩ.km]	6096
27	Thickness	[mm]	7.3
28	Diameter	[mm]	45.3
<b>Insulation Screen</b>			
29	Material		Semi Conducting Screen
30	Thickness	[mm]	0.7
31	Diameter	[mm]	46.7
<b>Sheath</b>			
32	Is Sheath Around Each Core?		nia
33	Material		Copper
34	Electrical Resistivity at 20°C	[μΩ.cm]	1.7241
35	Temperature Coefficient at 20°C	[1/K]	0.00393
36	Reciprocal of Temperature Coefficient of Resistance (BETA)	[K]	234.5
37	Volumetric Specific Heat (SH)	[J/(K*cm <sup>3</sup> )]	3.45
38	Corrugation Type		Non Corrugated
39	Thickness	[mm]	0.17
40	Diameter	[mm]	47.04

No.	Description	Unit	1
<b>Specific Installation Data</b>			
45	Cable Equipment ID		HEPRZ1_AL_18_30KV_630
46	Cable Frequency	[Hz]	50
47	Sheath / Shield Bonding		1 Conductor Bothends Triangular
48	Loss Factor Constant (ALOS)		0,3
49	Duct construction		0
50	Duct material thermal resistivity	[K.m/W]	6
51	inner diameter of the conduit	[mm]	212.0
52	Outer diameter of the conduit	[mm]	250.0



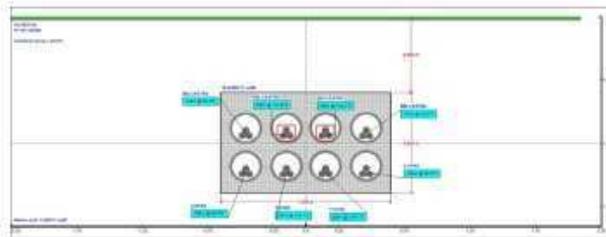


<b>CYMECAP Version</b>	B.1 Revision 2
<b>Study:</b>	PE CANTORATO
<b>Execution:</b>	PE CANTORATO, 7 TERMAS, ENTUBADAS Y HORMIGONADAS
<b>Date:</b>	8/29/2023 11:57:00 AM

General Simulation Data	
Steady State Option	Temperature
Consider Electrical interaction between circuits	No
Induced currents in metallic layers as a fraction of conductor current (applied to all single phase circuits)	1.0
Conductor Resistance Computation Option:	IEC 228

Standard Settings Options	
General guidance	Custom
Factor on RAC due to magnetic armour	IGRE Guidance
Factor on RAC due to magnetic duct	IGRE Guidance
Factor on A <sub>1</sub> due to magnetic armour	CYMECAP Guidance
Factor on A <sub>1</sub> due to magnetic duct	IGRE Guidance
Factor on A <sub>2</sub> due to A <sub>1</sub>	CYMECAP Guidance
D <sub>1</sub> computation	IGRE Guidance
Appie computation	CYMECAP Guidance
Wd computation	IGRE Guidance
T <sub>1</sub> computation	IGRE Guidance
T <sub>2</sub> computation	CYMECAP Guidance

Installation Type: Ductbank		
Ambient Soil Temperature at Installation Depth	[°C]	25.0
Native Soil Thermal Resistivity	[K.m/W]	1.5
Thermal Resistivity of Duct Bank	[K.m/W]	0.9
Depth of Center of Duct Bank	[m]	1.0
Duct Bank Width	[m]	1.3
Duct Bank Height	[m]	0.8



Results Summary											
Cable No.	Cable ID	Circuit No.	Feeder ID	Cable Phase	Cable Frequency	Daily Load Factor	X coordinate [m]	Y coordinate [m]	Conductor Temperature [°C]	Ampacity [A]	
1	PRZ1.AL.18.30KV.0	1	CUTRO	A	50.0	1.0	0.43	1.25	98.9	295.0	
2	PRZ1.AL.18.30KV.0	1	CUTRO	B	50.0	1.0	0.49	1.25	98.9	295.0	
3	PRZ1.AL.18.30KV.0	1	CUTRO	C	50.0	1.0	0.46	1.2	98.9	295.0	
4	PRZ1.AL.18.30KV.0	2	BELCASTRO	A	50.0	1.0	0.43	0.95	98.8	349.1	
5	PRZ1.AL.18.30KV.0	2	BELCASTRO	B	50.0	1.0	0.49	0.95	98.8	349.1	
6	PRZ1.AL.18.30KV.0	2	BELCASTRO	C	50.0	1.0	0.46	0.9	98.8	349.1	
7	PRZ1.AL.18.30KV.0	3	BELCASTRO	A	50.0	1.0	0.12	0.95	104.2	349.1	
8	PRZ1.AL.18.30KV.0	3	BELCASTRO	B	50.0	1.0	0.18	0.95	104.2	349.1	
9	PRZ1.AL.18.30KV.0	3	BELCASTRO	C	50.0	1.0	0.15	0.9	104.2	349.1	
10	PRZ1.AL.18.30KV.0	4	CUTRO	A	50.0	1.0	0.12	1.25	104.1	295.0	
11	PRZ1.AL.18.30KV.0	4	CUTRO	B	50.0	1.0	0.18	1.25	104.1	295.0	
12	PRZ1.AL.18.30KV.0	4	CUTRO	C	50.0	1.0	0.15	1.2	104.1	295.0	
13	PRZ1.AL.18.30KV.0	5	CUTRO	A	50.0	1.0	-0.18	1.25	104.1	295.0	
14	PRZ1.AL.18.30KV.0	5	CUTRO	B	50.0	1.0	-0.12	1.25	104.1	295.0	
15	PRZ1.AL.18.30KV.0	5	CUTRO	C	50.0	1.0	-0.15	1.2	104.1	295.0	
16	PRZ1.AL.18.30KV.0	6	BELCASTRO	A	50.0	1.0	-0.18	0.95	104.2	349.1	
17	PRZ1.AL.18.30KV.0	6	BELCASTRO	B	50.0	1.0	-0.12	0.95	104.2	349.1	
18	PRZ1.AL.18.30KV.0	6	BELCASTRO	C	50.0	1.0	-0.15	0.9	104.2	349.1	
19	PRZ1.AL.18.30KV.0	7	BELCASTRO	A	50.0	1.0	-0.49	0.95	98.8	349.1	
20	PRZ1.AL.18.30KV.0	7	BELCASTRO	B	50.0	1.0	-0.43	0.95	98.8	349.1	
21	PRZ1.AL.18.30KV.0	7	BELCASTRO	C	50.0	1.0	-0.46	0.9	98.8	349.1	
22	PRZ1.AL.18.30KV.0	8	CUTRO	A	50.0	1.0	-0.49	1.25	98.9	295.0	
23	PRZ1.AL.18.30KV.0	8	CUTRO	B	50.0	1.0	-0.43	1.25	98.9	295.0	
24	PRZ1.AL.18.30KV.0	8	CUTRO	C	50.0	1.0	-0.46	1.2	98.9	295.0	

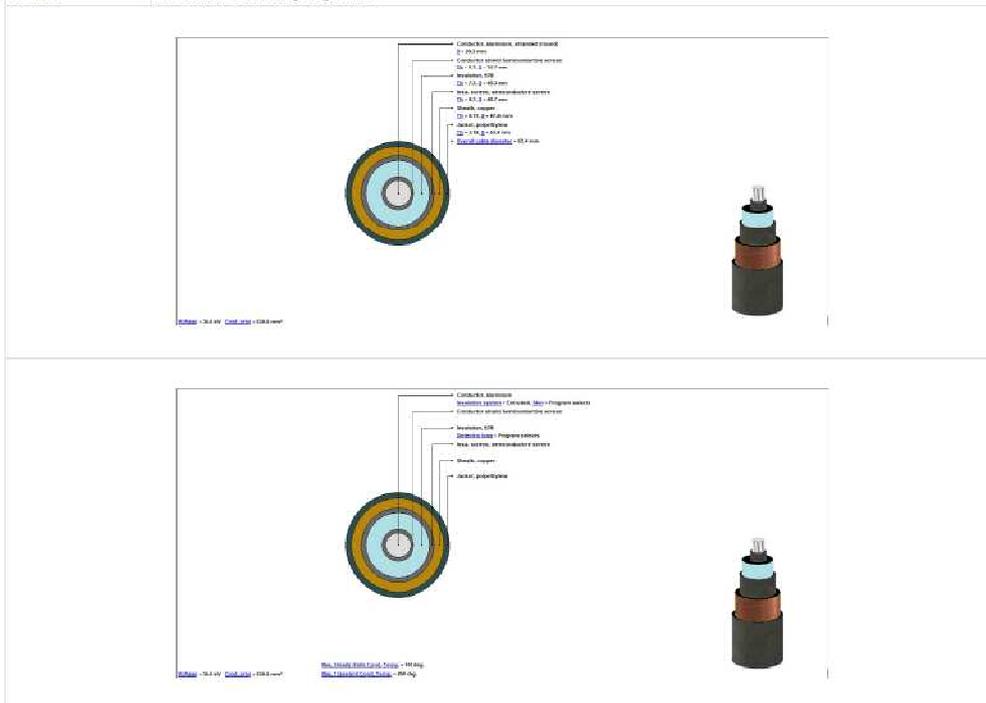
<b>CYMCAP Version</b>	8.1 Revision 2
<b>Study:</b>	PE CANTORATO
<b>Execution:</b>	PE CANTORATO_7 TERNAS_ENTUBADAS Y HORMIGONADAS
<b>Date:</b>	8/29/2023 11:57:00 AM

No.	Description	Unit	1
<b>General Cable Information</b>			
1	Cable Equipment ID:		HEPRZ1_AL_15_30KV_630
2	Number of Cores		Single Core
3	Voltage	[kV]	30
4	Conductor Area	[mm <sup>2</sup> ]	630,0
5	Cable Overall Diameter	[mm]	53,4
6	Maximum Steady-State Conductor Temperature	[°C]	105
7	Maximum Emergency Conductor Temperature	[°C]	250
<b>Conductor</b>			
8	Material		Aluminum
9	Electrical Resistivity at 20°C	[μΩ/cm]	2,8264
10	Temperature Coefficient at 20°C	[1/K]	0,00403
11	Reciprocal of Temperature Coefficient of Resistance (BETA)	[K]	226,1389579
12	Volumetric Specific Heat (SH)	[J/(K*cm <sup>3</sup> )]	2,5
13	Construction		Round Stranded
14	Number of Wires Composing Stranded Conductor		51 Wires
15	Conductor Insulation System		Extruded
16	Miliken Wires Construction		n/a
17	Ks (Skin Effect Coefficient)		1
18	Kp (Proximity Effect Coefficient)		0,8
19	Diameter	[mm]	29,3
<b>Conductor Shield</b>			
20	Thickness	[mm]	0,7
21	Diameter	[mm]	30,7
<b>Insulation</b>			
22	Material		EPR
23	Thermal Resistivity	[K.m/W]	5
24	Dielectric Loss Factor - (tan delta)		0,02
25	Relative Permittivity - (epsilon)		3
26	Specific Insulation Resistance Constant at 50°F - (K)	[MΩ.km]	6026
27	Thickness	[mm]	7,3
28	Diameter	[mm]	45,3
<b>Insulation Screen</b>			
29	Material		Semi Conducting Screen
30	Thickness	[mm]	0,7
31	Diameter	[mm]	46,7
<b>Sheath</b>			
32	Is Sheath Around Each Core?		n/a
33	Material		Copper
34	Electrical Resistivity at 20°C	[μΩ/cm]	1,7241
35	Temperature Coefficient at 20°C	[1/K]	0,00393
36	Reciprocal of Temperature Coefficient of Resistance (BETA)	[K]	234,5
37	Volumetric Specific Heat (SH)	[J/(K*cm <sup>3</sup> )]	3,45
38	Corrugation Type		Non Corrugated
39	Thickness	[mm]	0,17
40	Diameter	[mm]	47,04
<b>Jacket</b>			
41	Material		Polyethylene
42	Thermal Resistivity	[K.m/W]	3,5
43	Thickness	[mm]	3,18
44	Diameter	[mm]	53,4

No.	Description	Unit	1
<b>Specific Installation Data</b>			
45	Cable Equipment ID		HEPRZ1_AL_18_30KV_630
46	Cable Frequency	[Hz]	50
47	Sheath / Shield Bonding		1 Conductor Bothends Triangular
48	Loss Factor Constant (ALOS)		6,3
49	Duct construction		0
50	Duct material thermal resistivity	[K.m/W]	6
51	Inner diameter of the conduit	[mm]	212,0
52	Outer diameter of the conduit	[mm]	250,0

**Cable ID : HEPRZ1\_AL\_18\_30KV\_630**

Cable Title EPROTENAX H COMPACT 18\_30 kV\_630mm<sup>2</sup>









4.4. Il trasformatore degli aerogeneratori hanno le seguenti caratteristiche:

Potencia, Sn [MVA]	7,332
Tensiones, Uat/Umt [kV]	30/0,69
Perdidas debidas a la carga, Pcu [kW]	84,24
Perdidas en vacío, Pfe [kW]	4,77
Pérdidas totales, Pfe + Pcu [kW]	89,01

Tabella 4. Caratteristiche del trasformatore delle WTG

4.5. LA SOTTOSTAZIONE UTENTE (SET) è dotata di due trasformatori di 75MW cadauno.

4.6. SERVIZI AUSILIARI DELLA SOTTOSTAZIONE SS.AA.

Sottostazione del parco e dell'edificio di controllo del parco, sono trattati come perdite elettriche poiché consumano una piccola parte dell'energia generata dalle turbine eoliche. Si considera che i sistemi di Protezione, Controllo e Misurazione, illuminazione e condizionamento/riscaldamento consumano mediamente 15kW.

5.

## RELAZIONE E DESCRIZIONE OPERE ELETTRICHE E MANUFATTI

L'elaborato "*relazione specialistica opere elettriche*" fornisce il quadro completo delle opere elettriche del parco eolico in progetto denominato "Cantorato", che prevede la realizzazione di un impianto di produzione di energia da fonte eolica per una potenza complessiva di 124MW, proposto dalla Società Energia Levante s.r.l.

L'energia prodotta dagli aerogeneratori sarà conferita, tramite cavidotti interrati a 30kV, alle cabine di raccolta interne al parco eolico nelle quali saranno realizzati i collegamenti, con cavidotto interrato, in MT a 30 kV, lungo le strade e piste esistenti, alla stazione elettrica lato utente 150/30kV.

La soluzione di connessione prevede che l'impianto di produzione venga connesso direttamente con cavo interrato a sezione a 150 kV, appartenente ad una nuova stazione RTN denominata "Cutro". Le opere elettriche comprendono:

- apparecchiatura elettrica degli aerogeneratori;
- Cavidotti in MT a 30kV interrati interni al parco;
- Cabine di raccolta e control room;
- Cavidotto MT a 30 kV, (a 4 terne) interrate, di connessione dalla cabina di raccolta alla sottostazione lato utente 150/30kV (comune di Scandale).
- Sottostazione lato utente 150/30kV.
- Cavidotto interrato a 150kV di collegamento tra la sottostazione lato utente 150/30kV alla nuova stazione RTN denominata "Cutro" nel comune di Scandale, dotata di trasformatori 380/150kV.

- Stazione elettrica Terna 380/150kV di proprietà TERNA.

#### NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- DPCM 23/4/92:
- Decreto che fissa i limiti massimi di esposizione ai campi elettrici e magnetici generati alla frequenza industriale di 50 Hz;
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici;
- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica -Linee in cavo;
  - Norma CEI 11-18 Impianti di produzione, trasporto, distribuzione energia elettrica. Dimensionamento degli impianti in relazione alle tensioni.
- CEI 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
  - CEI 11-37: Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV;
- CEI 20-13: Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
- Norma CEI 70-1 Gradi di protezione degli involucri (Codice IP).
- Norma CEI 81-1 Protezione di strutture contro i fulmini.
- CEI 81-3: Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico;
- CEI EN 61400: Sistemi di generazione a turbina eolica;
- CEI EN 60099:
- Scaricatori;
- CEI-UNEL 35027: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV - Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata;
  - Legge n. 339 del 28/6/86 e relativo regolamento di attuazione (D.M. 21/3/88) che recepisce la norma CEI 11-4 per le linee elettriche: Per la parte elettrica dei lavori, la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne;
- D.M. 16/1/91: Distanze minime dei conduttori dal terreno, da acque non navigabili e da fabbricati, tenendo conto dei campi elettrici e magnetici e del rischio di scarica.
  - D.M n. 36 del 22/01/2008 che sostituisce la legge n. 46 del 05/03/1990 Norme per la sicurezza degli impianti elettrici.

Tipologia aerogeneratori considerati da 6.2MW-7.2MW – H-114/115m – Rotore 170/172m.

**Rotore-Navicella:**

Il rotore è una costruzione a tre pale, montata controvento rispetto alla torre. La Potenza erogata è controllata dalla regolazione del passo e della richiesta di coppia. La velocità del rotore è variabile ed è progettata per massimizzare la potenza erogata mantenendo carichi e livello di rumorosità. La navicella è progettata per un accesso sicuro a tutti i punti durante le manutenzioni programmate. Inoltre, la navicella è progettata per garantire la presenza sicura dei tecnici di assistenza durante le corse di prova di servizio con la turbina eolica in piena attività. Ciò consente un servizio di alta qualità della turbina eolica e fornisce condizioni ottimali per la risoluzione dei problemi.

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

Il mozzo del rotore è 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 delle pale e dei cuscinetti.

**Generatore:** Il generatore è asincrono trifase a doppia alimentazione con rotore avvolto, collegato ad un convertitore PWM di frequenza. Lo statore e il rotore del generatore sono entrambi costituiti da lamierini magnetici impilati. Il generatore è raffreddato ad aria.

**Sistema di imbardata:** Il cuscinetto di imbardata è un anello a ingranaggi esterni con un cuscinetto a frizione. Una serie di motoriduttori epicicloidali elettrici aziona l'imbardata.

**Torre:** La turbina eolica è montata su una torre d'acciaio tubolare rastremata. La torre ha salita interna e accesso diretto al sistema di imbardata e navicella. E' dotata di pedane e illuminazione elettrica interna.

**Controller:** Il controller è basato su microprocessore ed è completo di quadro e dispositivi di protezione ed 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.

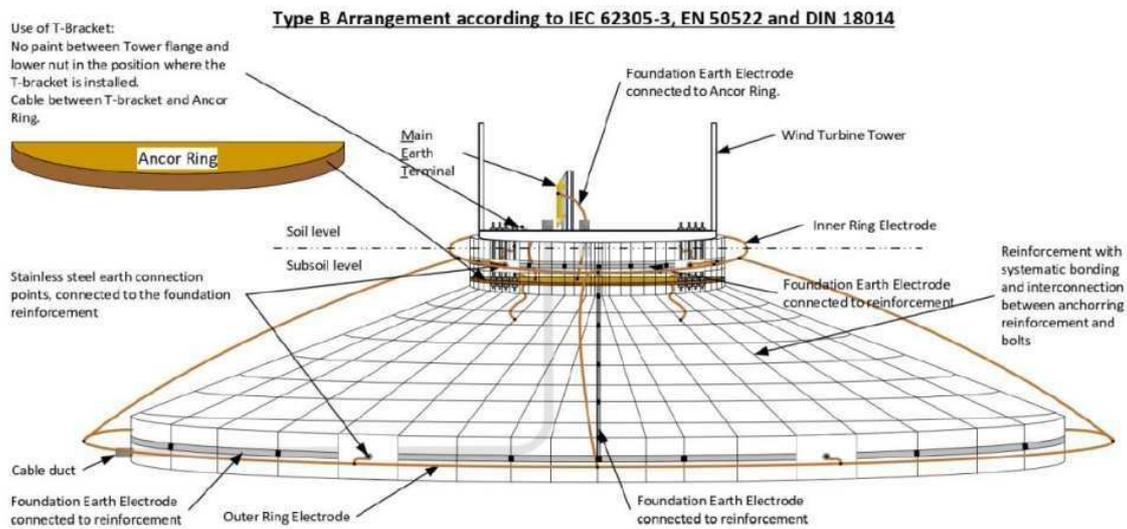
**SCADA:** L'aerogeneratore è collegato al sistema SCADA. Questo sistema offre il controllo remoto e una varietà di visualizzazioni di stato e report utili da un browser Web Internet standard. Le viste di stato presentano informazioni tra cui dati elettrici e meccanici, stato operativo e di guasto, dati meteorologici e dati della stazione di rete.

**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.

Nel sistema LPS, la torre funge da elemento di collegamento naturale fornendo un collegamento conduttivo dalla navicella alla terra. L'impianto di messa a terra dell'aerogeneratore sarà realizzato durante la costruzione del plinto. Gli scaricatori di sovratensione nell'alimentazione principale e nei collegamenti di comunicazione tramite cavi in fibra ottica forniscono protezione dagli effetti dei fulmini nelle vicinanze. L'alimentazione del sistema di controllo si basa su un UPS (gruppo di continuità) che fornisce un ambiente elettrico permanente per tutti i computer e l'elettronica. Le gabbie di Faraday del mozzo, della navicella e della torre forniscono lo smorzamento dell'accoppiamento del campo magnetico per tutti i componenti contenenti energia all'interno, ad esempio sistemi di lubrificazione, elettrici e idraulici. Il cablaggio di segnalazione è schermato, i cavi di segnale e di potenza sono separati e tutti gli scomparti/scatole di connessione sono realizzati in metallo e dotati di messa a terra dedicata. Tutte le apparecchiature collocate all'esterno della turbina eolica, come ad esempio il trasformatore posto all'esterno della torre, deve essere opportunamente messo a terra e collegato all'impianto di terra dell'aerogeneratore. Inoltre, i cavi in entrata/uscita dalla turbina eolica devono essere schermati in un incapsulamento metallico con terminazione conforme ai requisiti EMC (Elettromagnetic compatibility) o installati sufficientemente in profondità nel terreno/fondazione in modo che i cavi siano posizionati sotto il rinforzo del sistema di messa a terra. Il sistema di messa a terra della fondazione dell'aerogeneratore è costituito da diversi componenti, come ad es. rinforzo in calcestruzzo, elettrodi ad anello, uscite in acciaio inossidabile, anello di ancoraggio e morsetti di collegamento. Il collegamento elettrico tra la torre e l'impianto di terra è realizzato tramite i tirafondi che sono collegati elettricamente alla torre allo scopo di condurre le correnti di guasto e di fulmine a terra. Per collegare apparecchiature elettriche, ad es. l'unità di potenza al sistema di calata, la torre è dotata di piazzole PE (Protective Earth pad) realizzate come staffe. Saranno montati direttamente sui bulloni di fondazione che sono collegati a terra. Per garantire la conformità agli standard IEC, è necessario che almeno due collegamenti di cavi in rame grezzo da 50 mm<sup>2</sup> provengano dall'anello di ancoraggio e siano instradati attraverso la fondazione e nel loro punto di terminazione finale:

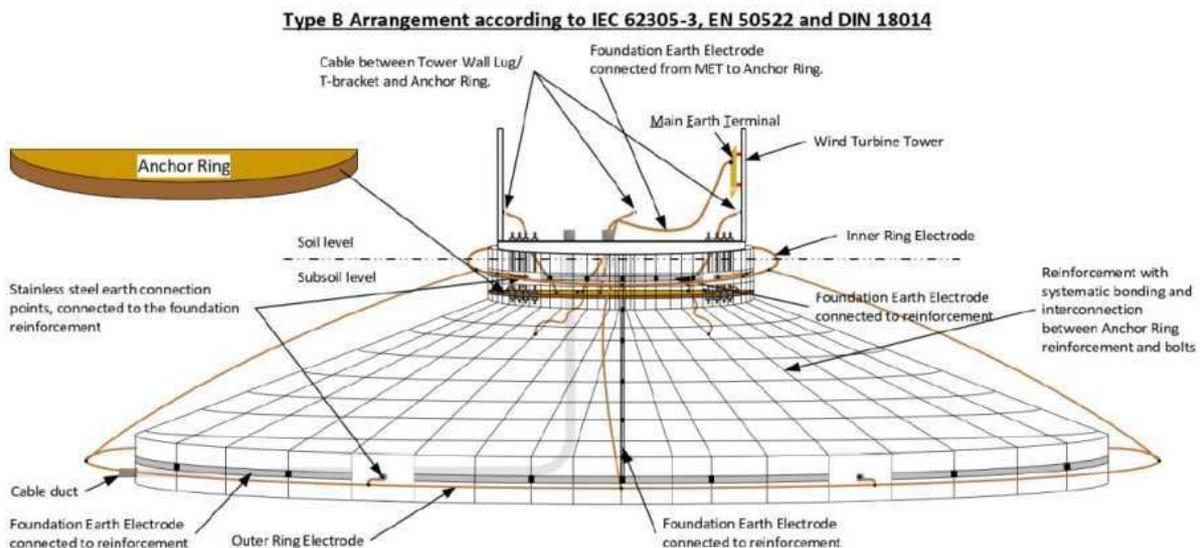
1) Un cavo in rame nudo da 50 mm<sup>2</sup> da collegare dall'anello di ancoraggio a un capocorda a parete della torre o a una staffa a T installata sulla flangia della torre, in quanto la torre è il 2) Un cavo in rame nudo da 50 mm<sup>2</sup> da collegare dall'anello di ancoraggio al terminale di terra principale (MET). Questo cavo è il collegamento di terra di protezione (PE) del sistema di messa a terra. La Figura 6 sottostante è un esempio di un progetto di fondazione per una turbina eolica con il trasformatore MW installato su una piattaforma all'interno della torre o nella navicella e dove viene utilizzata la staffa a T.



### Messa a terra con staffa

esempio di un progetto di fondazione per una turbina eolica con il trasformatore MW installato su una piattaforma all'interno della torre o nella navicella e senza utilizzare la staffa

a T.



Il sistema di messa a terra a stella degli avvolgimenti BT del trasformatore deve essere collegato al sistema di messa a terra dell'aerogeneratore mediante un conduttore PE (protective earth) che deve essere collegato ai PE Pad o al MET nella torre. Il sistema di messa a terra nel sistema a bassa tensione dell'aerogeneratore è conforme alla norma IEC 60364-1 ED 5.0:2005. L'area della sezione trasversale del conduttore PE deve essere conforme alla norma IEC 60364-5-54:2011 Impianti elettrici a bassa tensione.

Selezione e installazione di apparecchiature elettriche - Disposizioni di messa a terra e conduttori di protezione. Secondo la norma IEC 61400-24:2019, le seguenti informazioni

specifiche del sito devono essere valutate e documentate con immagini e misurazioni minime, durante la costruzione della fondazione, al fine di confermare la progettazione del sistema di messa a terra:

- resistività del suolo;
- corrente di guasto a terra;
- tempo di eliminazione del guasto a terra;
- calcoli;
- tensione di passo e di contatto A seconda della resistività del suolo specifica del sito misurata, l'elettrodo o gli elettrodi di terra ad anello devono essere determinati di conseguenza. Se la lunghezza dell'impianto di messa a terra è insufficiente, possono essere necessari ulteriori elettrodi di terra. Per ridurre il rischio di fulminazione diretta nei cavi HV posati nel terreno e per ridurre l'induzione di fulmini nei cavi, nonché per migliorare il sistema di messa a terra del parco globale, è consigliata l'installare di ulteriori cavi in rame nudo sopra i percorsi dei cavi di almeno 50 [mm<sup>2</sup>].

	Rumorosità	Cos phi	Range di tensione	Range di Frequenza	Tensione	Frequenza	Velocità vento min e max
Aerogeneratore in progetto	106dB	0,9	0,195;1,12 Un	+3%Fn	690V	50Hz	3-25 m/s

Specifiche tecniche aerogeneratore in progetto.

L'energia prodotta dagli aerogeneratori verrà processata dal trasformatore interno all'aerogeneratore e trasferita alla cabina di raccolta tramite cavidotto a 30Kv, sono allegati gli elaborati di progetto.

#### CAVIDOTTI IN MT INTERNO ALL'IMPIANTO.

L'energia prodotta dagli aerogeneratori verrà processata dal trasformatore interno all'aerogeneratore e trasferita alla cabina di raccolta tramite cavidotto a 30kV.

Sono allegati gli schemi unifilari.

- I cavi MT utilizzati per le linee elettriche interrato sono del tipo RHZ1 in alluminio con isolamento XLPE, rivestimento esterno in PE (qualità DMZ1), conformi alle norme CEI 20-13, HD 620. I cavi previsti sono destinati a sistemi elettrici di distribuzione con  $U_0/U_m=18/30$  kV e tensione massima  $U_m=36$  kV. Lungo il percorso del cavidotto interno all'impianto e del cavidotto di collegamento alla SSE sono state riscontrate interferenze con il reticolo fluviale esistente. Di seguito si riportano le modalità di esecuzione degli attraversamenti e delle interferenze riscontrate, nonché le modalità proposte per la gestione di altre possibili interferenze:
- Interferenze con il reticolo fluviale esistente (da realizzarsi a mezzo di spingi-tubo), secondo le indicazioni degli Enti di competenza. Per gli attraversamenti dei ponti si stufferanno i cavi al cassone del ponte oppure si realizzerà un collegamento aereo in accordo con l'Ente gestore dell'attraversamento.
- interferenze con condotte metalliche (acquedotto, condotte di irrigazione, etc.), in sovrappasso o in sottopasso, in accordo alle Norme Tecniche applicabili e comunque secondo le indicazioni degli Enti proprietari delle condotte;
- attraversamento di linee elettriche interrato MT, in sovrappasso o in sottopasso a

seconda della profondità di posa a cui si trovano le linee elettriche interferenti, e in accordo alle Norme Tecniche applicabili e comunque secondo le indicazioni degli Enti proprietari delle linee elettriche;

- attraversamento di linee di telecomunicazioni, in sovrappasso o in sottopasso a seconda della profondità di posa a cui si trovano le linee di telecomunicazioni interferenti, e in accordo alle Norme Tecniche applicabili e comunque secondo le indicazioni degli Enti proprietari delle linee di telecomunicazioni;
- In riferimento alla Norma CEI 11-17, nel caso di incroci tra cavi di energia e cavi di telecomunicazioni, quando entrambi i cavi sono direttamente interrati, devono essere osservate le seguenti prescrizioni: 1) il cavo di energia deve, di regola, essere situato inferiormente al cavo di telecomunicazione; 2) la distanza tra i due cavi non deve essere inferiore a 0,30 m; 3) il cavo posto superiormente deve essere protetto, per una lunghezza non inferiore ad 1 m, con uno dei dispositivi descritti in 4.1.04 (tubazioni in acciaio zincato); detti dispositivi devono essere disposti simmetricamente rispetto all'altro cavo. Ove, per giustificate esigenze tecniche, non possa essere rispettata la distanza minima di 0,30 m, si deve applicare su entrambi i cavi la protezione suddetta. 3) Quando almeno uno dei due cavi è posto dentro appositi manufatti (tubazioni, cunicoli ecc.) che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza la necessità di effettuare scavi, non è necessario osservare le prescrizioni sopraelencate. Sempre in riferimento alla Norma CEI 11-17, nel caso di parallelismo: 1) i cavi di energia ed i cavi di telecomunicazione devono, di regola, essere posati alla maggiore possibile distanza tra loro; nel caso per es. di posa lungo la stessa strada, possibilmente ai lati opposti di questa. Ove, per giustificate esigenze tecniche il criterio di cui sopra non possa essere seguito, è ammesso posare i cavi vicini fra loro purché sia mantenuta, fra essi, una distanza minima, in proiezione su di un piano orizzontale, non inferiore a 0,30 m. 2) Qualora detta distanza non possa essere rispettata, si deve applicare sul cavo posato alla minore profondità, oppure su entrambi i cavi quando la differenza di quota fra essi è minore di 0,15 m, uno dei dispositivi di protezione descritti in 4.1.04 della Norma CEI 11-17 (tubazioni in acciaio zincato). 3) In ogni caso, le eventuali interferenze con le linee di telecomunicazione saranno gestite nel rispetto delle indicazioni e prescrizioni che il proprietario delle linee TLC riporterà nel relativo Nulla Osta, nonché secondo le indicazioni riportate nel Nulla Osta che sarà rilasciato dal Ministero dello Sviluppo Economico.

attraversamento di condotte del gas, in sovrappasso o in sottopasso, in accordo alle Norme Tecniche applicabili e comunque secondo le indicazioni degli Enti proprietari delle condotte. Eventuali parallelismi ed interferenze tra cavi elettrici e condotte del gas (con densità non superiore a 0,8, non drenate e con pressione massima di esercizio > 5 bar) verranno realizzati secondo quanto previsto dal DM 24/11/1984 o, comunque, secondo le modalità indicate dagli enti proprietari. Non devono mai essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi elettrici e tubazioni convoglianti liquidi infiammabili.

Nel caso specifico di interferenza con condotta di metano, la distanza minima del cavidotto dovrà essere: 1) maggiore della profondità della generatrice superiore della condotta di metano, in caso di parallelismo 2) maggiore di 150 cm, in caso di incroci.

- MODALITA' DI POSA DEI CAVI MT. Il cavidotto MT sarà interrato secondo le prescrizioni sulla modalità di posa dettate dalla norma CEI 11-17. Il cavo tripolare o la terna di cavi unipolari, a seconda della scelta che verrà fatta in fase esecutiva, saranno direttamente interrati secondo gli schemi riportati in progetto. La posa verrà eseguita ad una profondità minima di 1,20m su tracciati non asfaltati aumentata dello spessore del pacchetto stradale in caso di tracciati asfaltati; la larghezza dello scavo invece sarà variabile a seconda del numero di cavi presenti secondo gli schemi riportati. La sequenza di posa dei vari materiali in caso di tracciati non asfaltati, partendo dal fondo dello scavo, sarà la seguente:

- Strato di sabbia di 10 cm;
- posa di tubo PE di diametro esterno 50 mm per inserimento di una linea in cavo di telecomunicazione (Fibra Ottica);
- cavi posati a trifoglio direttamente sullo strato di sabbia;
- ulteriore strato di sabbia per complessivi 40 cm;
- posa della lastra di protezione supplementare;
- riempimento con terreno di risulta dello scavo;
- nastro segnalatore;
- riempimento con il materiale di risulta dello scavo di 40cm;
- palina segnalatrice.

Lungo tutto lo scavo dei collegamenti tra gli aerogeneratori e tra questi e la cabina di raccolta sarà posata una corda in rame nudo di sezione 50 mm<sup>2</sup> per la messa a terra dell'impianto. La sequenza di posa dei vari materiali in caso di tracciati asfaltati, partendo dal fondo dello scavo, sarà la seguente:

- strato calcestruzzo non strutturale(magrone) di 10 cm;
- cavi posati a trifoglio e cavo di terra dentro un tubo corrugato in PVC di diametro 200mm direttamente sullo strato di magrone;
- posa di tubo PE di diametro esterno 50 mm per inserimento di una linea in cavo di telecomunicazione (Fibra Ottica);
- ulteriore strato di magrone per complessivi 40 cm;
- nastro segnalatore;
- riempimento con il materiale di risulta dello scavo di 60cm;
- pacchetto stradale costituito da sottofondo in misto granulare, strato di base in misto stabilizzato a bitume e strato di usura in conglomerato bituminoso. Lungo tutto lo scavo dei collegamenti tra gli aerogeneratori e tra questi e la cabina di raccolta sarà posata una corda in rame nudo di sezione 50 mm<sup>2</sup> per la messa a terra dell'impianto. I circuiti che costituiscono il cavidotto MT 30kV, interrato confluiranno presso le cabine di raccolta. Per i tratti di cavidotto superiori alla lunghezza di cavo contenuto in una bobina, è necessario prevedere dei pozzetti quadrati con lato paria ad 1,80m, in cui i cavi vengono giuntati con appositi connettori riportati nella figura che segue. In occasione delle giunzioni sarà eseguita anche la messa a terra dell'impianto MT.

## EDIFICI ED IMPIANTI AREA SET, CABINA DI RACCOLTA E CONTROL ROOM

Gli edifici impianti area SET, cabine di raccolta e la control room sono interni ad un'area recintata con un muretto in calcestruzzo armato di altezza fuori terra pari ad  $H=1,20m$  e spessore  $s=0,30m$  sormontato da un'inferriata di altezza pari a 2 metri vi si accederà tramite cancello automatico in ferro di altezza pari a  $H=3,2$  metri e larghezza pari a  $L=3,5m$ .

Gli edifici cabine e control room saranno poggiati su platee di fondazione con le seguenti dimensioni:

	Lunghezza	Larghezza	Altezza
Edificio SET	26,00	4,90	4,00
Cabina di raccolta	7,40	4,80	4,00
Control room	6,00	4,90	4,00

Le pareti sia interne che esterne saranno rivestite con intonaco plastico ed il tetto sarà coibentato con guaina bituminosa e protetta dai raggi solari per mezzo di un rivestimento ultra riflettente. L'armatura della struttura sarà collegata all'impianto di terra ed i locali saranno dotati di griglie di aerazione e porte dotate di serratura di sicurezza inter-bloccabile di dimensioni 120X250. L'acqua meteoritica sarà raccolta per mezzo di tubi pluviali collegati alle griglie di raccolta del piazzale recintato.

La cabina di raccolta sarà suddivisa nel modo seguente:

- 3 celle su cui arrivano i cavi MT, 3 celle di partenza cavi MT ed armadio interruttore;
- sala trasformatore per i servizi ausiliari. La control room è organizzata internamente nel modo seguente:
- telecontrollo WTG;
- server collegato al telecontrollo;
- armadio di misurazione(contatore);
- armadio servizi ausiliari;

Per i particolari architettonici ed edilizi si rinvia alle tavole di dettaglio allegate al progetto. Tutta l'area recintata, sarà realizzata mediante la pulizia e lo spianamento ed asportazione se necessario del terreno vegetale, apposizione di materiale inerte per 20cm e finitura con stabilizzato per ulteriori 20cm costipati meccanicamente con rullo vibratore e sagomati secondo le pendenze di progetto. In ogni caso al piazzale verranno date delle pendenze per permettere alle acque meteoritiche di confluire in apposite griglie di raccolta con cunetta il cui reticolo giunge presso il ricettore idraulico costituito dal fosso, naturale e/o artificiale, di drenaggio più vicino.

Sulle aree dove saranno edificati i locali cabina di raccolta e control room sarà predisposto con uno scavo di sbancamento per un'altezza di circa 60/70 cm necessario ad eliminare il terreno vegetale presente, stendimento di uno strato di magrone per permettere la realizzazione delle fondazioni. Le fondazioni saranno realizzate con platea in calcestruzzo Rck 300 dello spessore di 25 cm, armata e cordoli perimetrali in c.a. armati dell'altezza netta di 100 cm. Su questa struttura di fondazione saranno appoggiate le strutture prefabbricate. Le cabine, in cemento armato vibrato, sono realizzate in versione "monobox" o in versione "pannolare" a seconda della disponibilità e delle decisioni che verranno prese in fase esecutiva. Relativamente ai monobox, la progettazione strutturale ed il grado di

finitura sono tali da soddisfare i severi standard qualitativi richiesti da ENEL secondo le più recenti Specifiche Tecniche DG2061 del Settembre 2021. Il particolare sistema costruttivo inoltre, consente la movimentazione delle cabine "arredate", cioè complete delle apparecchiature elettromeccaniche, limitando onerose lavorazioni in opera per montaggi e cablaggi.

Impianto elettrico cabina di raccolta e control room.

La cabina elettrica è servita da impianti elettrici ausiliari con tensione di 400/230 V, alimentati da trasformatori dedicati. Tutte le linee partiranno dal quadro ausiliari completo di tutte le apparecchiature di protezione e comando, interruttori magnetotermici e magnetotermici-differenziali ad alta sensibilità per la protezione contro i contatti indiretti. Le linee di potenza raggiungeranno le singole utenze costituite da corpi illuminanti o da prese di tipo normale a poli protetti o di tipo interbloccato, monofase o trifase; Parallelamente alle linee di potenza saranno posati i conduttori di protezione giallo-verdi che collegheranno le singole utenze ai nodi collettori di terra ubicati nei quadri o nelle loro vicinanze realizzati con barra 30x3 mm, collegati all'impianto di terra della cabina. Impianto videosorveglianza cabina di raccolta e control room. Le cabine saranno dotate di impianto antintrusione costituito da una centralina a microprocessore con linea antimanomissione, alimentatore, batterie ermetiche e ripetitore telefonico, collegata a rilevatori a doppia tecnologia con sensori a microonde e infrarossi installati a parete all'interno dei locali tecnici. L'impianto sarà dotato di chiave di prossimità per attivazione e disattivazione. L'area recintata sarà inoltre dotata di sistema di videosorveglianza con registrazione degli eventi, costituito dalle seguenti componenti:

- 1) N. 5 Telecamere fisse ad altissima risoluzione con sistema ad infrarossi.
- 2) Videoregistratore digitale a 16 ingressi con HDD da 500 Gb e gestione indirizzo IP statico/dinamico. L'illuminazione esterna sarà realizzata con proiettori simmetrici in classe II equipaggiati con lampade da 250 W, ed installati a coppie, con l'ausilio di opportuna staffa su pali in PVC di altezza f.t. pari a 5,4 m. La connessione elettrica al quadro ausiliari installato all'interno dei locali tecnici avverrà tramite cavi FG7OR 4x2,5 mmq, installati all'interno di cavidotti interrati in PVC (nel piazzale interno) e pozzetti rompi tratta di dimensioni 40x40 cm. I cavidotti saranno interrati, ad una profondità di 80 cm dal piano stradale, posati su letto di sabbia e quindi ricoperti con sabbia per uno spessore medio di 30 cm. Successivamente avverrà il rinterro con materiale vagliato rinvenente dagli stessi scavi. La finitura superficiale sarà quella del piazzale esterno in terra. Impianto rilevazione fumi e antincendio L'impianto avrà la funzione di rilevare e segnalare un eventuale incendio nel minor tempo possibile e fornirà i presidi di primo intervento; sarà costituito da: 1) Rivelatori puntiformi di fumo per cabina (rivelano l'incendio e trasmettono automaticamente l'allarme alla centrale di controllo e di segnalazione); 2) Centrale di controllo e di segnalazione (consente di avere il controllo globale sul funzionamento dell'impianto, riceve il segnale di allarme ed aziona i segnalatori acustici di allarme). 3) Segnalatori acustici-luminosi di allarme (diffondono sia acusticamente sia visivamente il segnale di allarme ricevuto dalla centrale di segnalazione) 4) Estintori a CO2 per il primo intervento.

PARTICOLARI E SPECIFICHE DEI CAVIDOTTI IN MT INTERNI ALL'IMPIANTO E FINO ALLA (SET) SOTTOSTAZIONE UTENTE E CAVIDOTTO DALLA SET (UTENTE) ALLA SEE TERNA- SONO RIPORTATI NEGLI ELABORATI:

- CA\_TOP T19 Sezioni tipologia cavidotti;
- CA\_T29 Edificio di servizio SET Utente;
- CA\_T30 Edificio di servizio area comune;
- CA\_T27.1 CTR 2000 SE 380 RTN CUTRO + SSE UTENTE.

Catanzaro 10.08.2023

Il progettista  
Ferraro architetto Francesco