Regione Liguria

Provincia di Savona

Comuni di Quiliano, Altare e Mallare

"Impianto eolico di potenza nominale pari a 30 MW integrato con un sistema di accumulo di potenza nominale pari a 20 MW da realizzarsi nei Comuni di Quiliano, Altare e Mallare (SV)"

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI

Il tecnico

Ing. Leonardo Sblendido



File:C24G&GWLI002P006R00_Relazione di calcolo preliminare degli impianti.pdf

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	03/12/2024	Prima emissione	A. Amendola	D. Morelli	L. Sblendido

INDICE

1. INTRODUZIONE 3
2. OGGETTO E SCOPO 3
3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO 4
4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 4
5. BREVE DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO 6
6. COMPONENTI PRINCIPALI 8
6.1. AEROGENERATORI 8
6.2. CAVO AT 11
7. DIMENSIONAMENTO CAVI 12
8. PROGETTAZIONE CAVIDOTTI 17
9. IMPIANTO DI TERRA 19
10. STAZIONE DI RACCOLTA 21

1. INTRODUZIONE

L'impianto eolico in progetto è costituito da 5 aerogeneratori (anche detti WTG) di potenza nominale unitaria pari a 6 MWp, per una potenza nominale complessiva pari a 30 MW. L'impianto è integrato da un sistema di accumulo di potenza nominale pari a 20 MW e corredato dalle opere di connessione e dalle infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dello stesso. Tutte le turbine e le opere di connessione ricadono all'interno dei confini comunali di Quiliano, Altare e Mallare, in provincia di Savona.

Per come riportato nella STMG (cod. pratica: 202402184), la centrale utente verrà *collegata in antenna a 36 kV con la futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione a 380/132/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV "Magliano – Vado Ligure".*

L'energia elettrica prodotta dall'impianto concorrerà al raggiungimento dell'obiettivo di incrementare la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, coerentemente con gli accordi siglati a livello comunitario dall'Italia.

L'impianto sarà destinato a funzionare in parallelo alla rete elettrica nazionale, in modo da immettere energia da fonte rinnovabile in rete; l'iniziativa, oltre a contribuire al potenziamento della produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile su territorio nazionale, sarà a servizio dei futuri fabbisogni energetici comunali.

2. OGGETTO E SCOPO

Il documento ha lo scopo di descrivere le opere e le componenti che interessano l'impianto. L'oggetto del presente studio sono pertanto le analisi sul dimensionamento delle componenti dell'impianto eolico ed in particolare, un cavidotto in alta tensione (AT) per il collegamento dei singoli aerogeneratori nonché per il trasporto dell'energia alla Stazione di raccolta (SSE) ed un'ulteriore tipologia di cavidotto sempre in AT per collegare il sistema di accumulo BESS all'impianto. A tale scopo è stata definita la sezione del cavidotto a partire da ogni singolo aerogeneratore in bassa tensione fino al punto di consegna sulla rete elettrica AT. Le opere di interesse sono esercite sul nuovo standard di tensione proposto da TERNA S.p.A. e pari ai 36 kV.

3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella redazione del presente documento, sono di riferimento i seguenti documenti tecnici di progetto:

- *C24G&GWLI002P025T00_Sezioni tipiche cavidotti*
- *C24G&GWLI002P026T00_Schema elettrico unifilare*
- *C24G&GWLI002P027T00_Rete di terra impianto eolico*
- *C24G&GWLI002P028T00_Planimetria cavidotti*
- *C24G&GWLI002P030T00_SSE – Rete di terra*

4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

a. CEI EN 60909-0: Correnti di cortocircuito nei sistemi trifase in corrente alternata Parte 0: Calcolo delle correnti

b. TERNA Codice di Trasmissione, Dispacciamento, Sviluppo e Sicurezza della Rete

c. TERNA Codice di Rete, allegato A.1 “Criteri per il coordinamento degli isolamenti nelle reti a tensione uguale o superiore a 120 kV”

d. TERNA Codice di Rete, allegato A.2 “Guida agli schemi di connessione”

e. TERNA Codice di Rete, allegato A.3 “Requisiti e caratteristiche di riferimento di stazioni e linee elettriche della RTN”

f. TERNA Codice di Rete, allegato A.4 “Criteri generali di protezione delle reti a tensione uguale o superiore a 110 kV”

g. TERNA Codice di Rete, allegato A.8 “Correnti di corto circuito e tempo di eliminazione dei guasti negli impianti delle reti a tensione uguale o superiore a 120 kV”

h. TERNA Codice di Rete, allegato A.11 “Criteri generali per la taratura delle protezioni delle reti a tensione uguale o superiore a 110 kV”

i. TERNA Codice di Rete, allegato A.12 “Criteri di taratura dei relè di frequenza del sistema elettrico”

j. TERNA Codice di Rete, allegato A.13 “Criteri di connessione al sistema di controllo di Terna”

k. TERNA Codice di Rete, allegato A.14 “Partecipazione alla regolazione di tensione”

l. TERNA Codice di Rete, allegato A.15 “Partecipazione alla regolazione di frequenza e frequenza/potenza”

m. TERNA Codice di Rete, allegato A.17 “Centrali eoliche: Condizioni generali di connessione alle reti AT Sistemi di protezione regolazione e controllo”

n. TERNA Codice di Rete, allegato A.18 “Verifica della conformità delle unità di generazione alle prescrizioni tecniche del Gestore”

o. TERNA Codice di Rete, allegato A.45 “Specifica tecnica funzionale e realizzativa delle apparecchiature di misura”

p. TERNA Codice di Rete, allegato A.55 “Caratteristiche della tensione sulla rete di trasmissione nazionale”

q. TERNA Codice di Rete, allegato A.56 “Determinazione e verifica dei valori minimi e massimi convenzionali della potenza di corto circuito per i siti direttamente connessi alla RTN”

r. TERNA Codice di Rete, allegato A.57 “Contratto tipo per la connessione alla rete di trasmissione nazionale”

s. TERNA Codice di Rete, allegato A.64 “Modalità di utilizzo del teledistacco applicato ad impianti di produzione da fonte eolica”

t. TERNA Codice di Rete, allegato A.65 “Dati tecnici dei gruppi di generazione”

u. TERNA Qualità del servizio di trasmissione: Valori minimo e massimo della tensione effettiva misurata dagli Utenti AT sui propri impianti - Anno 2017

v. TERNA Qualità del servizio di trasmissione: Valori minimi e massimi convenzionali della corrente di cortocircuito e della potenza di cortocircuito della rete rilevante con tensione 380-220-150-132 kV – Anno 2019

Per l’esecuzione del progetto di maglia di terra sono state adottate le norme CEI nella loro edizione più recente. Di seguito si elencano le principali normative e standard di riferimento.

I. CEI 0-2: guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;

II. CEI EN 61936-1 (CEI 99-2) - Impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a. - Parte 1: Prescrizioni comuni.

III. CEI EN 50522 (CEI 99-3) - Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.;

IV. CEI 11.17 – Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo;

V. CEI EN 60865-1 (CEI 11-26) Correnti di cortocircuito – Calcolo degli effetti - Parte 1: Definizioni e metodi di calcolo;

VI. CEI EN 60909-0 (CEI 11-25) Correnti di corto circuito nei sistemi trifasi in corrente alternata – Parte 0: calcolo delle correnti;

VII. CEI EN 60909-3 Correnti di corto circuito nei sistemi trifasi in corrente alternata – Parte 3: Correnti in due corto circuiti fase-terra simultanei e distinti e correnti di corto circuito parziali che fluiscono attraverso terra;

VIII. CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo;

IX. CEI 11-37 Guida per l’esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV;

X. IEC 60502-2: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV (U_m = 1,2 kV) up to 30 kV (U_m = 36 kV) - Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV (U_m = 7,2 kV) up to 30 kV (U_m = 36 kV)

XI. IEC 60479-1 Effects of current on human beings and livestock - Part 1: General aspects;

XII. IEC 60479-2 Effects of current on human beings and livestock - Part 2: Special aspects;

XIII. IEC/TR 60909-2:2008 Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part 2: Data of electrical equipment for short-circuit current calculations;

XIV. DL n°81 del 9.04.2008 - Procedure di attuazione per la sicurezza sul lavoro;

XV. ANSI / IEEE Std 80 – Guide for Safety in AC Substation Grounding;

Per quanto non esplicitamente indicato, dovranno in ogni caso essere sempre adottate tutte le indicazioni normative e di legge atte a garantire la realizzazione del sistema a regola d'arte e nel rispetto della sicurezza.

5. BREVE DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto eolico è costituito da 5 aerogeneratori, ciascuno dei quali comprende un generatore (V=720V, P=6000 kW), collegati al rispettivo trasformatore di macchina (36/0.72kV, P=7300kVA). I cinque aerogeneratori sono divisi in due sottogruppi (Clusters). All'interno di ogni cluster gli aerogeneratori sono connessi con collegamento di tipo "entra-esce" mediante cavi interrati di tensione 36 kV. L'energia elettrica sarà convogliata dal parco eolico mediante tre terne di cavi interrati di tensione 36 kV (AT) verso la Stazione di raccolta (SSE) 36 kV.

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

L'impianto elettrico comprende sistemi di categoria 0, I e II ed è esercito alla frequenza di 50Hz.

L'impianto è composto dalle seguenti strutture:

- n°5 aerogeneratori con annesse all'interno tutte le apparecchiature di macchina;
- Impianto di accumulo costituito da 32 Battery Unit (ognuna avente capacità nominale pari a 5015 KWh) e 4 unità di trasformazione (MV Skid);
- n°1 Stazione di raccolta 36 kV.

Le opere elettriche necessarie per il trasporto dell'energia prodotta dal parco eolico alla Stazione di raccolta AT di nuova realizzazione sono:

- Rete in cavo interrato, esercita in alta tensione a 36 kV, per il collegamento dei 5 aerogeneratori;

- Rete in cavo interrato, esercita in alta tensione a 36 kV, per il collegamento interno del sistema di accumulo (BESS);
- Rete in cavo interrato, esercita in alta tensione a 36 kV, per il collegamento sino alla Stazione di raccolta a 36 kV.
- Cavidotto AT a 36 kV di connessione tra la SSE e la Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione a 380/132/36 kV.

Per maggiori dettagli relativi alla struttura elettrica dell'impianto si rimanda all'elaborato "*C24G&GWLI002P026T00_Schema elettrico unifilare*".

Di seguito viene mostrato il layout dell'impianto con inquadramento su base satellitare:

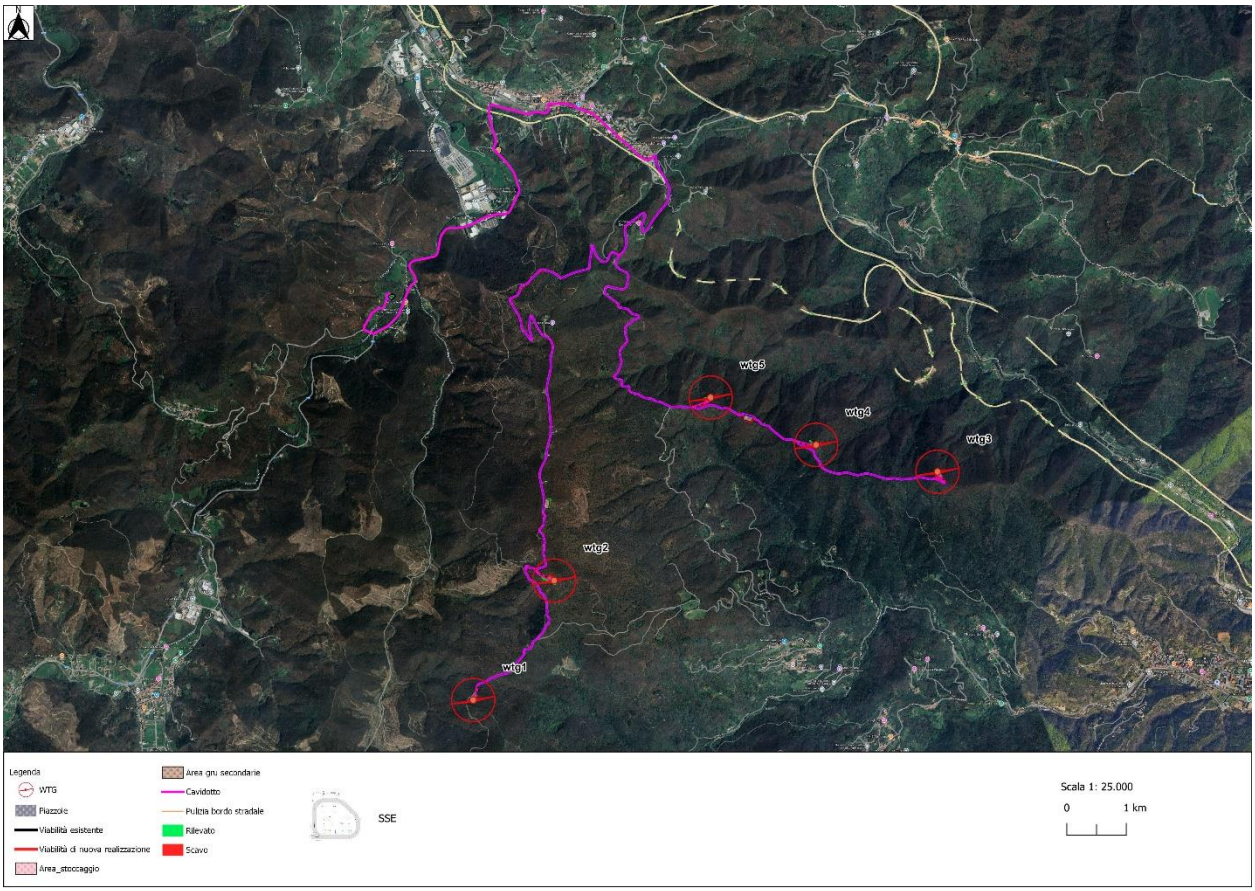
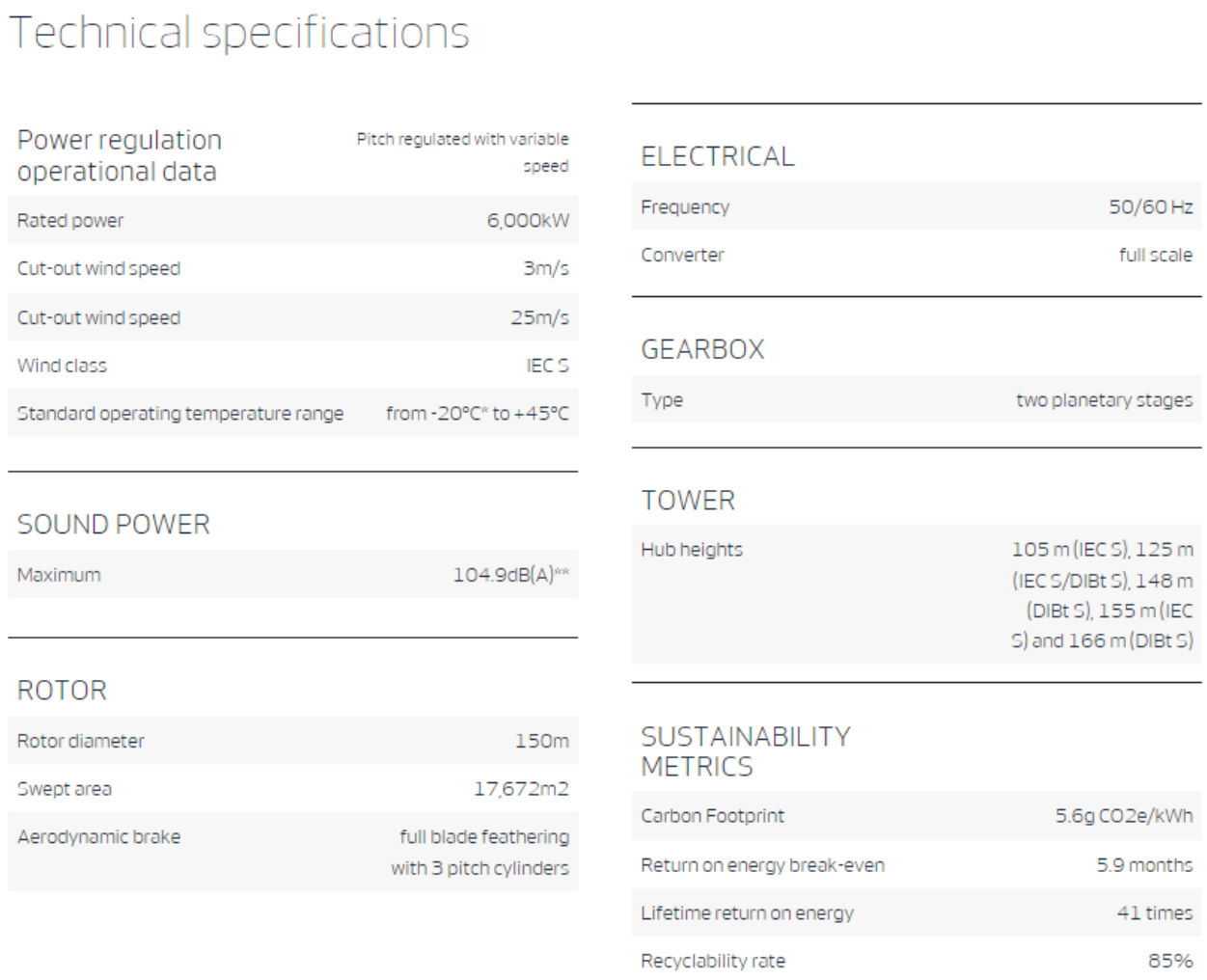


Figura 1 - Inquadramento su base ortofoto dell'area di impianto

6. COMPONENTI PRINCIPALI

6.1. AEROGENERATORI

Gli aerogeneratori utilizzati per il parco eolico in progetto hanno potenza nominale di 6 MW/unità. Di seguito si descrivono le principali caratteristiche tecniche.



Technical specifications

Power regulation operational data	Pitch regulated with variable speed
Rated power	6,000kW
Cut-out wind speed	3m/s
Cut-out wind speed	25m/s
Wind class	IEC S
Standard operating temperature range	from -20°C* to +45°C

SOUND POWER	
Maximum	104.9dB(A)**

ROTOR	
Rotor diameter	150m
Swept area	17,672m2
Aerodynamic brake	full blade feathering with 3 pitch cylinders

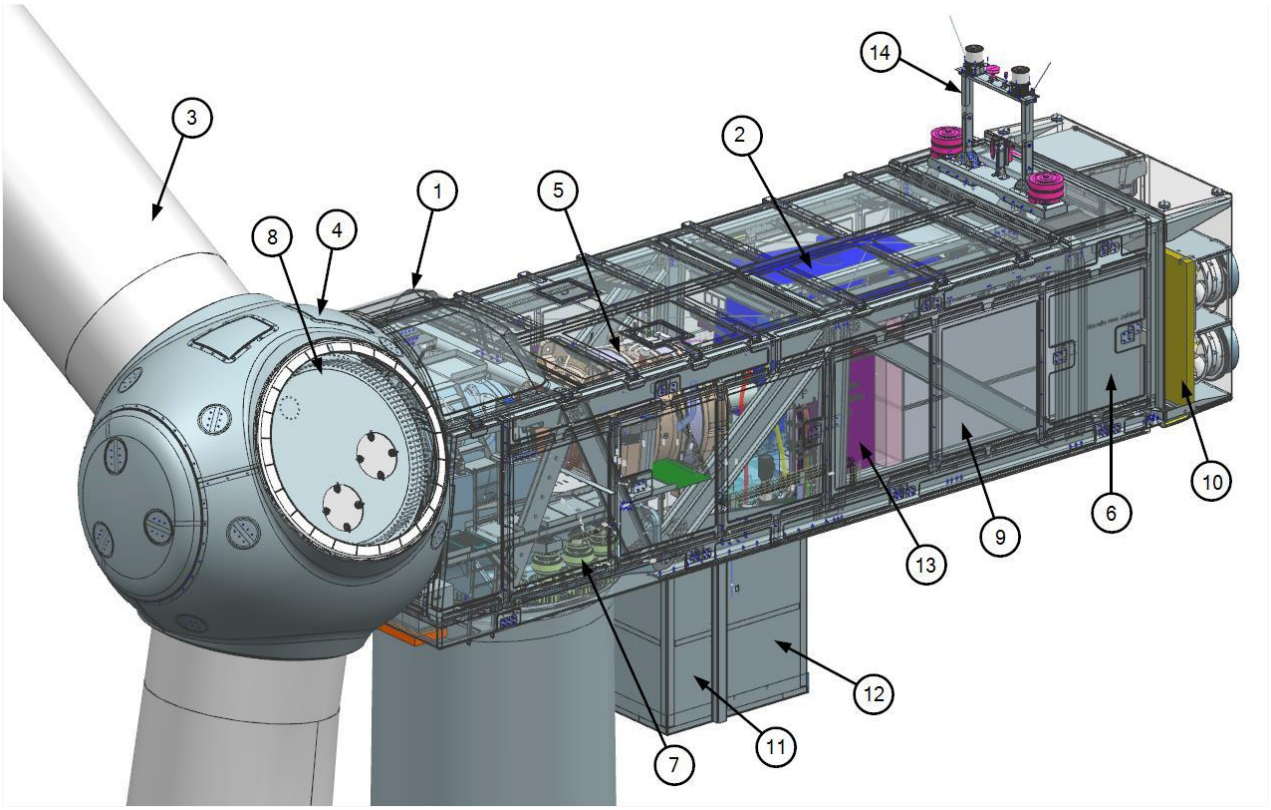
ELECTRICAL	
Frequency	50/60 Hz
Converter	full scale

GEARBOX	
Type	two planetary stages

TOWER	
Hub heights	105 m (IEC S), 125 m (IEC S/DIBt S), 148 m (DIBt S), 155 m (IEC S) and 166 m (DIBt S)

SUSTAINABILITY METRICS	
Carbon Footprint	5.6g CO2e/kWh
Return on energy break-even	5.9 months
Lifetime return on energy	41 times
Recyclability rate	85%

Figura 2 – Specifiche tecniche aerogeneratore 6 MW – 150m



Item	Description
1	Canopy
2	Generator
3	Blades
4	Spinner/hub
5	Gearbox
6	Control panel

Item	Description
8	Blade bearing
9	Converter
10	Cooling
11	Transformer
12	Stator cabinet.
13	Front Control Cabinet
14	Aviation structure

Figura 3 – Allestimento navicella dell'aerogeneratore

Il rotore è costituito da un mozzo (hub) realizzato in ghisa sferoidale, montato sull'albero a bassa velocità della trasmissione con attacco a flangia. Il mozzo è sufficientemente grande da fornire spazio ai tecnici dell'assistenza durante la manutenzione delle pale e dei cuscinetti all'interno della struttura.

- Diametro: 150 m
- Superficie massima spazzata dal rotore: 17.672 m²
- Numero di pale: 3
- Velocità: variabile per massimizzare la potenza erogata nel rispetto dei carichi e dei livelli di rumore.

Le pale sono realizzate in fibra di vetro CRP (Carbon Reinforced Plastic) e sono costituite da due gusci di aerazione legati ad un fascio di supporto o con struttura incorporate.

La pala utilizza un design basato su profili alari. La lunghezza della singola pala è pari a 73 m.

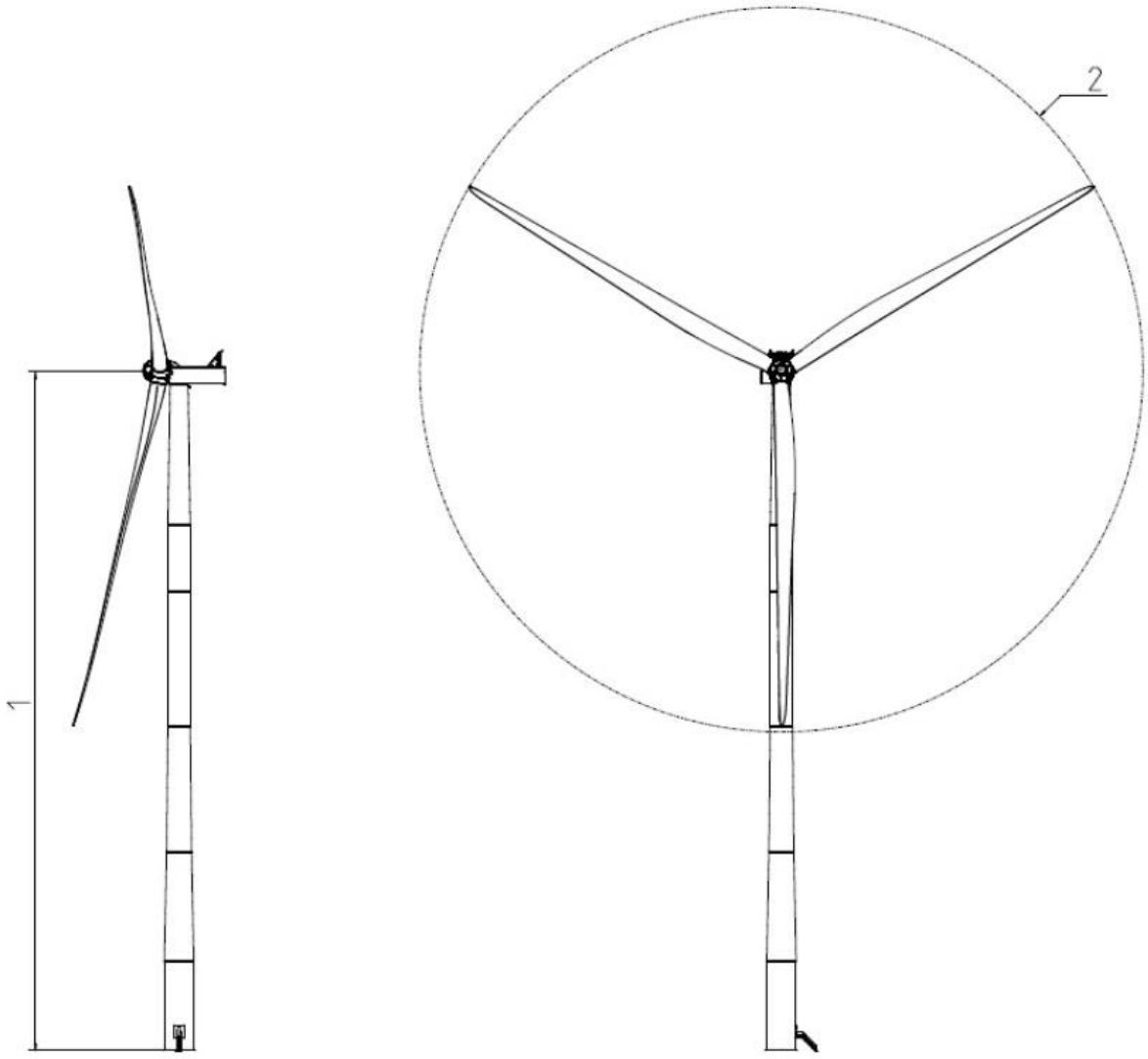


Figura 4 – Dimensioni aerogeneratore tipo

Altezza della punta (*Tip height*)	200,00 m
Altezza del mozzo (*Hub height*)	125,00 m
Diametro del rotore (*Rotor* ∅)	150,00 m

Tabella 1 – Dimensioni aerogeneratore tipo

Il generatore è di tipo asincrono trifase a doppia alimentazione con rotore avvolto (DFIG) ed è collegato ad un convertitore di frequenza PMW. Il convertitore consente di fornire un'alimentazione a frequenza e tensione costanti al trasformatore, mentre il funzionamento del generatore può essere a frequenza e tensione variabili. Lo statore e il rotore del generatore sono entrambi costituiti

da lamierini magnetici impilati e avvolgimenti sagomati. La potenza è pari a 6 MW e la tensione è pari a 720 V. Il generatore è raffreddato ad aria.

6.2. CAVO AT

I cavi di interconnessione tra gli aerogeneratori, i cavi di interconnessione tra i blocchi del sistema di accumulo ed i cavi di collegamento dei clusters con la stazione di raccolta (SSE) saranno del tipo trifase con struttura unipolare del tipo ARE4H1H5E 20,8/36 kV.



Figura 5 - Cavo unipolare ARE4H1H5E 20,8/36 kV

Caratteristiche elettriche/*Electrical characteristics*

Formazione Size	Resistenza elettrica in CC a 20°C *Max. DC electrical resistance at 20°C*	Resistenza elettrica CA a 90°C *Max. AC electrical resistance at 90°C*	Induttanza *Inductance*	Reattanza a 50Hz *Reactance at 50Hz*	Capacità a 50Hz *Capacitance at 50 Hz*	Corrente di carica a 50Hz *Charging Current at 50 Hz*	Perdite nel dielettrico a 50Hz *Dielectric Losses at 50 Hz*	Corrente di corto circuito del conduttore per 1 sec. *Conductor Short Circuit Current for 1 sec.*	Corrente di corto circuito dello schermo metallico per 0,5 sec. *Metallic Screen Short Circuit Current for 0,5 sec. (Copper wire + AL tape)*
n° x mm²	Ω/Km	Ω/Km	mH/Km	Ω/Km	µ/Km	Amp/Km	W/Km/phase	kA	kA
1 x 185	0,164	0,211	0,4112	0,1292	0,1954	1,2771	106,26	17,5	14,5
1 x 240	0,125	0,1612	0,3937	0,1237	0,2143	1,4003	116,51	22,7	14,5
1 x 400	0,0778	0,1015	0,3658	0,1149	0,2541	1,6606	138,16	37,8	14,5
1 x 630	0,0469	0,0632	0,3384	0,1063	0,3121	2,0394	169,68	59,5	14,5

*Temperatura in aria= 30°C - Temperatura suolo = 20° C - Resistività termica del suolo = 1° C m/W - Profondità interramento= 0,5 m - Formazione a trifoglio
** Air Temperature = 30 °C - Ground Temperature = 20 °C - Soil Thermal Resistivity = 1 °C.m/W - Burial Depth = 0.5 m - Trefoil Formation*

Figura 6 - Caratteristiche elettriche cavo ARE4H1H5E 20,8/36 kV

Di seguito le principali caratteristiche:

- **Conduttore:**
  Corda rigida compatta d'alluminio, classe 2, secondo prescrizioni IEC 60502-2.
- **Isolamento:**

Isolante costituito da uno strato di polietilene reticolato (TR-XLPE) senza piombo.

- **Strati semiconduttivi:**

  Mescola estrusa termoindurente.

- **Schermo:**

  Fili di rame rosso con nastro di rame in contro spirale, sezione ≥70mm^2.

- **Nastro water blocking:**

  Nastro semiconduttivo igroespandente per bloccare la migrazione dell'umidità.

- **Schermo in alluminio:**

  Nastro di alluminio laminato.

- **Guaina esterna:**

  Qualità mescola PE (ST7) resistente ai raggi ultravioletti, colore grigio scuro.

7. DIMENSIONAMENTO CAVI

La configurazione elettrica dell'impianto prevede la realizzazione di 2 clusters, ognuno costituito da una coppia di WTGs. Ciascun aerogeneratore sarà elettricamente interconnesso con il successivo mediante collegamento di tipo "entra-esce" mediante cavo AT.

Per quanto concerne il sistema di accumulo, i 4 blocchi, costituiti ciascuno da 8 Battery Units (per un totale di 32), saranno anch'essi elettricamente interconnessi con collegamento di tipo "entra-esce" mediante cavo AT.

Per maggiori dettagli si rimanda al documento *"C24G&GWLI002P026T00_Schema elettrico unifilare".*

In base al layout dell'impianto e alla lunghezza di ciascuna tratta, la suddetta viene dimensionata considerando i criteri di portata di corrente e caduta di tensione in servizio normale e tenuta dei livelli di cortocircuito.

In una rete attiva vanno verificate due condizioni importanti:

1. La corrente che passa nei cavi deve essere inferiore o al limite uguale alla portata effettiva stimata della conduttura sulla base delle condizioni di posa;
2. La tensione che si trova ai morsetti di ogni WTG sia all'interno del suo campo di funzionamento normale.

Ogni percorso della rete (cavo) sarà rappresentato da:

- Impedenza longitudinale (serie resistenza e reattanza induttiva);
- Impedenza trasversale (reattanza capacitiva e conduttanza che considera le perdite nel dielettrico).

Lo scambio di energia tra ogni punto di generazione (WTG) ed il punto di consegna (Barra AT) è affetta da perdita.

Gli aerogeneratori risultano interconnessi mediante cavi tipo ARE4H1H5E 20,8/36 kV di sezione opportuna, riportata a seguire, nella tabella riepilogativa.

Dal punto di vista delle caratteristiche termiche, la corrente permanente massima ammissibile da trasportare è determinata dalle caratteristiche dell'impianto stesso. Le condizioni di installazione della rete di media tensione sono descritte di seguito.

Descrizione	Valore	Unità
Temperatura del terreno	20	ºC
Resistività termica del terreno	1	K·m/W
Profondità di installazione	1.36	m
Temperatura del conduttore	90	ºC
Disposizione	Trifoglio	
Installazione	Interrato in tubo corrugato	

Tabella 2 - Condizioni di installazione della rete di media tensione

Il fattore di correzione per temperature K_T del terreno diverse da 20 ºC è indicato di seguito.

Maximum conductor temperature °C	Ambient ground temperature °C							
	10	15	25	30	35	40	45	50
90	1,07	1,04	0,96	0,93	0,89	0,85	0,80	0,76

Tabella 3 - Tabella correttiva per temperatura del terreno diversa da 20°C (IEC 60502-2:2014)

Si ipotizza la temperatura del terreno pari a 20°C, quindi il fattore correttivo scelto è:

$$K_T = 1$$

Il fattore di correzione per gruppi K_R di più circuiti installati sullo stesso piano è indicato di seguito.

Number of cables in group	Spacing between duct group centres mm				
	Touching	200	400	600	800
2	0,78	0,85	0,89	0,91	0,93
3	0,66	0,75	0,81	0,85	0,88
4	0,59	0,70	0,77	0,82	0,86
5	0,55	0,66	0,74	0,80	0,84
6	0,51	0,64	0,72	0,78	0,83
7	0,48	0,61	0,71	0,77	0,82
8	0,46	0,60	0,70	0,76	–
9	0,44	0,58	0,69	0,76	–
10	0,43	0,57	0,68	–	–
11	0,42	0,56	0,67	–	–
12	0,40	0,55	0,67	–	–

Tabella 4 - Tabella correttiva per cavidotti con più circuiti (IEC 60502-2:2014)

Nel caso in oggetto il numero di circuiti presente all'interno dello stesso cavidotto viene valutato per il singolo cavidotto. Le terne di cavi sono distanziate di 30 cm tra di loro. Non essendo questa misura presente all'interno delle casistiche riportate dalla normativa, si è scelto il caso più conservativo considerando le terne di cavi distanti 20 cm tra di loro. Questo coefficiente correttivo viene scelto per ogni linea in base al numero massimo di circuiti incontrati nel suo percorso. I valori ottenuti per il fattore di correzione sono $K_R = 0.85$ e $K_R = 0.70$.

Il fattore di correzione per differenti valori di profondità K_A di posa è indicato di seguito.

Depth of laying m	Single-core cables Nominal conductor size mm^2		Three-core cable
	≤185 mm^2	>185 mm^2	
0,5	1,04	1,05	1,03
0,6	1,02	1,03	1,02
1	0,98	0,97	0,99
1,25	0,96	0,95	0,97
1,5	0,95	0,93	0,96
1,75	0,94	0,92	0,95
2	0,93	0,91	0,94
2,5	0,91	0,89	0,93
3	0,90	0,88	0,92

Tabella 5 - Tabella correttiva per profondità di posa diversa da 0.8 m per cavi in tubi corrugati interrati (IEC 60502-2:2014)

Il valore di posa di 1.36 m e di 1.5 m non è presente all'interno della tabella della normativa: il corrispondente fattore di correzione è stato ottenuto mediante interpolazione. Per cavi con sezione maggiore di 185 mm^2 il fattore correttivo per la profondità di posa risulta quindi essere:

$$K_A(sezione > 185\ mm^2) = 0.93$$

Nel caso di conduttori con sezione inferiore o pari a 185 mm^2, tale fattore correttivo risulta pari a:

$$K_A(sezione \leq 185\ mm^2) = 0.95$$

Il fattore di correzione per differenti valori di resistività termica del terreno K_P (diversi da 1.5 K m/W) è indicato di seguito.

Nominal area of conductor mm²	Values of soil thermal resistivity K·m/W						
	0,7	0,8	0,9	1	2	2,5	3
16	1,20	1,17	1,14	1,11	0,92	0,85	0,79
25	1,21	1,17	1,14	1,12	0,91	0,85	0,79
35	1,21	1,18	1,15	1,12	0,91	0,84	0,79
50	1,21	1,18	1,15	1,12	0,91	0,84	0,78
70	1,22	1,19	1,15	1,12	0,91	0,84	0,78
95	1,23	1,19	1,16	1,13	0,91	0,84	0,78
120	1,23	1,20	1,16	1,13	0,91	0,84	0,78
150	1,24	1,20	1,16	1,13	0,91	0,83	0,78
185	1,24	1,20	1,17	1,13	0,91	0,83	0,78
240	1,25	1,21	1,17	1,14	0,90	0,83	0,77
300	1,25	1,21	1,17	1,14	0,90	0,83	0,77
400	1,25	1,21	1,17	1,14	0,90	0,83	0,77

Tabella 6 - Tabella correttiva per resistività termica del terreno per cavi unipolari in tubi corrugati interrati (IEC 60502-2:2014)

Il valore della resistività termica del terreno è stato ipotizzato pari a 1 K m/W.

Il valore ottenuto per il fattore di correzione $K_P = 1.14$.

Nelle fasi successive, sarebbe idoneo effettuare misure di resistività termica del terreno in loco ed il dimensionamento delle linee sarà rivisitato di conseguenza.

I risultati del dimensionamento elettrico sono riportati di seguito.

Si noti che la lunghezza del cavo è pari alla lunghezza del tracciato maggiorata del 10% per tener conto di ciascuna terminazione.

	Da	A	Tipo di cavo	Formazione	Sezione [mm^2]	Lunghezza [m]	Lunghezza+10% [m]	Potenza [kW]	Caduta di tensione [%]

Cluster 1	WTG1	WTG2	ARE4H1H5E - 20,8/36 kV	3x1x	185	1.826,41	2.009,05	6.000	0,254%
	WTG2	SSE	ARE4H1H5E - 20,8/36 kV	3x1x	185	10.802,93	11.883,23	12.000	3,010%
Cluster 2	WTG3	WTG4	ARE4H1H5E - 20,8/36 kV	3x1x	185	1.680,66	1.848,72	6.000	0,234%
	WTG4	WTG5	ARE4H1H5E - 20,8/36 kV	3x1x	185	1.325,39	1.457,93	12.000	0,369%
	WTG5	SSE	ARE4H1H5E - 20,8/36 kV	3x1x	240	8.822,24	9.704,46	18.000	2,980%

Tabella 7 - Dimensionamento cavi AT Impianto Eolico

	Da	A	Tipo di cavo	Formazione	Sezione [mm^2]	Lunghezza [m]	Lunghezza+10 % [m]	Potenza [kW]	Caduta di tensione [%]
RAMO 1	BLOCCO 1	BLOCCO 2	ARE4H1H5E - 20,8/36 kV	3x1x	185	21,809	24	5040	0,003%
	BLOCCO 2	BLOCCO 3	ARE4H1H5E - 20,8/36 kV	3x1x	185	9,058	10	10080	0,002%
	BLOCCO 3	BLOCCO 4	ARE4H1H5E - 20,8/36 kV	3x1x	185	9,058	10	15120	0,002%
	BLOCCO 4	SSE	ARE4H1H5E - 20,8/36 kV	3x1x	185	38,742	43	20000	0,007%

Tabella 8 - Dimensionamento cavi AT Impianto BESS

Da	A	Tipo di cavo	Formazione	Sezione [mm^2]	Lunghezza [m]	Lunghezza + 10% [m]	Potenza [kW]	Caduta di tensione [%]
DA SSE	A SE (TERNA)	ARE4H1H5E - 20,8/36 kV	3x2x	400	1.159,74	1.275,72	50.000	0,193%

Tabella 9 - Dimensionamento cavi AT SSE - SE

8. PROGETTAZIONE CAVIDOTTI

Relativamente ai cavidotti AT a 36kV, si prevede la posa di cavi trifase con struttura unipolare in alluminio a 36kV con conduttori disposti a trifoglio a profondità di circa 1.36m e di 1.5m, quest'ultima profondità di posa è stata scelta per limitare i campi magnetici nel tratto di cavidotto condiviso tra le terne di impianto e quelle relative al trasporto di energia fino alla SE di TERNA.

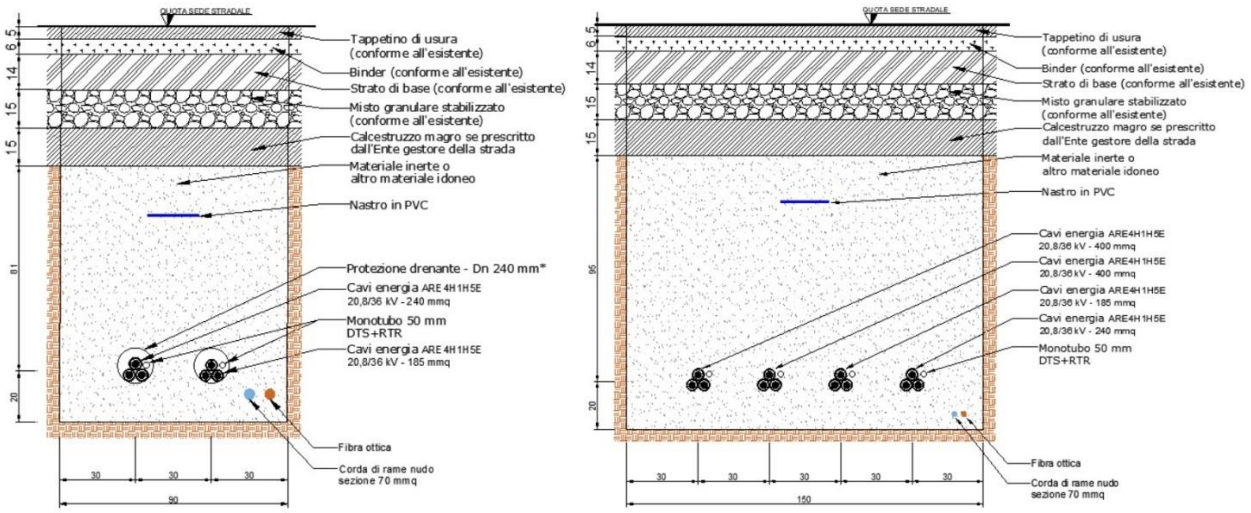


Figura 7 - Sezioni tipo cavidotto AT

La temperatura minima di posa del cavo in oggetto, nel rispetto delle indicazioni fornite dal costruttore, non è inferiore a -25°C.

La progettazione è improntata all'ottimizzazione del tracciato di posa in funzione del costo del cavo in opera, tenendo in particolare considerazione la riduzione dei tempi e dei costi di realizzazione. Non risultano noti in questa fase altri servizi esistenti nel sottosuolo, quali: acquedotti, cavi elettrici o telefonici, cavi dati, fognature ecc.

Relativamente ai cavidotti AT, si prevede anche la posa in attraversamento. Di seguito si riportano le configurazioni di posa.

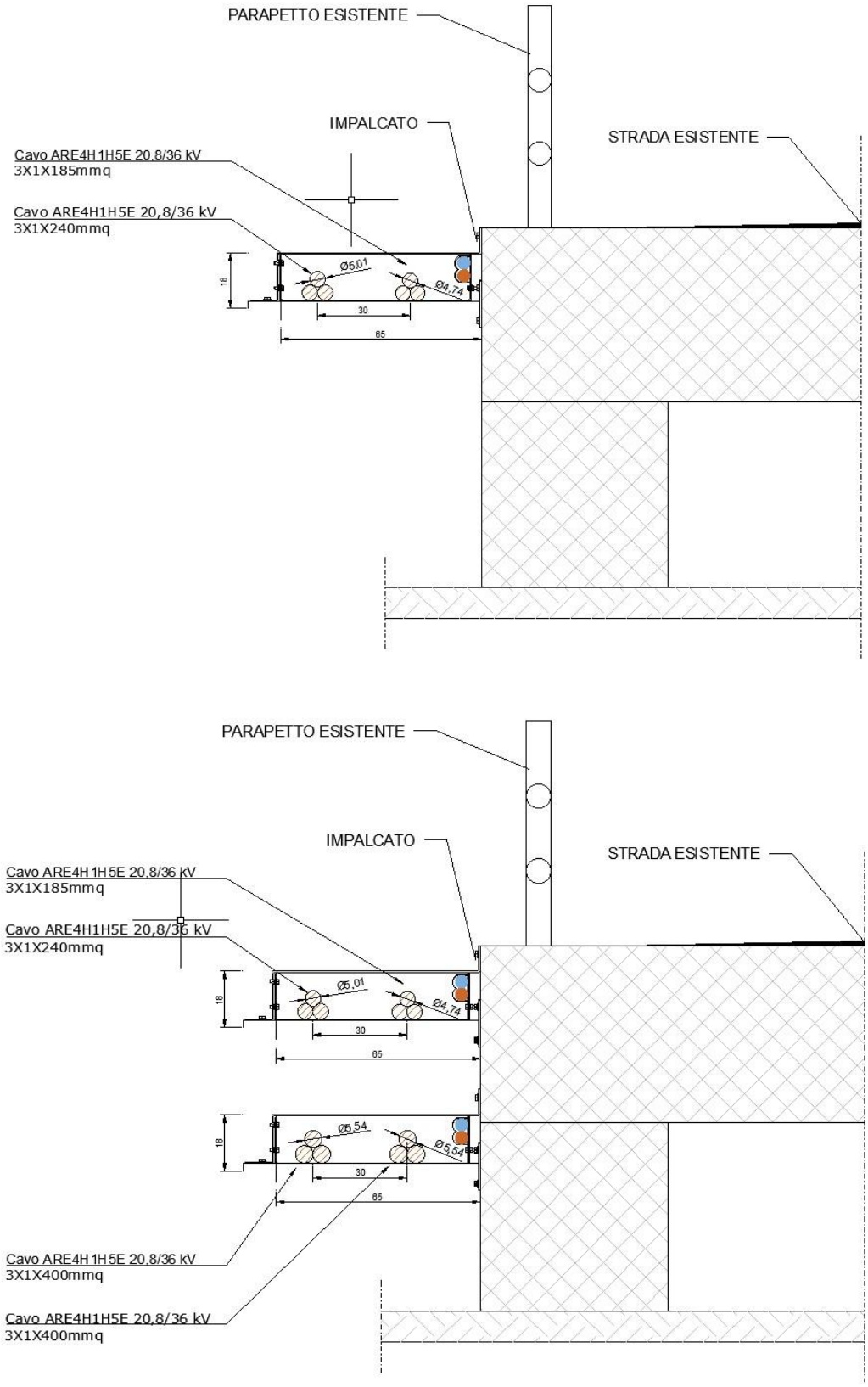


Figura 8 - Attraversamenti tipo cavidotto AT

Per maggiori dettagli relativi alle sezioni degli scavi si rimanda all'elaborato "*C24G&GWLI002P025T00_Sezioni tipiche cavidotti*".

9. IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra dell'impianto eolico sarà costituito da doppi anelli circolari in corda di rame nudo da 70 mm^2 posti attorno ai singoli aerogeneratori. Gli anelli saranno fatti nel seguente modo:

- Anello interno: r = 15m interrato a una profondità di 0.5m;
- Anello esterno: r = 28m interrato a una profondità di 1m.

I due anelli saranno collegati tra loro in 4 punti tramite corda in rame nudo da 70mm².

L'anello esterno degli aerogeneratori sarà dotato di 4 dispersori a picchetto circolare in rame di diametro 2.5cm e lunghezza 6m.

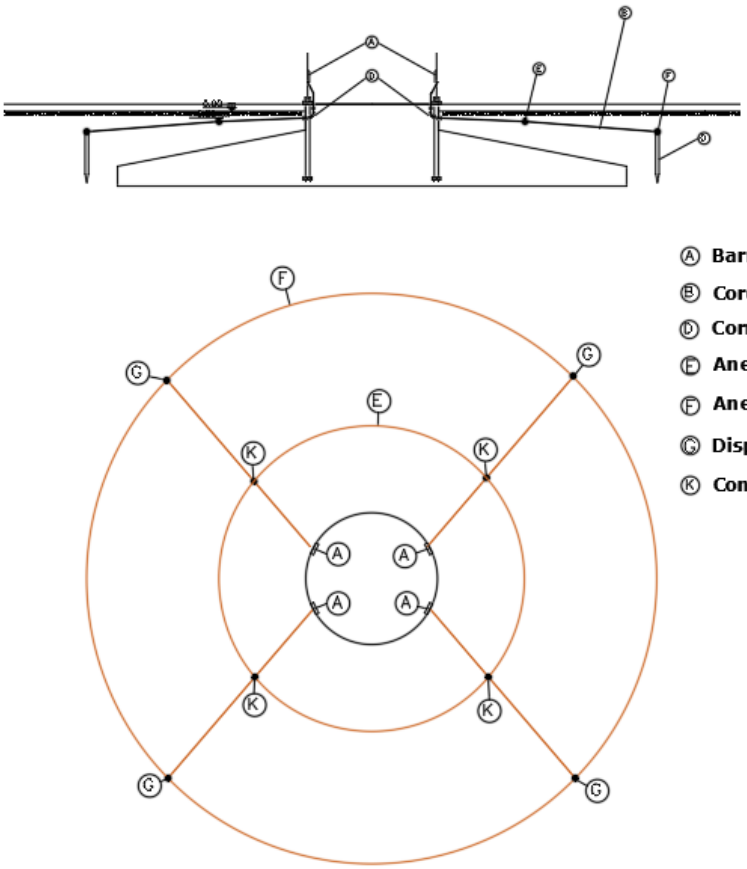


Figura 9 - Dettaglio della rete di terra della turbina eolica

I collegamenti tra i singoli aerogeneratori verranno effettuati tramite corda in rame nudo da 70mm²

interrata alla profondità di 1.36m e di 1.50m.

L'impianto di terra della Stazione di raccolta da 36 kV è costituito da una maglia 2x2 m fatta da una corda di rame nudo di sezione 70 mm^2. Tutte le apparecchiature in AT sono collegate a tale rete in due punti.

Tutti gli elementi all'interno degli edifici sono messi a terra tramite barre collettrici, le quali sono poi connesse alla maglia primaria tramite corda di rame isolata di sezione 120 mm^2 e picchetti all'interno di pozzetti ispezionabili di dimensioni 2.5 cm x 6 m.

Ai vertici della maglia primaria sono disposti altri picchetti della stessa dimensione, sempre all'interno di pozzetti ispezionabili.

L'area BESS sarà dotata di apposito sistema di terra realizzato con conduttori di rame nudo da 70 mm^2 interrati e dispersori di diametro 2.5 cm. Ogni apparecchiatura sarà dotata di collettore di terra per il collegamento delle apparecchiature.

Per maggiori dettagli relativi all'impianto di terra si rimanda agli elaborati:

- "*C24G&GWLI002P027T00_Rete di terra impianto eolico*"
- "*C24G&GWLI002P030T00_SSE – Rete di terra*"

10. STAZIONE DI RACCOLTA

L'energia prodotta dall'impianto eolico sarà convogliata alla Stazione Utente di raccolta in AT, dove la tensione di esercizio corrisponde è pari a 36 kV per il successivo collegamento in antenna alla medesima tensione alla nuova Stazione Elettrica della RTN 380/132/36 kV.

La sottostazione di raccolta avrà dimensioni 60,97x61,36 m. Gli spazi interni sono stati ottimizzati di modo da minimizzare l'ingombro del sistema di accumulo, la stessa sarà opportunamente recintata e dotata di ingresso collegato al sistema viario più prossimo, con opportuna viabilità per consentire l'accesso ai vigili del fuoco come da linee guida del ministero dell'interno - DM 3 agosto 2015 (aggiornato al 1 gennaio 2023).

La Sottostazione di raccolta in AT è costituita da:

- n° 1 sbarra di collegamento alla tensione di 36 kV;
- un edificio contenente: locale AT dove sono collocati i 2 quadri AT di arrivo provenienti dai clusters e da un ulteriore quadro AT di arrivo dal sistema di accumulo; sala quadri di controllo e protezione della Sottostazione; locale destinato all'alloggiamento delle apparecchiature di misura dell'energia elettrica; locale dove è collocato il trasformatore dei servizi ausiliari; locale magazzino ed ufficio.

Il livello di isolamento delle apparecchiature è pari a Ur=40,6 kV, valore previsto dalla norma CEI EN 62271-1 e tale da rispettare la massima tensione di esercizio garantita da Terna pari a +10% della Vn.

Per i dettagli relativi alla disposizione elettromeccanica delle apparecchiature e dei vari componenti della Sottostazione di progetto si rimanda all'elaborato:

"C24G&GWLI002P029T00_SSE – Pianta prospetti e sezioni edificio".

Il Tecnico
Ing. Leonardo Sblendido