

TITLE: RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI

AVAILABLE LANGUAGE: IT

**“IMPIANTO EOLICO DI 43,4 MW IN LOCALITÀ MONTE S. ANTONIO”
COMUNI DI SINDIA E MACOMER (NU)**

Progetto definitivo

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI

Il Tecnico

Ing. Leonardo Sblendido



File:C21BLN001CWR00700_RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	28/04/2022	Prima emissione	L.Desiato	M.Barresi	L. Sblendido

VALIDATION

COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY
---------------	-------------	--------------

PROJECT / PLANT	INTERNAL CODE
EO SINDIA	C21BLN001CWR00700

CLASSIFICATION	UTILIZATION SCOPE
----------------	-------------------



INDICE

1. INTRODUZIONE	3
2. OGGETTO E SCOPO	3
3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
4. BREVE DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	6
5. COMPONENTI PRINCIPALI	9
5.1. WTG	9
5.2. CAVO AT	9
5.3. DIMENSIONAMENTO CAVI.....	10
5.4. PROGETTAZIONE CAVIDOTTI	12
5.5. IMPIANTO DI TERRA	12

1. INTRODUZIONE

La presente relazione descrive le opere riferite al progetto denominato “Impianto Eolico di 43,4 MW in località Monte S. Antonio” proposto da Wind Energy Sindia S.r.l., nei Comuni di Sindia e Macomer in provincia di Nuoro (NU).

Il parco eolico è costituito da N.7 aerogeneratori, di potenza nominale singola pari a 6,2 MW, per una potenza nominale complessiva di 43,4 MW. L'energia elettrica prodotta sarà convogliata, dall'impianto, mediante cavi interrati di tensione 36 kV, al punto di connessione previsto nella futura SE RTN TERNA 380/150/36 kV da inserire in entra esce alla linea RTN a 380 kV “Ittiri-Selargius”. 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 contribuirà al potenziamento della produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile su territorio nazionale .

2. OGGETTO E SCOPO

Il documento ha lo scopo di determinare i parametri elettrici fondamentali di funzionamento dell'impianto, sia in condizioni normali che di guasto, con particolare riferimento ai requisiti richiesti da TERNA per la connessione degli impianti eolici alla RTN.

Come meglio descritto in seguito, le prescrizioni contenute nell'allegato A.17 al codice di rete riguardano:

- le caratteristiche generali d'impianto ed il campo di funzionamento necessari per la connessione alle reti AT;
- le caratteristiche dei sistemi di protezione ai fini del funzionamento in sicurezza del sistema elettrico;
- le caratteristiche dei sistemi di regolazione e gestione che gli Impianti Eolici devono fornire in condizioni normali ed in emergenza;

L'oggetto del presente studio sono pertanto le analisi del comportamento a regime dell'impianto eolico ed in particolare, la verifica del supporto reattivo al punto di connessione.

Per lo scopo presente è studiata la sezione di impianto a partire da ogni singolo aerogeneratore in bassa tensione fino al punto di consegna sulla rete elettrica AT, a cui si suppone collegato un opportuno equivalente di rete a 36kV.

3. DOCUMENTI 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 "Specifiche tecniche funzionali e realizzative 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
- w. SGRE ON SG 6.0-170 Developer Package. Rev 2

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 60479-1 Effects of current on human beings and livestock - Part 1: General aspects;
- XI. IEC 60479-2 Effects of current on human beings and livestock - Part 2: Special aspects;
- XII. 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;
- XIII. DL n°81 del 9.04.2008 - Procedure di attuazione per la sicurezza sul lavoro;
- XIV. 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.

4. BREVE DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto eolico è costituito da sette aerogeneratori, ciascuno dei quali comprende un generatore ($V=690V$, $P=6200$ kW), collegati al rispettivo trasformatore di macchina ($36/0.69kV$, $P=6500kVA$). I sette aerogeneratori sono divisi in tre sottogruppi (Clusters). All'interno di ogni cluster gli aerogeneratori sono connessi con collegamento di tipo "entra-esci" mediante cavi interrati di tensione 36 kV. Dalla cabina di raccolta è previsto, in uscita, cavo interrato AT di tensione 36 kV, al punto di connessione previsto nella SE RTN TERNA 380/150/36 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°1 cabina di raccolta;
- n°7 aerogeneratori con annesse all'interno tutte le apparecchiature di macchina.

Di seguito vengono mostrati il layout dell'impianto, lo schema elettrico unifilare dell'impianto e il dimensionamento dei cavi.

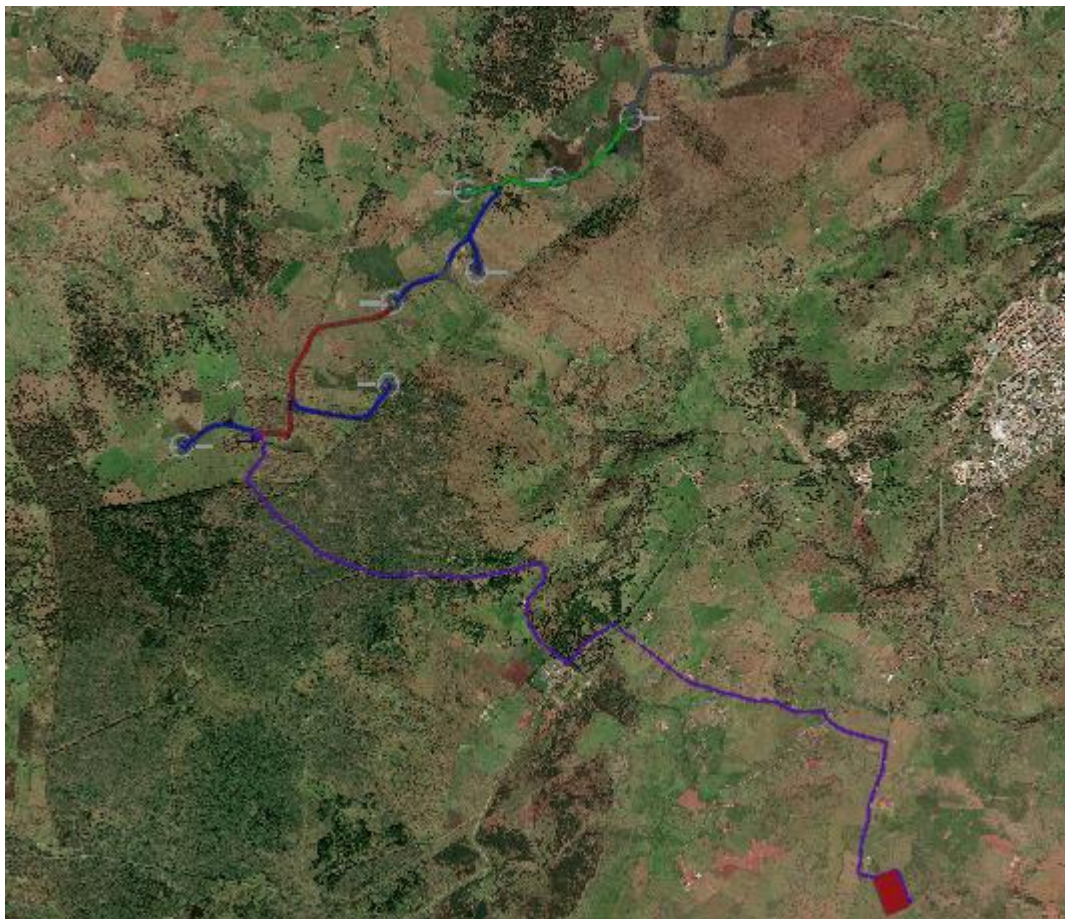




Figura 1- Inquadramento su base ortofoto delle aree di impianto e relative opere di connessione

5. COMPONENTI PRINCIPALI

5.1. WTG

Le WTGs saranno dotate di generatore asincrono DFIG. Di seguito si riportano le principali caratteristiche fornite dal costruttore

Technical Specifications

Rotor		Generator	
Type	3-bladed, horizontal axis	Type	Asynchronous, DFIG
Position	Upwind	Grid Terminals (LV)	
Diameter	170 m	Baseline nominal power ..	6.0 MW / 6.2 MW
Swept area	22,698 m ²	Voltage	690 V
Power regulation	Pitch & torque regulation with variable speed	Frequency	50 Hz or 60 Hz
Rotor tilt	6 degrees	Yaw System	
Blade		Type	Active
Type	Self-supporting	Yaw bearing	Externally geared
Blade length	83.5 m	Yaw drive	Electric gear motors
Max chord	4.5 m	Yaw brake	Active friction brake
Aerodynamic profile	Siemens Gamesa proprietary airfoils	Controller	
Material	G (Glassfiber) – CRP (Carbon Reinforced Plastic)	Type	Siemens Integrated Control System (SICS)
Surface gloss	Semi-gloss, < 30 / ISO2813	SCADA system	SGRE SCADA
Surface color	Light grey, RAL 7035 or White, RAL 9018	Tower	
Aerodynamic Brake		Type	Tubular steel / Hybrid
Type	Full span pitching	Hub height	100 m to 165 m and site- specific
Activation	Active, hydraulic	Corrosion protection	Painted
Load-Supporting Parts		Surface gloss	Semi-gloss, <30 / ISO-2813
Hub	Nodular cast iron	Color	Light grey, RAL 7035 or White, RAL 9018
Main shaft	Nodular cast iron	Operational Data	
Nacelle bed frame	Nodular cast iron	Cut-in wind speed	3 m/s
Mechanical Brake		Rated wind speed	11.0 m/s (steady wind without turbulence, as defined by IEC61400-1)
Type	Hydraulic disc brake	Cut-out wind speed	25 m/s
Position	Gearbox rear end	Restart wind speed	22 m/s
Nacelle Cover		Weight	
Type	Totally enclosed	Modular approach	Different modules depending on restriction
Surface gloss	Semi-gloss, <30 / ISO2813		
Color	Light Grey, RAL 7035 or White, RAL 9018		

Figura 3 - Caratteristiche principali datasheet tipologico aerogeneratore

5.2. CAVO AT

I cavi saranno del tipo trifase con struttura unipolare del tipo in Alluminio AL RHZ1 26/45 kV.

Di seguito le principali caratteristiche:

- Anima

Corda rotonda compatta di fili d'alluminio, classe 2, secondo prescrizioni IEC 60228

- Isolante e strati semiconduttivi

Isolante costituito da uno strato di polietilene reticolato estruso insieme a strato di semiconduttore

- Schermo

Fili di copertura in forma elicoidale, con nastro di copertura a spirale, sezione totale 16 mm²

- Guaina esterna

Poliolfina termoplastica

5.3. DIMENSIONAMENTO CAVI

In base al layout dell'impianto e alla lunghezza di ciascuna tratta, la suddetta viene dimensionata in base a 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 condotta 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.

Tali verifiche devono essere effettuate in due condizioni:

- L'impianto genera la massima potenza attiva consentita, potenza reattiva erogata in rete (sovraccarico) pari al massimo valore come indicato in allegato A17 al codice di rete TERNA, tensione sul nodo di alta tensione al minimo valore (0.9 p.u.);
- L'impianto genera la minima potenza attiva (da stabilire sulla base del tipo di turbina impiegata), potenza reattiva assorbita dalla rete (sottoaccarico) pari al massimo valore (assoluto) come indicato in allegato A17 al codice di rete TERNA, tensione sul nodo di alta tensione al massimo valore (1.1 p.u.).

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) and il punto di consegna (Barra AT) è affetta da perdita.

Gli aerogeneratori risultano interconnessi mediante cavi tipo AL RHZ1 26/45 kV di sezione opportuna, riportata a seguire, nella tabella riepilogativa.

Di seguito vengono riportati i collegamenti con il tipo di cavo, la potenza di carico su ogni tratto di linea e le relative cadute di tensione e perdite.

Pv Plant	From	To	Cable code	Type of cable	Formation				Lenght [m]	Lenght +10% [m]	Power [kW]	Voltage drop
CLUSTER 1	SINDIA 1	SINDIA 2	AL RHZ1-OL 26/45kV	Single core in alluminium	3x	1	X	400	850,43	935	6200	0,068%
	SINDIA 2	Cabina di Raccolta	AL RHZ1-OL 26/45kV	Single core in alluminium	3x	1	X	500	3621,2	3983	12400	0,484%
												0,552%
CLUSTER 2	SINDIA 3	SINDIA 4	AL RHZ1-OL 26/45kV	Single core in alluminium	3x	1	X	400	1157,2	1273	6200	0,092%
	SINDIA 4	Cabina di Raccolta	AL RHZ1-OL 26/45kV	Single core in alluminium	3x	1	X	500	3080,2	3388	12400	0,412%
												0,504%
CLUSTER 3	SINDIA 5	SINDIA 6	AL RHZ1-OL 26/45kV	Single core in alluminium	3x	1	X	400	2218,9	2441	6200	0,176%
	SINDIA 6	SINDIA 7	AL RHZ1-OL 26/45kV	Single core in alluminium	3x	1	X	500	2173,6	2391	12400	0,290%
	SINDIA 7	Cabina di Raccolta	AL RHZ1-OL 26/45kV	Single core in alluminium	3x	1	X	630	696,5	766	18600	0,118%
												0,585%
Linea to Connection point	Cabina di raccolta	Connection point	AL RHZ1-OL 26/45kV	Single core in alluminium	3x	2	X	500	8613,2	9475	43400	1,091%
												1,091%

Pv Plant	From	To	Cable code	Formation				Lenght [m]	Lenght +10% [m]	Power [kW]	AC Power losses[kW]	AC Power losses %
CLUSTER 1	SINDIA 1	SINDIA 2	AL RHZ1-OL 26/45kV	3x	1	X	400	850,43	935,473	6200	1,586	0,026%
	SINDIA 2	Cabina di Raccolta	AL RHZ1-OL 26/45kV	3x	1	X	500	3621,2	3983,32	12400	25,981	0,210%
CLUSTER 2	SINDIA 3	SINDIA 4	AL RHZ1-OL 26/45kV	3x	1	X	400	1157,2	1272,92	6200	2,158	0,035%
	SINDIA 4	Cabina di Raccolta	AL RHZ1-OL 26/45kV	3x	1	X	500	3080,2	3388,22	12400	22,100	0,178%
CLUSTER 3	SINDIA 5	SINDIA 6	AL RHZ1-OL 26/45kV	3x	1	X	400	2218,9	2440,79	6200	4,138	0,067%
	SINDIA 6	SINDIA 7	AL RHZ1-OL 26/45kV	3x	1	X	500	2173,6	2390,96	12400	15,595	0,126%
	SINDIA 7	Cabina di Raccolta	AL RHZ1-OL 26/45kV	3x	1	X	630	696,5	766,15	18600	10,799	0,058%
Line to connection	Cabina di raccolta	Connection point	AL RHZ1-OL 26/45kV	3x	2	X	500	8613,2	9474,52	43400	378,063	0,871%
										Impianto	460,4192	0,530%

5.4. PROGETTAZIONE CAVIDOTTI

Relativamente al cavidotto AT a 36kV, si prevede la posa di cavi trifase con struttura unipolare del tipo alluminio a 36kV con conduttori disposti a trifoglio a profondità di circa 1.6m.

I cavi saranno conformi alle caratteristiche dell'allegato A3 al codice di rete TERNA.

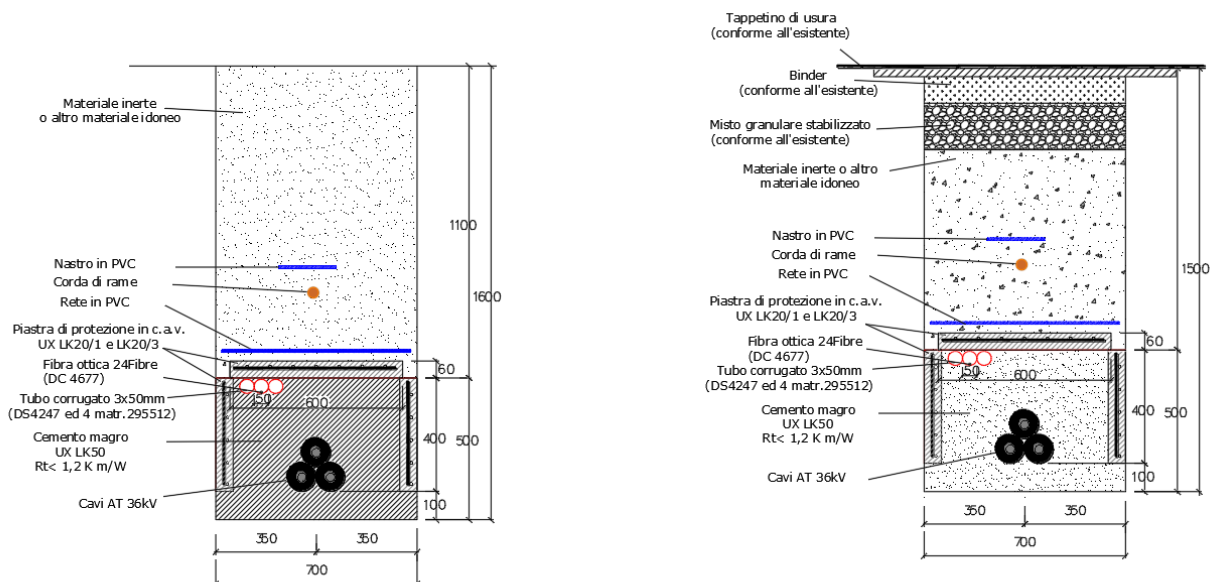


Figura 4 - Sezione tipo cavidotto AT

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.

5.5. IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra 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: $r = 6\text{m}$ interrato a una profondità di 0.5m ;
- Anello esterno: $r = 14\text{m}$ interrato a una profondità di 1m .

I due anelli saranno collegati tra loro in 4 punti tramite corda in rame nudo da 70mm^2 .

Gli anelli esterni degli aerogeneratori saranno dotati di 4 dispersori a picchetto circolare in rame di diametro 2.5cm e lunghezza 6m .

I collegamenti tra i singoli aerogeneratori verranno effettuati tramite corda in rame nudo da 70mm^2 interrata alla profondità di 0.85m .



Wind Energy
Sindia Srl

grEen &
grEen
WE ENGINEERING

CODE

C21BLN001CWR00700

PAGE

13 di/of 13

Il Tecnico

Ing. Leonardo Sblendido