



COMUNE DI
ESTERZILI



COMUNE DI
ESCALAPLANO

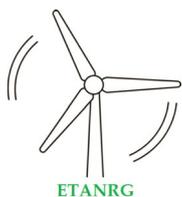


PROVINCIA DEL
SUD SARDEGNA



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO
DENOMINATO " ESTERZILI/ESCALAPLANO " COMPOSTO DA 11
AEROGENERATORI DA 5,6 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI
61,60 MW SITO NEI COMUNI DI ESTERZILI ED ESCALAPLANO (SU), CON
OPERE DI CONNESSIONE



Proponente:
ETANRG SRL
Via Pietro Cossa n. 5
20122 Milano (MI)

Antonino Aprea

ETANRG S.R.L.

Progettazione:
LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti snc
81100 Caserta

Ing. Giovanni Savarese



Elaborato	EE.PD.RTN.07	RELAZIONE IMPIANTO DI TERRA			
Cod. pratica	Data	Consegna	Formato	Scala	Livello progettuale
EE_01	18/12/2023		A4	-	Progetto definitivo

REVISIONI	Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
	01	Dicembre 2023	Prima emissione	G. Donnarumma	V. Vanacore	M. Afeltra

Il presente elaborato è di proprietà della Leonardo Engineering srl

E' vietata la comunicazione a terzi e/o la riproduzione senza il preventivo permesso scritto della suddetta società. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.



PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



SOMMARIO

1. DATI GENERALI DI PROGETTO	2
2. NORME DI RIFERIMENTO E NORME DI RIFERIMENTO.....	3
3. CLASSIFICAZIONE E VERIFICA DELL'IMPIANTO ELETTRICO IN BASE ALLE NORME CEI EN 50522 E CEI 64-14 (SINTETICA DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO).....	4
4. DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA SUL LATO 36 KV.....	4
4.1. Sezione minima dei conduttori	5
4.2. Conduttori esposti (dimensionamento dei conduttori equipotenziali).....	6
4.3. Calcolo teorico della resistenza di terra.....	6
5. VERIFICA TEORICA DELL'IMPIANTO DI TERRA SUL LATO 36 KV.....	8
6. CONSIDERAZIONI SULL' IMPIANTO PER GUASTO A TERRA SU LATO BT	9
7. COMPONENTI DELL'IMPIANTO DI TERRA.....	13



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



1. DATI GENERALI DI PROGETTO

Nella tabella seguente sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell'impianto di progetto

Tabella 1: Tabella sinottica dati di progetto

ETANRG s.r.l.	
Luogo di installazione:	Parco Eolico: Territorio comunale di Esterzili (EST1,EST2,EST3,EST4,EST5,EST6,EST7) Territorio comunale di Escalaplano (ESC1,ESC2,ESC3,ESC4) Provincia del Sud Sardegna
Denominazione impianto:	Parco Eolico: "Esterzili/Escalaplano"
Dati area di progetto:	Parco Eolico: Comune di Esterzili (SU), Comune di Escalaplano (SU)
Potenza (MW):	Parco Eolico: 61,6 MW
Informazioni generali del sito:	Zona prevalentemente rurale a basso tasso di inurbamento
Connessione:	Connessione ad uno stallo a 36 kV della stazione elettrica TERNA
Tipo aerogeneratori:	Parco eolico: Aerogeneratore tripala con regolazione attiva del passo pala e dell'orientamento del rotore avente diametro di 162 m con mozzo a 119 m di altezza
Caratterizz.-urbanistico/vincolistica:	Piano Regolatore di Esterzili; Piano di Fabbricazione Escalaplano; Piano Paesaggistico Regionale; Altro.
Rete di collegamento:	Nuova stazione elettrica (SE) di trasformazione 150/36 kV RTN da inserire in entra – esce alla linea RTN 150 kV "Goni – Ulassai" da collegare, per il tramite di due nuovi elettrodotti RTN a 150 kV, con una nuova SE di trasformazione RTN a 380/150 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN 380 kV "Ittiri – Selargius".
Coordinate parco Eolico	EST1: Latitudine 39,719873° Longitudine 9,311614° EST2: Latitudine 39,721269° Longitudine 9,338067° EST3: Latitudine 39,728160° Longitudine 9,349589° EST4: Latitudine 39,717674° Longitudine 9,355072° EST5: Latitudine 39,724026° Longitudine 9,360440° EST6: Latitudine 39,743696° Longitudine 9,352449° EST7: Latitudine 39,739125° Longitudine 9,364645° ESC1: Latitudine 39,682988° Longitudine 9,342850° ESC2: Latitudine 39,682143° Longitudine 9,360507° ESC3: Latitudine 39,683624° Longitudine 9,375807° ESC4: Latitudine 39,665438° Longitudine 9,343923°



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



2. NORME DI RIFERIMENTO E NORME DI RIFERIMENTO

Per la verifica sull' impianto in questione, la normativa tecnica di riferimento è di seguito elencata:

CEI 3-27: Segni grafici da utilizzare sulle apparecchiature Indice, sommario e compilazione dei singoli fogli.

CEI EN 60617-2 / CEI 3-14: Segni grafici per schemi. Parte 2: Elementi dei segni grafici, segni grafici distintivi ed altri segni di uso generale.

CEI EN 6041-2 / CEI 3-50: Segni grafici da utilizzare sulle apparecchiature. Parte 2: Segni originali.

CEI EN 61936-1 / CEI 99-2: Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.

CEI EN 50522 / CEI 99-3: Messa a terra degli impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a.

CEI 11-37: Guida per l'esecuzione di impianti di terra di stabilimenti industriali per sistemi di I, II e III categoria

CEI EN 60364 CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in corrente alternata e a 1500 Volt in corrente continua.

CEI EN 60364/1 CEI 64-8/1: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua. Parte 1: Oggetto, scopo e definizioni principali.

CEI EN 60364/2 CEI 64-8/2: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua. Parte 2: Definizioni.

CEI EN 60364/3 CEI 64-8/3: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua. Parte 3: caratteristiche generali.

CEI EN 60364/4 CEI 64-8 /4: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in

corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua. Parte 4: prescrizioni per la sicurezza.

CEI EN 60364/5 CEI 64-8 /5: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 volt in corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua. Parte 5: scelta ed installazione dei componenti elettrici.

CEI EN 60364/6 CEI 64-8 /6: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua. Parte 6: verifiche.

Saranno inoltre rispettate le normative ed i regolamenti previsti dalla Legislazione Italiana per la prevenzione degli infortuni e le Direttive comunitarie.

3. CLASSIFICAZIONE E VERIFICA DELL'IMPIANTO ELETTRICO IN BASE ALLE NORME CEI EN 50522 E CEI 64-14 (SINTETICA DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO)

L'impianto elettrico in oggetto è classificabile in relazione al paragrafo 22.1 delle norme CEI 64-8/2 come sistema di terza categoria (tensione nominale superiore a 30000 V) in sotto stazione AT/MT nel punto di connessione con la rete di distribuzione TERNA esercita a 36 kV, come sistema di seconda categoria (tensione nominale oltre i 1000 Volt se in corrente alternata o 1500 volt in corrente continua, fino a 30.000 Volt compresi) sulla rete in media tensione a 30 kV distribuita all'interno del parco eolico e come sistema di prima categoria (tensione da oltre 50 Volt fino a 1000 Volt compresi a corrente alternata o da 120 Volt a 1500 Volt in corrente continua) sulla rete in bassa tensione, ed è così costituito:

Impianto eolico, composto da 11 aereogeneratori avente potenza elettrica pari a 5,6 MW per una potenza complessiva di 61,6 MW.

4. DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA SUL LATO 36 KV

Per un impianto alimentato a 36 kV affinché si possa realizzare il corretto dimensionamento dell'impianto di terra è necessario che l'ente erogatore di energia, nel nostro caso Terna trovandoci in presenza di una rete in alta tensione derivata da una sottostazione in AT, comunichi all'utente i valori della corrente di guasto monofase in MT ed il tempo necessario per l'eliminazione dello stesso.

- Tensione dichiarata 36 kV+/- 10%
- Frequenza nominale 50 HZ
- Corrente di Corto circuito trifase 20 kA
- Stato del neutro isolato
- Corrente di guato bifase a terra 17,3 kA
- Tempo di eliminazione del guasto bifase a terra 1 secondo
- Corrente di guasto a terra con neutro compensato 150 Ampere



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



- Tempo di eliminazione del guasto a terra con neutro compensato 10 secondi

4.1. Sezione minima dei conduttori

Il sistema di terra è costituito da due tipologie di conduttori:

- conduttori interrati che formano la rete disperdente;
- conduttori di collegamento alla rete interrata.

Il calcolo delle sezioni minime è in accordo alle norme CEI EN 50522

Conduttori interrati (dimensionamento dei conduttori che compongono l'anello interrato).

Un'eventuale corrente di guasto portata sulla rete disperdente da un collegamento di terra trova un unico percorso per cui si assume una corrente di guasto omopolare pari al 100 % del valore indicato dall'ente erogatore. La rete interrata è stata dimensionata per sopportare per una corrente di 17,32 KA per 1 secondo.

Applicando la seguente formula avremo:

$$A = \frac{I}{K} \times \sqrt{\frac{t_f}{\ln \frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}}}$$

Dove:

- A è la sezione in mm²
- I è la corrente in ampere
- t_f è la durata in secondi della corrente di guasto
- K è una costante che dipende dal materiale del componente percorso dalla corrente; la Tabella D.1 indica i valori per i materiali più comuni assumendo una temperatura iniziale di 20 °C
- β è il reciproco del coefficiente di temperatura della resistenza del componente percorso dalla corrente a 0°
- θ_f è la temperatura finale in gradi Celsius
- θ_i è la temperatura iniziale in gradi Celsius. I valori possono essere rilevati dalla IEC 60287-3-1. Se nelle tabelle nazionali non è indicato alcun valore, si dovrebbe adottare, come temperatura del terreno alla profondità di 1 m, quello di 20°C.



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



Materiale	$\beta(^{\circ}\text{C})$	$K(A \sqrt{\frac{s}{mmq}})$
Rame	234,5	226
Alluminio	228	148
Acciaio	202	78

Ipotizzando una temperatura iniziale di 20° e una temperatura finale di 300°, applicando i coefficienti di tabella B-1, si ottiene che la sezione ammessa in relazione alla corrente di guasto bifase a terra che è della durata di 1 secondo, sarà pari a 88,86 mm². Utilizzeremo pertanto conduttori nudi avente sezione pari o superiore a 95 mm².

La sopracitata norma, nell'allegato "A", indica che, in caso di utilizzo di conduttori in rame, la sezione minima del dispersore per garantire la resistenza meccanica e la corrosione deve essere uguale o superiore a 25 mm²; inoltre, raccomanda che la composizione della corda deve essere realizzata con conduttori di diametro pari a 1,8 mm.

4.2. Conduttori esposti (dimensionamento dei conduttori equipotenziali)

Per quanto afferisce i conduttori di collegamento alla rete interrata realizzati con isolamento in PVC, ipotizzando una temperatura iniziale di 20° e una temperatura finale di 160° e applicando i coefficienti di tabella D-1 e i coefficienti della tabella 54B (CEI 64-8/5), si ottiene che la sezione ammessa in relazione alle correnti omopolari indicateci dall'ente distributore sarà pari a 115 mm². Utilizzeremo pertanto conduttori con isolamento in PVC avente sezione pari o superiore a 120 mm².

La sopracitata norma, nell'allegato "A" indica che, in caso di utilizzo di conduttori in rame, la sezione minima del dispersore per garantire la resistenza meccanica ed alla corrosione deve essere uguale o superiore a 25 mm².

4.3. Calcolo teorico della resistenza di terra

Nel nostro caso, il dispersore di terra è costituito da una rete maglie di dimensioni 10 x 10 mt interrata ad una profondità di 1 mt, realizzata come detto con conduttori in rame nudo della sezione di 95 mm². Le dimensioni del dispersore a maglia avrà un perimetro di 169mt che equivalgono ad una superficie di 1762 m², (diametro equivalente 47,37 mt).





PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



L'area su cui sorge la sottostazione è situata su un terreno agricolo, la rete di terra sarà in parte ad intimo contatto con del terreno ed in parte con del calcestruzzo cementizio. Pertanto, per la realizzazione della rete di terra è opportuno utilizzare della corda di rame nudo, prestando dovuta attenzione alla realizzazione delle giunzioni per le quali è consigliabile l'utilizzo di capicorda e superfici in rame stagnato.

Volendo determinare il valore teorico della resistenza di terra dell'impianto in oggetto, si può asserire che un dispersore come quello rappresentato in planimetria, può essere assimilato a una maglia e quindi la resistenza di terra può essere determinata mediante la seguente formula:

$$R_e = \rho_E / (2 \times D)$$

- ρ_E resistività del terreno
- D diametro di un cerchio con area pari a quella del dispersore a maglia espresso in mt

Nel nostro caso, trovandoci in presenza di terreno di tipo misto, sterrato tipicamente usato come base nelle fondazioni per la sua compattezza, e terriccio, si è assunta una resistività del terreno pari a 100 Ω/m (allegato k tabella k1 norme CEI 11-1).

Il calcolo del diametro dell'anello equivalente in relazione a quanto rilevato dalla planimetria risulta essere pari a 47,37 mt.

$$R_e = 100 / (2 \times 53,82) = 1,0555 \Omega$$

Calcolo della resistenza teorica dei dispersori verticali:

$$R_e = \frac{\rho_E}{2 \times \pi \times L} \times \ln \frac{4 \times L}{d}$$

Dove:

- ρ_E resistività del terreno
- L lunghezza del dispersore verticale
- d diametro del dispersore verticale



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



Assumendo lo stesso valore di resistività del terreno usato per il calcolo del dispersore orizzontale ad anello e una lunghezza dei dispersori verticali di 1,5 mt con un diametro di 18 mm, avremo:

$$R_e = \frac{100}{2 \times 3,14 \times 1,5} \times \ln \frac{4 \times 1,5}{0,018} = 61,63 \Omega$$

Applicando la nota formula delle resistenze in parallelo avremo che la resistenza totale dell'impianto sarà:

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_{v1}} + \frac{1}{R_{v\dots}} + \frac{1}{R_{v23}}} = 0,7572 \Omega$$

5. VERIFICA TEORICA DELL'IMPIANTO DI TERRA SUL LATO 36 KV

Il calcolo del valore limite della resistenza di terra sulla parte dell'impianto alimentata a 36 kV, viene determinato in base alla norma CEI EN 50522 tabella C-3 di sotto riportata:

TAB C-3:

Tempo di eliminazione del guasto	Tensione di contatto e di passo Uc e Up in V
>=10	80
1,1	100
0,72	125
0,64	150
0,49	220
0,39	300
0,29	400
0,2	500
0,14	600
0,08	700
0,04	800





PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



Prendendo come dato di partenza il tempo di eliminazione del guasto monofase verso terra (10 sec.), e la corrente di guasto (150 A) di Tab. A, con l'ausilio di tabella C-3, ci calcoliamo per interpolazione la tensione di passo e contatto limite, e di conseguenza, il valore limite della resistenza di terra R_{Lim} è pari a:

$$R_{Lim} = \frac{V_{Lim}}{I_g} = \frac{80 V}{150 A} = 0,533 \Omega$$

dove V_{Lim} è stato ricavato per interpolazione dai valori di tabella C-3 e quindi, assumendo come valore della resistenza totale di terra, il valore di resistenza teorico calcolato $R_t = 0,7572 \Omega$, si evince che R_t risulta superiore al massimo valore limite ammissibile di $0,533 \Omega$. Infatti, si verifica che, nel caso di guasto su lato MT, la resistenza di terra eleverà il potenziale delle masse:

$$V_t = I_g \times R_t$$

al valore

$$V_t = 150 A \times 0,7572 \Omega = 113,58 V > V_{Lim}$$

dove $V_{Lim} = 80$ (tensione sicura, che può permanere per un tempo di 10 s)

Quindi, possiamo asserire che il valore ottenuto dal dimensionamento dell'impianto in oggetto, in base alle condizioni di esercizio della rete in MT a 36 kV, nel caso di guasto monofase verso terra, eleverà il potenziale delle masse ad esso collegato a valore di tensione pericoloso.

Alla luce dei calcoli effettuati sarà necessario realizzare una misura di passo e contatto all'interno della sottostazione.

6. CONSIDERAZIONI SULL' IMPIANTO PER GUASTO A TERRA SU LATO BT

Sul lato BT l'impianto è classificabile come un TN-S. In tale sistema l'anello di guasto è costituito esclusivamente da elementi metallici, abbiamo un punto collegato direttamente a terra mentre le masse dell'impianto sono collegate a quel punto per mezzo del conduttore di protezione.



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



In questa tipologia di impianto elettrico, le funzioni di conduttore di protezione e di conduttore di neutro sono svolte da due conduttori distinti.

Come è noto dalle norme CEI 64/8 parte 4 l'impianto di terra ha lo scopo di proteggere le persone contro i contatti indiretti, ovvero contro i contatti con quelle masse metalliche normalmente non in tensione ma che, per un mal funzionamento dell'impianto, possono assumere un potenziale pericoloso.

Lo scopo principale dell'impianto di terra è quello di fare intervenire automaticamente le protezioni per interrompere l'alimentazione al circuito o al componente elettrico che lo stesso dispositivo protegge contro i contatti indiretti, in modo che, in caso di guasto, nel circuito o nel componente elettrico tra una parte attiva ed una massa o un conduttore di protezione, non possa persistere, per una durata sufficiente a causare un rischio di effetti fisiologici dannosi in una persona in contatto con parti simultaneamente accessibili, una tensione di contatto presunta superiore a 50 Vc.a. oppure a 120 Vc.c. non ondulata.

Come specificato inoltre nella parte 4 par. 413.1.3 comma 3 delle norme CEI 64/8, le caratteristiche dei dispositivi di protezione e le impedenze dei circuiti devono essere tali che, se si presenta un guasto di impedenza trascurabile, in qualsiasi parte dell'impianto tra un conduttore di fase ed un conduttore di protezione o una massa l'interruzione automatica dell'alimentazione avvenga entro il tempo specificato, soddisfacendo la seguente condizione:

$$Z_s = I_a < U_0$$

dove:

Z_s è l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto, il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente;

I_s è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione entro il tempo definito nella tabella 41-A delle norme CEI 64-8 in funzione della tensione nominale U_0 oppure in un tempo convenzionale non superiore a 5 s.

Se si dispone di un interruttore differenziale I_a è la corrente nominale I_{dn} .

U_0 è la tensione nominale in c.a., valore efficace fase terra.

In questo caso, il valore della resistenza di terra dell'impianto BT non contribuisce al dimensionamento delle protezioni dai contatti indiretti, dimensionamento che esula dagli scopi di questa relazione.



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



I conduttori di protezione collegati al centro stella del secondario del trasformatore devono essere dimensionati in modo da sopportare la corrente di guasto presunta fase-terra per un guasto immediatamente a valle dei morsetti del secondario dei trasformatori.

La sezione del conduttore di protezione non deve essere, quindi, mai inferiore al valore determinato dalla formula di seguito riportata:

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 x t}}{k}$$

dove:

S_p la sezione del conduttore di protezione in mm²;

I è il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);

t tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);

k è un fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dall'isolamento e da altri elementi, oltre che dalla temperatura iniziale e finale, ed è pari a $\alpha\sqrt{\Delta\theta}$.

Nell'impianto in esame i conduttori di protezione utilizzati sono costituiti da cavo e conduttori di protezione nudi in contatto con il rivestimento esterno dei cavi, $K=143$.

Come conduttori di protezione saranno utilizzate prevalentemente cavi unipolari e, in alcuni casi, conduttori nudi.

La sezione minima del conduttore di protezione con funzioni anche di conduttore di neutro, per quanto riguarda l'alimentazione alle singole utenze è stata scelta in base alla tabella 54F della norma CEI 64/8, di seguito riportata:

TAB 54F

Sezione del conduttore di fase dell'impianto S (mmq)	Sezione minima del corrispondente conduttore di protezione S_p (mmq)
$S < 16$	$S_p = S$



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



16<S<35	16
S>35	S=S/2

Se si applicano i dati di tabella 54F non è necessario effettuare la verifica della norma CEI 64/8.

Particolare importanza nella progettazione dell'impianto di terra in oggetto è stata posta nella scelta dei collegamenti equipotenziali.

I conduttori equipotenziali hanno lo scopo di evitare che possano formarsi pericolose differenze di potenziale tra masse metalliche capaci di introdurre un potenziale.

Al commento al paragrafo 547 della norma è infatti specificato che non è necessario collegare gli elementi conduttori che non siano in grado di introdurre un potenziale come per esempio certi serramenti, certe griglie di ventilazione e certe scale metalliche.

Il collegamento dei ferri di armatura nei calcestruzzi può essere limitato a quelli nel calcestruzzo annegato nel terreno.

Come è noto, dalle norme CEI 64/8 parte 5 par.547.1.1 e 547.1.2, i conduttori equipotenziali si dividono in conduttori equipotenziali principali e conduttori equipotenziali secondari.

I conduttori equipotenziali principali collegano tutte le masse estranee al collettore principale di terra.

Il paragrafo 571.1.1 delle norme impone che essi abbiano una sezione non inferiore a metà di quella del conduttore di protezione di sezione più elevata dell'impianto, con un minimo di 6 mm².

I conduttori equipotenziali supplementari, devono collegare tra loro tutte le masse metalliche al conduttore di protezione.

I conduttori equipotenziali supplementari installati nell'impianto, in accordo a quanto affermato nel par. 547.1.2 della norma, hanno sempre una sezione non inferiore a quella del più piccolo conduttore di protezione collegato a queste masse.

Ogni conduttore equipotenziale supplementare che connette una massa ad una massa estranea ha una sezione non inferiore alla metà della sezione del corrispondente conduttore di protezione. Nell'impianto in esame il collegamento equipotenziale supplementare è assicurato da masse estranee di natura permanente, quali carpenterie metalliche, oppure da una loro combinazione con conduttori supplementari.



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



Nel caso di guasto fase-PE, i conduttori di protezione più sollecitati sono quelli che collegano il centro stella del trasformatore al collettore di terra stesso.

La corrente di guasto subito a valle dei poli in BT del trasformatore ausiliario di sottostazione è pari a 3,57 kA.

Considerando un guasto subito a valle del trasformatore, la sezione minima di tali conduttori sarà

$$S(\text{Sezione minima}) = \frac{\sqrt{I^2 x t}}{k} = \frac{\sqrt{3570 x 1}}{143} = 24,96 \text{ mmq}$$

Mentre la sezione minima del collettore equipotenziale di terra sarà:

$$S(\text{Sezione minima}) = \frac{\sqrt{I^2 x t}}{k} = \frac{\sqrt{3570 x 1}}{143} = 24,96 \text{ mmq}$$

Nel nostro caso è stata prevista l'installazione di un conduttore di sezione pari a 95 mm² su un collettore principale di sezione rettangolare pari a 100 mm² pertanto in ambedue i casi le sezioni risultano essere idonee.

La rete dell'impianto di terra generale è stata realizzata così come rappresentato nella planimetria.

Per la realizzazione della rete di terra è stato previsto l'utilizzo di una treccia di rame nudo della sezione di 95 mm² interrata così come rappresentato sulla planimetria allegata e successivamente collegata ai vari dispersori.

I dispersori utilizzati sono in tondo di acciaio ramato di diametro pari a 18 mm.

7. COMPONENTI DELL'IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra sarà realizzato in conformità alle norme già citate.

Esso sarà composto dai seguenti componenti:

- Dispersori in acciaio ramato diametro 18 mm l = 1,5 mt;
- Conduttori di terra da 95 mm² in rame nudo;
- Conduttori di terra da 240 mm² in rame ricoperto in PVC;
- Conduttori di terra da 120 mm² in rame ricoperto in PVC;
- Conduttori equipotenziali principali;





PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



- Conduttori equipotenziali supplementari;
- Morsetti a compressione per corde di rame nudo;
- Capicorda a compressione.

I dispersori utilizzati nell'impianto sono:

- Dispersori in acciaio ramato diametro 18 mm - L = 1,5 mt;
- Conduttore cordato in rame di sezione 50 mm² ;
- Dispersori di fatto, eventuali ferri di armatura nel calcestruzzo incorporati nel terreno.

Tali dispersori con le sezioni riportate sono ammessi dalla norma CEI 64/8 parte 5, commento del par. 542.2.3 e 542.2.4.

I conduttori di terra che hanno lo scopo di collegare i collettori di terra principali e secondari ai dispersori ed i dispersori tra loro, e sono di tipo:

- Cavo in rame nudo della sezione di 95 mm² ;
- Cavo in rame della sezione di 120 mm² ricoperto in PVC;
- Conduttori di terra da 50 mm² in rame ricoperto in PVC;
- Elementi strutturali metallici inamovibili e masse estranee ammessi dal commento al paragrafo 542.3.1 della succitata norma.

In tale commento è inoltre raccomandato che i conduttori di terra abbiano un percorso breve e non siano sottoposti a sforzi meccanici.

Anche le giunzioni con il dispersore non devono danneggiare né i conduttori di terra né gli elementi del dispersore (per es. i tubi); si raccomanda che esse siano eseguite con saldatura forte od autogena o con appositi manicotti che assicurano il contatto equivalente a quello della saldatura.



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)