

**REGIONE SICILIA**  
**Provincia di Trapani**  
**COMUNE DI MARSALA**

PROGETTO

**IMPIANTO EOLICO "MATAROCCO" NEL COMUNE DI MARSALA (TP)**  
**E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN**



**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMITTENTE

**AQUITANIA SRL**

Via Alessandro Manzoni 41- 20121 Milano -Italia  
Tel. +39 0236516713

SVILUPPATORE

**IBS ENERGY S.r.l.**

Via Sardegna, 32, 20146, Milano-Italia  
Tel. +39 348 -info@ibsenergy.it



PROGETTISTA



**Hydro Engineering s.s.**  
di Damiano e Mariano Galbo  
via Rossotti, 39  
91011 Alcamo (TP) Italy



OGGETTO DELL'ELABORATO

**RELAZIONE TECNICA ELETTRICA**

REV.	DATA	ATTIVITA'	REDATTO	VERIFICATO	APROVATO		
0	Marzo 2024	PRIMA EMISSIONE	VF	MG	EG		
CODICE PROGETTISTA		DATA	SCALA	FORMATO	FOGLIO	CODICE COMMITTENTE	
MTR-PD-R04		Marzo 2024	/	A4	1 di 36		

NOME FILE: MTR-PD-R04-R0\_Relazione tecnica elettrica.dwg

Aquitania Srl si riserva tutti i diritti su questo documento che non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.

## INDICE

<b>1.</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
2.1.	NORMATIVA DI CARATTERE GENERALE.....	4
2.2.	NORMATIVA IMPIANTI EOLICI.....	4
2.3.	NORMATIVA STAZIONI ELETTRICHE AT/MT.....	5
2.4.	NORMATIVA CAMPI ELETTROMAGNETICI.....	7
<b>3.</b>	<b>DESCRIZIONE DEL PROGETTO ELETTRICO.....</b>	<b>8</b>
3.1.	GENERALITÀ.....	8
3.2.	SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE.....	8
3.3.	LINEE ELETTRICHE A 36KV DI COLLEGAMENTO .....	9
<b>4.</b>	<b>DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DELLE LINEE A 36KV .....</b>	<b>11</b>
4.1.	CALCOLO DELLE CADUTE DI TENSIONE .....	11
4.2.	CALCOLO DELLE PORTATE.....	11
4.3.	DATI TECNICI DEL CAVO UTILIZZATO .....	12
4.4.	TEMPERATURA DEL TERRENO .....	12
4.5.	NUMERO DI TERNE PER SCAVO.....	13
4.6.	POSA DIRETTAMENTE INTERRATA.....	14
4.7.	PROFONDITÀ DI POSA.....	15
4.8.	RESISTIVITÀ TERMICA DEL TERRENO .....	15
4.9.	TABULATI DI CALCOLO .....	15
<b>5.</b>	<b>ANALISI DEL RISCHIO DI ELETTROCUZIONE.....</b>	<b>17</b>
5.1.	MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI .....	17
5.2.	MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI.....	18
5.3.	PROTEZIONI CONTRO LE FULMINAZIONI DIRETTE.....	18
<b>6.</b>	<b>AREA EDIFICIO CONSEGNA E BESS .....</b>	<b>20</b>
6.1.	UBICAZIONE E VIABILITÀ DI ACCESSO.....	20
6.2.	EDIFICIO CONSEGNA .....	22
6.3.	OPERE CIVILI .....	22
6.4.	DESCRIZIONE DEL PROGETTO BESS.....	23
6.4.1.	CONFIGURAZIONE IMPIANTISTICA DEL BESS .....	23
6.4.2.	CONTAINER BATTERIE.....	25
6.4.3.	POWER CONVERSION SYSTEM E TRASFORMAZIONE BT/36KV .....	26
6.5.	DIMENSIONAMENTO E DATI TECNICI DEL BESS .....	28
<b>7.</b>	<b>MODALITÀ DI CONNESSIONE ALLA RETE .....</b>	<b>33</b>
<b>8.</b>	<b>STAZIONE ELETRICA RTN TERNA 220/36 KV "FULGATORE 2" .....</b>	<b>35</b>
8.1.	INTRODUZIONE .....	35
8.2.	UBICAZIONE E ACCESSO .....	35
8.3.	DISPOSIZIONE ELETTROMECCANICHE.....	36

## 1. PREMESSA

La società Hydro Engineering s.s. è stata incaricata, dalla società Aquitania S.r.l., di redigere il progetto definitivo relativo alla costruzione di un parco eolico, composto da n. 7 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 7,00 MW, per una potenza complessiva di 49,00 MW, da ubicarsi in località “Matarocco” del Comune di Marsala(TP) e di un impianto energy storage (BESS) annesso al parco eolico con potenza di immissione pari a 31,60 MW per una potenza complessiva ( eolico e Bess) di immissione pari a 80,60 MW.

Il modello tipo di aerogeneratore scelto avrà potenza nominale di 7,00 MW con altezza mozzo pari a 115 m, diametro rotore pari a 170 m e altezza massima al top della pala pari a 200 m. Questa tipologia di aerogeneratore è allo stato attuale quella ritenuta più idonea per il sito di progetto dell’impianto.

Le aree interessate dal posizionamento degli aerogeneratori ricadono nelle contrade, Baiatella (M01), Feudo Alfaraggi ( M02), Parecchiata Giacatello ( M03, M06-M07) e Fontana coperta ( M04, M05).

I terreni sui quali si intende realizzare l’impianto sono tutti di proprietà privata ed a destinazione agricola. Il territorio è caratterizzato da un’orografia prevalentemente collinare, le posizioni delle macchine vanno da un’altitudine di 50,00 m. slm. a 140,00 m. slm.

Oltre che degli aerogeneratori e al Bess, il progetto si compone dei seguenti elementi:

- L’elettrodotto interrato con cavi a 36 kV, di collegamento tra gli aerogeneratori e la Stazione Terna “Fulgatore 2”;
- edificio di consegna;

Infine, come previsto in STMG, per la connessione alla RTN sarà necessario realizzare:

- SE denominata “Fulgatore 2” ( progetto in capo ad un altro proponente);
- elettrodotto 220 kV, della nuova stazione elettrica RTN (SE) denominata “Fulgatore 2” e dei rispettivi 4 raccordi aerei 220 kV in entra – esci sulla nuova linea e su quella esistente (progetto in capo ad un altro proponente);
- nuovo elettrodotto RTN a 220 kV di collegamento della stazione Fulgatore a 220 kV con la stazione 220/150 kV di Partanna, previo ampliamento della stessa (progetto in capo ad un altro proponente).

Il presente documento riporta i dati principali del progetto elettrico.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la realizzazione del presente progetto si è fatto riferimento, tra l'altro, alla seguente normativa.

### 2.1. NORMATIVA DI CARATTERE GENERALE

- D.Lgs. 387/2003
- D.Lgs. 28/2011
- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- D.P.R. 18 marzo 1965, n. 342 "Norme integrative della legge 6 dicembre 1962, n. 1643 e norme relative al coordinamento e all'esercizio delle attività elettriche esercitate da enti ed imprese diversi dall'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica";
- Legge 28 giugno 1986, n. 339 "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59";

### 2.2. NORMATIVA IMPIANTI EOLICI

- Norma CEI 20-13: Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
- Norma CEI 20-24: Giunzioni e terminazioni per cavi di energia;
- Norma CEI 20-56: Cavi da distribuzione con isolamento estruso per tensioni nominali da 3,6/6 (7,2) kV a 20,8/36 (42) kV inclusi;
- Norma CEI 11-1: Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- Norma CEI EN 61936-1 (CEI 99-2) "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a - Parte 1: Prescrizioni comuni";
- Norma CEI EN 50522 (CEI 99-3) "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.";
- Norma CEI 11-4: Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne;
- Norma CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;

- Norma CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria;
- Norma CEI 11-3; V1: Impianti di produzione eolica;
- Norma CEI 11-35: Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente;
- Norma CEI 17-1: Apparecchiature ad alta tensione – Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- Norma CEI 11-25: Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifasi a c.a., (IIa Ediz., Fasc. 6317, 2001-12).
- Norma 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.

### 2.3. **NORMATIVA STAZIONI ELETTRICHE AT/MT**

- Norma CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria;
- Norma 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;
- Norma CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici;
- Norma CEI EN 50110-1-2 Esercizio degli impianti elettrici;
- Norma CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- Norma CEI 11-4 Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne;
- Norma CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;
- Norma CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- Norma CEI 11-37: Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV;
- Norma CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
- Norma CEI EN 60721-3-3 Classificazioni delle condizioni ambientali;
- Norma CEI EN 60721-3-4 Classificazioni delle condizioni ambientali;
- Norma CEI EN 60068-3-3 Prove climatiche e meccaniche fondamentali Parte 3: Guida – Metodi di prova sismica per apparecchiature;
- Norma CEI 64-2 Impianti elettrici in luoghi con pericolo di esplosione;
- Norma CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua;

- Norma CEI EN 62271-100 Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- Norma CEI EN 62271-102 Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata per alta tensione;
- Norma CEI EN 61009-1 Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari;
- Norma CEI EN 60898-1 Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari;
- Norma CEI 33-2 Condensatori di accoppiamento e divisori capacitivi;
- Norma CEI 36-12 Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V;
- Norma CEI EN 60044-1 Trasformatori di corrente;
- Norma CEI EN 60044-2 Trasformatori di tensione induttivi;
- Norma CEI EN 60044-5 Trasformatori di tensione capacitivi;
- Norma CEI 57-2 Bobine di sbarramento per sistemi a corrente alternata;
- Norma CEI 57-3 Dispositivi di accoppiamento per impianti ad onde convogliate;
- Norma CEI EN 60076-1 Trasformatori di potenza;
- Norma CEI EN 60137 Isolatori passanti per tensioni alternate superiori a 1 kV;
- Norma CEI EN 60099-4 Scaricatori ad ossido di zinco senza spinterometri per reti a corrente alternata;
- Norma CEI EN 60099-5 Scaricatori – Raccomandazioni per la scelta e l'applicazione;
- Norma CEI EN 60507 Prove di contaminazione artificiale degli isolatori per alta tensione in sistemi a corrente alternata;
- Norma CEI EN 60694 Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione;
- Norma CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri (Codice IP);
- Norma CEI EN 60168 Prove di isolatori per interno ed esterno di ceramica e di vetro per impianti con tensione nominale superiore a 1000 V;
- Norma CEI EN 60383-1 Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V – Parte 1 Isolatori in materiale ceramico o in vetro per sistemi in corrente alternata;
- Norma CEI EN 60383-2 Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V – Parte 2 Catene di isolatori ed equipaggiamenti completi per reti in corrente alternata;
- Norma CEI EN 61284 Linee aeree – Prescrizioni e prove per la morsetteria;
- Norma CEI EN 61000-6-2 Immunità per gli ambienti industriali;
- Norma CEI EN 61000-6-4 Emissione per gli ambienti industriali;
- Norma CEI EN 61400 Sistemi di generazione a turbina eolica;

- Norma 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;
- Guida Terna. INSIX1016 Criteri di coordinamento dell'isolamento nelle reti AT;
- Guida Terna DRRPX04042 Criteri generali di protezione delle reti a tensione uguale o superiore a 120 kV;
- Guida Terna DRRPX02003 Criteri di automazione delle stazioni elettriche a tensione uguale o superiore a 120 kV;
- Guida Terna DRRPX03048 Specifica funzionale per sistema di monitoraggio delle reti elettriche a tensione uguale o superiore a 120 kV.

#### 2.4. **NORMATIVA CAMPI ELETTROMAGNETICI**

- DM del 29.5.2008, "Approvazione della metodologia di calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 08/07/2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", G.U. 28 agosto 2003, n. 200;
- Legge quadro 22/02/2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 7 marzo 2001, n.55;
- Norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo";
- Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- Norma CEI 211-6 "Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana".
- Norma CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;

### 3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO ELETTRICO

#### 3.1. GENERALITÀ

Il parco eolico avrà una potenza complessiva di 49,00 MW, data dalla somma delle potenze elettriche di n. 7 aerogeneratori della potenza unitaria massima di 7,0 MW. Dal punto di vista elettrico, gli aerogeneratori sono collegati fra di loro in due gruppi di 3 o 4 aerogeneratori e, costituendo così n. 2 distinti sottocampi, come di seguito meglio rappresentato.

Sottocampo	Aerogeneratori	Potenza	Comune
LINEA 1	M01-M02-M03-EDIFICIO CONSEGNE -SE	21 MW	Marsala
LINEA 2	M05-M04-M06-M07-EDIFICIO CONSEGNE -SE	28 MW	Marsala

Tabella 1

#### 3.2. SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE

L’immagine di seguito riportata mostra lo schema elettrico del parco eolico, con evidenza dei sottocampi e delle linee di collegamento. Per maggiori dettagli si rimanda all’elaborato MTR-PD-D33.

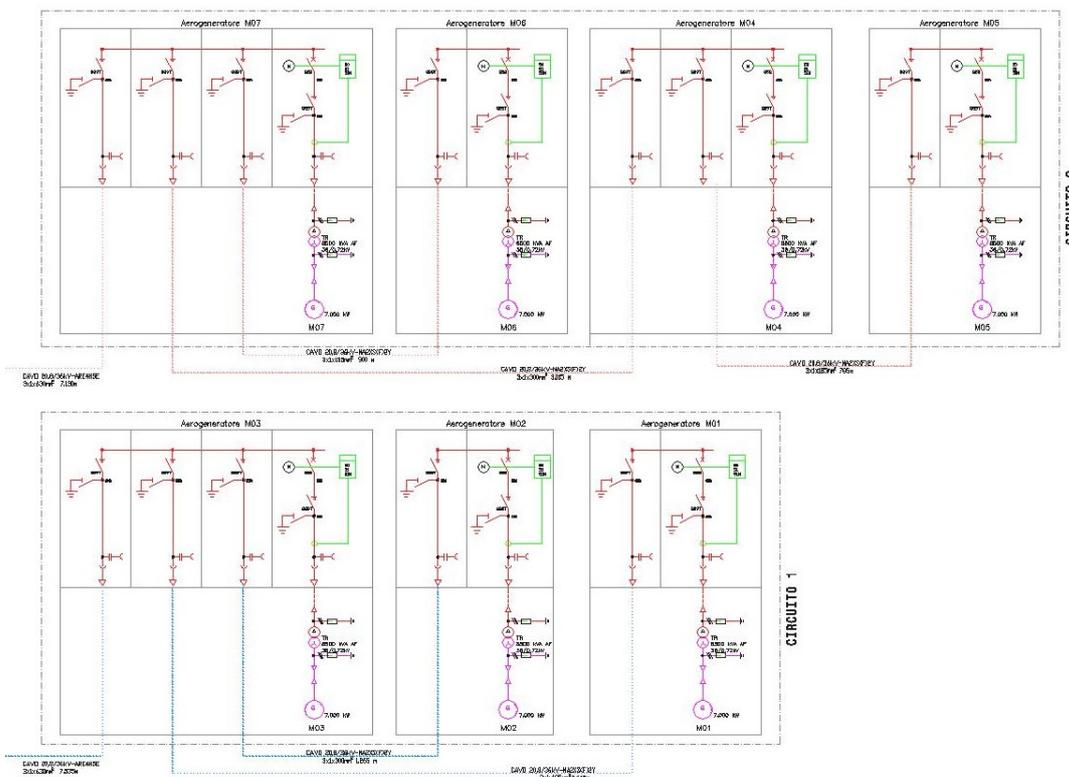


Figura 1

### 3.3. LINEE ELETTRICHE A 36KV DI COLLEGAMENTO

Coerentemente con la suddivisione in sottocampi di cui al precedente paragrafo, l'intero sistema di raccolta dell'energia dagli aerogeneratori verso l'edificio consegna e da qui verso la Stazione Elettrica Terna "Fulgatore 2" 220/36 kV è articolato su n.2 distinte linee elettriche a 36 kV, una per ciascun sottocampo. Dall'aerogeneratore capofila di ciascun sottocampo, infatti, si diparte una linea elettrica di vettoriamento in cavo interrato a 36 kV, di sezione pari a 630 mm<sup>2</sup>.

Analogamente, gli aerogeneratori di ciascun sottocampo sono collegati fra loro in entra-esce con una linea elettrica in cavo interrato 36 kV, di sezione crescente dal primo all'ultimo aerogeneratore. Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento interno dei sottocampi che per la connessione alla SE Terna, saranno del tipo standard con schermo elettrico.

Nella tabella che segue si riporta calcolo preliminare delle linee elettriche di collegamento da rivalutare in fase esecutiva.

LINEA	PARTENZA	ARRIVO	Sezione cavo [mm <sup>2</sup> ]	Lunghezza cavo [m]	Potenza attiva [MW]
LINEA 1	M01	M03	3x1x185	2645	7
	M02	M03	3x1x300	1265	14
	M03	EDIFICIO CONSEGNE	3x1x630	7535	21
LINEA 2	M05	M04	3x1x185	785	7
	M04	M07	3x1x300	3015	14
	M06	M07	3x1x185	900	7
	M07	EDIFICIO CONSEGNE	3x1x630	7130	28
LINEA 1	EDIFICIO CONSEGNE	SE TERNA FULGATORE 2	3x1x630	980	21
LINEA 2	EDIFICIO CONSEGNE	SE TERNA FULGATORE 2	3x1x630	980	28
CIRCUITO BESS A	EDIFICIO CONSEGNE	SE TERNA FULGATORE 2	3x1x630	980	14,6
CIRCUITO BESS B	EDIFICIO CONSEGNE	SE TERNA FULGATORE 2	3x1x630	980	17
<b>POTENZA COMPLESSIVA</b>					<b>80,600</b>

Tabella 2

In generale, per tutte le linee elettriche saranno collocate ad una profondità minima di 1,10 m. In caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze, le modalità di posa saranno modificate in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-17 e dagli eventuali

---

regolamenti vigenti relativi alle opere interferite, mantenendo comunque un grado di protezione delle linee non inferiore a quanto garantito dalle normali condizioni di posa. Per il dettaglio dei tipologici di posa, si rimanda all’elaborato grafico MTR-PD-D32.

## 4. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DELLE LINEE A 36KV

Il dimensionamento dei cavi è stato fatto tenendo conto delle seguenti disposizioni, tratte dalla norma CEI 11-17):

- Caduta di tensione lungo la linea minore del 3%;
- Perdite di potenza minori del 5%.

Una volta determinata la sezione dei singoli cavi in funzione delle specifiche appena riportate, si procederà ad effettuare la verifica termica, attraverso il calcolo delle correnti di corto circuito previste e la verifica della tenuta termica dei cavi.

### 4.1. CALCOLO DELLE CADUTE DI TENSIONE

Per il calcolo delle cadute di tensione sui singoli cavi, si è tenuto conto dei parametri longitudinali dei cavi, della potenza attiva transitante e di quella reattiva, attraverso la formula:

$$\Delta V = \frac{(P * R + Q * X)}{V^2}$$

- P: potenza transitante;
- Q: potenza reattiva, calcolata considerando un fattore di potenza pari a 0,95;
- R: resistenza di fase del cavo, pari alla resistenza unitaria per la lunghezza del cavo;
- X: reattanza longitudinale di fase del cavo, pari alla reattanza unitaria per la lunghezza del cavo;
- V: tensione di esercizio del cavo (36kV).

Per quanto riguarda le perdite di potenza per effetto Joule, si è fatto uso della formula:

$$P = 3 * R * I^2$$

- R: resistenza longitudinale del cavo;
- I: corrente transitante.

### 4.2. CALCOLO DELLE PORTATE

Per la determinazione della portata dei cavi sarà applicato il metodo descritto dalla tabella CEI-UNEL 35026 e dalla norma CEI 11-17.

A partire dalla portata nominale del cavo, si calcola la portata effettiva sulla base di un fattore correttivo:

$$I_z = I_0 * K1 * K2 * K3 * K4$$

Dove

$I_z$  = portata effettiva del cavo

$I_o$  = portata nominale dichiarata dal costruttore, per posa interrata a 20°C

$K_1$  = Fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20°C

$K_2$  = Fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano

$K_3$  = Fattore di correzione per profondità di interrimento diversa da 0,8 m

$K_4$  = Fattore di correzione per resistività termica diversa da 1,5 k\*m/W

#### 4.3. DATI TECNICI DEL CAVO UTILIZZATO

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento interno del sottocampo che per la connessione alla SSE, saranno a norma IEC 60502-2

Si tratta di cavi unipolari da posare in formazione a trifoglio, tipo 20,8/36kV, con conduttori in alluminio, congiunti in maniera da formare un unico fascio di forma rotonda. L'isolante dei cavi è costituito da miscela in XLPE e fra esso e il conduttore è interposto uno strato di miscela semiconduttrice. Sopra l'isolante è posto uno strato per la tenuta all'acqua, consistente in un nastro semiconduttore. Il cavo presenta uno schermo metallico realizzato con nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale. Sopra lo schermo metallico sono presenti due differenti strati di protezione in guaina protettiva in polietilene. La tensione nominale dei cavi è pari a 36kV.

La tabella che segue mostra i dati tecnici del cavo impiegato, con particolare attenzione ai parametri necessari al calcolo.

Sezione	Resistenza di fase [ $\Omega$ / km]	Reattanza di fase [ $\Omega$ / km]	Portata nominale [A]
185 mm <sup>2</sup>	0,164	0,12	364
300 mm <sup>2</sup>	0,1	0,11	476
630 mm <sup>2</sup>	0,0469	0,099	700

Tabella 3

#### 4.4. TEMPERATURA DEL TERRENO

Al fine di un corretto dimensionamento, occorre tenere conto della temperatura del terreno effettiva, diversa da quella STC di riferimento (20°).

Si farà pertanto uso di un fattore correttivo come riportato nella tabella che segue.

	Cavi con isolamento in XLPE			
Temperatura ambiente	15°C	20°C	25°C	30°C
Coefficiente	1,04	1	<b>0,96</b>	0,93

Tabella 4

È stata stimata una temperatura massima del terreno pari a 25°C alla profondità di posa dei cavi, per cui il fattore correttivo utilizzato sarà  **$K_1 = 0,96$** .

#### 4.5. NUMERO DI TERNE PER SCAVO

Dagli elaborati grafici costituenti il presente progetto è stato ricavato il numero di cavi di media tensione presenti nella stessa trincea. A scopo cautelativo, per ciascuna tratta di collegamento si è preso quale valore di riferimento quello pari al numero massimo di cavi presenti in parallelo lungo tutta la tratta, ottenendo così un margine di sovradimensionamento rispetto alle effettive condizioni di esercizio. La tabella che segue mostra per ciascuna tratta la consistenza dei parallelismi.

LINEA	PARTENZA	ARRIVO	Sezione cavo [mm <sup>2</sup> ]	Lunghezza cavo [m]	Potenza attiva [MW]	N. circuiti nella sez. di scavo
LINEA 1	M01	M03	3x1x185	2645	7	2
	M02	M03	3x1x300	1265	14	2
	M03	EDIFICIO CONSEGNE	3x1x630	7535	21	4
LINEA 2	M05	M04	3x1x185	785	7	2
	M04	M07	3x1x300	3015	14	2
	M06	M07	3x1x185	900	7	2
	M07	EDIFICIO CONSEGNE	3x1x630	7130	28	6
LINEA 1	EDIFICIO CONSEGNE	SE TERNA FULGATORE 2	3x1x630	980	21	4
LINEA 2	EDIFICIO CONSEGNE	SE TERNA FULGATORE 2	3x1x630	980	28	4
CIRCUITO BESS A	EDIFICIO CONSEGNE	SE TERNA FULGATORE 2	3x1x630	980	14,6	4
CIRCUITO BESS B	EDIFICIO CONSEGNE	SE TERNA FULGATORE 2	3x1x630	980	17	4
<b>POTENZA COMPLESSIVA</b>					<b>80,600</b>	

Tabella 5

Per ciascuna tratta, sulla base del numero di circuiti installati sullo stesso piano, sono stati applicati i seguenti fattori correttivi **K2**

N. circuiti	Distanza fra i circuiti 0,20m		
	1	2	3
Coefficiente	1,00	0,90	0,85

Tabella 6

#### 4.6. POSA DIRETTAMENTE INTERRATA

Considerata la tipologia di posa, ossia direttamente interrata, non occorre applicare alcun fattore correttivo alla portata.

Si considerano infatti trascurabili le brevi tratte di posa in tubazione interrata relative a particolari attraversamenti, il cui effetto risulta di modesta entità.

A maggior salvaguardia, in corrispondenza di tali attraversamenti, la distanza fra le tubazioni interrate verrà aumentata sino a 0,5 m, così da potersi considerare validi gli stessi coefficienti di cui al paragrafo precedente, come previsto dalla norma CEI 11-17 allegato B tab. III.

III.



Figura 2

#### 4.7. PROFONDITÀ DI POSA

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, senza ulteriori protezioni meccaniche, ad una profondità di 1,10 m dal piano di calpestio.

In caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze, le modalità di posa saranno modificate in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-17 e dagli eventuali regolamenti vigenti relativi alle opere interferite, mantenendo comunque un grado di protezione delle linee non inferiore a quanto garantito dalle normali condizioni di posa.

Si farà pertanto uso di un fattore correttivo come riportato nella tabella che segue

	Cavi con isolamento in XLPE			
Profondità posa (m)	0,8	1,0	1,2	1,1 (interpolazione)
Coefficiente	1,00	0,98	0,96	0,97

Tabella 7

Considerando il valore di posa di 1,10 m, si è ricavato per interpolazione il valore del coefficiente correttivo, che risulta **K3 = 0,97**.

#### 4.8. RESISTIVITÀ TERMICA DEL TERRENO

In generale, per tutte le linee elettriche, si considera la posa in terreno asciutto (condizione più gravosa) con una resistività termica del terreno pari a 1,5 K\*m/W.

Pertanto, non si applica alcun fattore correttivo e si utilizzerà **K4 = 1**.

#### 4.9. TABULATI DI CALCOLO

Le tabelle che seguono riportano il dimensionamento delle linee elettriche in cavo interrato a 36kV. I valori di portata indicati per i cavi tengono conto dei fattori correttivi introdotti nei paragrafi precedenti.

LINEA	PARTENZA	ARRIVO	Sezione cavo [mm <sup>2</sup> ]	Lunghezza cavo [m]	Potenza attiva [MW]	Corrente nominale [A]	Portata cavo nominale [A]	N. circuiti nella sez. di scavo	K correttivo portata	Portata cavo corretta [A]	Dimensionamento in portata	Resistenza cavo [Ω]	Reattanza cavo [Ω]	Potenza reattiva [MVAR]	ΔV %	ΔV % cumulato	Potenza persa [kW]	Δp %
LINEA 1	M01	M03	3x1x185	2645	7	118,31	364	2	0,838	305,06	39%	0,4338	0,317	2,301	0,29%	1,45%	18,216	0,26%
	M02	M03	3x1x300	1265	14	236,62	476	2	0,838	398,93	59%	0,1265	0,139	4,602	0,19%	1,16%	21,248	0,15%
	M03	EDIFICIO CONSEGNE	3x1x630	7535	21	354,93	700	4	0,764	534,51	66%	0,3534	0,746	6,902	0,97%	0,97%	133,558	0,64%
LINEA 2	M05	M04	3x1x185	785	7	118,31	364	2	0,838	305,06	39%	0,1287	0,094	2,301	0,09%	1,75%	5,406	0,08%
	M04	M07	3x1x300	3015	14	236,62	476	2	0,838	398,93	59%	0,3015	0,332	4,602	0,44%	1,67%	50,643	0,36%
	M06	M07	3x1x185	900	7	118,31	364	2	0,838	305,06	39%	0,1476	0,108	2,301	0,10%	1,32%	6,198	0,09%
	M07	EDIFICIO CONSEGNE	3x1x630	7130	28	473,24	700	4	0,764	534,51	89%	0,3344	0,706	9,203	1,22%	1,22%	224,675	0,80%
LINEA 1	EDIFICIO CONSEGNE	SE TERNA FULGATORE 2	3x1x630	980	21	354,93	700	4	0,764	534,51	66%	0,0460	0,097	6,902	0,13%	0,13%	17,371	0,08%
LINEA 2	EDIFICIO CONSEGNE	SE TERNA FULGATORE 2	3x1x630	980	28	473,24	700	4	0,764	534,51	89%	0,0460	0,097	9,203	0,17%	0,17%	30,881	0,11%
CIRCUITO BESS A	EDIFICIO CONSEGNE	SE TERNA FULGATORE 2	3x1x630	980	14,6	246,76	700	4	0,764	534,51	46%	0,0460	0,097	4,799	0,09%	0,19%	8,396	0,06%
CIRCUITO BESS B	EDIFICIO CONSEGNE	SE TERNA FULGATORE 2	3x1x630	980	17	287,33	700	4	0,764	534,51	54%	0,0460	0,097	5,588	0,10%	0,10%	11,383	0,07%
<b>POTENZA COMPLESSIVA</b>					<b>80,600</b>													

Tabella 8

## 5. ANALISI DEL RISCHIO DI ELETTROCUZIONE

Per elettrocuzione si intende la condizione di contatto tra corpo umano ed elementi in tensione con attraversamento del corpo da parte della corrente. Condizione necessaria perché avvenga un infortunio per elettrocuzione è quella in cui si crei una differenza di potenziale tra due punti della superficie corporea. Tale situazione potrebbe verificarsi nel caso di un contatto del corpo non isolato elettricamente da terra con un conduttore in tensione.

La gravità delle conseguenze dell'elettrocuzione dipende dall'intensità della corrente che attraversa l'organismo, dalla durata di tale evento, dagli organi coinvolti nel percorso e dalle condizioni del soggetto.

Per ciascuna delle sorgenti di cui ai capitoli precedenti, nonché per tutte le componenti in tensione del parco, è stato valutato il rischio di elettrocuzione nel caso si venga a contatto con parti in tensione.

In particolare, sono stati presi in esame i seguenti rischi:

- Contatti elettrici diretti;
- Contatti elettrici indiretti;
- Fulminazione diretta;

### 5.1. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Gli impianti verranno costruiti in maniera tale da evitare qualunque contatto non intenzionale con le parti attive del sistema o il raggiungimento di zone pericolose nelle immediate vicinanze delle parti attive.

Per quanto riguarda le parti di impianto relative agli aerogeneratori e alla stazione di trasformazione, la norma CEI 11-1 le classifica come aree elettriche chiuse, per cui verranno applicate le misure di protezione previste al punto 7.1.3.2 della norma, ossia involucri, barriere, ostacoli e distanziamento, con le misure prescritte dalla norma.

Per quanto riguarda invece gli elettrodotti interrati, la norma li classifica come esterni ad aree elettriche chiuse, per cui verranno applicate le misure di protezione previste al punto 7.1.3.1 della norma, ossia involucri e distanziamento; si farà nello specifico uso di cavi con guaina e schermo di isolamento e si farà ricorso alla metodologia di posa tipo M indicata dalla norma CEI 11-17.

La protezione contro i contatti diretti è assicurata inoltre dall'utilizzo dei seguenti accorgimenti:

- utilizzo di componenti dotati di marchio CE (Direttiva CEE 73/23);
- utilizzo di componenti aventi un idoneo grado di protezione alla penetrazione di solidi e liquidi;
- collegamenti effettuati utilizzando cavo rivestito con guaina esterna protettiva, idoneo per la tensione nominale utilizzata e alloggiato in condotto portacavi idoneo allo scopo.

In ogni caso verranno rispettate le prescrizioni riportate nella Norma CEI 64-8 Parte 4 "Prescrizioni per la sicurezza" e della Norma CEI 11-1 parte 7 "Misure di Sicurezza).

## 5.2. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

Per garantire la protezione dai contatti indiretti, l'intero impianto eolico nel suo complesso è dotato di un impianto di terra, dimensionato per garantire il rispetto dei parametri indicati dalla normativa.

Presso ciascun aerogeneratore verrà realizzato un proprio impianto di terra, a mezzo di anelli concentrici in alluminio interrati e connessi con le fondazioni dell'aerogeneratore, collegati alle sbarre di terra, presso le quali vengono connesse tutte le parti metalliche presenti all'interno dell'aerogeneratore.

Per quanto riguarda l'elettrodotto interrato, verrà posato nel fondo dello scavo una treccia di rame della sezione di 50 mm<sup>2</sup>, tale da connettere tra loro tutte le maglie di terra intorno agli aerogeneratori, formando un unico impianto di terra. A tale treccia verranno collegati tutti gli schermi dei cavi presso i giunti.

Infine, presso la sottostazione di trasformazione, verrà realizzato un impianto di terra al quale verranno connesse tutte le parti metalliche non in tensione, così pure il centro stella del trasformatore.

Verranno inoltre installati dispositivi di protezione tali da garantire l'intervento automatico in caso di guasto.

La protezione contro i contatti indiretti è quindi assicurata dai seguenti accorgimenti:

- collegamento al conduttore di protezione PE di tutte le masse, ivi compresi i centri stella dei trasformatori 36kv/BT installati presso gli aerogeneratori, ad eccezione degli involucri metallici delle apparecchiature di Classe II;
- i dispositivi di protezione intervengono in caso di primo guasto verso terra con un ritardo massimo di 0,4 secondi, oppure entro 5 secondi con la tensione sulle masse in quel periodo non superiore a 50 V.

In ogni caso verranno rispettate le prescrizioni riportate nella Norma CEI 64-8 Parte 4 "Prescrizioni per la sicurezza" e della Norma CEI 11-1 parte 7 "Misure di Sicurezza).

## 5.3. PROTEZIONI CONTRO LE FULMINAZIONI DIRETTE

Gli aerogeneratori implementano già al loro interno un sistema di protezione contro le fulminazioni, costituito da un sistema di captazione, realizzato con un anello di alluminio

---

disposto sulle pale, da una linea di drenaggio e da una rete di terra realizzata intorno alla fondazione dell'aerogeneratore.

## 6. AREA EDIFICIO CONSEGNA E BESS

Nel presente capitolo si darà descrizione dell'area dell'edificio di consegna e BESS a servizio dell'impianto eolico in oggetto, dando evidenza delle caratteristiche delle principali componenti elettriche e delle opere civili necessarie alla realizzazione dell'opera.

### 6.1. UBICAZIONE E VIABILITÀ DI ACCESSO

Il parco eolico in progetto convoglierà l'energia prodotta verso l'edificio consegna e da qui verso la Stazione Elettrica Terna "Fulgatore 2" 220/36 kV in progetto nel Comune di Trapani, in provincia di Trapani.

L'area dell'edificio Consegna e BESS ricadrà nel territorio Comunale di Marsala provincia di Trapani in C. da Roccazzello (particelle n.129, 40, 144, 93, 92, 91 e 41 del foglio 94); la sua posizione è identificata dalle coordinate geografiche: 37°50'35.73"N, 12°37'38.83"E.

Nell'area oltre all'edificio è prevista la realizzazione di un sistema di accumulo a 31,60 MW/126.4MWh, per l'accumulo di parte dell'energia elettrica prodotta dal parco eolico.

Il progetto prevede un impianto energy storage (BESS) annesso al parco eolico con potenza di immissione pari a 31,60 MW per una potenza complessiva (eolico e Bess) di immissione pari a 80,60 MW.

L'area dell'edificio Consegna e BESS è di forma rettangolare di larghezza pari a circa 63,75 m e di lunghezza pari a circa 104,60 m, interamente recintata accessibile e tramite un cancello carrabile largo 7,00 m. Il sito è accessibile dalla S.P.8 o sulla SP24 proseguendo sulla strada S.B.25.

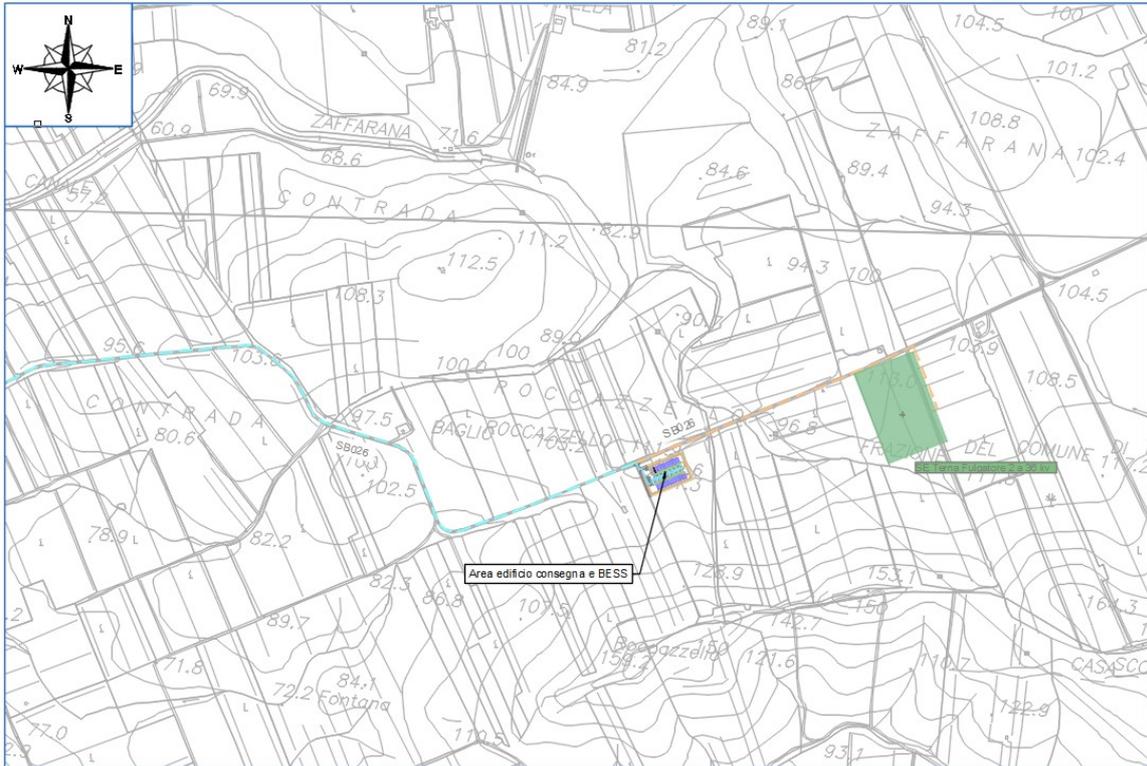


Figura 3 – Inquadramento su CTR area Edificio Consegna e BESS

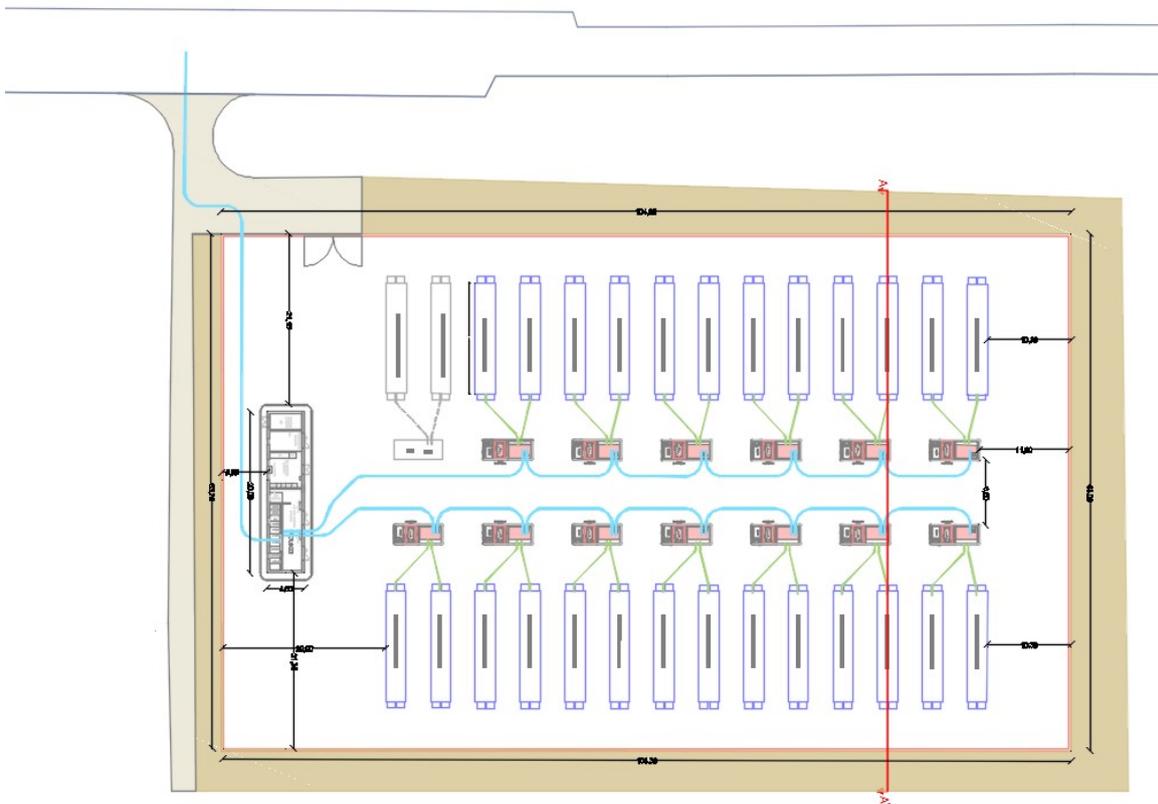


Figura 4 - Vista Area Edificio Consegna e BESS

## 6.2. EDIFICIO CONSEGNA

Presso l'area in esame verrà realizzato un edificio destinato a locali tecnici, avente un ingombro in pianta di (20,0 x 4,60) m, nel quale verranno ubicati i quadri a 36KV, i trasformatori 36kV/BT, nonché i quadri ausiliari.

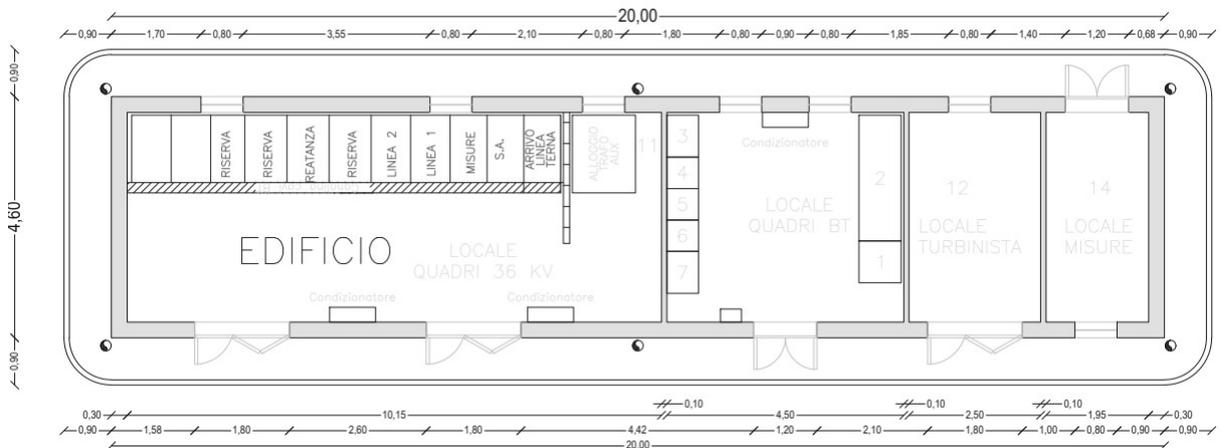


Figura 5 - Layout edificio consegna

L'edificio è articolato in più locali interni, adibiti a:

- Locale quadri a 36kV;
- Locale quadri BT;
- Locale Turbinista.
- Locale Misure e Contatori.

L'edificio sarà completo di tutti gli impianti elettrici civili interni (illuminazione e prese).

## 6.3. OPERE CIVILI

Le Opere Civili di dell'Area dell'Edificio Consegna e BESS possono essere identificate così come segue:

A. Edificio Consegna

B. Opere complementari

- Recinzione metallica con altezza minima fuori terra su entrambi i lati di 2,50 m dal piano
- Area a verde perimetrale;
- Area inghiaiaata permeabile.

## 6.4. DESCRIZIONE DEL PROGETTO BESS

### 6.4.1. Configurazione impiantistica del BESS

Il progetto prevede l'installazione di un sistema di accumulo elettrochimico utilizzando celle elettrolitiche a ioni di Litio (tecnologia FePO<sub>4</sub>) assemblate in moduli e quindi in rack, uniti tra loro ed atti a costituire soluzioni modulari di batterie. I rack, assemblati in appositi armadi elettricamente collegati tra loro, determinano i valori di potenza, tensione e corrente previsti dallo specifico design.

Nel complesso l'impianto storage è caratterizzato da una potenza nominale pari a circa 31.6 MW e da una capacità energetica nominale pari a circa 126.4 MWh.

Il BESS sarà costituito dai seguenti componenti:

- N° 26 container 45FT contenenti i rack di moduli di celle da 5,76 MWh.

Ogni container contiene un sistema di management delle assemblate batterie (BMS);

- N°13 skid PCS (ognuno associato a N°2 container batterie) con le apparecchiature elettriche di potenza e controllo (quadri, equipaggiamenti e cavidotti BT DC, sistemi di conversione DC/AC e trasformazione BT/ 36kV, quadri, equipaggiamenti e cavidotti 36 kV, sistemi di protezione e misura ecc.);
- quadri di arrivo e protezione 36 kV dai N°13 skid PCS, la trasformazione 36 kV/BT per l'alimentazione dei servizi ausiliari del sistema BESS, il sistema misure dell'energia scambiata dal sistema BESS, il quadro di partenza verso l'edificio consegna dove troveranno collocazione anche il sistema di management dell'insieme degli 13 skid PCS (EMS);
- il sistema BESS condividerà con l'impianto eolico il punto di consegna a 36 kV presso la Stazione Elettrica Terna "Fulgatore 2" 220/36 kV per il collegamento alla RTN.

Il sistema BESS sarà equipaggiato con tutti i dispositivi previsti dal Regolamento:

- Phasor Measurement Unit (PMU);
- Unità Periferica per il Distacco e Monitoraggio (UPDM);
- Apparati per lo scambio informativo.

Il sistema BESS realizzerà una Unità di Produzione di tipo "stand alone" nel rispetto di quanto previsto nel sistema GAUDÌ (Gestione delle Anagrafiche Uniche Degli Impianti di produzione) gestito da Terna S.p.A...

I containers batterie, gli skid PCS, i quadri potenza e controllo 36 kV e la componentistica ausiliaria saranno installati su fondazioni in calcestruzzo armato e rispondenti alle prescrizioni tecniche dei fornitori e nel rispetto delle condizioni ambientali richieste. Ogni container batterie

sarà fornito già assemblato e perfettamente funzionante direttamente dal produttore e sarà dotato di sistema rilevazione incendi, impianto di spegnimento automatico a gas, sistema antintrusione, sistema di emergenza, impianto di condizionamento.

I container batterie previsti in fornitura saranno di tipo metallico con struttura realizzata ad hoc per ospitare i rack batterie; la carpenteria verrà realizzata su progetto personalizzato e comprenderà: pannelli esterni grecati e sandwich metallici per le coibentazioni delle pareti perimetrali; controtelaio e supporto per gli allestimenti delle apparecchiature interne; pavimento sopraelevato ed asportabile; portelloni con maniglione antipánico; parete superiore in sandwich coibentato idoneo per installazione impianti tecnologici (luci, fem, rilevazione incendi, ecc.); ciclo di verniciatura idoneo per ambienti marini.

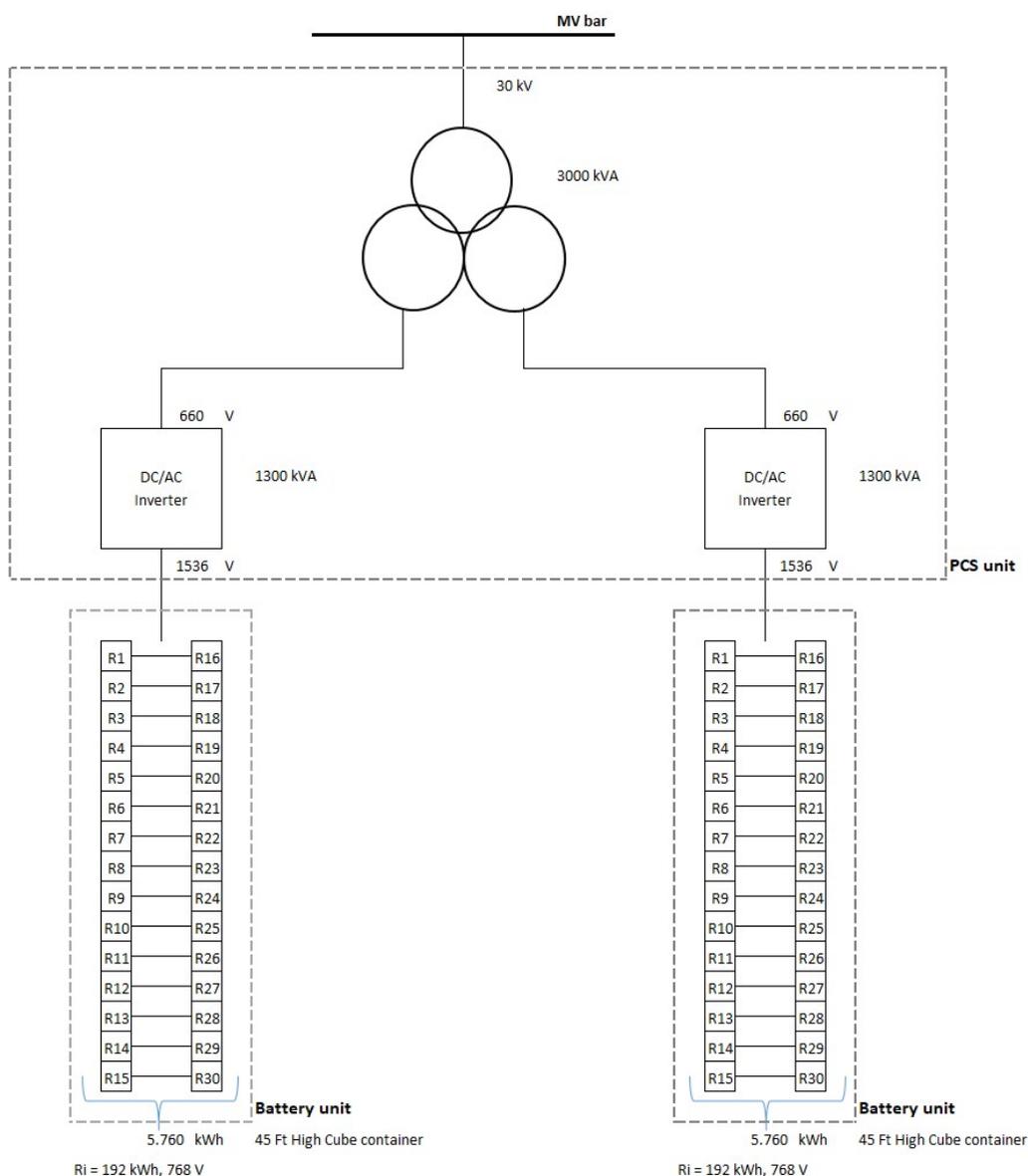


Figura 6 - Rappresentazione schematica circuitale del modulo costituente il BESS (n°13 moduli previsti)

#### 6.4.2. Container batterie

Ogni singolo container batterie è del tipo standard ISO da 45FT con accessibilità dall'esterno e provvisto di impianti di condizionamento e di rilevazione e spegnimento incendi nel quale vengono alloggiati n° 30 rack per una capacità totale pari a 5,76 MWh (100% SOC, BoL). All'interno di ogni singolo container sarà presente il sistema di gestione e controllo delle batterie BMS. Nella figura sottostante il disegno del singolo modulo.



Figura 7 -



Figura 8 - Modulo Container Batterie

Il grado previsto di protezione minimo dei container sarà IP54, saranno rispettate le prescrizioni delle norme antisismiche per la zona di intervento.

### 6.4.3. Power conversion system e Trasformazione BT/36KV

Ciascun convertitore statico, nel seguito PCS (Power conversion system), sarà costituito da ponti bidirezionali reversibili, che impiegheranno IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor). Essendo le batterie adottate, caratterizzate da ampie escursioni di tensione, per l'azionamento saranno impiegati convertitori bidirezionali AC/DC da 3000kVA/2500KW 714V – 1000V dc, 440V<sub>ac</sub> ± 10%, 50 Hz.

In dettaglio le Power Conversion system sarà equipaggiata con:

- Quadro di conversione bidirezionale AC/DC, costituito da:
  - Induttanze e condensatori di spianamento;
  - Filtro LC di rete lato AC;
  - Filtri RFI per la soppressione dei disturbi elettromagnetici;
- Quadro BESS SCADA, contenente il sistema di supervisione, controllo e monitoraggio delle PCS, capace inoltre di interfacciarsi con il sistema BESS PLC CONTROLLER del sistema di accumulo, garantendo in questo modo il corretto e sicuro funzionamento del sistema stesso.
- Quadro per l'alimentazione dei servizi ausiliari dei quadri di conversione (es. alimentazione sistemi di comando e controllo, condizionamento etc.);
- Sistemi di apparecchiature di manovra e protezione (interruttori, fusibili etc.), e dispositivi di sicurezza (antincendio, etc.).

Nelle immediate vicinanze di ciascuna PCS sarà installato un trasformatore BT/36kV (36/0,55kV), di taglia pari a 3MVA.

Si riportano nel seguito le caratteristiche preliminari di ciascuna PCS:

Le regolazioni di potenza attiva e reattiva in assorbimento ed in erogazione verso la rete avvengono all'interno della curva di capability (P, Q) del PCS e nel rispetto delle limitazioni/blocchi provenienti dal sistema BESS SCADA.

Si riporta qui di seguito la curva di capability (P, Q) per la soluzione attualmente considerata

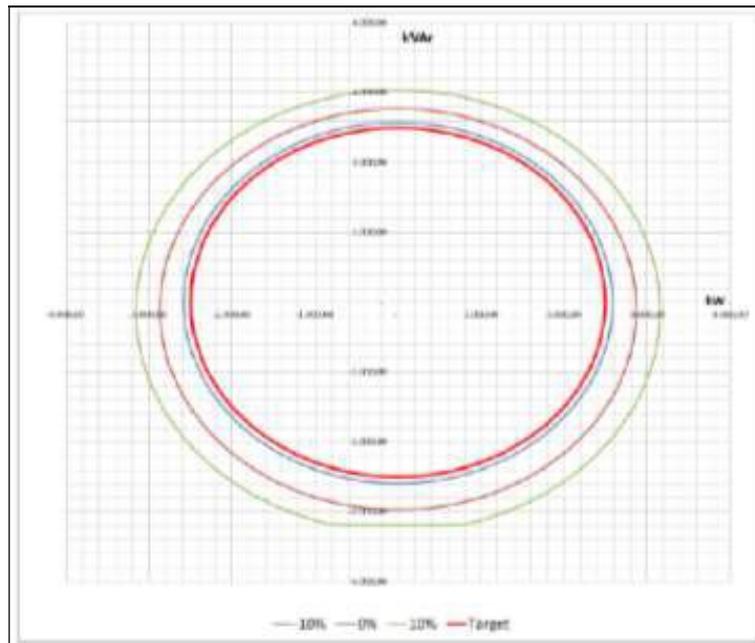


Figura 9 - Curva di Capability (P, Q)



Figura 10 -

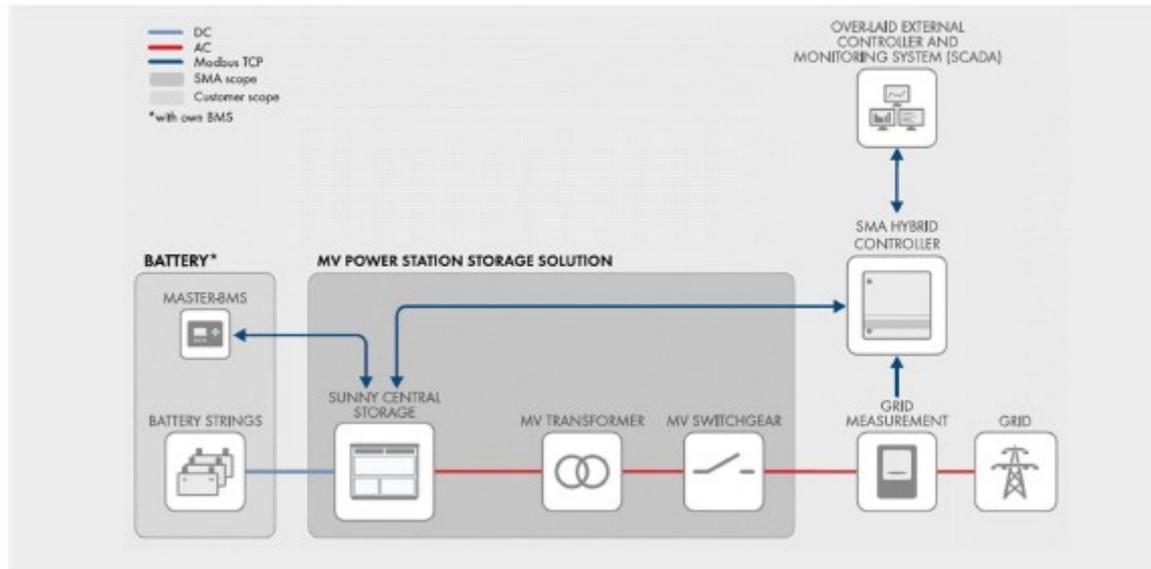


Figura 11 -

### 6.5. DIMENSIONAMENTO E DATI TECNICI DEL BESS

Si prevede l'installazione un sistema di accumulo di energia con batterie al litio composto da N° 26 container batterie (ciascuno equipaggiato con rack aventi capacità energetica pari a 5,76 MWh 100% SOC BoL) con relativi sistemi skid con PCS MV AC ed impianti tecnologici. Si prevede che il sistema BESS venga suddiviso in 13 moduli ciascuno costituito da N°2 container batterie (5.76x2=11,52 MWh 100% SOC BoL) e N°1 sistema PCS questo ultimo costituito da Inverter di taglia 2,60 MVA e di un trasformatore elevatore LV/MV di taglia 2,5 MW. Si precisa che il dato in capacità energetica fa riferimento alle condizioni ambientali forzate dal sistema di condizionamento che manterrà l'ambiente delle batterie ad una temperatura nel range 15-30 °C con impostazione target a 25°C. I dati tecnici di progetto del BESS sono riportati nella tabella sottostante:

Dati tecnici di progetto del BESS			
Livello di tensione nominale al Punto di Verifica		kV	132
Prelievo per servizi ausiliari		MV	1,54 dato di picco
Potenza installata trasformatore PCS (0,66 kV/36 kV)		MVA	39 (13 unità x 3,0 MVA/unità)
Potenza installata inverter PCS (0,66 kV AC, cosfi=1,00)	Pmax PCS	MW	32,9 (13 unità x 2,53 MW/unità)
Capacità energetica installata (100% SOC, BoL)		MWh	149,76 (26 unità x 5,76 MWh/unità)
SOC min		%	3,0
SOC max		%	98,0
Capacità energetica utilizzabile (BoL)	EefLBoL	MWh	142,27
Capacità energetica utilizzabile (EoL)	EefLEoL	MWh	111,68
(after 15 years - assumed 1,60%/y) - without considering any revamping			78,50%

Tabella 9 – Dati Tecnici BESS

Al fine di render più agevole la comprensione dei parametri relativi allo specifico dimensionamento effettuato per il BESS si evidenzia in prosieguo uno schema a blocchi rappresentativo del sistema in progetto. Inoltre, dai i risultati del modello di calcolo dei flussi di potenza in regime stazionario sia in fase di carica che scarica includendo i prelievi per servizi ausiliari e calcolati nell'ipotesi di garantire al nodo AC di ciascun inverter la potenza massima erogabile:  $13 \times 2,43 = 31,60$  MW.

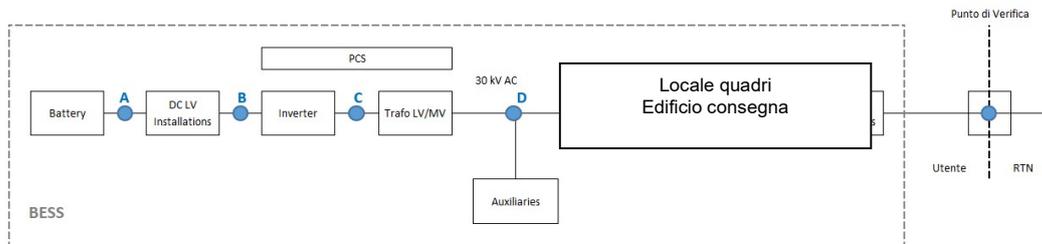


Fig. 14 Schema a blocchi, del BESS

Dal predetto schema è possibile identificare il valore della Potenza Massima Erogabile in RTN (al Punto di Verifica) al lordo ed al netto della semibanda di regolazione primaria (come identificata nel Codice di Rete del gestore di rete Terna S.p.A.):

Potenza Massima erogabile senza di semibanda di regolazione primaria:

$[32,9 \text{ MW PCS} \times 98,5\% \text{ trafo LV/MV} - 1,04 \text{ MW ausiliari}] \times (99,9\% \text{ perdite AC MV} \times 98,9\% \text{ perdite QUADRI A 36 KV} \times 99,9\% \text{ perdite Edificio consegna -Terna}) = 31,60 \text{ MW}$ .

Potenza Massima erogabile con semibanda di regolazione primaria:

$[(32,90 \text{ MW PCS} \times (100\% - 1,50\%)) \times 98,5\% \text{ trafo LV/MV} - 1,04 \text{ MW ausiliari}] \times (99,9\% \text{ perdite AC MV} \times 98,9\% \text{ perdite quadri QUADRI A 36 KV} \times 99,9\% \text{ perdite Edificio consegna -Terna}) = 29,835 \text{ MW}$

Per quanto al dimensionamento in potenza sono stati seguiti i seguenti criteri:

- anzitutto è stata scelta una taglia  $> 10$  MW con lo scopo di rendere il sistema BESS, Unità di Produzione di tipo stand alone, idoneo ad operare, oltre che nei mercati dell'energia ("MGP" ed "MP"), anche nei mercati dei servizi (in particolare i segmenti "MSD" ed "MB");
- è stata quindi impostato un livello di potenza paragonabile a quello dell'impianto fotovoltaico in previsione di possibili "abbinamenti" tra la produzione solare e la capacità di stoccaggio del sistema BESS con lo scopo di potere accumulare il profilo di produzione solare in presenza di fenomeni zionali o nodali di "overgeneration" che ne comporterebbero il taglio;

- la garanzia di tale gradiente in fase carica porterà, lato PCS AC MV assumendo una catena di rendimenti pari a  $(0,964 \cdot 0,999 \cdot 0,976 = 0,940)$ , desunti dai calcoli), ad un flusso di potenza almeno pari a  $0,15 \times Pa / 0,940$ ;
- la taglia di riferimento è stata quindi posta nell'ordine dei 31.60 MW, affinamenti tecnici e progettuali, nonché le taglie commercialmente disponibili, hanno identificato il sistema BESS precedentemente descritto dove il "nodo" in termini di gestione della potenza è rappresentato dalla taglia dell'inverter scelto (per l'insieme degli 13 moduli) pari a 32,90 MW (lato AC 0,66 kV).

Per quanto al dimensionamento della capacità energetica del sistema batterie è stato seguito il seguente criterio:

- ci si è posti l'obiettivo di potere garantire la possibilità di immettere in RTN una Potenza Massima Erogabile al netto della semibanda di regolazione primaria (per almeno 4 ore consecutive all'inizio della vita utile (BoL) delle batterie;
- ne consegue un "requisito energetico" trasposto al nodo RTN ed in fase di scarica del sistema BESS pari a:  
 $29,835 \text{ MW} \times 4 \text{ h} = 119,340 \text{ MWh}$ ;
- considerando il rendimento di scarica ( $\eta_s$ ) è stato quindi valutato il "requisito energetico" lato batteria pari quindi a:  
 $119,340 / 87,3\% = 136,701 \text{ MWh}$ ;
- a questo punto è stata considerato il range di utilizzo della capacità di carica della batteria che, per tipologie di batterie tali da garantire un rapporto Energia/Potenza pari a circa 4 ore ( $C_{rate} = 0,25$ ), variano da un SOC minimo del 3% ad un SOC massimo del 98%, ergo un campo di utilizzo del 95%;
- la capacità energetica "commerciale" per ottenere il requisito prefissato deve essere pari ad almeno:  
 $13,701 \text{ MWh} / 95\% = 143,896 \text{ MWh} (100\% \text{ SOC BoL})$ ;
- sulla base dei prodotti commercialmente disponibili è stato scelto di prevedere l'installazione di un sistema batterie di capacità 149,76MWh (100% SOC BoL).

<b>Dati tecnici di progetto del BESS</b>			
Livello di tensione nominale al Punto di Verifica		kV	132
Prelievo per servizi ausiliari		MV	1,54 dato di picco
Potenza installata trasformatore PCS (0,66 kV/36 kV)		MVA	39 (13 unità x 3,0 MVA/unità)
Potenza installata inverter PCS (0,66 kV AC, cosfi=1,00)	Pmax PCS	MW	32,9 (13 unità x 2,53 MW/unità)
Capacità energetica installata (100% SOC, BoL)		MWh	149,76 (26 unità x 5,76 MWh/unità)
SOC min		%	3,0
SOC max		%	98,0
Capacità energetica utilizzabile (BoL)	EefLBoL	MWh	142,27
Capacità energetica utilizzabile (EoL)	EefLEoL	MWh	111,68
(after 15 years - assumed 1,60%/y) - without considering any revamping			78,50%

Tabella 10 Dati tecnici del sistema BESS

È stato previsto che la batteria, operando nei mercati dell'energia e dei servizi, lavori eseguendo tra i 400 ed i 500 cicli di carica/scarica equivalenti all'anno.

La batteria subisce nel tempo un processo di degrado che comporta la riduzione della capacità energetica effettivamente disponibile. In relazione alla tipologia di batteria prevista ed al suo utilizzo atteso è stato possibile, da interlocuzioni con il produttore delle batterie, identificare un verosimile coefficiente di derating della capacità energetica della batteria e posizionabile nello 1,60%/anno;

La capacità energetica a fine vita utile (EoL), in assenza di interventi di revamping della capacità energetica che potranno invece essere previsti, diventerebbe:

$$142,27 \text{ MWh} \times (1-1,60\%)^N \text{ con } N = \text{numero di anni di esercizio fino alla fine della vita utile.}$$

Assumendo, a titolo indicativo, N=15 anni risulterebbe una capacità energetica effettiva EoL pari a:

$$142,27 \text{ MWh} \times 78,5\% = 111,68 \text{ MWh.}$$

In questa condizione l'erogazione della Potenza Massima Erogabile comprensiva di riduzione per semibanda di regolazione primaria (29,835 MW) risulterebbe pari a:

$$111,68 * \text{Eta}_S / 29,835 \text{ MW} = 3,17 \text{ ore.}$$

Allo stato attuale dello sviluppo progettuale si prevede l'installazione di singoli rack delle caratteristiche indicate alla seguente tabella (si veda Rack 3).

Item		Cell	Module	Rack Type 1	Rack Type 2	Rack Type 3
Type No.		FE125A	51.2NESP250	512125141	512125166	512125192
Cell Capacity	Ah	130	250	250	250	130
Energy	kWh	0.416	12.8	141	166	192
Nominal Volt	V	3.2	51.2	563.2	665.6	768.0
Minimum Volt	V	2.5	44.8	492.8	582.4	672.0
Maximum Volt	V	3.8	57.6	633.6	748.8	864.0
Dimension	mm	130*36*240	400*602*265	500*650*1860 (2pcs)	500*650*2130 (2pcs)	500*650*2400 (2pcs)
(WxDxH)						
Weight	kg	2.35	94	1372	1586	1798
Allowed C-Rate	C	1	1	0.5		
Recommended C-Rate	C	0.5	0.5	0.5		
Operation Temperature Range	Discharge	-20 to 60°C	-20 to 55°C	-20 to 55°C		
	Charge	0 to 60°C	-0 to 55°C	-0 to 55°C		
	Store	0 to 40°C	-0 to 40°C	-0 to 40°C		
Recommended Operation Temperature Range	Discharge	15 to 35°C	15 to 30°C	15 to 30°C		
	Charge	15 to 35°C	15 to 30°C	15 to 30°C		
	Store	15 to 30°C	15 to 30°C	15 to 30°C		
Humidity	%	5%-95%	5%-95%	5%-95%		

Tabella 11 Caratteristiche tecniche delle celle, moduli e rack selezionati (costruttore NARADA)

## Long Life and Wide Application & Experience

Wide application & experience on Telecom, BESS and Automotive, collecting knowhow and innovating superior and adaptive technology.

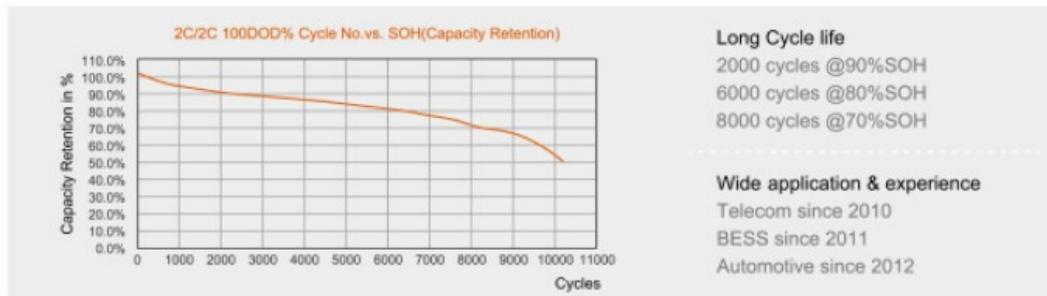


Figura 12 - Riduzione della capacità energetica in funzione dei cicli equivalenti (fonte costruttore NARADA)

## 7. MODALITÀ DI CONNESSIONE ALLA RETE

L'impianto eolico di Aquitania S.r.l. avrà una potenza installata di 49.00MW, ed il proponente ha richiesto a Terna il preventivo di connessione che prevedrà come soluzione di connessione il collegamento in antenna a 36 kV con una nuova Stazione Elettrica di Trasformazione denominata "Fulgatore 2" a 220/36 kV della RTN, da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 220 kV "Fulgatore – Partanna.

Oltre che degli aerogeneratori, il progetto si compone dei seguenti elementi:

- un elettrodotto interrato con cavi a 36 kV, di collegamento tra gli aerogeneratori;
- un edificio di consegna;
- Stazione satellite per l'ampliamento a 36 kV della Stazione Elettrica di Terna 220 "Fulgatore 2" (progetto in capo ad un altro proponente).
- Nuova stazione RTN di smistamento a 220 KV "Partanna 3" da inserire in entra-esce sulla linea RTN 220 KV "Fulgatore-Partanna" (progetto in capo ad un altro proponente autorizzato in PAUR con D.A. n. 156 /GAB del 28/06/2022);
- 2 raccordi in entra-esce a 220 kV fra la suddetta SE RTN "Partanna 3" e la 220 kV "Fulgatore-Partanna" progetto in capo ad un altro proponente autorizzato in PAUR con D.A. n. 156 /GAB del 28/06/2022);
- Nuovo elettrodotto di RTN a 220 kV di collegamento fra la nuova SE "Partanna 3" e la esistente SE RTN 220 kV Partanna (progetto in capo ad un altro proponente autorizzato in PAUR con D.A. n. 156 /GAB del 28/06/2022);
- Ampliamento della esistente SE RTN 220 KV Partanna con nuovo montante a 220 KV (progetto in capo ad un altro proponente autorizzato in PAUR con D.A. n. 156 /GAB del 28/06/2022).
- Nuovo elettrodotto di RTN a 220 kV di collegamento fra la SE "Partanna 2" e la futura SE RTN 220 kV Partanna 3 (progetto in capo ad un altro);
- un nuovo elettrodotto RTN a 220 kV di collegamento della SE "Partanna 2" con la stazione 220/150 kV di Fulgatore, previo ampliamento della stessa (progetto in capo ad un altro proponente).
- Stazione satellite per l'ampliamento a 36 kV della Stazione Elettrica di Terna 220/150KV "Fulgatore" (progetto in capo ad un altro proponente).

Ai sensi dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt 99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per

---

Energia, Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto in antenna a 36 kV per il collegamento del parco eolico alla SE Fulgatore 2 costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 36 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

## 8. STAZIONE ELETRICA RTN TERNA 220/36 KV "FULGATORE 2"

### 8.1. INTRODUZIONE

Il presente paragrafo ha per oggetto la Stazione Elettrica di smistamento a 220 kV denominata "Fulgatore 2", in seguito solo SE RTN "Fulgatore 2".

Tale Stazione Elettrica, che costituisce opera di Rete per la connessione, verrà collegata in entra/esce tramite raccordi a 220 kV all'esistente linea 220 kV Fulgatore - Partanna, e mediante nuovi elettrodotti a 220 kV in semplice terna alle esistenti SE di Fulgatore e di Partanna 2.

Nel presente capitolo vengono illustrate le caratteristiche della SE RTN "Fulgatore 2".

### 8.2. UBICAZIONE E ACCESSO

Tra le possibili soluzioni è stata individuata l'ubicazione più funzionale che tenga conto di tutte le esigenze tecniche di connessione della stazione alla rete elettrica nazionale e delle possibili ripercussioni sull'ambiente, con riferimento alla legislazione nazionale e regionale vigente in materia.

Le aree interessate dalla realizzazione della Stazione Elettrica e dei relativi raccordi alle linee RTN esistenti ricadono in C.da Guarinelle all'interno del territorio Comunale di Trapani, in provincia di Trapani. L'area è ubicata a Nord-Est dell'abitato di Marsala e ad ovest dell'abitato di Salemi, dai cui centri abitati dista rispettivamente circa 17,8 e 15,5 Km. Essa ricade, topograficamente, nella tavola 257 IV SE della Carta d'Italia edita dall'IGM in scala 1:25.000 e nella sezione n° 605160 - "Baglio Chitarra" della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000.

Il sito si può individuare tramite le seguenti coordinate geografiche (sistema WGS 84) del punto baricentrico dell'area interessata dal progetto:

Latitudine 37°50'41.5"N - Longitudine 12°38'02"E

L'accesso alla SE Fulgatore 2 è reso agevole dal posizionamento in un'area compresa fra le esistenti SP n.8 e Strada di Bonifica n.24; per l'accesso alla nuova SE RTN sarà adeguata la esistente strada sterrata, che deriva dalla S.P. n.8 e lambisce l'area in cui verrà realizzata la Stazione, da utilizzare per il doppio senso di marcia. La stazione sarà predisposta con apposito accesso carroia con cancello ed un varco pedonale.

Nei pressi dell'accesso alla SE Fulgatore 2 verrà realizzato, oltre ad un parcheggio esterno con accesso sempre dalla medesima strada, il punto di consegna per l'alimentazione MT e i servizi di telefonia TLC come richiesto dai Distributori di zona, meglio descritti nel seguito.

La superficie impegnata dalla Stazione Elettrica sarà pari a circa 3,2 ha.

L'individuazione del sito ed il posizionamento della stazione è valutabile negli elaborati grafici di progetto allegati alla presente relazione.

### **8.3. DISPOSIZIONE ELETTROMECCANICHE**

La nuova Stazione Elettrica "Fulgatore 2" sarà composta da un doppio sistema di sbarre a 220 kV, con un'area impegnata di dimensioni 235x155 m (compresa la stradella di servizio perimetrale), come da planimetria elettromeccanica allegata.

Sarà prevista anche una sezione aggiuntiva a 36 kV dedicata ai produttori connessi a questo livello di tensione.

La sezione a 220 kV sarà del tipo unificato TERNA con isolamento in aria e sarà costituita da:

- n. 1 sistema a doppia sbarra;
- n. 4 stalli linea aerea completamente attrezzati (n.2 stalli SE Fulgatore e n.2 stalli SE Partanna 2)
- n. 2 stalli parallelo sbarre;
- n.1 stallo utente Parco Borromea
- n.1 stallo per eventuale futuro reattore
- n. 3 stalli linea disponibili (per futuri ampliamenti/connessioni);
- n.3 stalli TR 220/36kV

Ogni montante linea sarà equipaggiato con sezionatori di sbarra verticali, interruttore SF6, sezionatore di linea orizzontale con lame di terra, TV e TA per protezioni e misure.

I montanti parallelo sbarre saranno equipaggiati con sezionatori di sbarra verticali, interruttore in SF6 e TA per protezione e misure.

Le linee afferenti si attesteranno su sostegni portale di altezza massima pari a 16 m, l'altezza massima delle altre parti d'impianto sarà di 9,30 m.

Per tutti i dettagli si vedano gli allegati tecnici, sezioni elettromeccaniche e schema unifilare.