

# REGIONE MARCHE




Comune di Caldarola (MC)

## PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI 60,0 MW integrato con un sistema di accumulo della potenza di 20,0 MW e delle relative opere di connessione alla RTN sito nei comuni di Caldarola e Camerino (MC)

TITOLO

Piano di monitoraggio, gestione e manutenzione dell'impianto

PROGETTAZIONE	PROPONENTE	
 SR International S.r.l. C.so Vittorio Emanuele II, 282-284 - 00186 Roma Tel. 06 8079555 - Fax 06 80693106 C.F e P.IVA 13457211004 	 Fred. Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - 00185 Roma C.F e P.IVA 15604711000	

Revisione	Data	Elaborato	Verificato	Approvato	Descrizione
00	15/11/2022	Ricca	Bartolazzi	F.O. Renewables	Piano di monitoraggio, gestione e manutenzione dell'impianto

N° DOCUMENTO

FLS-CLD-PMG

SCALA

--

FORMATO

A4

**INDICE**

<b>INDICE DELLE FIGURE .....</b>	<b>1</b>
<b>INDICE DELLE TABELLE .....</b>	<b>1</b>
<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. SISTEMA DI MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>3</b>
2.1 MANUTENZIONE PREVENTIVA E ORDINARIA .....	3
2.2 MANUTENZIONE STRAORDINARIA .....	6
<b>3. MANUALE D'USO DI TUTTI I COMPONENTI DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>7</b>
<b>4. MANUALE D'USO DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>8</b>
<b>5. PROGRAMMA DI MANUTENZIONE .....</b>	<b>9</b>
<b>6. ELEMENTI DI MANUTENZIONE DEL SISTEMA DI ACCUMULO .....</b>	<b>11</b>

**INDICE DELLE FIGURE**

**Figura 1.** Architettura del sistema SCADA di monitoraggio degli impianti di energia eolica ... 9

**INDICE DELLE TABELLE**

**Tabella 1.** Quadro programmatico di manutenzione del parco eolico ..... 11

## **1. PREMESSA**

Il presente progetto ha come obiettivo la realizzazione di una centrale per la produzione di energia da fonte rinnovabile tramite l'impiego di tecnologia eolica. La realizzazione dell'opera prevede l'installazione di n.12 aerogeneratori, modello tipo Vestas V150, della potenza unitaria di 5,0 MW per una potenza totale di 60 MW. A questi, si aggiunge un sistema di accumulo di energia elettrica di capacità pari a 20,0 MW e delle opere di connessione alla nuova Stazione di Smistamento della RTN (SE) a 132 kV, da inserire in entra - esce alle linee a 132 kV RTN "Valcimarra - Camerino" e "Valcimarra - Cappuccini" esistenti, da potenziare. Tuttavia non si esclude la possibilità di ricorrere ad alcune varianti progettuali per incrementare la produttività dell'impianto, anche in funzione dei futuri sviluppi di mercato.

Soggetto responsabile del parco eolico, denominato "Energia Caldarola", è la società Fred. Olsen Renewables Italy S.r.l. che ha come attività principali lo sviluppo, la progettazione, l'installazione, la commercializzazione, la gestione e la vendita di energia elettrica generata da fonti rinnovabili. La società ha sede a Roma, in Viale Castro Pretorio n. 122 - CAP 00185, C.F. e P.IVA 15604711000.

SR International S.r.l. è una società di consulenza e progettazione operante nel settore delle fonti di energia rinnovabili, in particolare solare ed eolica. Per la realizzazione del progetto in esame essa funge da soggetto di riferimento per il supporto tecnico-progettuale.

L'impianto in progetto comporta un significativo contributivo alla produzione di energia rinnovabile; l'energia prodotta sarà immessa nella Rete di Trasmissione Nazionale di proprietà della società Terna S.p.A.

## **2. SISTEMA DI MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO**

La manutenzione della centrale rappresenta una fase di grande importanza per una buona gestione del parco eolico, in quanto permette un buon funzionamento dell'impianto durante tutto il periodo di attività. Un efficiente piano di controllo e monitoraggio del parco è propedeutico ad una buona manutenzione dell'impianto.

Le attività di manutenzione si distinguono in:

- Manutenzione preventiva e ordinaria;
- Manutenzione straordinaria, mediante l'ausilio di ditte specializzate.
- Manutenzione ordinaria e straordinaria del sistema di accumulo

### **2.1 MANUTENZIONE PREVENTIVA E ORDINARIA**

La fase di assistenza e manutenzione preventiva e ordinaria della macchina eolica utilizzata nel Parco Eolico "Energia Caldarola" consiste in alcune attività di controllo e adeguamento agli standard operativi (specificate nell'ultimo capitolo della presente relazione). La turbina che viene adottata nel progetto è una macchina molto efficiente ed è stata progettata con delle tecnologie tali da ridurre al minimo la frequenza dei controlli. L'accesso alla turbina è più semplice e sono state ampliate le aree operative, mentre la disposizione dei componenti della torre e della navicella è studiata per facilitare le procedure di assistenza. Questa caratteristica, unitamente ad una serie di innovazioni che spaziano dalla lubrificazione automatica dei cuscinetti delle pale fino a un sistema di imbardata lubrificato con olio, hanno consentito di arrivare potenzialmente a due soli controlli preventivi di manutenzione annuale. Ciò permette un risparmio notevole in termini di tempi di inattività della turbina e di costi del personale.

La manutenzione ordinaria dell'aerogeneratore e dei circuiti elettrici esterni alle macchine prevede principalmente un controllo di efficienza e funzionalità dei seguenti gruppi elettromeccanici.

#### *Organi di Trasmissione*

Il sistema di trasmissione segue una logica semplice: pochi componenti rotanti riducono il carico meccanico ed aumentano la durata tecnica. Le spese di manutenzione e di assistenza per l'impianto di energia eolica vengono così ridotte al minimo (meno usura dei componenti, nessun cambio d'olio degli ingranaggi della trasmissione) ed i costi di esercizio si abbassano. Il mozzo del rotore ed il generatore ad anello degli impianti di energia eolica sono collegati tra loro in un'unità fissa con ingranaggio.

### *Circuito idraulico per l'afflusso di olio lubrificante*

Si deve assicurare l'adeguato controllo dell'efficienza dei sistemi idraulici con cui si provvede alla lubrificazione dei seguenti organi:

- Freno meccanico di tenuta rotore;
- Cuscinetti delle pale;
- Centralina idraulica per i freni delle punte delle pale.

### *Sistema di controllo della pala durante eventi di forte ventosità*

La turbina adottata nel progetto dispone di un'apposita funzione di protezione in caso di tempesta. Questa funzione permette, con venti molto forti, un funzionamento ridotto dell'impianto senza dover fermare l'impianto eolico, evitando così elevate perdite di energia.

### *Manutenzione trasformatori*

Il trasformatore non richiede, in generale, accorgimenti particolari per la manutenzione. Comunque, per assicurare un esercizio affidabile e sicuro, è bene effettuare periodicamente una serie di controlli, la cui frequenza dipende dalle condizioni ambientali e di esercizio:

- a) Controllo livello dell'olio;
- b) Controllo della temperatura dell'olio, che non deve superare di 60°C la temperatura ambiente, considerando una temperatura ambiente di 40°C;
- c) Dopo circa 1 anno di funzionamento si consiglia di eseguire un prelievo dell'olio da sottoporre a prova elettrica. Il prelievo dell'olio da sottoporre a prova dielettrica. Il prelievo dovrà essere effettuato dalla valvola di scarico posta in fondo al trasformatore, sempre che non sia stata prevista l'apposita valvola prelievo campioni;
- d) Pulizia generale dalla polvere o da altri eventuali depositi, con particolare riguardo agli isolatori;
- e) Controllo di tenuta delle guarnizioni.

### *Monitoraggio dell'immissione in rete*

Per una corretta immissione nella rete elettrica, è necessario un monitoraggio dell'allacciamento alla rete. Il rilevamento delle caratteristiche della rete come tensione, corrente e frequenza avviene dal lato di bassa tensione tra l'invertitore ed il trasformatore dell'impianto. I valori vengono continuamente trasmessi alla centralina di controllo dell'impianto, in modo da poter reagire immediatamente a variazioni di tensione e di frequenza nella rete. Al superamento dei valori di protezione predefiniti, l'impianto di energia eolica viene immediatamente staccato e informato il servizio di assistenza. Appena la tensione e la

frequenza sono di nuovo entro i limiti di tolleranza consentiti, l'impianto di energia eolica si rimette automaticamente in moto. Periodi di fermo prolungati vengono così evitati.

#### *Stato di cavi elettrici*

Attraverso il monitoraggio dell'energia immessa in rete è possibile individuare i tratti in cui i cavi di potenza possono essere avere delle momentanee avarie o presentare valori di perdite tecniche troppo elevati. In tal caso si provvede alla sostituzione dei cavi nei tratti interessati.

#### *Stato di conservazione della viabilità interna*

La viabilità interna al parco deve consentire, oltre il passaggio dei mezzi degli addetti alla manutenzione ordinaria, il transito dei grandi veicoli eccezionali in caso di necessità; si pensi, ad esempio, alla sostituzione della pala danneggiata o ad interventi che richiedono comunque l'impiego di gru di grandi dimensioni. Dunque, è d'uopo prevedere un continuo monitoraggio dello stato delle strade d'accesso alle piazzole di montaggio ed il ripristino del manto stradale (massiccio in ghiaia) delle stesse, qualora eventi meteorici o frane possano averlo compromesso.

#### *Stato degli impianti elettrici interni alle cabine*

Gli addetti alla manutenzione devono provvedere alle seguenti attività:

- Controllare il buono stato delle targhette di indicazione della funzionalità degli interruttori;
- Controllare il buono stato delle targhette di numerazione o di funzionalità dei cavi elettrici;
- Controllare che il quadro elettrico non presenti danneggiamenti, presenza di acqua e polvere;
- Controllare il collegamento di terra dell'anta metallica dei quadri elettrici;
- Serrare le viti di attestazione dei cavi elettrici sulla morsettiera interna dei quadri elettrici e sugli interruttori di protezione;
- Controllare che i carichi sulle tre fasi siano equilibrati mediante una pinza amperometrica utilizzando, se presente, lo strumento di misura dell'intensità di corrente (amperometro);
- Controllare con lo strumento di prova degli interruttori differenziali che la corrente differenziale ed il tempo di intervento degli interruttori differenziali sia all'interno previsto dal costruttore.

## **2.2 MANUTENZIONE STRAORDINARIA**

I sistemi di controllo a distanza che caratterizzano tutte le odierne macchine eoliche, tra cui quella adottata nel progetto del Parco Eolico "Energia Caldarola" sono molto importanti anche per la fase di manutenzione. Ad esempio, il sistema adottato della macchina impiegata nel progetto è un avanzato sistema di sorveglianza da remoto. È possibile intervenire immediatamente in seguito ad un allarme, il che si traduce in minori costi di inattività del parco e un conseguente aumento di produzione. Il sistema di monitoraggio fornisce ai tecnici addetti alla sorveglianza informazioni dettagliate ed aggiornate, aiutandoli a gestire repentinamente le anomalie di funzionamento e assicurando che le turbine siano operative. Infatti, il 90% di tutti gli allarmi possono essere diagnosticati nel giro di 10 minuti, necessari sia ad un immediato reset o un intervento sul posto.

Verrà stilato un piano programmatico di visite di controllo e di manutenzione di tutte le apparecchiature elettromeccaniche che integreranno gli interventi straordinari che si dovessero rendere necessari a seguito di segnalazione del sistema remoto di controllo.

Il sistema remoto di controllo monitora i seguenti parametri:

- la tensione di rete
- la fase
- la frequenza
- la velocità del rotore e del generatore
- varie temperature, livelli di vibrazione
- la pressione dell'olio
- l'usura delle pastiglie dei freni
- l'avvolgimento dei cavi
- le condizioni metereologiche

Quando qualche parametro misurato dal sistema di controllo assume determinati valori, il sistema avverte che è necessario un intervento di manutenzione straordinaria sul posto, in seguito, per esempio, all'usura delle pastiglie dei freni.

L'energia elettrica in bassa tensione necessaria alle operazioni di manutenzione del parco sarà fornita attraverso le strutture del parco prelevandola dal trasformatore di servizio.

### **3. MANUALE D'USO DI TUTTI I COMPONENTI DELL'IMPIANTO**

L'impianto eolico sarà dotato di una sua unità di controllo, con funzionamento autonomo. Questa unità controlla e supervisiona il funzionamento dell'aerogeneratore, e tra gli altri, i seguenti parametri:

- velocità e direzione del vento
- temperatura del generatore
- tensione generata
- potenza generata
- fattore di potenza
- gradiente di potenza

Il sistema di controllo diffuso negli impianti moderni è rappresentato dai sistemi informatici SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), ovvero dei software installati su server grazie ai quali le grandezze di interesse possono essere monitorate e i dati raccolti dalle misurazioni elaborati.

La gestione dei dati raccolti in fase di esercizio permette da una parte di creare report per capire l'andamento nel tempo della produttività dell'impianto, dall'altra di ottimizzare costantemente il funzionamento su tutta la gamma di velocità del vento.

In particolare, l'ottimizzazione in tempo reale si può riassumere come segue:

- sincronizzazione della velocità di rotazione alla potenza nominale, prima della connessione alla rete;
- controllo della velocità
- la connessione si mantiene attiva anche durante brevi anomalie della rete elettrica, come cadute di tensione, attraverso una specifica unità di controllo;
- regolazione del fattore di potenza pari a 1 (nessuna potenza reattiva) o generazione di potenza reattiva da introdurre in rete a seconda delle caratteristiche della rete stessa;
- regolazione dell'angolo di passo di ciascuna delle pale per ottimizzare il funzionamento dell'aerogeneratore conseguendo:
  - connessione più sicura del generatore
  - avviamento senza consumo di energia
  - minori carichi sulla struttura
  - arresto del generatore senza utilizzazione del freno meccanico
  - ottimizzazione della produzione per qualsiasi condizione di vento
  - vita utile attesa di 15 anni



- orientazione automatica in funzione della direzione del vento
- arresto della turbina quando si presenta qualsiasi inconveniente

#### **4. MANUALE D'USO DELL'IMPIANTO**

Prima di passare alla fase di esercizio, è necessario compiere una verifica tecnico-funzionale dell'impianto, che consiste nelle seguenti fasi:

- controllo visivo e controllo della documentazione
- ispezioni per il corretto assemblaggio tra fondazione, sostegno e navicella e per l'accertamento di assenza di parti danneggiate
- controllo della messa a terra di masse e scaricatori
- controllo dell'isolamento dei circuiti elettrici dalle masse
- controllo del corretto funzionamento dell'impianto in relazione alle procedure seguenti:
  - avviamento in sicurezza
  - arresto in sicurezza
  - arresto in sicurezza da condizioni di sovravelocità

Le verifiche fanno parte della parte della procedura di base per assicurare un corretto funzionamento di tutto l'impianto. Questi test dovranno essere effettuati da un tecnico che dovrà essere in possesso di tutti i requisiti previsti dalle leggi in materia e dovrà emettere da una dichiarazione firmata e siglata in ogni parte, che attesti l'esito delle verifiche e la data in cui le predette sono state effettuate.

Generalmente si considera manutenzione ordinaria gli interventi che riguardano le opere di controllo, riparazione, rinnovamento e sostituzione delle finiture degli edifici e le opere necessarie ad integrare o mantenere in efficienza gli elementi elettromeccanici esistenti e facenti parte dell'impianto.

Gli interventi di manutenzione ordinaria debbono avere carattere puntuale e non sistematico. A titolo esemplificativo, le opere ammesse riferite ai principali elementi costitutivi dell'impianto vengono di seguito elencate.

##### **Componenti elettromeccanici, relative strutture e volumi tecnici.**

Opere necessarie a mantenere in efficienza e ad adeguare i gruppi elettromeccanici esistenti alle normali esigenze di esercizio.

##### **Reti elettriche e componenti annessi.**

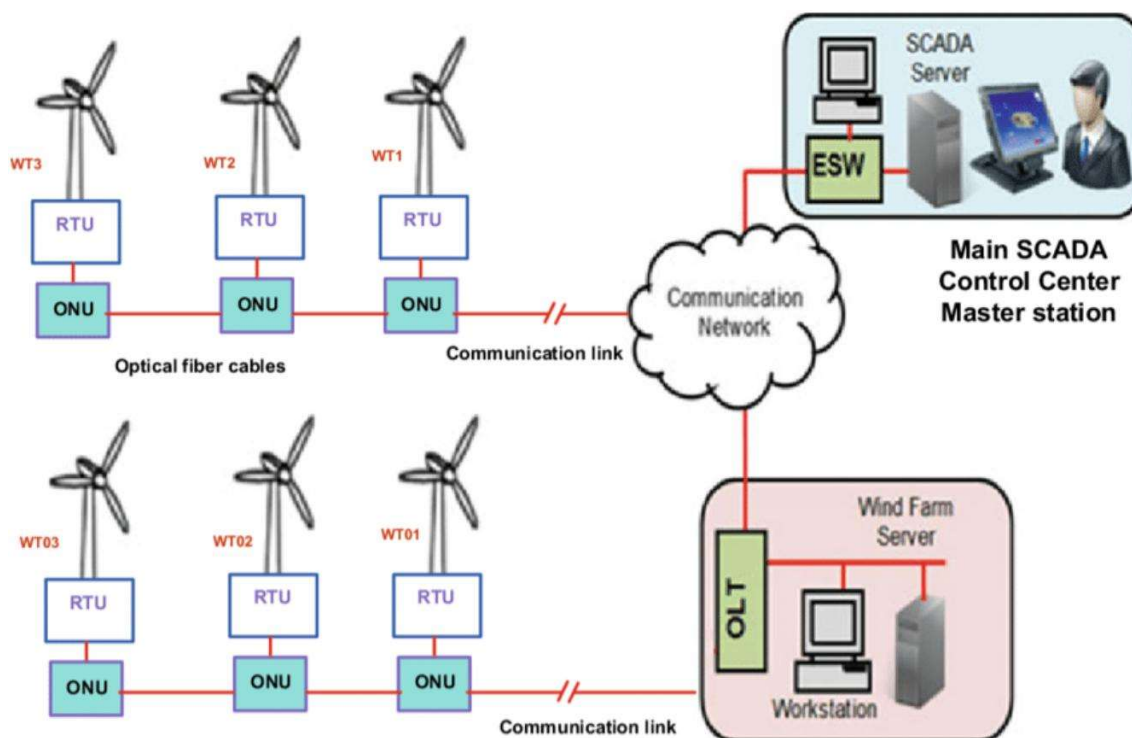
Opere di riparazione, di sostituzione e di adeguamento degli impianti e delle relative reti, purché tali interventi non comportino modifiche dei locali, modificazione o realizzazione di volumi tecnici, realizzazione di nuove trincee o nuove superficie lorda di calpestio.

#### **Viabilità.**

Opere di riparazione, pulizia ed adeguamento alle "transportation guidelines" della turbina scelta per il progetto Parco Eolico "Energia Caldarola" dei viali interni al parco e delle relative opere di drenaggio superficiale a presidio del dissesto idrogeologico.

L'esecuzione delle opere avviene sotto la personale responsabilità del proprietario o di chi ha titolo alla loro esecuzione, sia per quanto riguarda la classificazione delle opere stesse come di manutenzione ordinaria, sia per quanto riguarda il rispetto delle disposizioni del presente regolamento nonché delle disposizioni che disciplinano la materia sotto profili specifici quali quelli igienico sanitario, di prevenzione incendi e di sicurezza.

## **5. PROGRAMMA DI MANUTENZIONE**



**Figura 1.** Architettura del sistema SCADA di monitoraggio degli impianti di energia eolica

Come riportato in fig. 1, ogni impianto di energia eolica è collegato via modem con la centrale di controllo remoto; se dall'impianto parte la segnalazione di un guasto, tramite il sistema di monitoraggio SCADA ciò viene subito comunicato alla centrale e al centro di assistenza, in

modo che venga programmato un piano di pronto intervento in funzione della natura del guasto. Con un sistema di localizzazione appositamente sviluppato (GIS – Sistema Informativo Geografico), il sistema di pronto intervento rintraccia automaticamente la squadra di pronto intervento più vicina. Con l'aiuto di cosiddetti pentop (robusti computer portatili collegati alla centrale di pronto intervento) le squadre di intervento hanno a disposizione tutti i documenti e i dati relativi alla turbina direttamente sul posto. In questo modo è garantito che ogni intervento venga eseguito in modo rapido ed efficiente.

Di seguito viene fornito il quadro programmatico degli interventi di manutenzione dove vengono specificate quali sono le principali attività e le frequenze di controllo stimate:

ATTIVITA'	OPERAZIONI DA ESEGUIRE	FREQUENZA
Verifica dell'efficienza del generatore interno alla navicella dell'aerogeneratore	Confronto tra i dati teorici di produzione desumibili dalla curva di potenza e dalle misure anemometriche con i livelli di energia in uscita	Trimestrale
Verifica dell'efficienza degli organi di trasmissione	Ispezione dei singoli apparati meccanici nella navicella	Annuale
Verifica dell'efficienza del circuito idraulico per l'afflusso di olio lubrificante	Controllo del livello di pressione dell'olio lubrificante in ogni singolo circuito idraulico	Trimestrale
Verifica dell'efficienza del sistema di controllo delle pale durante eventi di forte ventosità	Test di funzionamento attraverso una simulazione in regime di bassa ventosità	Annuale
Verifica dell'efficienza del sistema di monitoraggio dell'immissione in rete	Test di funzionamento sulla centralina di controllo	Semestrale
Manutenzione trasformatori	Verifica perdite della vasca degli oli	Annuale
Verifica dello stato di usura dei componenti dell'aerogeneratore	Misura delle vibrazioni a cui è sottoposta la macchina per accertare il livello di fatica a cui sono sottoposti i	Semestrale

	componenti; pulizia periodica delle pale	
Verifica dello stato di cavi elettrici	Controllo dei livelli di perdite elettriche nei cavi	Automatico – segnalato dal sistema di controllo
Verifica dello stato di conservazione della viabilità interna	Ispezione diretta	Mensile
Verifica dello stato degli impianti elettrici interni alle cabine	Funzionalità interruttori; verifica presenza di ossidazioni; verifica della funzionalità dei quadri con test; verifica equilibratura dei carichi;	Semestrale

**Tabella 1.** Quadro programmatico di manutenzione del parco eolico

## 6. ELEMENTI DI MANUTENZIONE DEL SISTEMA DI ACCUMULO

Il sistema di batterie contiene singole celle della batteria che convertono l'energia chimica in energia elettrica e viceversa. Le celle sono disposte in moduli che, a loro volta, formano pacchi batteria o rack. Nel dettagliare le modalità di un uso corretto di un impianto di accumulo elettrochimico, si deve senz'altro distinguere tra pratiche il cui mancato rispetto potrebbe compromettere la vita operativa delle batterie nel breve termine, ed altre i cui effetti sono visibili nel lungo termine.

Danni nel breve termine possono essere causati da celle elettrochimiche che operino fuori dal loro range di sicurezza. Infatti, è necessario che i valori di temperatura, corrente di scarica e tensione rimangano sempre sotto i valori limite. In caso contrario, potrebbero verificarsi fenomeni di thermal runaway in cui una cella, surriscaldandosi, inneschi una reazione esotermica che si propaghi alle celle contigue. In breve, ciò può portare all'autocombustione dell'impianto e ad esplosioni che potrebbero propagarsi di battery container in battery container. Il Battery Monitoring System (BMS) concorre senz'altro a mantenere l'impianto in funzione correttamente ed evitare danni irreparabili, monitorando i parametri operativi dei racks di celle ed interrompendo correnti di cortocircuito qualora i poli delle celle entrassero in contatto.

Sul lungo termine invece, la salute del sistema di accumulo è senz'altro determinata da una corretta regolazione del ciclo di carica e scarica. Infatti, la capacità di accumulo del sistema si

riduce con l'aumentare dei cicli effettuati. Tuttavia, una temperatura operativa troppo alta od il mancato rispetto del limite superiore ed inferiore dello State of Charge (SOC) durante ciclo di carica accelerano la perdita di capacità dell'impianto. È buona prassi controllare lo stato di carica della batteria affinché non si eccedano i limiti consigliati dal fornitore della tecnologia nell'ottica di massimizzare lo scambio di energia durante la vita utile dell'impianto.

Le anomalie sulle batterie possono provocare incendi e fenomeni di autocombustione dovuti a thermal runaways. È dunque fondamentale prevedere meccanismi di prevenzione e gestione degli incendi, così come un sistema antincendio che dovrà essere progettato e certificato in conformità alla regola dell'arte ed alla normativa vigente. Il sistema antincendio dovrà essere in grado di allertare le persone in caso di pericolo, disattivare gli impianti tecnologici, attivare i sistemi fissi di spegnimento in maniera automatica.

I principali requisiti che il sistema antincendio deve avere sono:

- Deve essere presente in ciascuno dei battery containers, compresi gli ausiliari, e devono essere dotati di sistemi di rivelazione fumi e temperatura rivelatori incendi e di sistemi di estinzione specifici per le apparecchiature contenute all'interno.
- Il sistema di estinzione sarà attivato automaticamente dalla centrale antincendio presente all'interno di ciascun container in seguito all'intervento dei sensori di rivelazione.
- Il fluido estinguente sarà un gas caratterizzato da limitata tossicità per le persone e massima sostenibilità ambientale, contenuto in bombole pressurizzate con azoto (tipicamente a 25 bar). Sarà di tipo fluoro-chetone 3M NOVEC 1230 o equivalente. La distribuzione è effettuata ugelli, e realizzerà l'estinzione entro 10 s.
- La gestione degli apparecchi che contengono gas ad effetto serra sarà conforme alle normative FGas vigenti. I gas ad effetto serra contenuti nei sistemi di condizionamento e nel sistema antincendio, saranno gestiti nel rispetto delle normative in materia (DPR 16 aprile 2013, n. 74, DPR 26 novembre 2018, n. 146 finalizzati alla minimizzazione delle eventuali perdite.
- Il sistema di estinzione installato dovrà implementare soluzioni in grado di consentire il corretto funzionamento delle apparecchiature di rilevazione e di automazione e delle bombole anche in situazioni critiche (incendio, temperature elevate, ...), garantendo requisiti di protezione REI 120 oppure equivalenti o superiori.
- Estintori portatili e carrellati saranno, inoltre, posizionati in prossimità dei battery container, dei battery power container e dei quadri elettrici.
- Saranno presenti pulsanti di allarme e specifiche procedure per la gestione delle eventuali situazioni di malfunzionamento in modo da escludere limitazioni alle attuali condizioni di sicurezza del sito.

- Inoltre a protezione di tutta l'area in cui viene installato il BESS sarà realizzata una rete idranti opportunamente progettata e realizzata in conformità alla norma UNI 10779 e sarà collegata alla rete antincendio esistente in centrale. Infatti, talvolta gli incendi caratterizzati da thermal runaway necessitano di un componente con elevata capacità termica al fine di ridurre la temperatura dei componenti al di sotto della soglia di autocombustione.