

Sistemi BESS - Enel Green Power

Montelibretti, 14/11/2022

Engineering - Process, Storage and Hydrogen DU

Mario Centofante
Giacomo Mariucci
Enrico Tentardini

The Enel logo is displayed in a white, lowercase, sans-serif font. It is positioned in the bottom right corner of the slide, set against a background of a blue digital grid with glowing points and lines.

Agenda



- Sistemi BESS Presentazione Generale CM 23, CM 24 e Fast Reserve
- SISTEMA BATTERIA AGLI IONI DI LITIO (per uso Stazionario)
- LA SICUREZZA NEI SISTEMI BESS, MITIGAZIONE E PREVENZIONE – APPROCCIO ENEL
- RIFERIMENTI NORMATIVI PROGETTUALI – NFPA 855
- SOLUZIONE TECNICA PER I PROGETTI IN ITALIA 2023-24

Progetti BESS aggiudicati ed in esecuzione

Panoramica Generale CM 23, CM 24 e Fast Reserve



Potenza Totale qualificata: **1,7 GW**

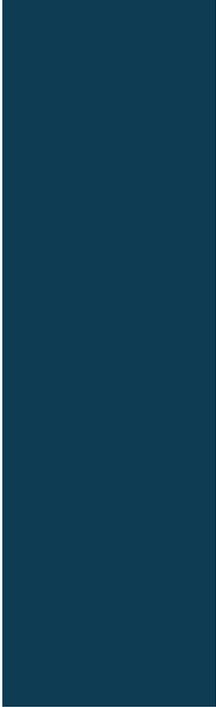
Energia Installata: **7,5 GWh**

23 Progetti in corso (12 progetti su aree di c.li esistenti

11 progetti su "green field")

11/14/2022

Cluster Enel X	SoC	COD	MW
Alessandria 1*	30/03/2022	07/11/2023	20
Alessandria 2	10/02/2023	24/12/2023	20
Porto Tolle 1*	09/04/2022	14/11/2023	20
Porto Tolle 2	29/07/2023	10/07/2024	20
TOT			80
Cluster Nord-Est	SoC	COD	MW
La Casella 1+2 *	30/03/2022	17/08/2024	70
Fusina**	10/02/2023	24/12/2023	21
Porto Corsini**	15/06/2023	27/04/2024	34
TOT			125
Cluster Sardegna Sud-Ovest	SoC	COD	MW
Portoscuso BESS 1	07/11/2022	24/12/2023	170
Sulcis BESS 1	31/12/2022	24/12/2023	122
TOT			292
Cluster Centro	SoC	COD	MW
Montalto BESS 1	25/01/2023	24/12/2023	45
Pietrafitta 1	10/01/2023	24/12/2023	100
S. Barbara	25/04/2023	24/12/2023	20
TOT			165
Cluster Nord-Ovest	SoC	COD	MW
Serre Tavazzano**	23/06/2023	04/06/2024	50
La Spezia	24/04/2023	24/12/2023	21
Carpi	10/02/2023	24/12/2023	30
TOT			101
Cluster Sardegna Nord	SoC	COD	MW
Codrongianos BESS 2	16/12/2022	29/12/2023	140
Ottana	03/02/2023	08/05/2024	200
TOT			340
Cluster Sardegna Sud Est	SoC	COD	MW
Assemini	10/02/2023	24/12/2023	35
Quartucciu	29/12/2022	26/03/2024	74
TOT			109
Cluster Udine	SoC	COD	MW
Udine Sud	09/04/2023	12/07/2024	200
TOT			200
Cluster Trino	SoC	COD	MW
Trino BESS 1	10/02/2023	12/01/2024	25
Trino BESS 2	08/02/2023	18/04/2024	200
TOT			225
Cluster Pian di Giorgio	SoC	COD	MW
Pian di Giorgio BESS	19/03/2023	09/05/2024	35
TOT			35

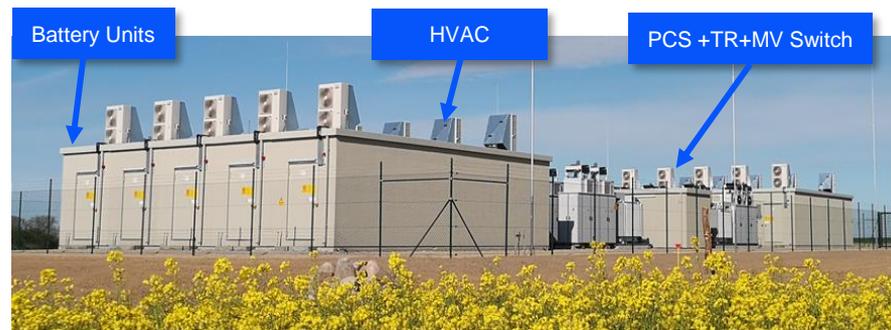
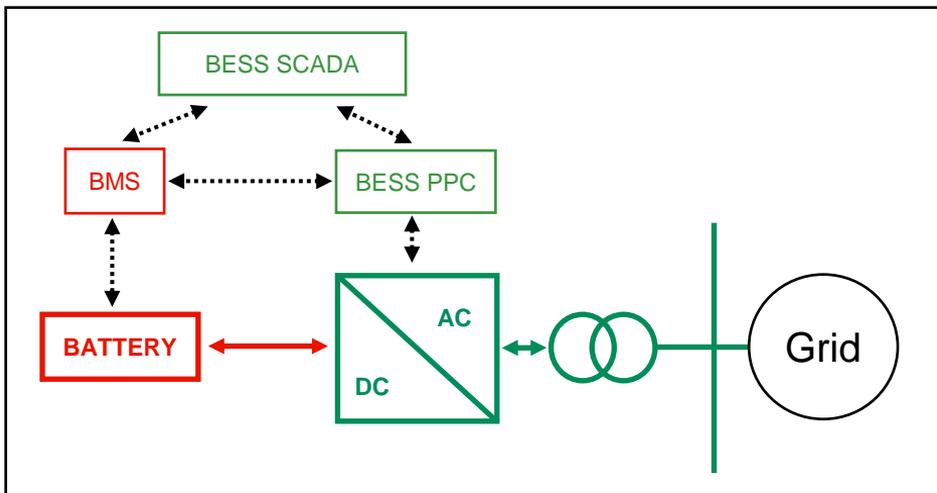


Sistemi di accumulo BESS a ioni di litio



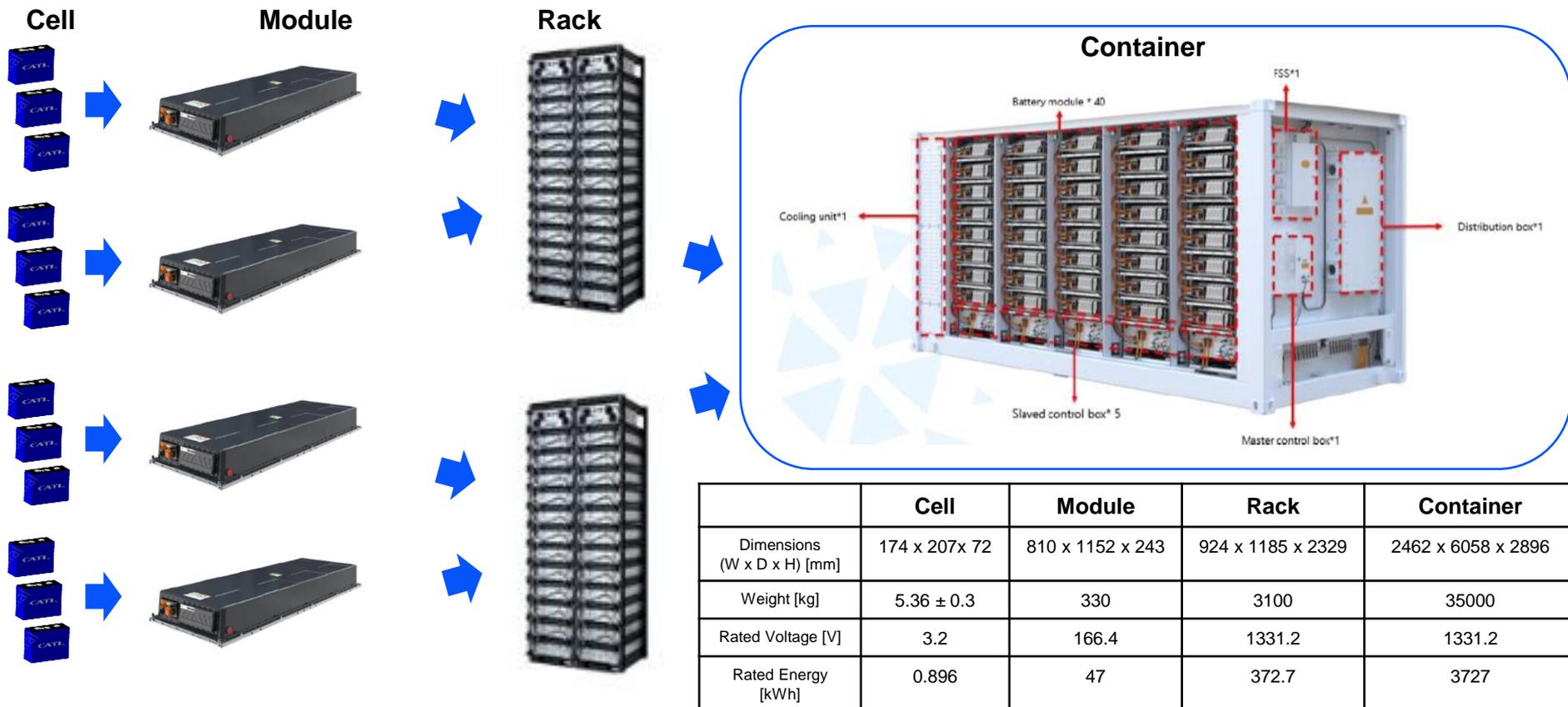
Sistemi di accumulo BESS a ioni di litio

Configurazioni e Architetture



Sistemi di accumulo BESS a ioni di litio

Componenti principali, composizione e assemblaggio – Modello Capacity Market 24 (CATL)



Sistemi di accumulo BESS a ioni di litio

Vista esterna del Container progetti Capacity Market 24 (CATL)



Sistemi di accumulo BESS a ioni di litio

Sistema di raffreddamento dei BESS Italia - Capacity Market 24 (CATL)

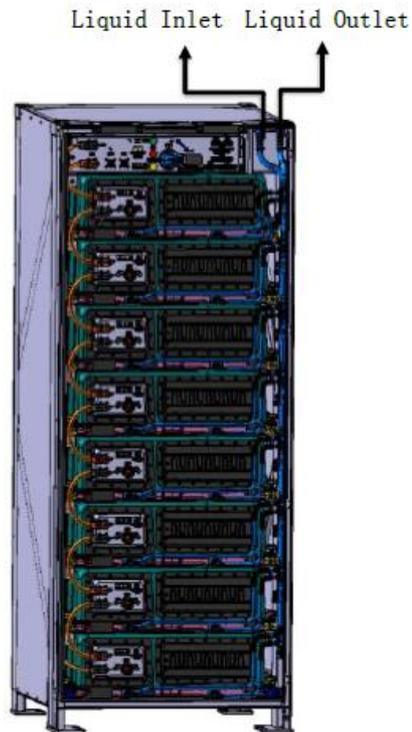


Figure 4 thermal design of rack

Modulo celle batterie raffreddato a liquido (Acqua / Glicole)

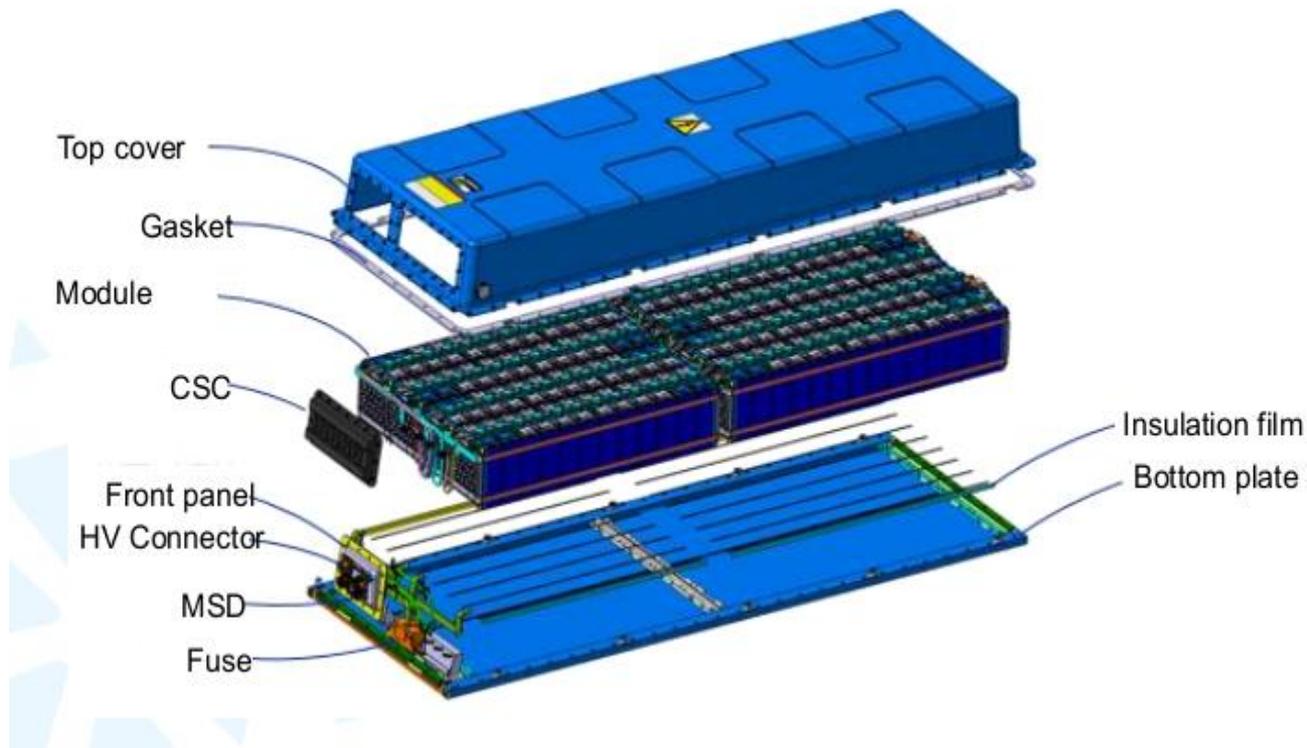


Prese di ingresso / uscita liquido di raffreddamento

Scambiatori aria / liquido di raff.

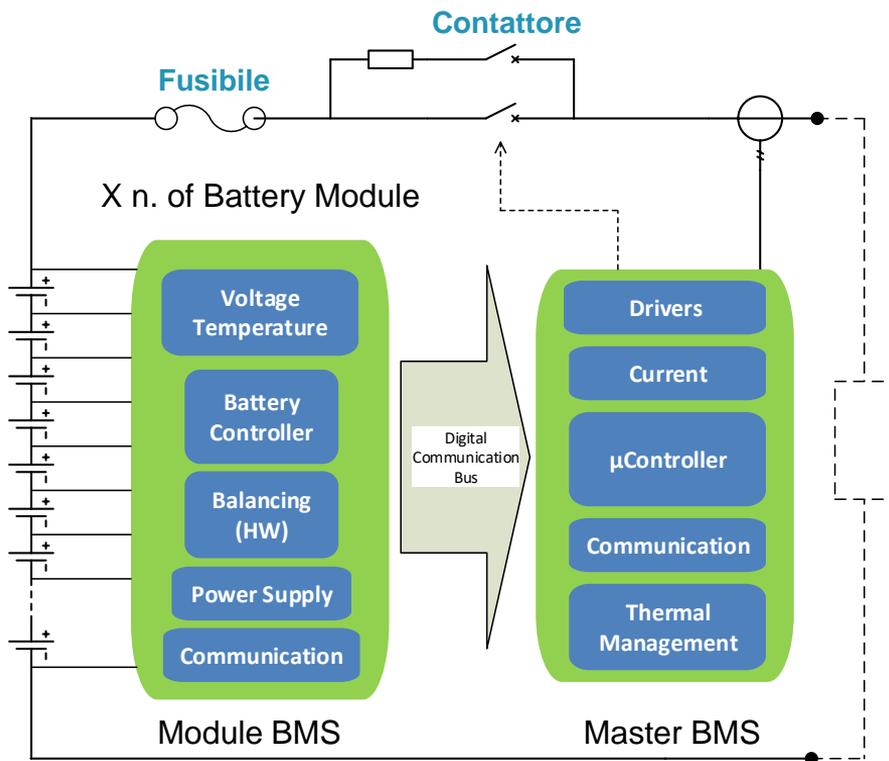
Sistemi di accumulo BESS a ioni di litio

Modulo Batteria – Dettaglio Costruttivo



Sistemi di accumulo BESS a ioni di litio

Battery Management System (BMS)



Il BMS è un **insieme di elementi HW/SW preposti alla corretta gestione** tecnica/funzionale del sistema batteria (**BESS**)

Il suo principale servizio è quello **monitorare** ogni elemento del sistema (cella elettrochimica) al fine di garantirne il corretto funzionamento nei range nominali di **Tensione, Corrente e Temperatura**.

Il **BMS disconnette** i relativi elementi del sistema batteria (attraverso **Interruttore/Contattore**) nel caso ci siano **anomalie** rilevanti nei parametri di funzionamento del sistema.

Il **BMS interrompe il flusso di energia** in celle potenzialmente guaste **prevenendo** l'innesco del **thermal runaway**

La sicurezza nei sistemi BESS
Mitigazione e Prevenzione – Approccio ENEL



Approccio generale alla Sicurezza

I Principali rischi



Rischio Elettrico: Rischio legato alle Tensioni ed alle Correnti che circolano nel Sistema BESS

Rischio incendio: In caso di guasto severo nelle batterie si può innescare il fenomeno del thermal runaway, che rilascia rapidamente quantità di energia significative.

- Il fenomeno, preceduto dal rilascio di gas e infiammabili, può essere seguito da un incendio e, se non controllato, la sua propagazione può portare al completo danneggiamento della porzione di impianto interessata, con possibili conseguenze significative sull'ambiente circostante.

Rischio chimico: Le batterie agli ioni di litio in caso di guasto severo possono rilasciare sostanze chimiche, a causa di

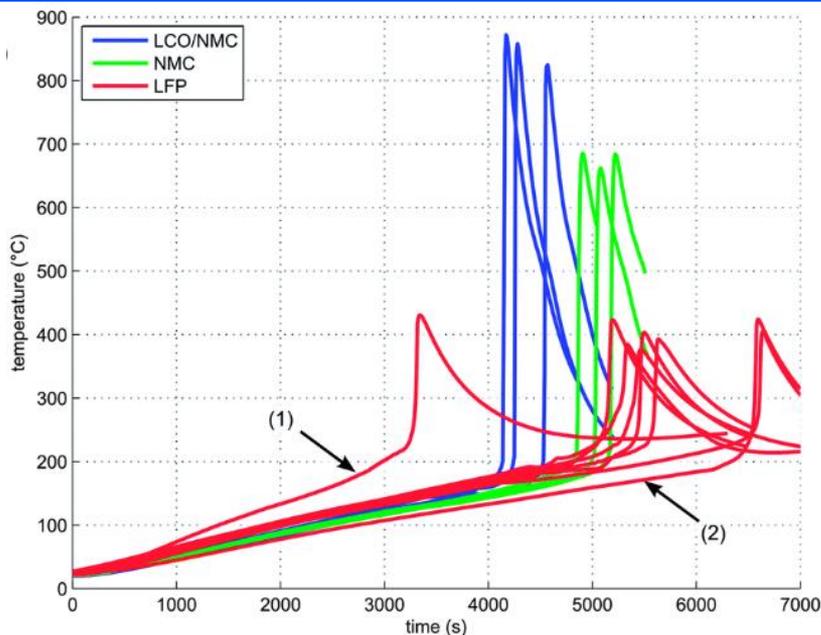
- Caratteristiche potenzialmente corrosive e infiammabili dell'elettrolita in caso di perdita di integrità delle celle
- Potenziale infiammabilità ed esplosività dei gas rilasciati in caso di thermal runaway

Thermal Runaway

Il Thermal Runaway nei sistemi batteria agli ioni di litio



Severity of Thermal runaway for different Chemistries



Source: Thermal-runaway experiments on consumer Li-ion batteries with metal-oxide and olivin-type cathodes – Royal Society of Chemistry

Il thermal runaway è una reazione chimica esotermica non controllata che genera un aumento di temperatura nel singolo elemento (Cella) ed autoalimenta una reazione a catena.

Genera decomposizione dei composti chimici ed eventuale rottura della cella, con potenziale rilascio di vapori ed innesco di fiamma.

L'entità del thermal runaway ed i suoi effetti sono fortemente influenzati dalla **composizione chimica del materiale catodico** (LFP, NMC...), dalla **qualità costruttiva** della cella e dalla presenza di **speciali additivi** che riducono la probabilità d'innesco e propagazione di fiamma.

Le celle scelte per i nostri progetti sono di **tipo LFP**, meno affette dal fenomeno di thermal runaway

Normative internazionali prescrivono test dettagliati di abuso per valutare l'entità di questo fenomeno su celle commerciali.

Il BMS è appositamente progettato per evitare condizioni che possano generare Thermal Runaway

Thermal Runway

Cause e potenziali effetti



Cause

Abuso elettrico associato ad anomalie di funzionamento del BMS

Sovraccarica / Sovrascarica / Sovratemperatura / Cortocircuito

Abuso Termico

Sorgenti di calore esterne

Difetti di Produzione

Cortocircuito interno (modulo/cella)

Abuso Meccanico Esterno

Eventi catastrofici

Instabilità Chimica

Generazione di calore e decomposizione dei composti

Thermal runaway

Cell Venting

Cell Rupture

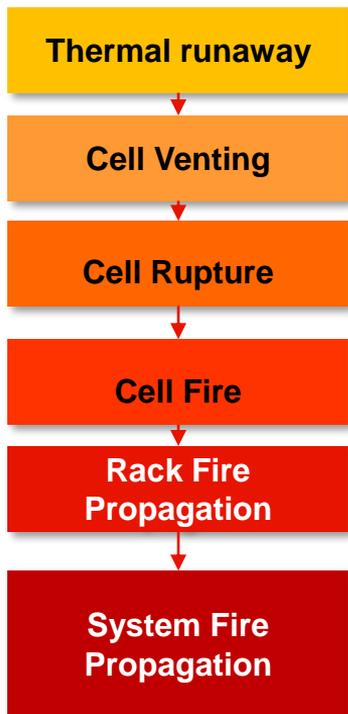
Cell Fire

Rack Fire Propagation

System Fire Propagation

Approccio generale alla Sicurezza

Prevenzione e Mitigazione



1° Layer – Prevenzione e mitigazione

Selezione di componenti (Celle, Moduli, Rack, BMS) certificati secondo standard di sicurezza sviluppati per applicazioni industriali della tecnologia Litio-ione. In particolare attraverso test di tipo distruttivo viene verificata la caratteristica dei componenti di non generare fiamma e non propagare thermal runaway in caso di abuso.

2° Layer – Identificazione ed tentativo di estinzione degli incendi

Installazione in ogni locale batteria/container di un sistema di rilevazione gas e rilevazione incendi ed un sistema a Gas Inerte / Aerosol in modo da rilevare tempestivamente (da remoto) malfunzionamenti gravi, avviare procedure di sicurezza ed tentare l'estinzione di inneschi di fiamma.

3° Layer – Confinamento dell'incendio, prevenzione delle esplosioni e misure di protezione HSE

Ventilatore di estrazione per prevenire accumulo di miscele esplosive
 Tubo a secco (Drypipe) per poter allagare il locale il Sistema batteria, da utilizzare come estrema misura per raffreddare e mettere in sicurezza il sistema.

Approccio generale alla Sicurezza

Misure di sicurezza implementate nei progetti Capacity Market 24 (CATL)



- 1) In caso di anomalia il Sistema BMS disalimenta il componente affetto dal guasto comandando l'intervento di un contattore di disconnessione.
- 2) L'adozione di fusibili garantisce la protezione con corto circuiti esterni.
Se si innesca il thermal runaway:
 - 3) I componenti del sistema batteria sono selezionati e testati per prevenire e limitare thermal runaway, in particolare l'innesco e la propagazione di fiamma, (test secondo UL 1973, IEC 62619, UL9540A). La cella danneggiata può comunque generare gas (venting)
 - 4) Fire and gas detection system disalimenta il sistema
 - 5) Extraction Fan si avvia per gestione delle miscele potenzialmente esplosive nel container
 - 6) Attivazione estinguente aerosol per tentare di spegnere eventuali inneschi di fiamma
 - 7) Non-propagazione del fuoco tra rack e l'adiacente mediante opportuna progettazione, dimostrata secondo test UL9540A.
 - 8) Distanza tra container, sebbene non richiesta passando il test UL9540A, come ulteriore misura aggiuntiva per evitare propagazione tra container vicini
 - 9) Tubo a secco (Drypipe) come ulteriore ridondanza ai sistemi di spegnimento.

Rischio incendio

Fire Risk Mitigation in BESS Facilities and Safety Mitigation



1° Layer – PREVENZIONE E MITIGAZIONE

- 1) **Celle elettrochimiche** certificate secondo test di sicurezza **UL1642 and UN 38.3**.
- 2) **BMS, moduli and rack** certificati secondo **UL1973**.
- 3) **Battery Rack** testati secondo **IEC62619, UL9540a (valutazione propagazione del Thermal Runway)**
- 4) **Battery container** progettato e certificato secondo **UL9540 or IEC62933**.
- 5) **Compartimentazione** del sistema batteria (soluzione in containers e/o cabinet separati)

2° Layer - FIRE DETECTION & SUPPRESSION

In ogni Unità del sistema batteria (Container / Cabinet) viene installato un impianto di rilevazione incendio e un impianto aerosol.

Il sistema è attivato in modo automatico attraverso sensori di rilevazione di temperatura. L'attivazione comporta il rilascio del mezzo estinguente basato su aerosol.

L'azione estinguente del sistema aerosol avviene tramite l'interferenza chimica con i radicali liberi (OH, H e O) che sono essenziali alla propagazione del fuoco



Fire suppression control panel



Aerosol container

Rischio incendio

Il Sistema ad Aerosol - Capacity Market 24 (CATL)

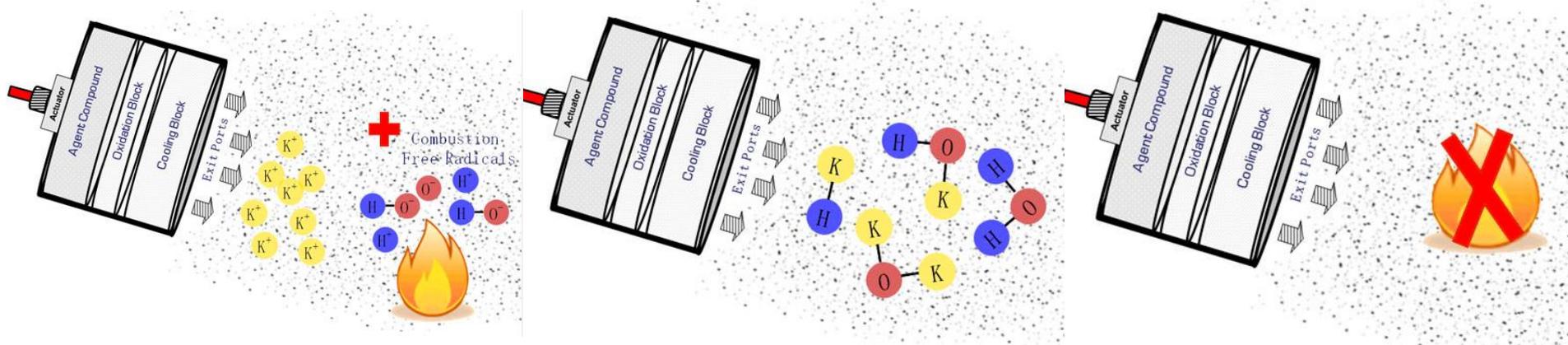


Il Sistema di estinzione del fuoco utilizza un aerosol che non interferisce direttamente con la reazione chimica che dà origine alle fiamme.

L'azione estinguente avviene tramite interferenza chimica con i radicali liberi essenziali alla propagazione del fuoco.

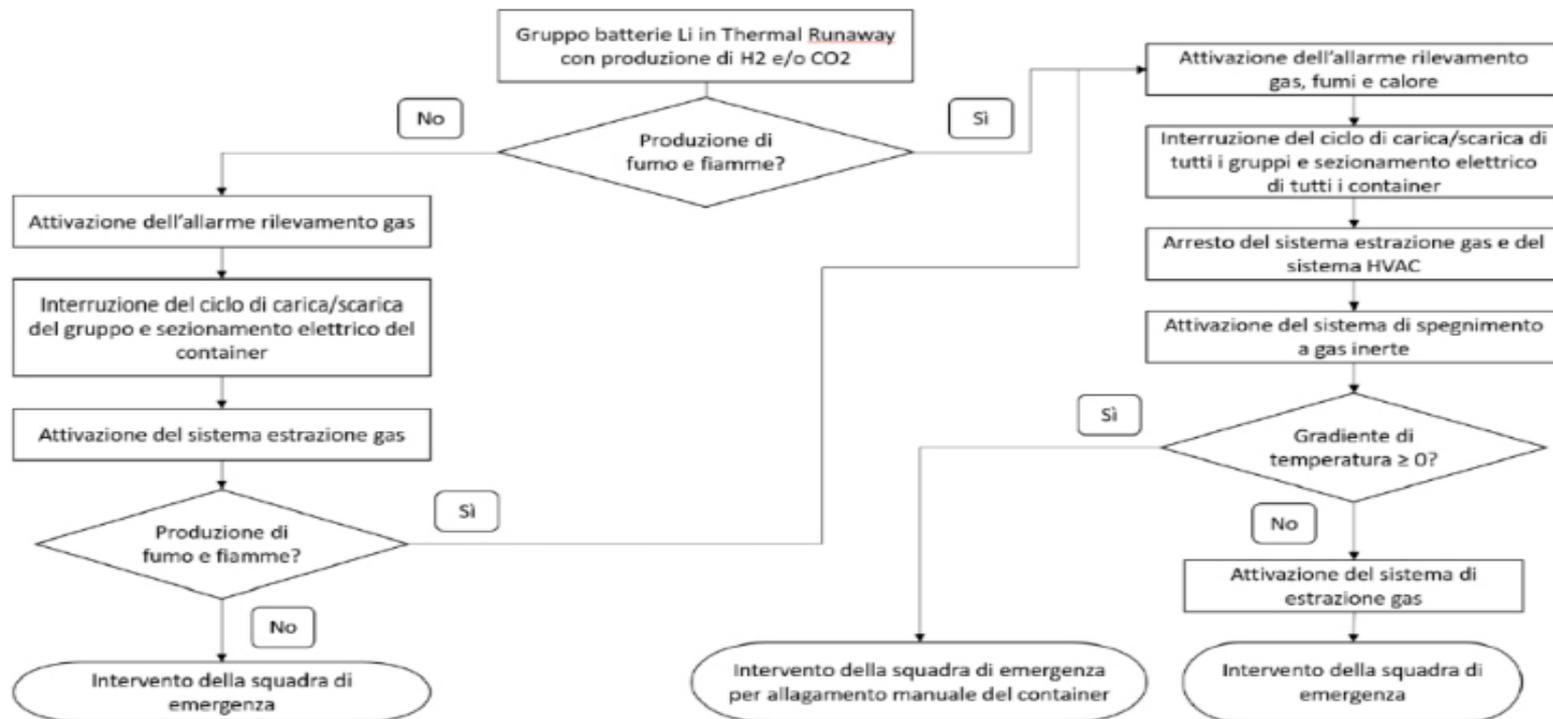
I radicali liberi (OH, H e O) sono molecole altamente reattive e di breve vita con un elettrone di valenza spaiato.

Il sistema ad aerosol libera nell'ambiente protetto particelle a base di radicali di potassio del diametro di 1-2 micron che si mischiano con i radicali liberi generati dalla combustione. Gli ioni di potassio si legano ai radicali liberi interrompendo la reazione di combustione e creando molecole stabili. In questo modo la catena di combustione si spezza ed il fuoco si spegne.



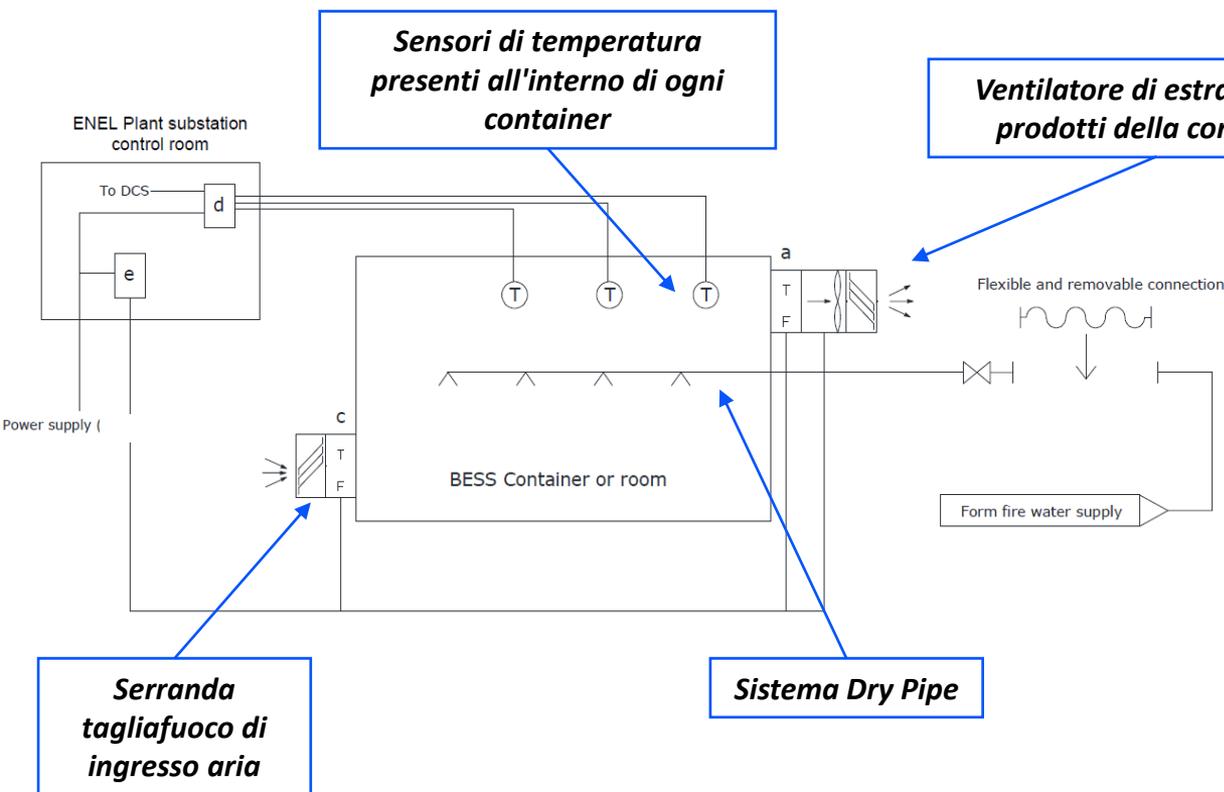
ENEL - Schema a blocchi strategia antincendio

Schema a blocchi della strategia antincendio



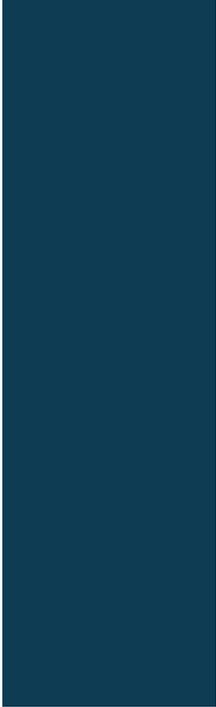
ENEL - Sistemi di Gestione della Sicurezza

Misure di sicurezza antincendio post aerosol - Capacity Market 24 (CATL)



Dopo la scarica di aerosol

- **Sensori di temperatura** presenti all'interno di ogni rack ne permettono il monitoraggio per verificare se incendio è domato.
- **Il ventilatore di estrazione** permette l'eliminazione dei prodotti di combustione riducendo il rischio di formazione di atmosfere esplosive.
- **Il sistema Dry Pipe** permette un ulteriore intervento decisivo con l'uso di acqua nel caso il sistema aerosol non abbia spento l'incendio.



Riferimenti Normativi



Riferimenti Normativi

Principali riferimenti normativi dei nostri progetti



- NFPA 855 Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems
 - EN 14491 – NFPA 68 standard on explosion protection by deflagration venting
 - EN 14373 – NFPA 69 standard on explosion prevention systems
- IEC 62933-5-2 Electrical energy storage (EES) systems - : Safety requirements for grid-integrated EES systems - Electrochemical-based systems
 - IEC 62619, Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications
 - IEC 63056, Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Safety requirements for secondary lithium cells and batteries for use in electrical energy storage systems
- UL 9540, Energy Storage Systems and Equipment
- UL 1973 Batteries for Use in Stationary and Motive Auxiliary Power Applications
- UL9540A Standard for Test Method for Evaluating Thermal Runaway Fire Propagation in Battery Energy Storage Systems
- UN 38.3 Recommendations on the Transport of Dangerous Goods – Manual of Tests and Criteria - section 38.3 Lithium batteries.

Misure per evitare thermal runaway



1) Normative di riferimento UL9540 A:

UL 9540A include una serie di test ad estensione progressiva, partendo dal livello della singola cella per passare al modulo, all'unità ed infine all'installazione complessiva

Ciascuno dei test dà un risultato specifico che viene usato per valutare:

- Innesco e caratteristiche del thermal runaway
- Eventuale propagazione delle fiamme, se risultanti dal thermal runaway.

Page 1 of 43

Project No. 4790241738

 INSTALLATION TEST REPORT UL 9540A Test Method for Evaluating Thermal Runaway Fire Propagation in Battery Energy Storage Systems (AACD)	
Project Number.....	4790241738
Date of issue	2022.03.29
Total number of pages.....	43
UL Report Office	UL(Changzhou) Quality Technical Service Co., LTD
Applicant's name.....	CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY CO., LIMITED
Address	No.2 Xingang Road, Zhangwan Town, Jiaocheng District Ningde, Fujian, 352100 CN
Test specification:	4 th Edition, Section 10, November 12, 2019
Standard	UL 9540A, Test Method for Evaluating Thermal Runaway Fire Propagation in Battery Energy Storage Systems
Test procedure	10.1 – 10.8
Non-standard test method	Requirements for the container test are not established in UL 9540A 4 th edition, however, the requirements for the container system BESS in 10.6.2 in this report were proposed by UL and have not yet gone through the Standard Technical Panel's voting. No temperature at the ceiling was measured during the test. No heat flux was measured on the target units. Only two thermocouples were instrumented instead of having the interval of 6 inches. No gas was measured by Fourier-Transform Infrared Spectrometer
Copyright © 2021 UL All Rights Reserved.	
General disclaimer:	
The test results presented in this report relate only to the sample tested in the test configuration noted on the list of the attachments.	
UL did not select the sample(s), determine whether the sample(s) was representative of production samples, witness the production of the test sample(s), nor were we provided with information relative to the formulation or identification of component materials used in the test sample(s).	
The issuance of this report in no way implies Listing, Classification or Recognition by UL and does not authorize the use of UL Listing, Classification or Recognition Marks or any other reference to UL on the product or system. UL authorizes the above named company to reproduce this Report provided it is reproduced in its entirety. UL's name or marks cannot be used in any packaging, advertising, promotion or marketing relating to the data in this Report, without UL's prior written permission.	
UL, its employees, and its agents shall not be responsible to anyone for the use or non-use of the information contained in this Report, and shall not incur any obligation or liability for damages, including consequential damages, arising out of or in connection with the use of, or inability to use, the information contained in this Report.	

Misure per gestione miscele esplosive

Capacity Market 24 (CATL)



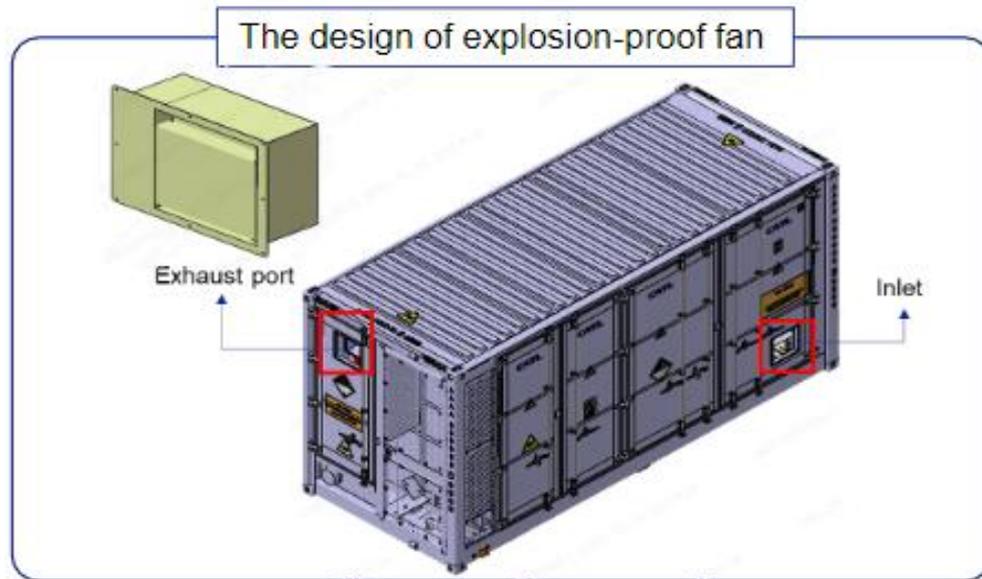
Durante il normale esercizio dell'impianto non c'è alcuna possibilità di rilascio di gas infiammabili o esplosivi.

Solo in caso di malfunzionamento grave può esserci una potenziale emissione di questo tipo di gas. Per limitare il rischio abbiamo applicato le norme NFPA 68 "Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting" e NFPA 69 "Standard on Explosion Prevention System.

La nostra soluzione prevede un doppio approccio:

- installazione di un impianto rivelazione gas H₂ e di un ventilatore estrattore Atex per evitare di raggiungere il livello di esplosione all'interno del container.
- Il ventilatore verrà attivato dal sistema di rivelazione gas in caso di allarme e verrà spento dallo stesso sistema prima della scarica di aerosol (in caso di presenza di fiamme).

Un sistema di estrazione fumi con ventilatore Atex è attualmente in funzione nei container BESS della centrale di TVN.

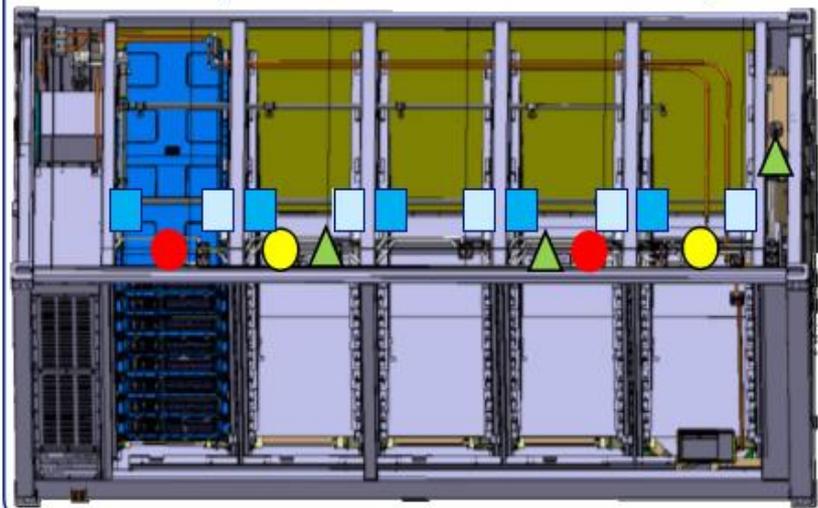


ENEL - Sistemi di Gestione della Sicurezza

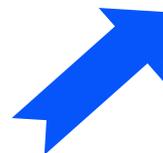
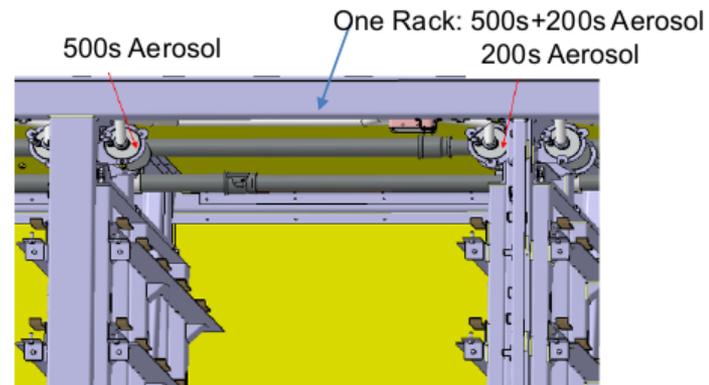
Sistema di Rilevamento ed Evacuazione Gas Esplosivi - Capacity Market 24 (CATL)



Type and location of detectors



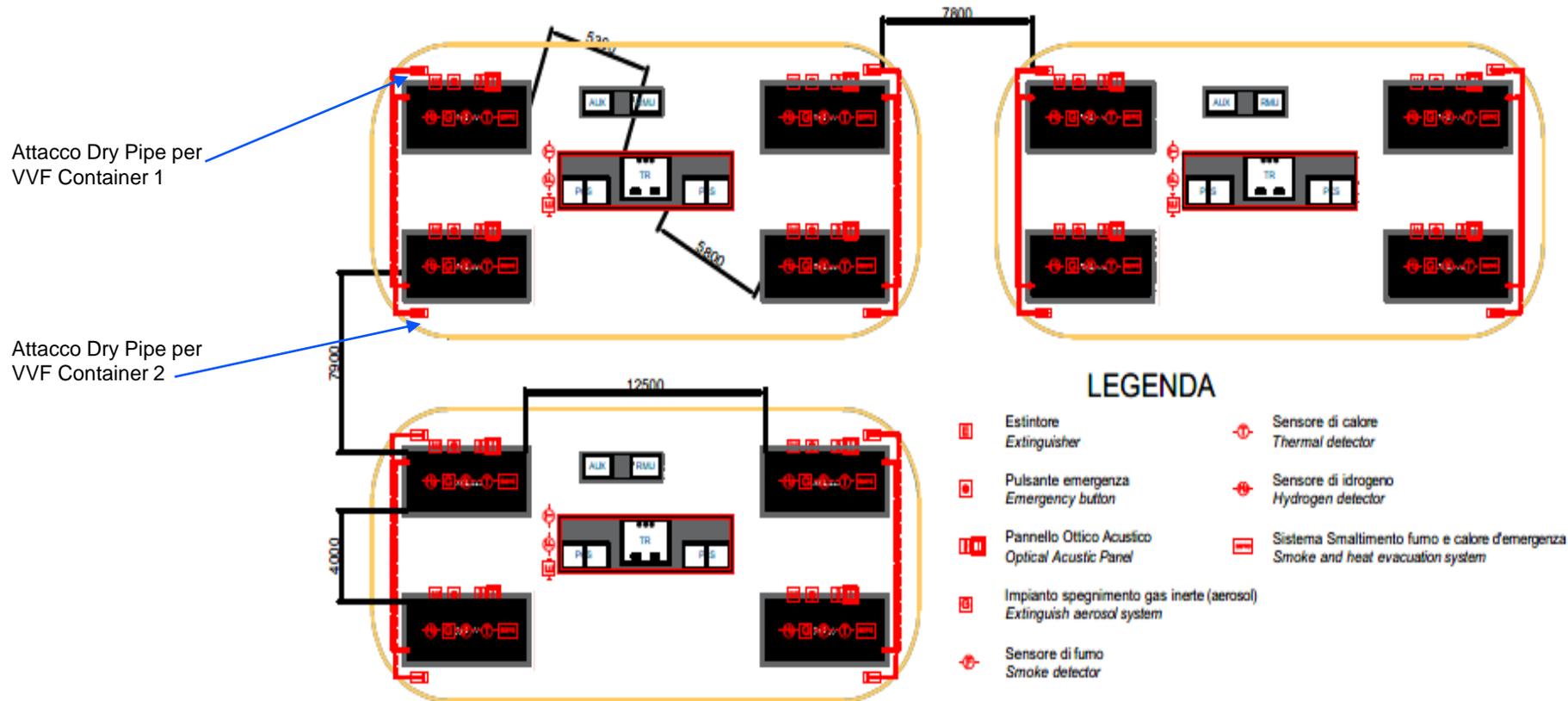
- H2 detector
- Heat detector
- ▲ Smoke detector
- Aerosol (500g)
- Aerosol (200g)



ENEL - Sistemi di Gestione della Sicurezza

Planimetria tipica componentistica BESS ed equipaggiamenti di sicurezza - CM 24 (CATL)

Container 2



Ultima barriera: dry pipe

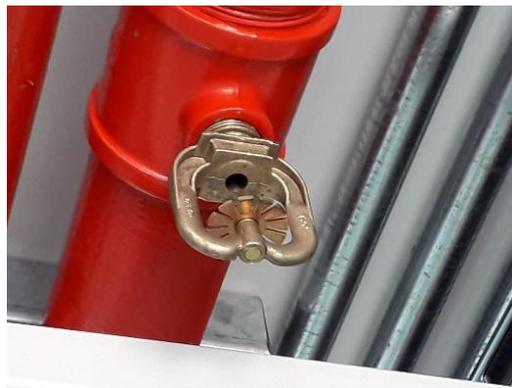
Capacity Market 24 (CATL)



Il sistema Dry Pipe nasce in accordo a quanto concordato 4 anni fa tra utilities del settore e i VVF della Città di New York, successivamente implementato nella NFPA 855.

I VVF ritenevano molto più efficace l'utilizzo di un sistema che iniettasse acqua direttamente nei locali dove le batterie erano presenti invece che bagnarne le pareti con l'utilizzo di idranti a colonna o a muro. Originariamente si era ipotizzato un sistema a sprinkler, ma Enel ha ritenuto che il sistema diluvio fosse ancora più efficace.

Il sistema che Enel propone e che è già stato installato nei gruppi BESS 2-3-4 della centrale di TVN, è un sistema formato da elementi certificati: ugelli UL-FM, tubazioni API 5L Sch 40 e connessioni/attacchi motopompa VVF.

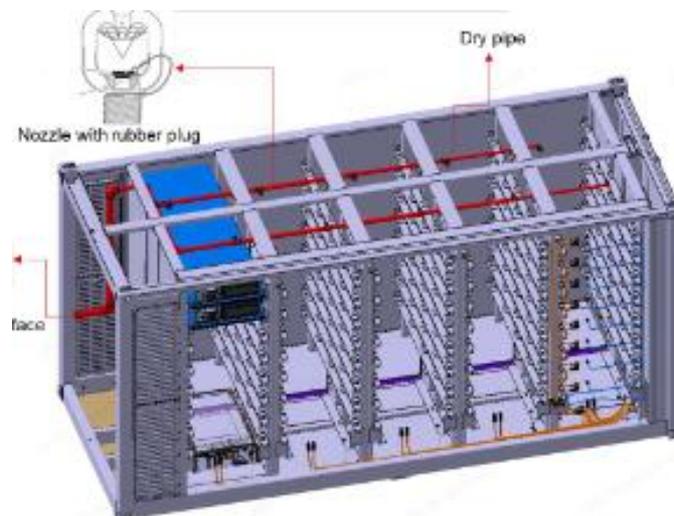
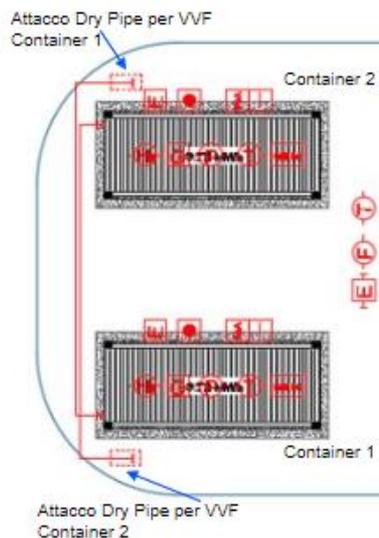


Ultima barriera: dry pipe

Capacity Market 24 (CATL)



Tramite un attacco è possibile collegare una sorgente di acqua alla rete idranti all'interno del container per effettuare uno spegnimento efficace senza pericoli. Negli impianti CM24 il sistema sfrutta la presenza degli altri container per schermare ulteriormente l'operatore.



Il dry pipe permette l'allagamento del container mediante una connessione manuale della manichetta acqua all'attacco predisposto
L'acqua viene iniettata nel container attraverso ugelli di tipo aperto con tappo in gomma
È l'ultima barriera per controllare la propagazione del «Thermal Runaway» e raffreddare i moduli batterie e le celle