



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



MINISTERO
DELL'INTERNO



CNVVF- MINISTERO DEGLI INTERNI GIORNATE DELLA SICUREZZA

I SISTEMI DI ACCUMULO ELETTROCHIMICO DELL'ENERGIA

Problematiche di safety

MONTELIBRETTI, 14 NOVEMBRE 2022



1101 0110 1100
0101 1010 1100
1101 0010 1101
1111 1010 0000

Cinzia Di Bari -TERIN PSU STMS



Sommario

- 1. Introduzione**
- 2. Cause di guasto e conseguenze**
- 3. Criticità**



1. Introduzione

ENEA TERIN STMS e ENEA ISER CAS - SPI

Oltre vent'anni di esperienza di tecnologie per la
mobilità sostenibile

*Responsabile TERIN PSU STMS: ing. Antonino
Genovese (F. Vellucci)*

1. **Laboratorio** ciclatori e ultracapacitori; camera climatica per prove abuso
2. **Banco a rulli** per veicoli elettrici ed ibridi
3. **Stazione di prova** sistemi elettrici ed ibridi e sistemi di ricarica
4. **Modellazione** sistemi per la mobilità sostenibile

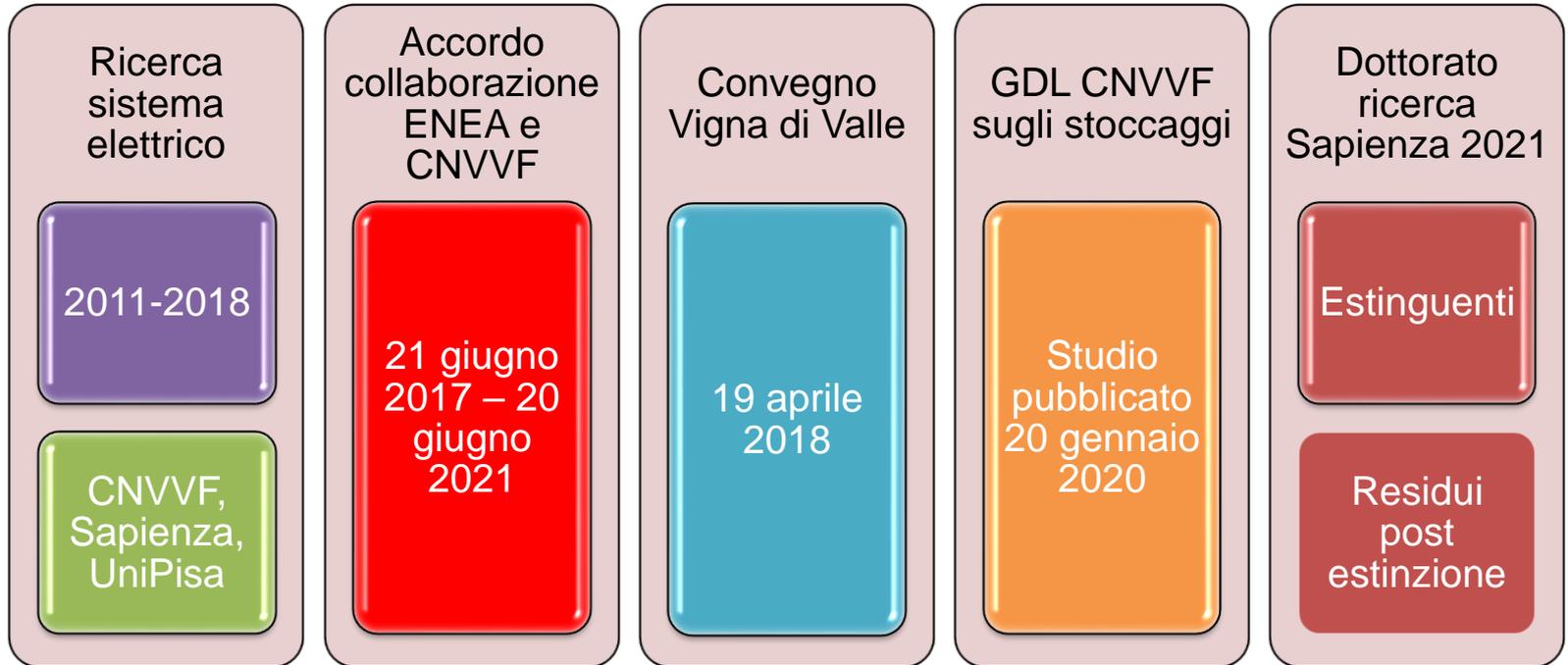
Responsabile ISER CAS: ing. Nicola Ranieri

- a. **Competenze sicurezza NBCR e gestione incendio**
- b. **Impianto FARO per prove abuso**



FARO Plant

Cosa abbiamo fatto

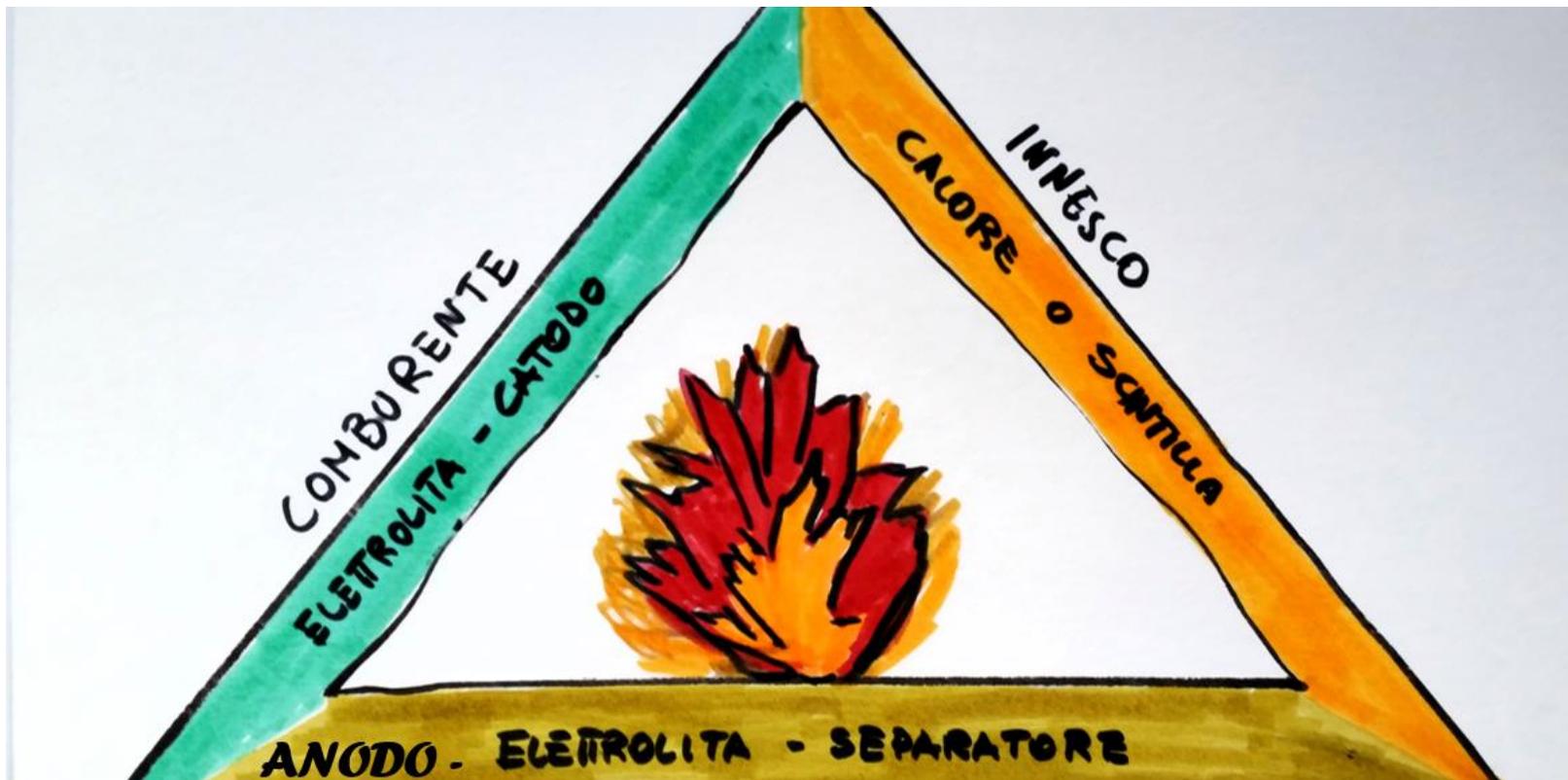




2. Cause di guasto e conseguenze

Le sorprese di...una scatola nera...





COMBUSTIBILE

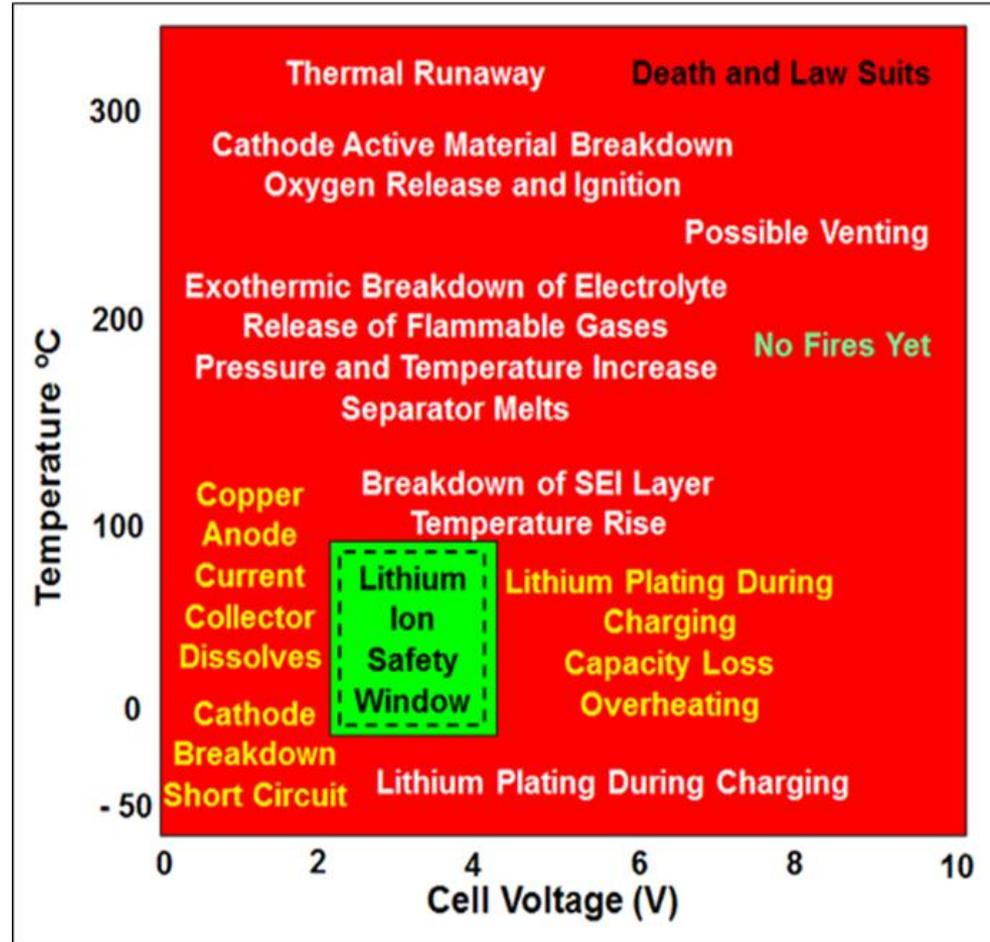
Specifiche tecniche, MSDS e finestra operativa

- Leggere e **verificare** le ST e la **MSDS**
- Le ST definiscono la **Finestra Operativa**, il campo di tensione e temperatura in cui **operare e conservare** in sicurezza le celle e le batterie
- La **MSDS**, non **obbligatoria**, spesso contiene i range di temperatura operativa e stoccaggio.

	VL 41M	VL 27M
Electrical characteristics		
Nominal voltage (V)	3,6	3,6
Average capacity C/3 after charge to 4.0 V/cell (Ah)	41	27
Minimum capacity C/3 after charge to 4.0 V/cell (Ah)	39	25
Specific energy after charge to 4.0 V/cell (Wh/kg)	136	124
Energy density after charge to 4.0 V/cell (Wh/dm ³)	285	252
Specific power (30s peak 50% DOD) (W/kg)	794	987
Power density (30s peak 50% DOD) (W/dm ³)	1667	2000
Mechanical characteristics		
Diameter (mm)	54.3	54.3
Height (mm)	222	163
Typical weight (kg)	1.07	0.77
Volume (dm ³)	0.51	0.38
Voltage limits		
Charge (V)	4.0 (4.1 for peak)	
Discharge (V)	2.7 (2.3 for peak)	
Current limits		
Max continuous current (A)	150	110
Max peak current during 30 s (A)	300	300

Finestra operativa

- A **livello di cella** deve essere assicurata la permanenza nelle corrette condizioni di impiego: è da lì che parte il guasto...
- A meno che...dall'esterno...sia coinvolta tutta la batteria o modulo da un **ABUSO**

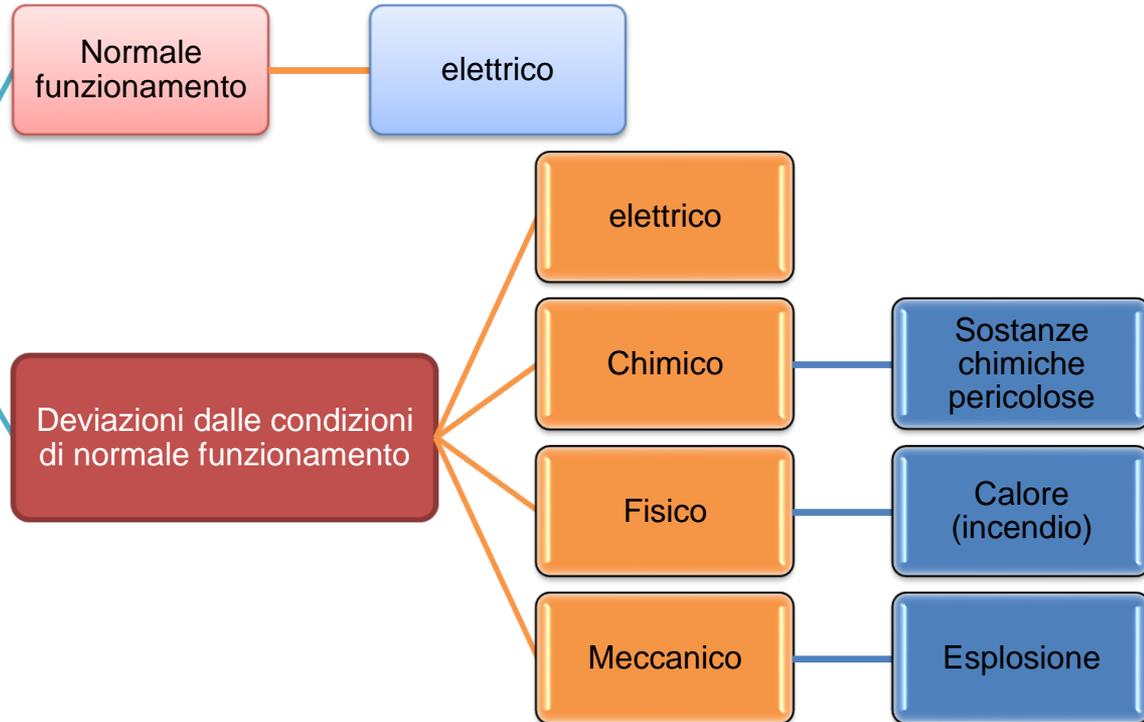


Tipologie di rischio

I rischi fisici, elettrici e meccanici sono associati al **contenuto energetico totale**



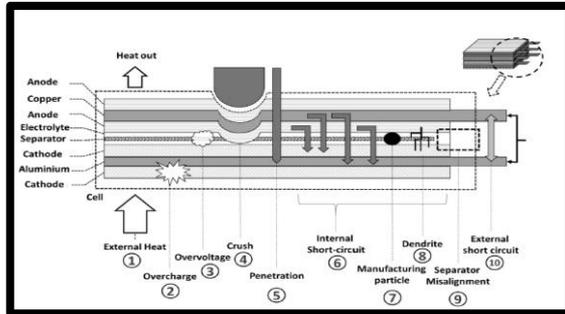
Il **rischio chimico** è associato ai pericoli delle **sostanze normalmente presenti** e a **quelle che si possono formare** in caso di deviazione dalle normali condizioni operative



Cause di deviazione dal normale funzionamento: TRIGGERS

Rif. Cap. 3 studio CNVVF

E....Figura successiva



Abuso elettrico: 2, 3, 10

- Sovraccarica
- Sovra-scarica
- Cortocircuito interno
- Cortocircuito esterno

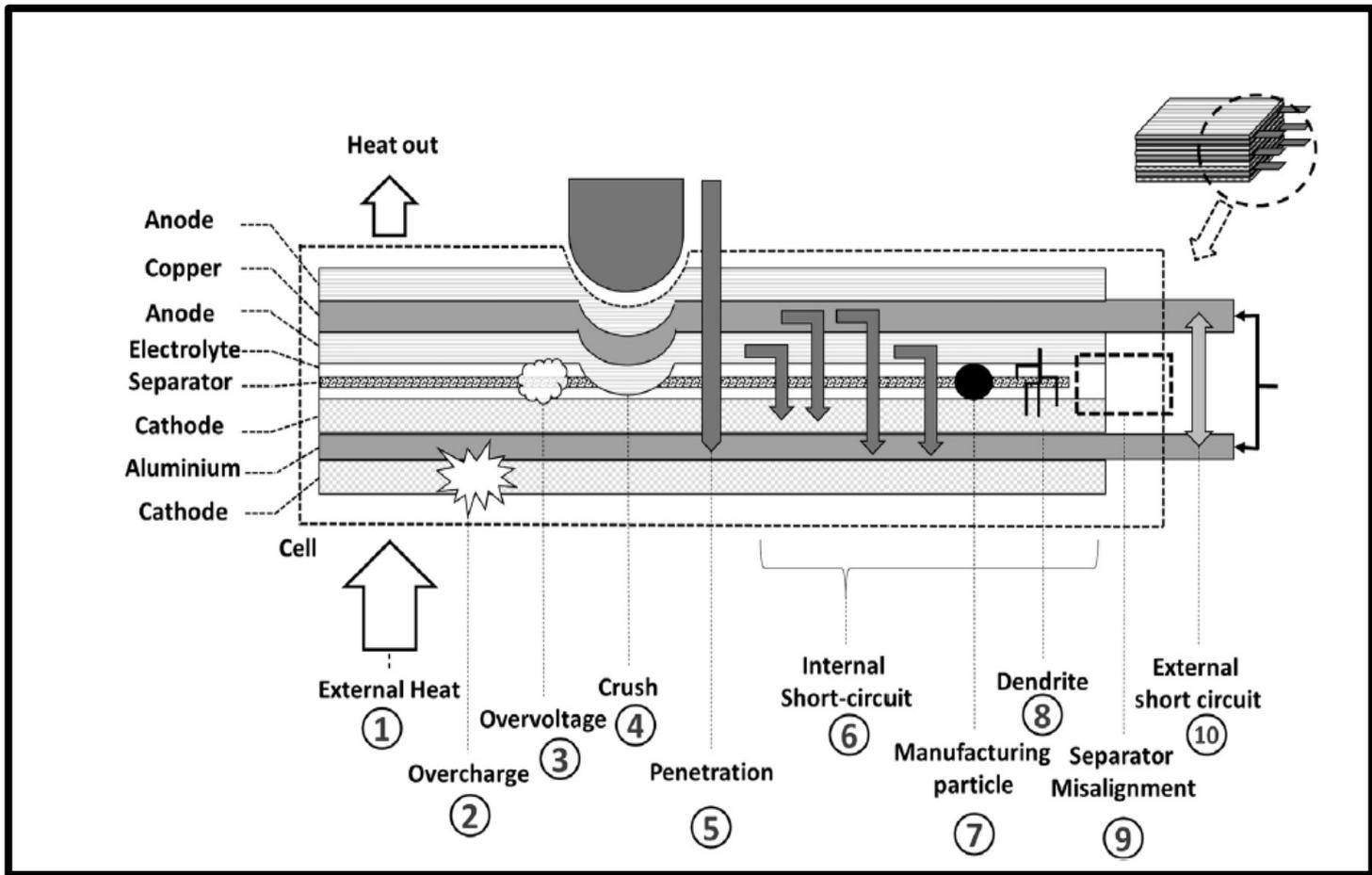
Abuso meccanico: 4, 5

Abuso termico: 1

- Alta temperatura operativa
- Bassa temperatura operativa
- Esposizione a fiamma

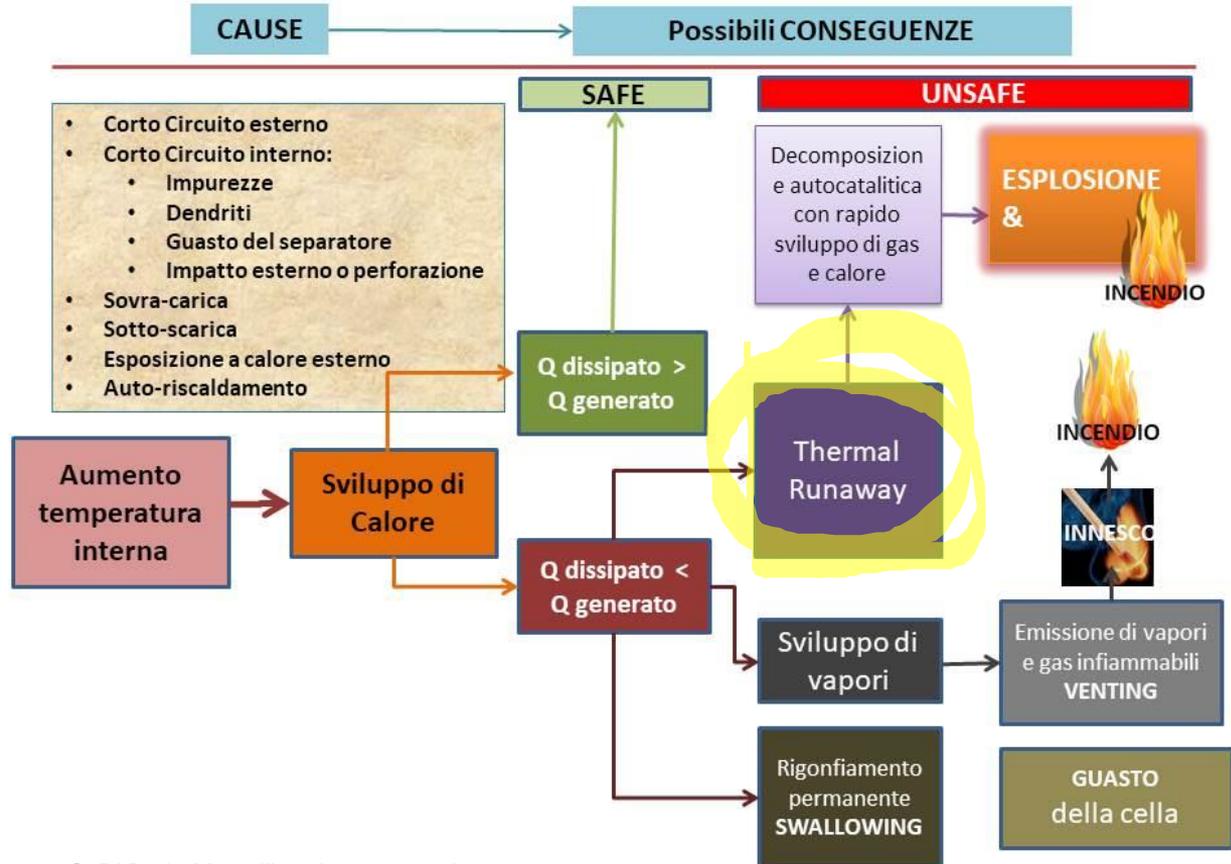
**Fatica meccanica o Invecchiamento della batteria
(fatica meccanica e altre cause): 6, 8**

Difetti di fabbricazione: 6, 7, 9



Possibili CONSEGUENZE

- Swelling
- Venting
- Esplosione
- incendio



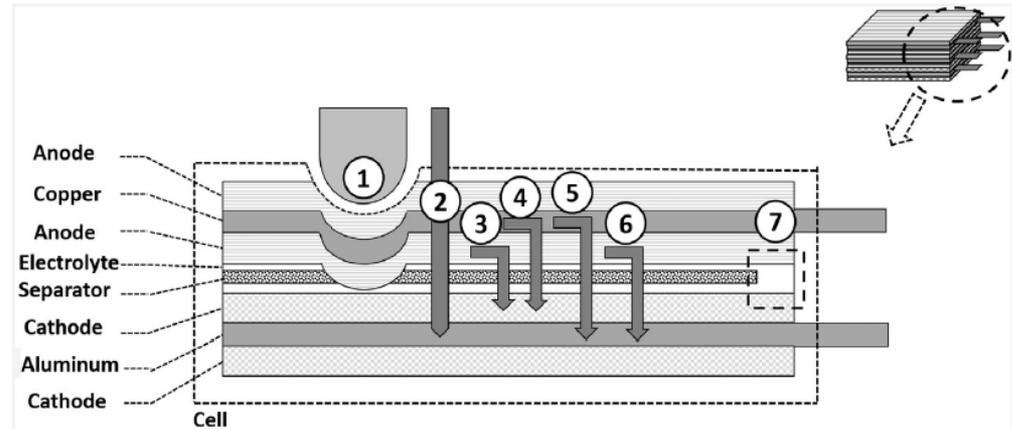
Abuso meccanico

Induce CC interno

Rif. Cap. 3 – studio
CNVVF

Table 7A.2 Overview of Mechanically Induced Cell Failures

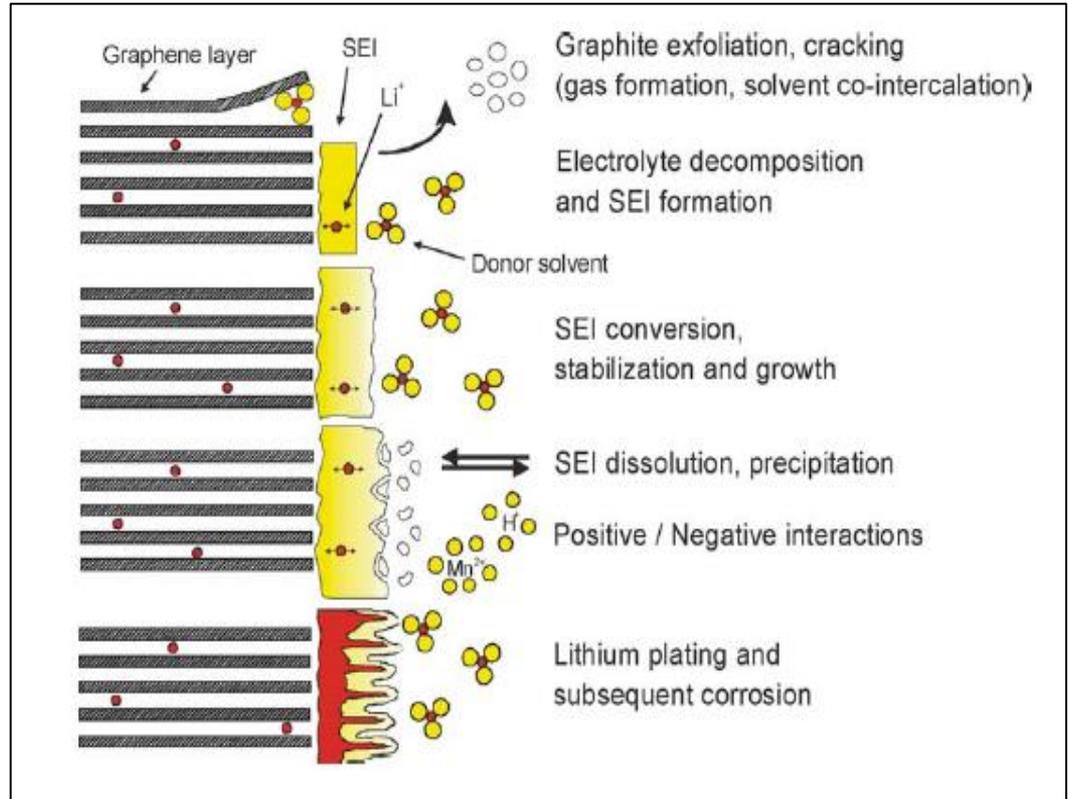
	Short Circuit Interaction
1	Separator Crush
2	Cell-Penetrating Object
3	Anode-Cathode
4	Copper-Cathode
5	Aluminum-Copper
6	Anode-Aluminum
7	Separator Displacement



Invecchiamento

Modifiche dell'interfaccia
anodo/elettrolita nel corso del
tempo

Rif. Cap. 3 – studio CNVVF



Prova di overvoltage senza BMS

Abuso elettrico

circa 7 celle VL41M distrutte
Le altre 7 celle?
COMPLETAMENTE bruciate

I residui a circa 10 m



ca 18 kg:
14 celle VL41M



1,1 kg, NCA





Cortocircuito esterno

Prove su batteria Thundersky LFP, 60 Ah - 2,5 kg (6 minuti)



Figura 28. Cella Thundersky TS LFP 60 Ah . Prova di esposizione a fiamma, fino a combustione completa [44]

INVECCHIAMENTO?

EiGC020 – NCM polimerica

Un incidente...

Procedura di estinzione incendi di celle
Litio-ione su scala di laboratorio

Cinzia Di Bari, Vincenzo Sglavo

Nel corso del ciclaggio di 4 celle EiGC020, a C/4, finalizzato al test dei quattro canali di un ciclatore, si è sviluppato un incendio interrotto dall'utilizzo di un estintore (????)

Tre su quattro celle sono state completamente distrutte dal fuoco. la modalità di estinzione ha provocato una deviazione della fiamma verso il ciclatore che ha riportato danni ai connettori.

Hanno subito danni anche i cavi di collegamento.

Nessun danno a persone.

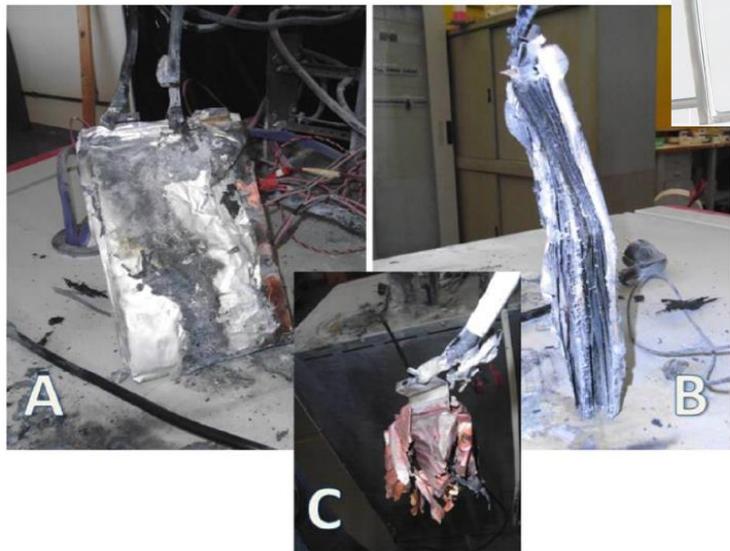
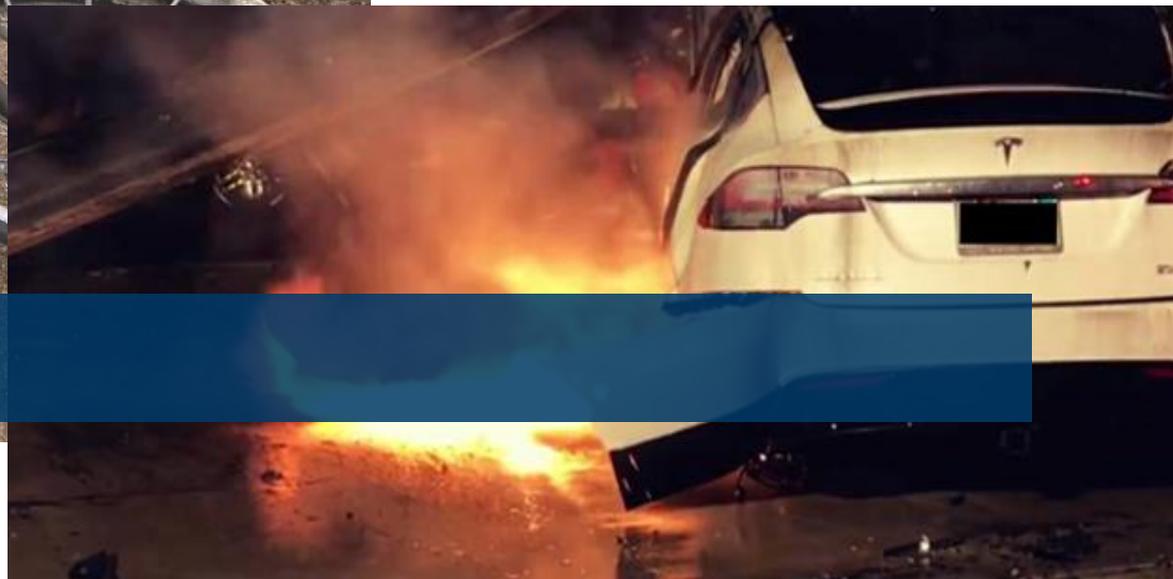


Figura 18. Particolari della cella n. 4 (A e B) e di un residuo delle altre celle (C)



3. Criticità



Casistica incidentale e campagne di ritiro

- Probabilità accadimento
- Data base italiano e internazionale

Gestione emergenze e controllo del fuoco

- Procedure intervento
- Gestione residui combustione e evacuazione aree
- Estinguenti
- Reinnessco

Sviluppo continuo di nuove tecnologie

- Riconoscimento chimica batterie

Second life

- Verifica affidabilità celle

Retrofit di EV e di e-bike (generalmente...domestico)

- Sicurezza kit omologati: verifiche incendio ed esplosione

Parcheggio e ricarica di veicoli elettrici a 2 ruote e EV

Sviluppo di nuove tecnologie

- Aprile 2022, Parigi



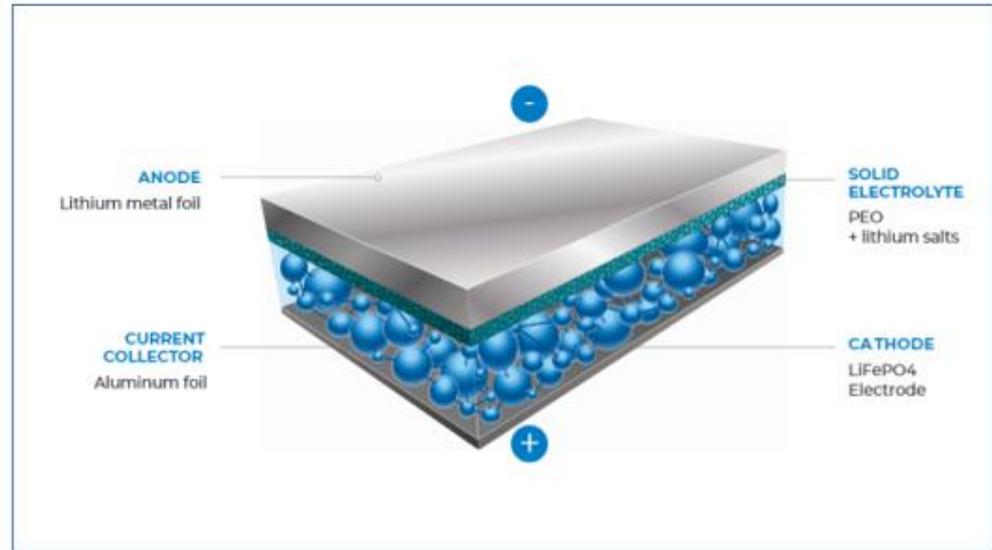
**Accumulatori
Litio metallico**

Nelle LMB, rispetto alle LIB, il litio metallico sostituisce l'anodo in grafite

I veicoli sono alimentati batterie allo stato solido al litio metallico (LMP – *Lithium Metal Polymer*) da 441 kWh poste sul tetto e nel vano posteriore del veicolo

Prodotte dalla Bollorè ritenendole dotate di: elevata densità di energia; elevata sicurezza; ecologiche poiché non contengono solventi, nichel o cobalto

- **Anodo:** litio metallico (su collettore corrente in rame?)
- **Catodo:** LFP su collettore corrente alluminio
- **Elettrolita solido:** PEO (polietilene ossido) + Sali di litio (*Gel polymer electrolyte*)



- Il **29 aprile 2022**, nel sud-est di Parigi (*13th arrondissement of Paris, close to the French capital's national library*) , un incendio ha distrutto un bus elettrico *Bolloré-Bluebus*

MA

- Il **4 aprile 2022 incendio Bluebus** nel centro di Parigi su Boulevard Saint-Germain.
- Entrambi gli incendi non hanno causato feriti... grazie all'intervento solerte dei conducenti che hanno subito fatto scendere i passeggeri.

MA

- Il **30 settembre 2021**, un incendio ha distrutto **25** bus *Bolloré-Bluebus* in **Germania** : le fiamme si sono propagate in pochi secondi con produzione di detriti e scintille anche ad alcuni metri di distanza dal bus.

Casistica incidentale e campagne di ritiro

Aggiornata al 2019

Aggiornamento continuo

Ampia **casistica incidentale** nel capitolo 4 dello studio CNVVF, a cui vi rimando...

Alcune Fonti campagne ritiro dispositivi e batterie

DB OCSE

US Consumer Product Safety Commission (CPSC)

UE RAPEX

- Direzione Generale Consumatori della Commissione Europea
- DIRETTIVA 2001/95/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 3 dicembre 2001 relativa alla sicurezza generale dei prodotti
- Autorità Nazionale Competente (istruttoria)
- La comunicazione è riservata ai produttori, distributori o rappresentanti autorizzati dei prodotti notificati,

Alcuni Ritiri di EV nel 2020 - 2022 *(Sicuraauto.it e NHSA)*

- **16 ottobre: 9 modelli di BMW ibride plug-in per un totale di 27mila veicoli** in tutto il mondo. Rischio di esplosione ed incendio in fase di ricarica dei veicoli. Presenza di impurezze all'interno delle batterie litio-ione che possono provocare corto-circuito interno. (<https://www.sicuraauto.it/news/auto-elettriche-ibride/auto-ibride-bmw-richiamo-per-9-modelli-a-rischio-incendio/>)
- **13 ottobre: Hyundai Kona Elettrica (EV), 77mila veicoli** richiamati di cui 1/3 venduti in Korea e i 2/3 in Europa e US. Rischio incendio: 13 esplosioni occorse la scorsa estate in varie parti del mondo. Difetti del degli elementi della batteria introdotti durante l'assemblaggio effettuato dal produttore di EV a partire dalle celle. (esito indagini condotte dal Ministero dei Trasporti coreano e dal National Forensic Service) (<https://www.sicuraauto.it/news/auto-elettriche-ibride/hyundai-kona-elettrica-77-mila-richiami-per-rischio-incendio/>)
- **11 agosto: 20 mila nuove Ford Kuga Ibride Plug-in in Europa ed altre 7mila nel mondo.** Rischio incendio batteria per corto circuito. *"Il problema ... deriverebbe dal danneggiamento del modulo di ricarica (quindi, parliamo della parte elettrica e elettronica) che può provocare il surriscaldamento della batteria. [...] Ford ha sconsigliato la ricarica dell'auto alla colonnina.* (<https://www.sicuraauto.it/news/auto-elettriche-ibride/ford-kuga-ibrida-a-rischio-incendio-20-mila-auto-richiamate-in-europa/>)

- **11 febbraio 2022** Chrysler e **16 marzo 2022** Volkswagen. Un collegamento inaffidabile della batteria può causare un cortocircuito, aumentando il rischio di un incidente. **Chrysler ha segnalato 12 incendi di veicoli nelle sue Pacifica** senza approfondire eventuale innesco da parte di batterie al litio. **La Volkswagen ha scoperto che le batterie ad alta tensione "possono contenere punti di saldatura inefficaci e quindi contenere connessioni inaffidabili all'interno"**, il che potrebbe causare esplosione ed incendio. Secondo NHTSA. **“Il richiamo sulla Volkswagen ID.4** (che coinvolge **351 veicoli**) è dovuto a punti di saldatura difettosi sul circuito stampato flessibile assemblato (FPCA) all'interno del modulo batteria.

<https://www.nhtsa.gov/recalls?nhtsaId=21V127000>

<https://www.nhtsa.gov/vehicle/2021/VOLKSWAGEN/ID.4/SUV/RWD#recalls>

<https://www.nhtsa.gov/vehicle/2017/CHRYSLER/PACIFICA%252520PHEV/VAN/FWD#recalls>

Casistica incidentale

Alcuni incidenti con vittime 2019-2022

- **19 aprile 2019, Arizona.** **Quattro vigili del fuoco gravemente feriti** nel corso dell'intervento all'interno di un ESS con batteria agli ioni di litio da 2,16 MWh che ha portato a un evento di deflagrazione.
- **16 aprile 2021, Pechino.** **Due vigili del fuoco sono stati uccisi e uno ferito** nel corso dell'intervento su un incendio di **un ESS da 25 MWh** costituito da batterie litio-ferro fosfato:l' ESS era collegato a un'installazione di pannelli solari sul tetto di un edificio.
- **11 giugno 2022, Vancouver.** qualche giorno prima, un'esplosione presso l'Empress Hotel in una camera singola (SRO) nel Downtown Eastside ha provocato **la morte di una persona e due feriti**: un uomo in una suite al secondo piano aveva una **batteria della bici elettrica in carica**, che successivamente è esplosa. Secondo i vigili del fuoco, l'esplosione della batteria sovraccarica ha causato la caduta dell'uomo dalla finestra dell'hotel e la sua caduta e quindi decesso, in strada. I funzionari affermano che **è la settima persona a morire** a causa di un incendio a Vancouver nel 2022 e la **quinta morte causata da un incendio di una batteria al litio.**

- **22 Giugno 2022, Londra. si enfatizza il rischio connesso alla trasformazione di biciclette in e-bike.** L'incendio, **iniziato in un appartamento al 12° piano di Shepherd's Bush, è stato affrontato da 60 vigili del fuoco.** I vigili del fuoco hanno portato in salvo sei persone e un uomo è stato portato in ospedale. Nel 2022: 32 incendi e-bike, 7 e-scooter, 17 altre batterie agli ioni di litio. Nel 2021 più di 100 incendi a Londra che hanno coinvolto batterie agli ioni di litio.
- **17 settembre 2022, New York. Una bimba di 8 anni** è morta in un incendio in College Point, secondo il FDNY Fire department of New York City. **Il padre e il fratello hanno subito danni non mortali.** Il FDNY afferma che la causa dell'incendio è stata una batteria agli ioni di litio di un dispositivo di trasporto elettrico. Tra il 1 gennaio e il 3 maggio 2022 si è verificato un aumento del 233% degli incendi causati dalle e-bike e dalle batterie agli ioni di litio che utilizzano, rispetto allo stesso periodo dell'anno scorso
- **il 3 agosto, una donna di 36 anni e una bambina di 5 sono morte** alle Jackie Robinson Houses di East Harlem dopo lo scoppio di un incendio causato, secondo il FDNY, da batterie agli ioni di litio per e-bike o e-scooter. **NYCHA sta valutando il divieto di questi dispositivi all'interno delle abitazioni.**

Da leggere

- [Sicurezza degli accumulatori litio ione ed elettromobilità: indice commentato degli studi effettuati – ENEA](#)
- [Dai VVF il primo studio completo in Italia sulla sicurezza delle batterie al litio – Ministero dell'Interno](#)
- [Batterie litio-ione. Gestione dei rischi e policy della Unione Europea – ResearchGate](#)
- <https://www.researchgate.net/profile/Cinzia-Di-Bari/research>
- <https://independent.academia.edu/CinziaDiBari>
- <https://focu-safety.com/2022/09/19/batterie-litio-ione-ma-davvero-possono-esplodere-lintervista-alla-dott-ssa-cinzia-di-bari/>
- <https://www.sicurauto.it/> e <https://www.sicurmoto.it/>

Cinzia Di Bari
cinzia.dibari@enea.it

Grazie per l'attenzione