



# GUIDA OPERATIVA

## RISPOSTA ALL'EMERGENZA DEI VEICOLI ELETTRICI



**Situazione attuale - raccomandazioni - prospettive**

**Michel GENTILLEAU (Francia)**

Vigile del fuoco / Tenente Colonnello in quiescenza

Vice Presidente del CTIF Commissione 'Extrication and New Technologies'

Referente CTIF presso l'Euro-NCAP (European New Car Assessment Programme)

# LISTA DEI CONTENUTI

► <b>Introduzione</b>	<b>pagina 5</b>
► <b>Promemoria sui veicoli elettrici</b>	<b>pagina 6</b>
► <b>Strumento decisionale per i vigili del fuoco: le rescue sheet</b>	<b>pagina 8</b>
► <b>Soccorso stradale: gestione dei rischi elettrici</b>	<b>pagina 11</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>-Dispositivi di sicurezza disponibili per i servizi di emergenza</li><li>-Istruzioni dei costruttori di veicoli</li><li>-Integrazione di una fase di "messa in sicurezza" del veicolo dal punto di vista energetico</li><li>-Prospettive per i servizi di emergenza :<ul style="list-style-type: none"><li>○ <i>Chiamate di emergenza: verso informazioni operative ottimizzate</i></li><li>○ <i>Rescue Sheet: rendere i documenti più facili da usare</i></li><li>○ <i>Isolamento dei pericoli: semplificazione delle procedure di isolamento energetico</i></li><li>○ <i>Portellone e bagagliaio: accesso più facile in situazioni post-incidente</i></li></ul></li></ul>	
► <b>Incendio del veicolo: il thermal runaway della batteria</b>	<b>page 22</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>-Fatti chiave sul thermal runaway</li><li>-Aspetti operativi del thermal runaway</li><li>-Attrezzature di sicurezza disponibili per i servizi di emergenza</li><li>-Istruzioni dei produttori di veicoli</li><li>-Principali tecniche sviluppate nel mondo</li><li>-Gestione del controllo termico con risorse convenzionali antincendio</li><li>-Prospettive per i servizi di emergenza :<ul style="list-style-type: none"><li>○ <i>Thermal runaway: verso una maggiore stabilità della batteria e un allarme post-crash</i></li><li>○ <i>Thermal runaway: verso l'allerta precoce e la rilevazione in tutti i contesti</i></li></ul></li></ul>	

# **PREFAZIONE**

Nell'ultimo decennio, i veicoli elettrici sono passati da una novità tecnologica a una realtà quotidiana del panorama dei trasporti. Comportano dei vantaggi importanti, quali la riduzione delle emissioni, funzionamento più silenzioso, maggiore efficienza, ma anche nuove sfide operative e di sicurezza per i soccorritori. Uno degli aspetti più impegnativi è garantire una lotta antincendio sicura, efficace e professionale quando gli incidenti coinvolgono sistemi di batterie ad alta tensione.

La Commissione « Extrication and New Technology » del CTIF\* ha monitorato costantemente lo sviluppo dei metodi antincendio per i veicoli elettrici con l'obiettivo di fornire ai Vigili del Fuoco indicazioni adeguate per un'efficace estinzione, preferibilmente utilizzando tecniche e attrezzature esistenti, che garantiscano un'ampia applicabilità di metodi adeguati.

Lo scopo di questa guida operativa è di fornire una panoramica completa degli approcci, delle tecniche e delle tattiche per spegnere incendi dei veicoli elettrici, basandosi sulle più recenti esperienze e conoscenze della tecnologia delle batterie, sul comportamento delle celle agli ioni di litio e sulle specifiche problematiche di natura termica. L'altro obiettivo di questa guida è fornire una risposta operativa in caso di incidente stradale che coinvolga veicoli elettrici, al fine di garantire la sicurezza dell'intervento nel contesto dei rischi elettrici.

La guida operativa proposta raccoglie esperienze pratiche di intervento in emergenza, risultati di ricerca e raccomandazioni di esperti di primo piano nella sicurezza antincendio. L'attenzione non è solo sull'estinzione degli incendi, ma anche sul processo decisionale tattico, il riconoscimento dei pericoli, l'uso corretto delle attrezzature e la protezione delle squadre di intervento e del contesto ambientale.

La mobilità elettrica si sta sviluppando rapidamente, spesso più velocemente di quanto molti standard e procedure possano tenere il passo. Per questo motivo, lo scopo principale di questa guida è offrire una solida, aggiornata e professionale base che possa fungere da guida in situazioni impegnative e spesso imprevedibili. Credo che fornirà ai lettori sia la conoscenza che la fiducia necessarie per un lavoro sicuro ed efficace quando si tratta di incendi che possano coinvolgere veicoli elettrici.

Come Presidente del CTIF, vorrei esprimere la mia gratitudine a Michel Gentilleau e a tutti i collaboratori coinvolti per la redazione di questo manuale, che va perorare la causa alla base della missione del CTIF: lo scambio di conoscenze per garantire un lavoro più sicuro per i Vigili del Fuoco e un contesto ambientale più sicuro per l'intera collettività.

**Milàn DUBRAVAC**  
**(Slovenia)**

***Presidente del CTIF***



\* CTIF (International Association of Fire and Rescue Services)

## **Grazie per il loro contributo a:**

***Amandine LECOQ (FRANCIA)***

Battery Safety Team Leader **INERIS** (Institut National de l'Environnement Industriel et des risques)

***Arjan BRUINSTROOP (OLANDA)***

Firefighter- **NIPV** -Training & Operations Advisor – Fire Service Education /CTIF « extrication and new technology » member

***Céline ADALIAN (FRANCIA)***

Senior Manager, Passive Safety **IDIADA** / ISO 17840 task force Co-chairwoman (rescue sheets)

***Eric PAILLIER (FRANCIA)***

Fire Safety and Emergency Coordinator - **TotalEnergies**

***Joël BIEVER (LUSSEMBURGO)***

Firefighter - Head of Training southern region, **Grand-ducal fire and rescue corps** / Vice-chairman CTIF « extrication and new technology » commission

***Marco AIMO-BOOT (ITALIA)***

Tertiary Safety Leader **IVECO Group** / ISO 17840 task force member (rescue sheets) /CTIF Associate Member

***Pierre CASTAING (FRANCIA)***

Euro NCAP former president / Chairman **Euro NCAP** « rescue, extrication and post-crash safety » group

# INTRODUZIONE

I veicoli elettrici sono attenzionati da diversi anni dai Vigili del Fuoco, Autorità pubbliche, laboratori e aziende private.

Sono già stati prodotti centinaia di test di laboratorio, prove sul campo, studi, rapporti e linee guida internazionali.

I produttori di attrezzature offrono una gamma di soluzioni per aiutare le squadre di soccorso a operare in modo più efficiente e sicuro su questa tipologia di veicoli.

La rapida crescita delle vendite di veicoli elettrici (inizialmente automobili, ma ora esteso anche a camion e autobus) ha fornito ai servizi di emergenza preziosi feedback operativi da parte di chi lavora direttamente sul campo.

Tuttavia, questa esperienza accumulata non ha portato a un consenso generale sulle procedure di risposta da adottare da parte dei Vigili del Fuoco, sia durante un'operazione di soccorso stradale, sia quando si affronta un incendio che coinvolge un veicolo elettrico.

Lo scopo di questo documento è fornire una panoramica delle due principali questioni:

- gestione dei rischi elettrici durante operazioni di soccorso stradale che coinvolgono veicoli elettrici
- gestione del controllo termico in caso di incendio di veicoli elettrici (batterie agli ioni di litio)

Le sezioni che coprono le conoscenze di base sui veicoli elettrici e le batterie, sui rischi elettrici e sulla deriva termica (il cosiddetto thermal runaway) saranno trattate brevemente, poiché esiste già una vasta letteratura su questi temi.

***Il documento si concentrerà sulla revisione delle attrezzature e dei materiali disponibili per la squadra dei Vigili del Fuoco al fine di gestire gli incidenti e sulla proposta di protocolli operativi pratici utilizzando principalmente le risorse ordinarie a loro disposizione.***

Infine, per ciascuno dei temi operativi (soccorso stradale e incendio veicolo), illustreremo le prospettive future per i Vigili del Fuoco, in particolare alla luce del lavoro attualmente svolto dall'Euro NCAP\*.

\*Euro NCAP « European New Car Assessment Programme »

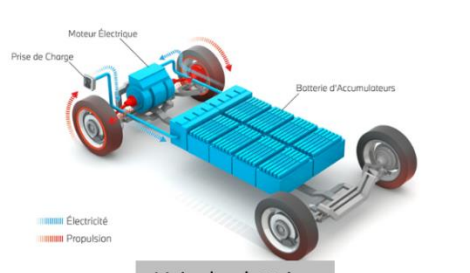
<https://www.euroncap.com/media/91774/euro-ncap-protocol-post-crash-v11.pdf>



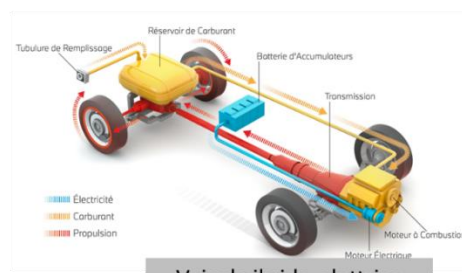
## UN PROMEMORIA SUI VEICOLI ELETTRICI

I veicoli ibridi/elettrici possono essere suddivisi in quattro categorie principali:

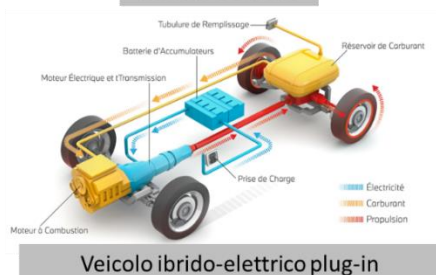
- Veicoli **ibridi elettrici** (HEV)
- Veicoli **ibridi elettrici plug-in** (PHEV)
- Veicoli **elettrici** (EV)
- Veicoli ad **idrogeno** (celle combustibile) (FCEV)



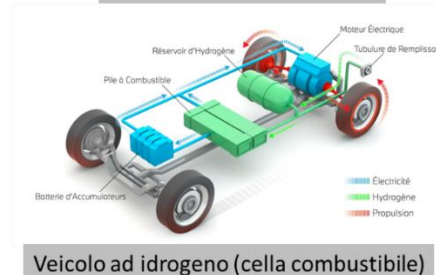
Veicolo elettrico



Veicolo ibrido-elettrico



Veicolo ibrido-elettrico plug-in



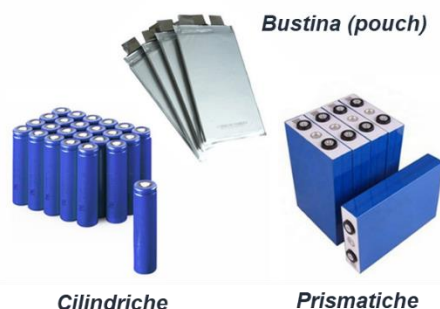
Veicolo ad idrogeno (cella combustibile)

La capacità e la disposizione delle **batterie** su EV e HEV variano a seconda del tipo di veicolo:

- autovetture: generalmente sotto il pavimento del veicolo
- veicoli commerciali/industriali: sui lati (o al centro) del telaio o dietro la cabina
- autobus : sul tetto o nel vano posteriore



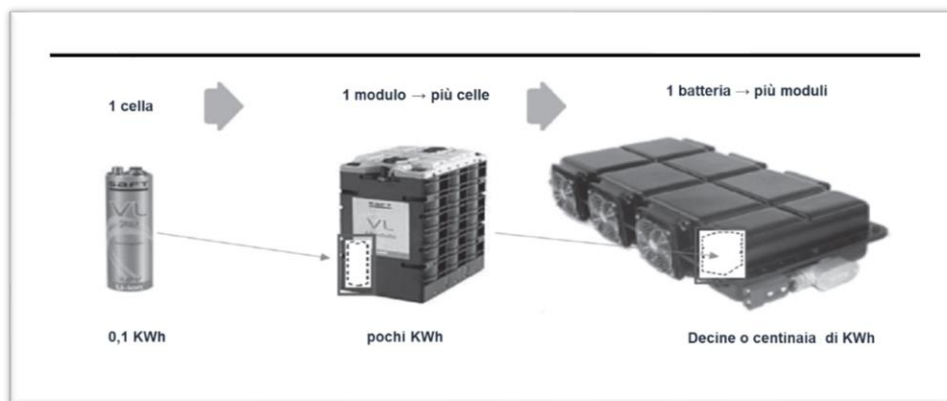
L'elemento base di una batteria è la cella, che può essere di forma bustina (pouch), prismatica o cilindrica.



Cilindriche

Prismatiche

Un gruppo di celle forma un **modulo** e un gruppo di moduli forma un pacco batterie.



Sebbene esistano diverse **tecnologie** a livello di chimica (NiMH, LMP, sodio, ecc.), **gli ioni di litio** (Li-Ion) sono la tecnologia più comune nella mobilità elettrica.

Gli involucri **delle batterie dei veicoli** sono generalmente realizzati in acciaio o alluminio.

I principali rischi associati alle batterie agli ioni di litio sono :

- **elettrico**
- **termico**
- **tossicità**
- **esplosione**

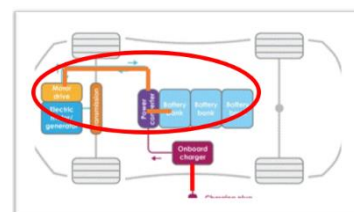
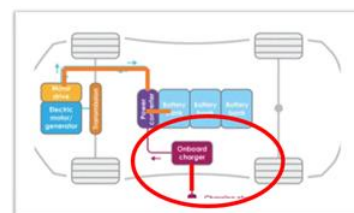


Gli ultimi 3 rischi sono dovuti al **fenomeno di fuga termica (anche noto con il termine inglese « thermal runaway »)** che può verificarsi in una batteria agli ioni di litio.



I Vigili del Fuoco possono incontrare rischi elettrici in diversi contesti operativi:

- **Contatto diretto** con cavi ad alta tensione (HV) o batterie durante **operazioni di soccorso stradale**
- **Contatto diretto** con cavi (HV) o batterie durante un **incendio di veicolo**, in particolare **durante la rimozione dei parti danneggiate**
- **Contatto diretto o indiretto** con i **cavi di ricarica** durante un incendio di veicolo, specialmente nella **fase di estinzione**

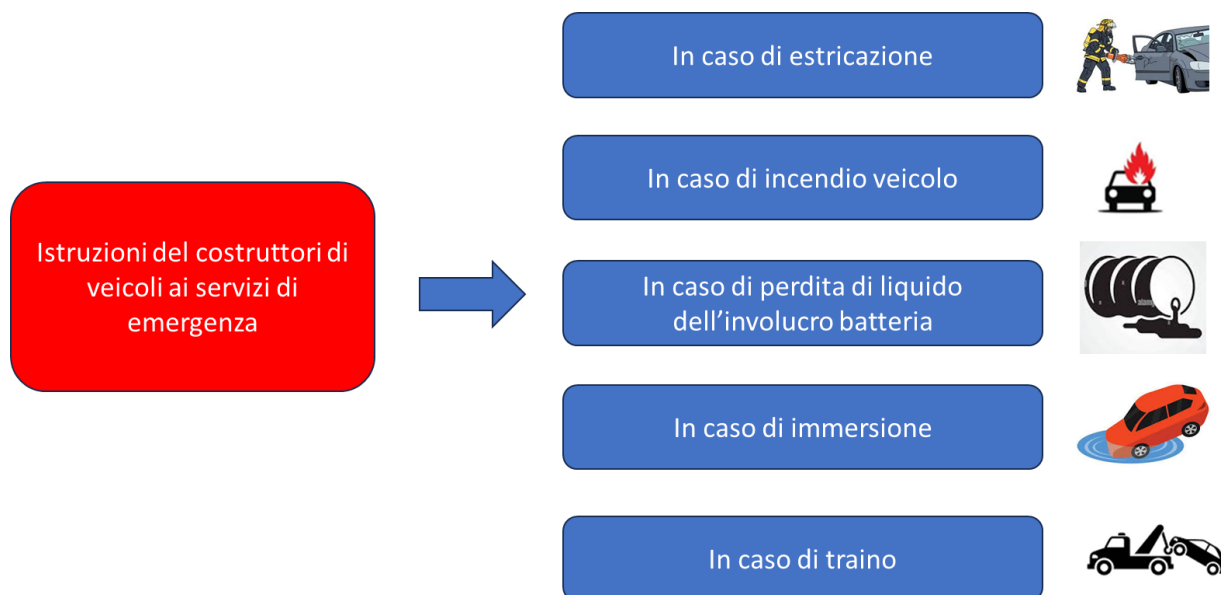


I rischi elettrici identificati in questi casi sono **elettrocuzione** la generazione di **archi elettrici**.

## STRUMENTO DECISIONALE PER I VIGILI DEL FUOCO: LE RESCUE SHEET

Le Rescue Sheet sono documenti informativi standardizzati che rispettano la norma ISO 17840.

Sono realizzate dai costruttori di veicoli per l'uso da parte dei servizi di emergenza, fornendo informazioni essenziali e indicazioni per l'intervento in **varie situazioni operative**:



Lo standard ISO 17840 definisce il contenuto e la disposizione dei fogli di soccorso. È organizzato attorno a due principi fondamentali:

1. Simboli standardizzati
2. Una struttura documentale standardizzata

Tutti i simboli ufficiali sono dettagliati nella norma internazionale ISO 17840.

I **simboli più importanti** utilizzati per identificare e gestire i **sistemi elettrici** dei veicoli elettrici includono:

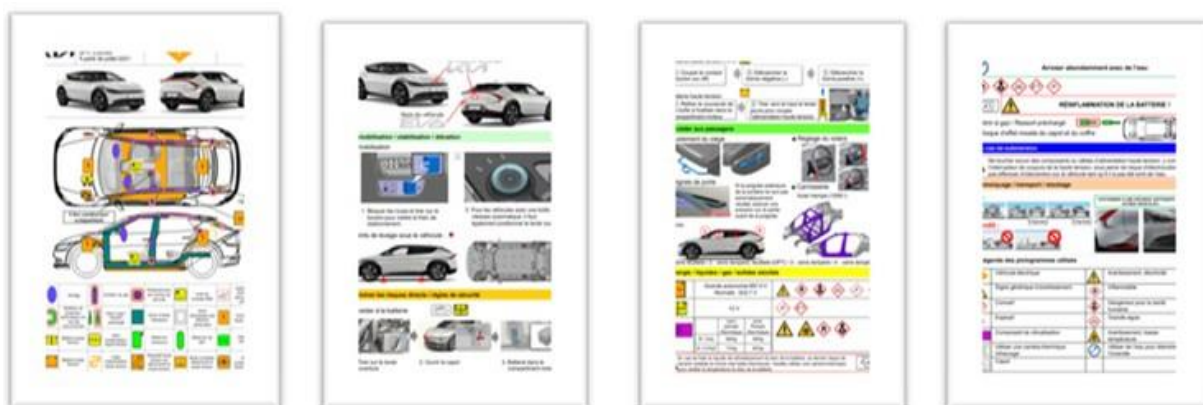
	Airbag		Stored gas inflator		Seat belt pretensioner		SRS control unit		Pedestrian protection active system
	Automatic rollover protection system		Gas strut / preloaded spring		High-strength zones		Special attention		
	Battery, low-voltage		Ultra-capacitor, low-voltage		Fuel tank		Gas tank		Safety valve
	Battery, high-voltage		Power cable, high-voltage		Separator, high-voltage		Fuse box, disabling high-voltage system		Ultra-capacitor, high-voltage
	High-voltage separator to low voltage		Fuse box, disabling high voltage to low voltage		High voltage component		Fuel tank, petrol		Loop disabling high voltage to low voltage



Le Rescue Sheet sono documenti standardizzati progettati per un uso rapido e semplice da parte dei servizi di emergenza.

Sono **strutturate** secondo i criteri dell'Euro NCAP, con un massimo di quattro pagine (cinque pagine eccezionalmente accettate):

- Pagina 1:
  - Panoramica delle attrezzature rilevanti per i servizi di emergenza
  - Una fotografia del veicolo
  - Una leggenda che spiega i simboli usati
- Pagine 2-4:
  - Istruzioni operative suddivise in capitoli



Ogni capitolo è identificato da un codice colore specifico per un rapido riferimento

1. Identification / recognition
2. Immobilisation / stabilisation / lifting
3. Disable direct hazards / safety regulations
4. Access to the occupants
5. Stored energy / liquids / gases / solids
6. In case of fire
7. In case of submersion
8. Towing / transportation / storage
9. Important additional information
10. Explanation of pictograms used



Identificazione
Immobilizzazione
Isolamento energia
Accesso occupanti
In caso di perdita
In caso di incendio
In caso di immersione
Traino
Altre informazioni

Schede di soccorso (Rescue Sheet) sono accessibili tramite l'applicazione Euro Rescue sviluppata dall'organizzazione Euro NCAP.

Da settembre 2025, l'App offre accesso ad oltre 1.900 schede, consultabili on-line, sia connessi a internet che offline, dopo aver scaricato le Rescue Sheet su uno smartphone o un tablet.



Le rescue sheet disponibili gratuitamente in tutte e 22 le lingue ufficiali europee possono essere scaricate qui:



<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.euroncap.rescue&hl=fr&pli=1>



<https://apps.apple.com/fr/app/euro-rescue/id1516807765>

È disponibile anche una versione desktop, particolarmente utile per le centrali operative di emergenza per identificare la Rescue Sheet corretta prima dell'intervento sulla scena:

<https://rescue.euroncap.com/>

Su questa piattaforma sono disponibili Rescue Sheet per auto, camion e autobus.



In Australia, l'applicazione ANCAP Rescue è stata sviluppata, in analogia, per i servizi di emergenza locali. Fornisce accesso a un database simili alle Rescue Sheet, inclusi i veicoli specifici per il mercato australiano:

(<https://www.ancap.com.au/ancap-rescue-app>)



## SOCCORSO STRADALE: GESTIONE DEL RISCHIO ELETTRICO

### ***-Dispositivi di sicurezza disponibili per i servizi di emergenza***

I veicoli elettrici sono dotati di **dispositivi di sicurezza** che possono essere utilizzati dai servizi di emergenza durante le operazioni di soccorso.

Questi dispositivi di sicurezza sono specificamente progettati per isolare l'energia elettrica dalla batteria ad alta tensione (in inglese High Voltage - HV), minimizzando così i rischi elettrici e permettendo gli interventi di emergenza in sicurezza.

Le informazioni sulla posizione e il funzionamento di questi dispositivi sono fornite dai produttori di veicoli nelle Rescue Sheet, in conformità con lo standard ISO 17840. Questi documenti operativi forniscono informazioni e istruzioni ai servizi di emergenza.

I dispositivi di sicurezza possono essere raggruppati in due categorie principali:

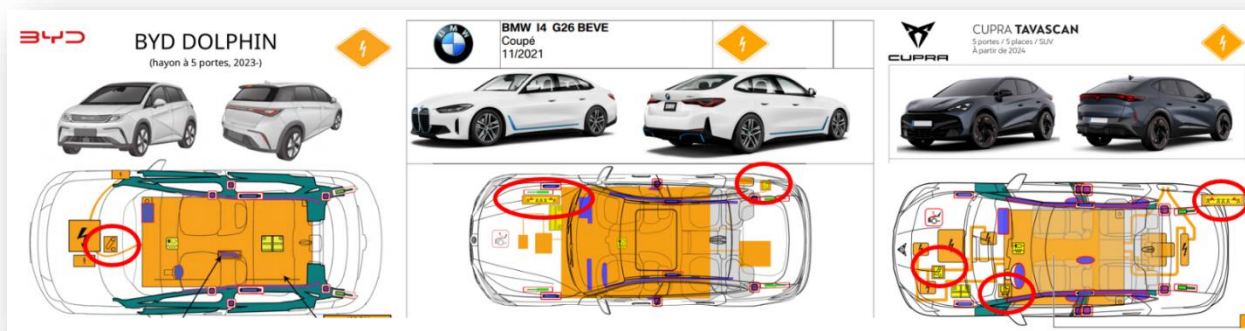


Questi dispositivi possono essere posizionati in diversi punti all'interno di un veicolo elettrico. Ogni veicolo può avere da uno a tre dispositivi alternativi di de-energizzazione, a seconda della casa costruttrice e del modello.

La disposizione di questi dispositivi varia a seconda del tipo di veicolo:

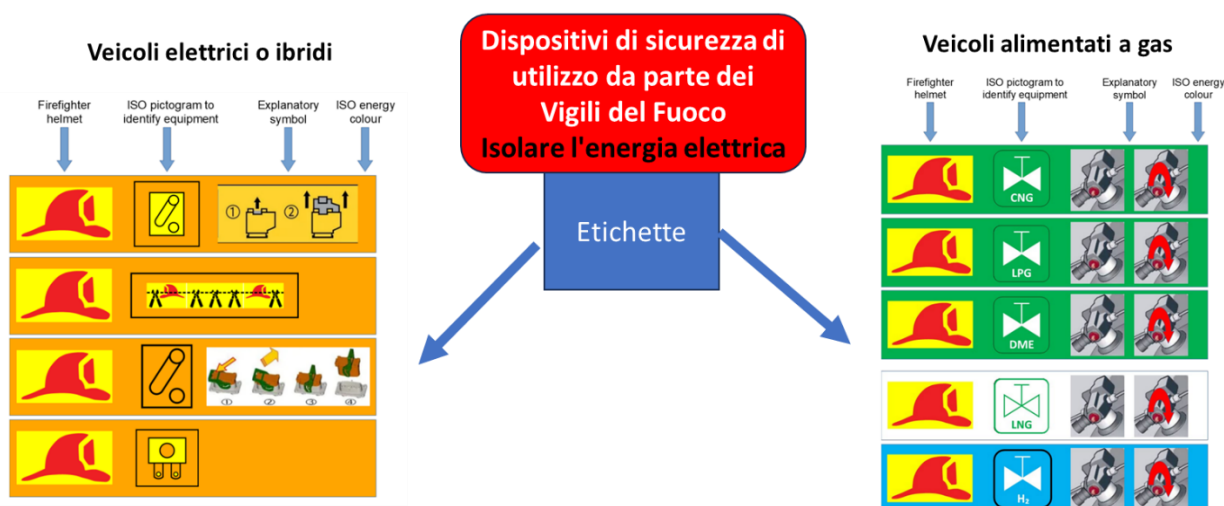
- autovetture: abitacolo passeggeri, bagagliaio, compartimento anteriore (cofano) o talvolta esternamente (ad esempio: sotto il telaio)
- veicoli commerciali ed industriali: abitacolo\cabina o posizioni esterne sul telaio
- autobus: vicino al sedile del conducente o sul retro del veicolo

Tutti questi dispositivi di sicurezza sono identificati da un simbolo specifico sulle Rescue Sheet (Standard ISO 17840).



Tutti i dispositivi di sicurezza sono identificati sulle Rescue Sheet utilizzando i simboli standard ISO 17840 e spesso sono fisicamente etichettati sul veicolo stesso.

Il formato dell'etichetta è definito dall' Euro NCAP per uniformità tra marchi e modelli:



Il colore arancione dell'etichetta è rappresentativo di un dispositivo di sicurezza associato a un circuito elettrico ad alta tensione (HV).

La presenza di un elemento da Vigile del Fuoco indica che questa attrezzatura deve essere utilizzata in caso di emergenza. Si noti che la scelta della rappresentazione grafica dell'elmetto è lasciata a discrezione del produttore del veicolo.

Un possibile esempio:



Il simbolo ISO che rappresenta questo dispositivo di sicurezza è incorporato nell'etichetta.

Infine, il diagramma che spiega come utilizzare l'equipaggiamento di sicurezza è lasciato a discrezione del produttore del veicolo.

Il « **service-plug** », tradotto in italiano come « spina di servizio » è un dispositivo di sicurezza situato sul circuito ad alta tensione, spesso in diretto contatto con la batteria ad alta tensione.

L'azionamento del service plug disconnette il circuito ad alta tensione, rendendo il sistema elettrico a valle sicuro per l'intervento di soccorso.

Importante: per maneggiare il « service-plug » servono i dispositivi di protezione individuale specifici (DPI) per evitare l'elettrocuzione, inclusi guanti isolati, protezione facciale...

Questi dispositivi sono generalmente utilizzati per la manutenzione dei veicoli.



#### Prima e dopo l'operazione:

**Prima:** Il circuito HV è attivo (energia presente) / **Dopo:** il circuito HV è scollegato (stato sicuro)

Ne esistono di diverse tipologie e conformazioni con specifiche modalità di azionamento:



MG 5



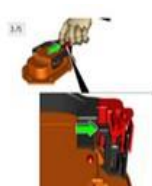
BYD Dolphin



MG HS



Opel ampera



Polestar 2

Simbolo standard del « service-plug » indicato sulla Rescue Sheet (ISO 17840):

Il colore arancione indica che il dispositivo di sicurezza agisce su circuiti ad alta tensione.



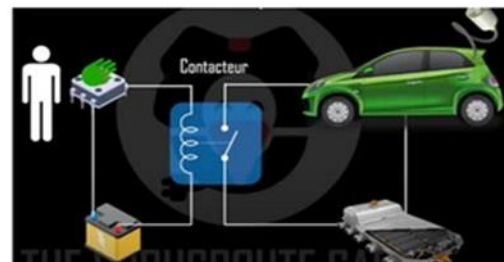
Etichetta identificativa standardizzata "Service Plug" come definita dall'Euro NCAP:



I dispositivi di sicurezza «**e-plug**», «**anello (loop)**» e «**fusibili da 12 o 24 V**» sono posizionati sul circuito a bassa tensione (in inglese, Low Voltage - LV). Possono essere usati per aprire indirettamente i relè sul circuito HV, isolando così i componenti ad alta tensione.

A differenza della spina di servizio, non è necessario alcun DPI speciale per far funzionare questi dispositivi.





### Prima e dopo l'operazione:

- **Prima** : mostra lo stato del circuito HV (circuito elettrico chiuso)
- **Dopo** : mostra l'isolamento elettrico (circuito elettrico aperto)

Possono differire nel design e nel funzionamento a seconda del produttore:

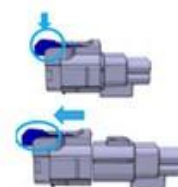
### • « e-plug »



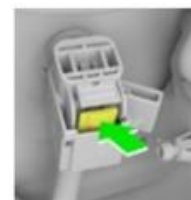
BMW i4



NIO EL 6



CHERY Tiggo



ORA funky cat

Il simbolo standard «e-plug» indicato sulla Rescue Sheet (ISO 17840):  
Il colore giallo indica che il dispositivo di sicurezza agisce su un circuito a bassa tensione.



L'etichetta identificativa standardizzata "e-plug" è definita dall'Euro NCAP :



### • Loop (anello)



BYD SEAL



KIA EV3



MERCEDES CLA Coupé



JEEP Avenger

Il simbolo standard di « Loop » indicato sulle Rescue Sheet (ISO 17840):  
Il colore giallo indica che il dispositivo di sicurezza agisce su un circuito a bassa tensione.



L'etichetta di identificativa standardizzata « loop » è definita dall'Euro NCAP:



- **Fusibile a 12 Volts (24V su veicoli industriali e autobus)**



SKODA Kodiak



Ford Capri



MAXUS Mifa 7

«Fusibile a 12 o 24 V» indicato sulla Rescue Sheet (ISO 17840):  
Il colore giallo indica che il dispositivo di sicurezza agisce su un circuito a bassa tensione.



L'etichetta di identificativa standardizzata « fusibile 12 o 24 V » è definita dall'Euro NCAP:



TABELLA RIASSUNTIVA DEI DISPOSITIVI DI SICUREZZA PER L'ISOLAMENTO DELL'ENERGIA				
Tipologia	Esempi	Simbolo ISO	Etichetta Euro NCAP (esempio)	DPI specifici
Service-plug				
e-plug				
Anello (loop)				
Fusibile 12 o 24V				

### - Istruzioni dei costruttori di veicoli

I produttori di veicoli forniscono istruzioni specifiche per l'isolamento dell'energia elettrica nei veicoli elettrici.

Queste istruzioni sono dettagliate nel Capitolo 3 della Rescue Sheet (come definito dallo standard ISO 17840):

### 3. Disabilitazione pericoli diretti / norme di sicurezza

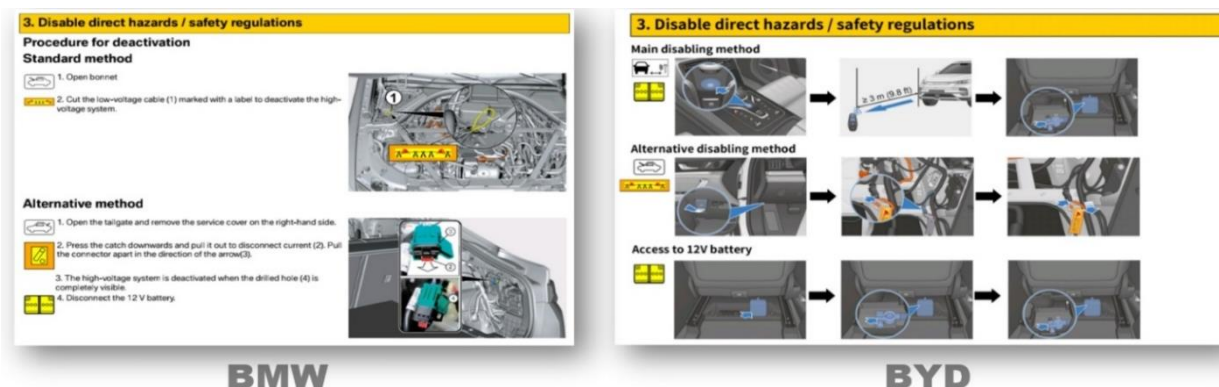
Le istruzioni del produttore includono tipicamente i seguenti elementi:

1. Procedura per accedere e scollegare la batteria a bassa tensione (LV) (12 V per le autovetture e i veicoli commerciali leggeri e 24V per i veicoli industriali e gli autobus)
2. Procedura per accedere e utilizzare l'attrezzatura di sicurezza utilizzata per disattivare il sistema ad alta tensione (HV), inclusi i dettagli sulle precauzioni di sicurezza necessarie.

In quest'ultimo caso, possono essere proposte procedure diverse:

- Procedura primaria (prioritaria) – il metodo preferito, sicuro ed immediato
- Alternativa 1 – opzione secondaria se la procedura primaria non è disponibile
- Alternativa 2 – metodo aggiuntivo

Ogni procedura può utilizzare diversi tipi di dispositivi di sicurezza (service-plug, loop, fusibile 12 o 24V o altri dispositivi di isolamento HV). Alcuni esempi:



**Va notato che alcune istruzioni dei costruttori di veicoli indicano che:**

-Il dispiegamento degli airbag è un indicatore sufficiente per confermare la disattivazione automatica del circuito ad alta tensione del veicolo

oppure :

-che spegnere il motore sia un'azione necessaria e sufficiente per disattivare automaticamente il circuito ad alta tensione del veicolo.

**È fondamentale consultare le istruzioni dei costruttori del veicolo per garantire un intervento sicuro ed efficace.**

Prima di iniziare qualsiasi procedura di estricazione su un veicolo incidentato, i Vigili del Fuoco devono:

- identificare il modello e il tipo del veicolo
- trovare e consultare la Rescue Sheet corrispondente

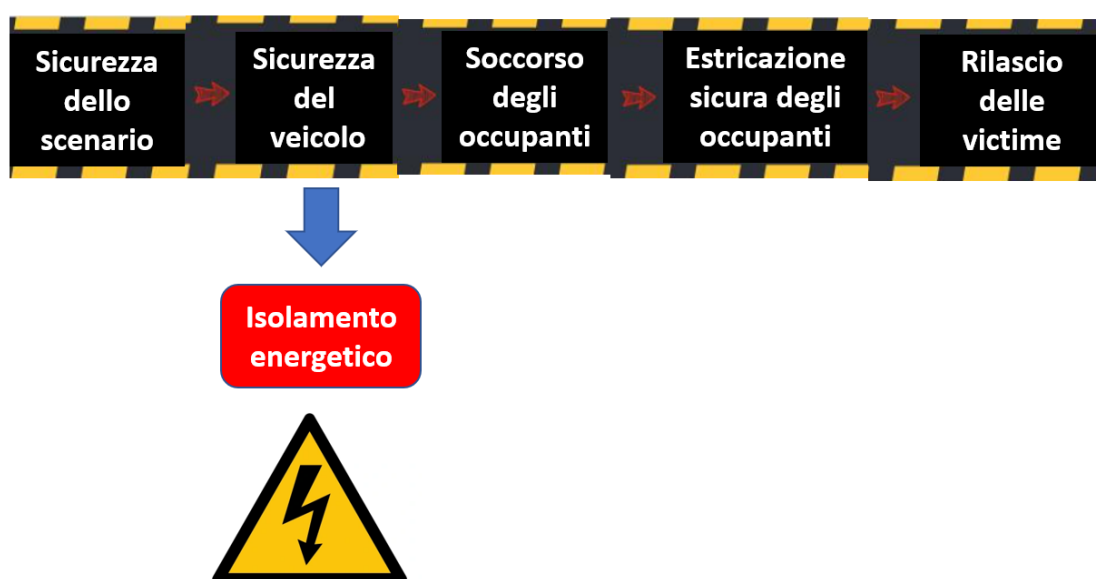
Questo passaggio è un requisito fondamentale per garantire che durante l'operazione vengano applicate le corrette procedure di isolamento e le misure di sicurezza.

Va però notato che, sebbene le Rescue Sheet recenti contengano questo tipo di informazioni dettagliate, questo non è il caso per quelle più datate.

## **- Integrazione di una fase di "messa in sicurezza" del veicolo dal punto di vista energetico**

Per gestire correttamente i rischi elettrici durante un'operazione di soccorso stradale, una fase dedicata di "assicurazione del veicolo", focalizzata sul controllo dei sistemi energetici a bordo, deve essere integrata nella procedura complessiva di soccorso. L'approccio generale a un'operazione di soccorso su strada può essere definito come una serie di fasi strutturate, ciascuna rivolta a un obiettivo operativo specifico. All'interno di questa sequenza, la fase di sicurezza del veicolo rappresenta un passaggio essenziale per gestire i rischi elettrici e garantire la sicurezza dei soccorritori.

Questo approccio generale può essere definito come segue:



L'obiettivo della fase di sicurezza del veicolo è permettere ai Vigili del Fuoco di intervenire in modo sicuro ed efficiente, come in qualsiasi operazione di soccorso sui veicoli convenzionali.

Per i veicoli elettrici o ibridi, questa fase prevede specificamente:

- Immobilizzazione del veicolo
- Isolamento della fonte di energia di bordo (in questo caso, il sistema elettrico).

La fase di sicurezza del veicolo deve sempre seguire questa regola fondamentale:



**Identifica** la fonte di energia, il tipo di veicolo (marca, modello, anno) e la corrispondente Rescue Sheet.

**Ispeziona** (visivamente) la fonte di energia (batterie), componenti e connessioni (cavi HV arancioni) del sistema elettrico ad alta tensione. Controllare eventuali danni visibili (cavi danneggiati, involucri della batteria deformati, ecc.). Se necessario, adottare le precauzioni necessarie (ad esempio, segnalare le aree danneggiate per evitare contatti accidentali).



**Delimita e** assicura il divieto di toccare i cavi e le batterie (e i componenti collegati ai cavi arancioni tipicamente segnati con un triangolo giallo con il simbolo del fulmine che identifica il rischio elettrico). Segnalare eventuali danni riscontrati durante l'ispezione.

**Immobilizza** il veicolo (assicurandosi che sia spento), applicando i freni di stazionamento del veicolo (meccanici o elettrici), posiziona il cambio in modalità « parcheggio » e blocca le ruote (se possibile). Se necessario o in caso di dubbio, si riferirsi alle sezione 2 della Rescue Sheet « Immobilizzazione » per disporre di istruzioni dettagliate.

**Isola** il sistema ad alta tensione (HV) seguendo la procedura descritta nella sezione 3 della Rescue Sheet « Isolamento energia » - utilizzando, se necessario, i dispositivi di sicurezza disponibili per i Vigili del Fuoco (service-plug, loop, fusibili 12 o 24 V, ecc.).



**Prima di quest'ultima sequenza, disattivare il sistema a bassa tensione (LV) (12 V o 24 V) come azione immediata da eseguire (dopo aver considerato che l'alimentazione elettrica di alcune funzioni può essere utilizzata per le manovre di soccorso: maniglie delle porte elettriche, finestrini elettrici, portelli elettrici, sedili elettrici, ecc.)**



**Si noti che la sequenza di isolamento HV deve essere eseguita solo quando sono necessarie tecniche di estricazione (ad esempio taglio, deformazione o sollevamento con attrezzature idrauliche), oppure se vi è un pericolo chiaro e immediato per i soccorritori (ad esempio danni visibili ai cavi ad alta tensione di colore arancione) o in una situazione specifica (ad esempio una vittima intrappolata).**



**Alcune Rescue Sheet indicano che la batteria HV si disconnette automaticamente in caso di collisione. In questo caso, il requisito per i Vigili del Fuoco di utilizzare manualmente dispositivi di sicurezza (service-plug, e-plug, ...), deve essere chiaramente indicato sulla Rescue Sheet. Sarà necessaria un'indicazione visiva di conferma della disconnessione HV (ad esempio airbag attivi o spia specifica di avvertimento accesa sul cruscotto), nel caso in cui le istruzioni rendano sufficiente la disconnessione automatica.**



**Si noti che un pacco batterie separato dal veicolo elettrico dopo un impatto ad elevata energia cinetica (ad esempio celle/moduli dispersi sulla strada) deve sempre essere considerato come un potenziale pericolo elettrico a prescindere.**



## - **Prospettive per i servizi di emergenza**

- ✓ *Chiamata d'emergenza (e-Call): verso informazioni operative ottimizzate*

Le attuali normative sulle chiamate di emergenza richiedono la trasmissione digitale automatica dei dati fondamentali del veicolo e dell'incidente ai servizi di emergenza tramite il sistema eCall 112 (implementato obbligatoriamente nel 2018 per le autovetture).

Tra i dati obbligatori trasmessi ci sono il VIN (Numero di Identificazione del Veicolo) del veicolo e il tipo di propulsione del veicolo (ad esempio elettrico, ibrido, idrogeno, combustione). Questi dati costituiscono gli elementi principali di identificazione.



Sebbene le informazioni sul tipo di energia del veicolo siano un elemento cruciale in caso di incidente stradale o incendio, rimangono insufficienti per un'identificazione completa del veicolo.

Un'identificazione accurata è essenziale per individuare il foglio di soccorso appropriato corrispondente al modello specifico del veicolo.

Al contrario, il Numero di Identificazione del Veicolo (VIN) può essere utilizzato per identificare il veicolo esatto tramite il Sistema di Registrazione Veicoli (SIV) (in Francia, i servizi di emergenza hanno accesso al SIV dal 2022).

***In questo contesto, l'Euro NCAP ha incluso nella sua Roadmap 2030 l'obiettivo prioritario di abilitare l'identificazione delle Rescue Sheet tramite l'applicazione « EuroRescue », utilizzando il VIN e/o il numero di registrazione del veicolo.***

***Inoltre, nei suoi protocolli di valutazione più recenti, Euro NCAP ha deciso di incoraggiare la trasmissione di dati aggiuntivi tramite il sistema eCall 112.***

***Queste informazioni supplementari includono:***

- ***il numero di potenziali vittime***
- ***la direzione dell'impatto (frontale, laterale o posteriore)***
- ***il delta V (decelerazione all'impatto)***

***L'obiettivo, in futuro, è poter ottenere un « indice di gravità », che definisca la severità dell'incidente e consenta ai servizi di emergenza, dopo aver ricevuto la chiamata d'emergenza presso la centrale operativa, di ottimizzare le risorse di emergenza da inviare sul luogo dell'incidente.***

✓ *Rescue sheet: rendere i documenti più facili da usare*

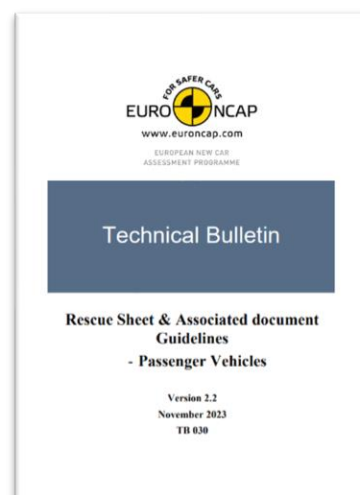
Le rescue sheet sono strumenti operativi destinati all'uso da parte dei servizi di emergenza durante gli interventi. Di conseguenza, devono essere chiare, precise e concise.

Nonostante il prospetto standardizzato previsto dalla ISO 17840, le Rescue Sheet sono ancora prodotte in formati molto diversi, e alcuni restano difficili da interpretare e applicare sul campo per il personale di emergenza.

**Per affrontare questo problema, Euro NCAP ha introdotto un insieme di regole e criteri di valutazione per garantire che le Rescue Sheet siano più semplici e comprensibili.**

**I punti vengono assegnati solo per fogli di soccorso prodotti in piena conformità con il Bollettino Tecnico Euro NCAP TB030\*, che viene regolarmente aggiornato sulla base delle raccomandazioni del CTIF (International Association of Fire and Rescue Services).**

**Queste raccomandazioni sottolineano semplicità, chiarezza delle informazioni ed efficienza operativa per supportare i primi soccorritori in ogni situazione.**



✓ *Isolamento dei pericoli: semplificazione delle procedure di isolamento energetico*

Il CTIF ha identificato oltre 70 diversi protocolli di isolamento energetico utilizzati in vari modelli di veicoli elettrici.

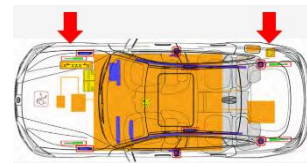
Queste differenze riguardano dispositivi di disattivazione diversi, posizioni variabili dei dispositivi, procedure diverse e requisiti differenti di DPI — tutti elementi che rendono il compito dei soccorritori complesso e dispendioso in termini di tempo.

**Per affrontare questo problema, l'Euro NCAP, basandosi sulle raccomandazioni del CTIF\*, ha introdotto i seguenti principi per promuovere procedure di isolamento energetico semplificate e standardizzate:**

- **Incoraggiare protocolli semplici e sicuri che coprano tutti i possibili scenari operativi.**
- **La disattivazione automatica dell'energia è fortemente raccomandata.**
- **In caso di disattivazione automatica, l'indicatore di stato che conferma la disattivazione dell'energia deve essere chiaramente visibile ai primi soccorritori (ad esempio airbag attivati, icone specifiche di avvertimento sul cruscotto...). Queste informazioni devono essere elencate anche nel Capitolo 3 della Rescue Sheet.**



- **Se è richiesta la disattivazione manuale (quando la disattivazione automatica non è possibile o in specifici casi operativi), deve essere possibile da almeno due zone diverse del veicolo.**
- **Il funzionamento dei dispositivi di isolamento energetico non deve richiedere DPI speciali oltre all'equipaggiamento protettivo standard dei Vigili del Fuoco.**
- **La Rescue Sheet (al Capitolo 3) deve indicare chiaramente tutti i rischi disattivati, inclusi circuiti ad alta tensione, sistemi da 60V, circuiti da 12 o 24 V ed eventuali dispositivi pirotecnici.**



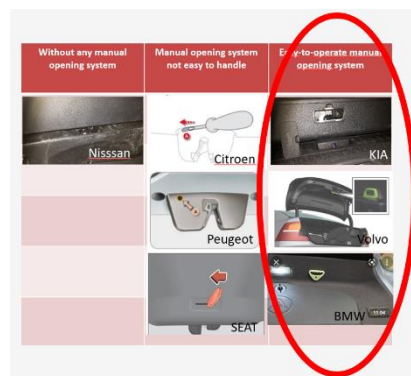
✓ *Portellone e bagagliaio: accesso più facile in situazioni post-incidente*

Il portellone o il bagagliaio spesso fungono da punto di accesso critico per i Vigili del Fuoco, sia per raggiungere le vittime intrappolate, sia per effettuare l'estricazione o accedere a dispositivi chiave di sicurezza (come la spina elettrica o l'anello (loop) di isolamento).

Tuttavia, le condizioni post-incidente possono rendere difficile l'apertura di questi componenti, soprattutto nei veicoli che si affidano esclusivamente a sistemi di apertura elettrica.

**Poiché l'accesso rapido è essenziale durante le operazioni di soccorso, l'Euro NCAP ha scelto di promuovere veicoli che permettano un'apertura rapida e semplice del portellone posteriore o del bagagliaio in caso di collisione.**

**Questo può essere ottenuto tramite sistemi di apertura elettrica garantiti che rimangono funzionali dopo l'impatto, oppure meccanismi di sgancio interno manuali che permettono ai Vigili del Fuoco di aprire il portellone o il bagagliaio dall'interno del veicolo.**

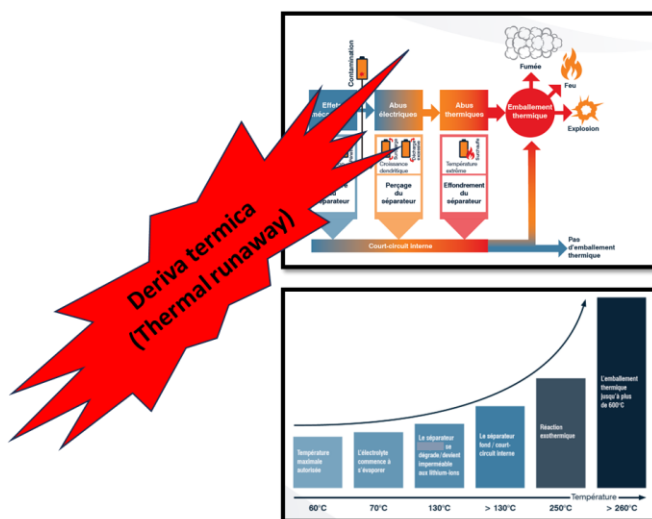


\* Bollettino Tecnico TB030 Euro NCAP : <https://www.euroncap.com/en/for-engineers/supporting-information/technical-bulletins/>

\* Articolo CTIF : <https://ctif.org/news/disabling-direct-hazards-vehicle-crash-what-does-it-mean-emergency-responders>

# INCENDI VEICOLI: PRENDERE IN CONSIDERAZIONE IL CONTROLLO DEL THERMAL RUNAWAY DELLE BATTERIE

## – Aspetti chiave sul thermal runaway (deriva termica)



### Cause e origini?

Sorgente di calore esterna / cortocircuito interno\* / sovraccarico / immersione

### Segni esterni?

Fiamme (dardi) / fumo / rumore di crepitio

### Come « leggere il fuoco »?

Simile a una perdita di gas infiammata (o non infiammata) con emissione di fumo denso

### Temperatura delle celle critiche da ricordare:

- Tra 130°C e 180°C (a seconda delle celle batteria utilizzate)

\* Dopo l'impatto, difetto, perforazione...

I rischi identificati per questo tipo di evento sono i seguenti:



- **Fiamme con dardi** (ustioni/propagazione)
- Possibili **proiezioni di metallo fuso** (incluse le celle cilindriche)
- Possibile **cinetica molto rapida** del thermal runaway



- **Fumo denso e tossico** (CO, HF)



- **Esplosione di gas infiammabili** (H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>...) in spazi confinati (ad esempio garage, interno abitacolo)



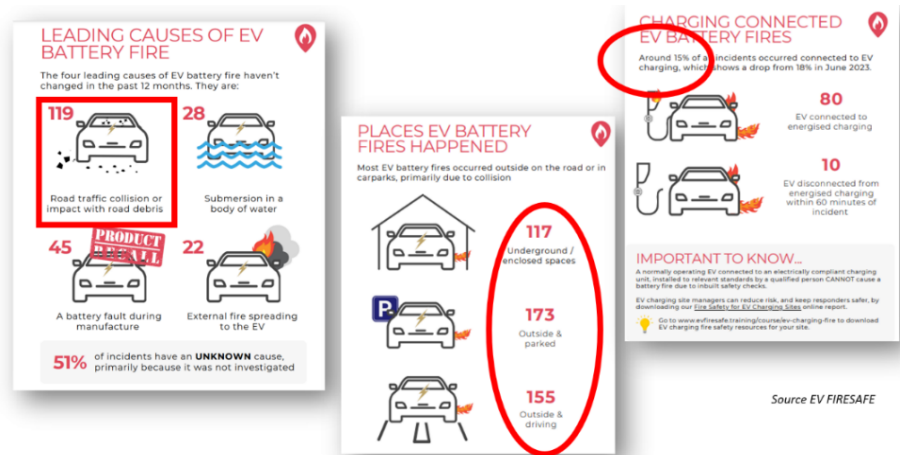
Va notato che le proiezioni di metallo fuso generalmente hanno origine dalla carcassa della batteria quando è in alluminio.

L'effetto « pirotecnico » dei frammenti di celle espulse è principalmente associato alle celle cilindriche, comunemente utilizzate in dispositivi di mobilità elettrica leggera, come scooter e e-bike.

La cinetica del thermal runaway è altamente variabile e dipende da diversi fattori, tra cui la causa che lo scatena (sorgente di calore esterna, cortocircuito interno, sovraccarica, ecc.), il design e l'architettura della batteria, la chimica della cella e lo stato di carica (SOC). Di conseguenza, il processo può essere molto lento, con diversi minuti prima della comparsa delle fiamme, o molto rapido, che si sviluppano in pochi secondi.

Il fumo generato durante il discorso termico non è solo denso, ma anche tossico e infiammabile, rappresentando sfide significative per i servizi di emergenza in particolare durante interventi in spazi confinati.

L'analisi dei dati sugli incidenti rivela diverse tendenze importanti riguardo alle condizioni in cui avviene il thermal runaway:



- Una grande percentuale di eventi di thermal runaway si verifica dopo un impatto stradale, rispetto ad altre cause identificate come immersione, difetti di fabbricazione o esposizione a fonte di calore esterna.
- Un numero significativo di eventi di thermal runaway si verifica in spazi confinati.
- Si stima che circa il 15% degli eventi di thermal runaway coinvolga veicoli che erano collegati in ricarica nell'istante in cui si è manifestato.

#### - **Aspetti operativi del thermal runaway**

Estesi test di laboratorio, prove reali e l'esperienza sul campo da parte di Vigili del Fuoco di tutto il mondo hanno fornito un ampio spettro di conoscenze riguardo al controllo termico delle batterie.

Questi dati accumulati ora permettono di identificare elementi operativi chiave per guidare i servizi di emergenza nelle loro strategie di risposta.


I punti principali da mantenere riguardano aspetti specifici dello sviluppo e del comportamento del thermal runaway, le strategie di estinzione e i rischi e considerazioni di sicurezza per i soccorritori:

#### - Sviluppo del thermal runaway:

- Come visto sopra, la cinetica del thermal runaway può variare notevolmente. In alcuni casi, fiamme e fumo compaiono quasi istantaneamente, mentre in altri l'emissione di fumo precede l'accensione di alcuni minuti. **L'improvvisa insorgenza delle fiamme**, unita all'incertezza riguardo al punto di rilascio e ai **potenziali improvvise riacutizzazioni**, rappresentano un pericolo significativo per i soccorritori che operano vicino al veicolo. Pertanto, qualsiasi personale che lavori nelle immediate vicinanze del veicolo deve essere protetto contro i rischi termici. Inoltre, i Vigili del Fuoco devono prevedere la possibile insorgenza di un thermal runaway durante le operazioni di estricazione.





- La **durata media** di un thermal runaway batteria incontrollato in combustione libera (cioè senza alcun intervento di estinzione o raffreddamento) è **di circa 30 minuti**, e raramente supera un'ora. Questo parametro è cruciale per le decisioni operative, in particolare quando si decide se mantenere un attacco offensivo o impiegare una tecnica di estinzione in contatto diretto con la batteria (ad esempio, la perforazione della stessa batteria). La decisione deve sempre basarsi su una valutazione attenta dei rischi rispetto ai benefici operativi.
- Un thermal runaway **senza fiamme visibili** (caratterizzato solo dall'emissione di fumo e gas) crea un rischio significativo **di esplosione** in un ambiente confinato o chiuso. Durante questa fase, la batteria interessata rilascia gas infiammabili, principalmente metano ( $\text{CH}_4$ ) e idrogeno ( $\text{H}_2$ ). Quando questi gas si accumulano in uno spazio chiuso (come un garage, un parcheggio sotterraneo o l'abitacolo del veicolo), possono formare un'atmosfera potenzialmente esplosiva. In tali situazioni, e in particolare in assenza di accensione, il contesto operativo è paragonabile a una perdita di gas infiammabile non innescata.
- Una batteria in thermal runaway **può riaccendersi diverse ore, o addirittura giorni**, dopo l'evento iniziale. Per questo motivo, è essenziale verificare l'assenza di punti caldi residui prima di dichiarare la fine delle operazioni. Quando possibile, ciò dovrebbe essere fatto utilizzando una telecamera a immagine termica, che consente una rilevazione precisa del calore residuo all'interno dei moduli della batteria. Inoltre, si può considerare anche l'uso di rivelatori di monossido di carbonio ( $\text{CO}$ ). È inoltre fondamentale informare le forze dell'ordine e qualsiasi servizio di recupero o traino sul tipo di veicolo coinvolto (elettrico, ibrido o a idrogeno) e sul contesto dell'incidente (fuga termica con potenziale rischio di riaccensione).
- **Le riaccensione delle batterie** non sono trascurabili, si sono presentate in circa il 13% dei casi documentati (fonte: EV Firesafe).
- **La riaccensione** avviene più frequentemente dopo che il **veicolo o la batteria sono stati movimentati**, ad esempio durante il recupero stradale o le operazioni di traino post-incidente. Questo fenomeno è tipicamente causato dal contatto elettrico tra celle danneggiate e celle adiacenti, o celle e componenti metallici all'interno della struttura del veicolo (dopo una precedente fuga termica o dopo un impatto meccanico da una collisione stradale), o da contatto con celle e acqua (ad esempio a causa di infiltrazione d'acqua, a seguito dell'uso dell'acqua durante le fasi di raffreddamento ed estinzione). In queste situazioni, il contatto cella-cella o l'interazione cella-acqua può creare un cortocircuito, portando a un riscaldamento e potenzialmente a un nuovo evento di fuga termica (thermal runaway).

## - Estinzione e raffreddamento

- Tutti i test disponibili e i riscontri operativi dimostrano costantemente l'**efficacia dell'acqua come agente estinguente** in caso di thermal runaway della batteria. **L'acqua è anche altamente efficace (potere raffreddante) nel prevenire** la propagazione termica, aiutando a limitare gli effetti di propagazione (effetto domino) tra moduli batterie adiacenti o veicoli attigui.
- Tuttavia, sebbene l'acqua sia un eccellente mezzo di estinzione, rimane estremamente difficile (se non impossibile) **farla penetrare direttamente all'interno dell'involucro** della batteria. Ciò è dovuto al design compatto, sigillato e rinforzato della maggior parte degli involucri per batterie ad alta tensione, che sono tipicamente impermeabili e strutturalmente integrati nel telaio del veicolo, e difficili da raggiungere per i soccorritori (ad esempio, batterie sotto il pavimento nelle auto elettriche o pacchi batterie montati sul tetto negli autobus elettrici).
- Durante un'operazione di estinzione, i Vigili del Fuoco dovrebbero sfruttare eventuali **parti fusibili o indebolite della carcassa della** batteria per migliorare la penetrazione dell'acqua. **I potenziali punti di accesso includono** : uscite di cavi, aperture o deformità causate dal calore, e danni all'involucro, in particolare quando la carcassa è in alluminio (punto di fusione a circa 660°C). Nel caso del rivestimento in acciaio, **la deformazione termica** causata dall'esposizione al calore può anche creare aperture utili per indirizzare acqua o agenti estinguenti verso le celle interessate. Lo stesso principio vale per i mezzi di trasporto di mobilità elettrica leggera (come scooter elettrici ed e-bike), dove le carcasse in plastica delle batterie spesso si sciolgono più facilmente, permettendo un accesso più rapido alle celle per le operazioni di estinzione o raffreddamento.
- Tutti i test effettuati finora indicano che non vi è **alcun pericolo elettrico per i Vigili del Fuoco** che maneggiano le manichette **durante la fase di estinzione** di un incendio in batteria. Tuttavia, la situazione è diversa durante la **fase di rimozione dei detriti**. A questo proposito, **qualsiasi contatto con componenti elettrici deve essere strettamente evitato**, poiché l'energia elettrica residua potrebbe ancora essere presente nonostante l'apparente estinzione dell'incendio.
- Il **fumo** prodotto durante un thermal runaway della batteria è **denso, tossico ed infiammabile**, riducendo significativamente la visibilità e ostacolando l'accesso agli spazi chiusi o confinati. Queste caratteristiche rendono le operazioni di antincendio e soccorso particolarmente difficili e pericolose per i soccorritori.

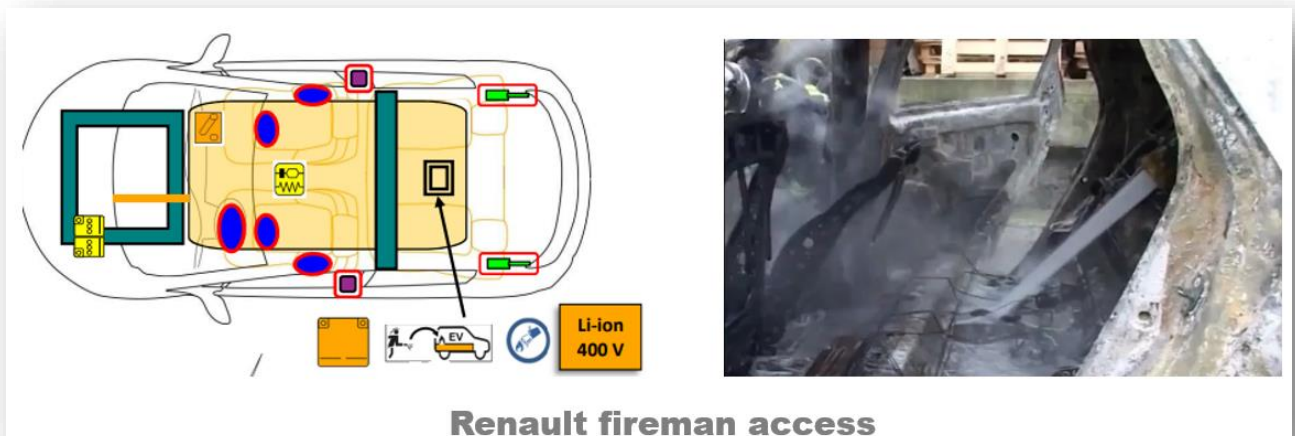
## - Rischi per i soccorritori

- A causa della tossicità del fumo e dei gas prodotti durante un thermal runaway, in particolare la presenza di fluoruro di idrogeno (HF) e monossido di carbonio (CO), **è necessario garantire una maggiore protezione contro l'esposizione ai gas tossici** (DPI appropriati, inclusa la protezione respiratoria) per i soccorritori.
- A causa della natura infiammabile dei gas prodotti durante una fuga termica, in particolare la presenza di idrogeno (H<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>), è necessario garantire **una maggiore protezione contro i rischi di esplosione**, in particolare quando si opera intorno ai veicoli, in spazi ristretti o nell'uso di coperte antincendio.
- A causa della possibilità di **fiammate e proiezioni di metalli fusi** durante un thermal runaway, è necessaria **una maggiore protezione contro i rischi termici** per i soccorritori, in particolare per chi lavora a contatto diretto con il veicolo.
- A causa della possibilità che **celle cilindriche vengano proiettate** (anche se questo è raro nei veicoli elettrici, comune invece nel caso di biciclette/scooter elettrici durante il thermal runaway, è necessaria **una maggiore protezione contro i rischi meccanici** per i soccorritori.

## - **Attrezzature di sicurezza disponibili per i servizi di emergenza**

Sebbene i produttori di veicoli abbiano affrontato la gestione del rischio elettrico per i soccorritori fornendo dispositivi di isolamento elettrico (come anelli di isolamento, fusibili da 12 24 V e e-plug), lo stesso livello di considerazione non è ancora stato applicato al problema del discorso termico delle batterie.

Tuttavia, alcuni veicoli elettrici sono ora dotati di un dispositivo noto come "fireman access", integrato nell'involucro della batteria, che permette ai servizi di emergenza di iniettare acqua direttamente nella batteria durante le operazioni di raffreddamento ed estinzione.

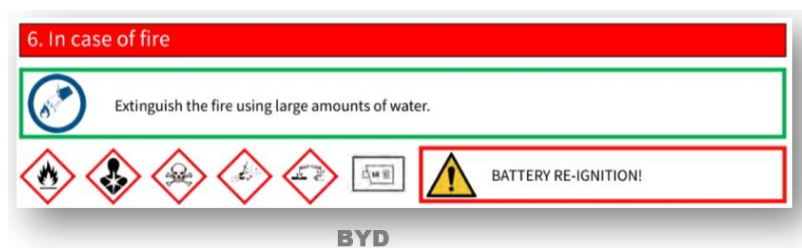


## ***- Istruzioni dei costruttori di veicoli***

Le istruzioni dei produttori di veicoli sui rischi d'incendio per i veicoli elettrici sono fornite nel Capitolo 6 delle Rescue Sheet.

### **6. Norme di comportamento in caso di incendio**

Queste istruzioni raramente includono consigli operativi specifici, ma generalmente si concentrano su raccomandazioni generali riguardanti il rischio di riaccensione della batteria e sull'uso di telecamere a immagine termica per monitorare potenziali punti caldi.



## **- Principali tecniche sviluppate nel mondo**

Basandosi sulle conoscenze precedentemente elencate sulle caratteristiche del sistema termico a batteria, molti servizi antincendio e soccorso, così come aziende private, hanno sviluppato tecniche che utilizzano concetti diversi.

Affronteremo i tre approcci principali:

- immersione del veicolo
- spegnimento con acqua perforando la carcassa della batteria
- l'uso di coperte antincendio

Si evidenziano vincoli, restrizioni e i limiti associati a ciascuno di essi.

La presentazione di queste tecniche non costituisce, in nessun caso, una validazione della loro rilevanza o efficacia.

### **• Immersione del veicolo:**

L'immersione a batteria è una delle tecniche più efficaci per controllare un controllo termico incontrollato.

Sebbene questo approccio possa essere facilmente applicato a batterie isolate, la sua implementazione diventa molto più complessa quando si tratta di pacchi batterie integrati nei veicoli. Tuttavia, diversi servizi antincendio e soccorso hanno adottato questo principio per l'uso con le autovetture elettriche.

Per raggiungere questo obiettivo, utilizzano attrezzature per immersione, improvvisate in loco quando necessario o preparate in anticipo come parte delle loro risorse operative o rese disponibili tramite collaborazioni con organizzazioni esterne (ad esempio, aziende di traino dotate di contenitori di quarantena o immersione).





*Note sulle tecniche di immersione del veicolo :*

- Oltre al contenitore di immersione, le operazioni di immersione spesso richiedono attrezzature aggiuntive, come strumenti di sollevamento o traino. Di conseguenza, l'immersione di un singolo veicolo è un' **operazione complessa** che richiede una pianificazione attenta, un coordinamento e risorse sufficienti.
- Qualsiasi operazione di immersione che richiede **che i soccorritori siano in contatto diretto** con il veicolo deve essere condotta solo in **assenza di fiamme**. Questo vincolo operativo significa che l'intervento deve essere accuratamente tempizzato secondo fasi specifiche.

*Per l'impiego di qualsiasi tecnica di immersione, deve essere soddisfatta una delle seguenti condizioni operative:*

- o *l'intervento avviene durante una fase priva di fiamme, tipicamente nella fase iniziale di un thermal runaway a bassa cinetica.*
- o *viene condotto un attacco preliminare di attenuazione utilizzando metodi convenzionali di spegnimento antincendio per ridurre o eliminare gli effetti termici.*
- o *l'operazione viene eseguita dopo la fine del thermal runaway, una volta che l'attività termica è significativamente diminuita o cessata. Dati i tempi di risposta dei servizi di emergenza, intervenire all'inizio di una fuga termica senza fiamme visibili è altamente improbabile nelle condizioni reali*
- *la **gestione post estinzione di un veicolo** in un contenitore di immersione può presentare sfide significative, tra cui la logistica del trasporto, la posizione di stoccaggio e la manovrazione.*
- *la **gestione dell'acqua utilizzata nel contenitore di immersione** può presentare anche sfide, tra cui la necessità di trattamento da parte di una società specializzata, la logistica dello smaltimento e i oneri finanziari associati.*
- *l'uso delle tecniche di immersione dei veicoli è generalmente limitato a **dispositivi di mobilità elettrici leggera** (come scooter elettrici e biciclette) e **alle autovetture**, e non è adatto a veicoli più grandi come camion, autobus o veicoli industriali pesanti.*
- ***L'efficacia dell'immersione di una batteria** in un container dipenderà dalla capacità dell'acqua di penetrare all'interno dell'involucro della batteria. L'**architettura della batteria** (che contenga uno o più moduli) e/o **il suo grado di danno** (come un involucro in alluminio intatto o deteriorato) o **deformazione** (come un involucro in acciaio intatto o deformato) saranno fattori chiave che influenzano questa efficacia.*

*Se una o più di queste condizioni favorevoli non sono presenti, l'immersione può essere scarsamente efficace e richiedere diversi giorni o addirittura settimane.*

- ***L'immersione di veicoli o batterie che sono in thermal runaway o ha subito un evento termico non garantisce l'assenza di una successiva riaccensione una volta che il veicolo è stato rimosso dal contenitore.***

*Le riaccensioni tipicamente avvengono dopo che il veicolo è stato spostato (ad esempio, durante operazioni di traino o recupero). Questi movimenti possono causare il contatto tra le celle danneggiate e/o l'acqua residua presente all'interno della batteria, causando nuovi cortocircuiti interni.*

*Per avere un controllo efficace del thermal runaway anche successivamente alla rimozione dal container pieno d'acqua, è necessario che anche l'involucro della batteria ad alta tensione sia a sua volta pieno di acqua. Questo è decisamente improbabile a causa delle deformazioni/danneggiamento meccanico dell'involucro e ancora peggio nel caso di perforazione.*

▪ **Estinzione con acqua tramite perforazione :**

Dato che l'acqua è un efficace agente di estinzione e raffreddamento, ma difficile da introdurre all'interno degli involucri sigillati delle batterie, sono stati sviluppati diversi strumenti per la perforazione delle batterie che facilitano l'iniezione mirata di acqua.

Alcuni sono azionati manualmente, mentre altri utilizzano sistemi meccanizzati che permettono la perforazione controllata della carcassa della batteria.

I principali sono menzionati qui:



**COBRA ColdCut**

<https://www.coldcutsystems.com/handling-of-lithium-ion-fires/>



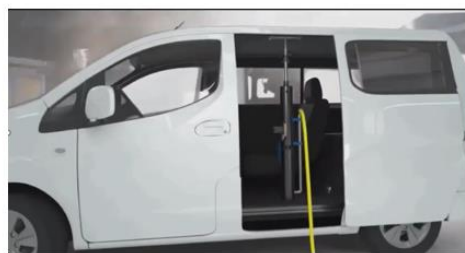
**Murer**

[https://www.murer-feuerschutz.de/e-loeschlanze/index\\_en.php](https://www.murer-feuerschutz.de/e-loeschlanze/index_en.php)



**Rosenbauer**

<https://www.rosenbauer.com/en/products/fire-fighting-systems-and-body-components/rfc-battery-extinguishing-system>



**AVL Stingray One**

<https://www.avl.com/en/testing-solutions/e-mobility-testing/battery-testing/avl-stingray-one>

Attrezzatura	Metodo di perforazione	Energia di perforazione	Zona principale di perforazione	Flessibilità d'uso	Soccorritori in contatto durante la preparazione	Soccorritori in contatto durante la perforazione	Soccorritori in contatto durante l'estinzione
COBRA ColdCut	Acqua ad alta pressione	Idraulica	Lato superiore				
AVL Stingray One	Perforatore rigido	Pneumatica	Lato superiore				
Murer	Perforatore rigido	Manuale	Lato superiore				
Rosenbauer	Perforatore rigido	Pneumatica	Lato inferiore				

#### *Note sulle tecniche di perforazione:*

-Data la capacità delle batterie interessate (che può superare anche i 100 kWh) e i rischi elettrici conseguenti, è **necessario garantire**, con il produttore delle attrezzature di perforazione specifiche, che non vi siano **rischi elettrici per i soccorritori**, indipendentemente dalle condizioni meteorologiche (pioggia, neve, nebbia).

-Sarà inoltre necessario determinare i **contesti** operativi in cui questi strumenti risultano più **efficaci** (auto elettriche, autobus elettrici, camion elettrici, batterie isolate, ecc.).

-Come per la tecnica di immersione, l'uso delle tecniche di perforazione prevede **la presenza fisica dei soccorritori a contatto con il veicolo**, sia durante l'installazione dell'attrezzatura sia, in alcuni casi, durante la fase di perforazione o estinzione. **Questo richiede la completa assenza di fiamme** intorno al veicolo. Questo vincolo operativo significa che l'intervento deve essere accuratamente tempizzato secondo alcune fasi specifiche del thermal runaway (vedi sezione precedente).

-Qualsiasi fase operativa **durante la quale i soccorritori sono in contatto diretto con il veicolo** deve includere **una protezione idraulica** per il personale (ad esempio il mantenimento di un getto frazionato a protezione) per garantire la sicurezza in caso di accensione improvvisa o fiammata.

-La **perforazione di un involucro di batteria**, specialmente quando si usano punzoni rigidi o meccanici, può **innescare l'insorgenza di un fenomeno termico**.

-**A seconda dell'architettura della batteria** (moduli multipli) e/o della configurazione del veicolo (diversi pacchi batterie), può essere necessario effettuare **perforazioni in più punti** per garantire una penetrazione dell'acqua e di conseguenza un'estinzione efficiente.

-Gli attrezzi progettati per perforare la batteria da **sotto il telaio** possono essere fortemente limitati da scoppi di pneumatici — una conseguenza comune in incendi gravi di veicoli.

-Quando gli pneumatici scoppiano, il veicolo collassa a livello del suolo, così **il telaio tocca il terreno e impedisce all'uso dell'attrezzatura sotto il veicolo**.

-L' **introduzione di acqua in un involucro della batteria** subito da fuga termica **non garantisce l'assenza di una successiva riaccensione**. Come già osservato con le tecniche di immersione, queste riaccensioni avvengono frequentemente dopo che il veicolo è stato ricollocato.

-Uno svantaggio della tecnica **UHD (Ultra-High-pressure Device - dispositivo ad alta pressione)** è la grande quantità di sostanze pericolose che finiscono principalmente nell'acqua di estinzione. Le misurazioni mostrano che **il metodo UHD può rilasciare più sostanze nocive** dalla batteria rispetto ad altri metodi di estinzione. Questi includono principalmente metalli pesanti come cobalto e nichel.

- Uso delle coperte antincendio:

**L'uso delle coperte antincendio non è un metodo per estinguere un thermal runaway**, ma può essere applicato sia a un veicolo già colpito da thermal runaway sia a un veicolo adiacente potenzialmente a rischio.

Nel primo caso di un veicolo già sottoposto a un thermal runaway, l'obiettivo dell'uso di una coperta antincendio è ridurre l'impatto termico, del fumo e dei gas per:

- evitare effetti domino
- e/o migliorare la visibilità in spazi chiusi o confinati
- e/o consentire il dispiegamento sicuro di ulteriori risorse nelle vicinanze del veicolo.



Nel secondo caso, l'obiettivo sarà proteggere un veicolo situato vicino al veicolo in fiamme.



#### Note sulle tecniche delle coperte antincendio:

- Quando viene utilizzata su veicoli già sottoposti a fuga termica, l' **operazione può essere difficile o addirittura impossibile** in spazi chiusi o in presenza di ostacoli vicino al veicolo (come altri veicoli, edifici o detriti). L'efficacia della coperta antincendio dipende dalla sua capacità di coprire completamente il veicolo, il che richiede sufficiente spazio intorno al veicolo per un corretto impiego.
- Nella sua applicazione "uso su veicoli in fiamme", la coperta antincendio è principalmente pensata per controllare **i flussi di fumo e gas caldi** e **per proteggere sia l'ambiente immediato che circostante** dall'esposizione termica e al fumo.
- Quando viene utilizzato su un veicolo già sottoposto ad un thermal runaway, i **gas infiammabili emessi** durante l'evento, combinati con alcuni tipi di materiali delle coperte, **possono creare fenomeni esplosivi**, sia sotto la copertura sia durante la rimozione\*.
- Nella sua applicazione "uso su veicoli adiacenti", la **coperta termica offre una protezione efficace al veicolo**, aiutando a prevenire effetti domino causati dal trasferimento di calore o dal controllo termico da veicoli in fiamme vicini.

\* <https://www.evfiresafe.com/post/ev-fire-blanket-explosion>

#### - Gestione del thermal runaway con risorse antincendio convenzionali

Quando le risorse tradizionali per la lotta antincendio (come linee idriche) vengono utilizzate per combattere gli incendi di veicoli elettrici, è necessario **adottare una strategia operativa chiara** che consideri i criteri e le osservazioni sopra descritti.

Questa strategia deve essere accompagnata da misure protettive per il personale contro i rischi termici, tossicità, esplosivi ed elettrici menzionati in precedenza.

Dovrebbero essere considerati i due scenari principali, ciascuno con obiettivi specifici:

#### 2 scenari



Incendio veicolo elettrico **senza** batteria in fuga termica (thermal runaway)

→ **prevenire** il controllo termico



Incendio veicolo elettrico **con** batteria in fuga termica (thermal runaway)

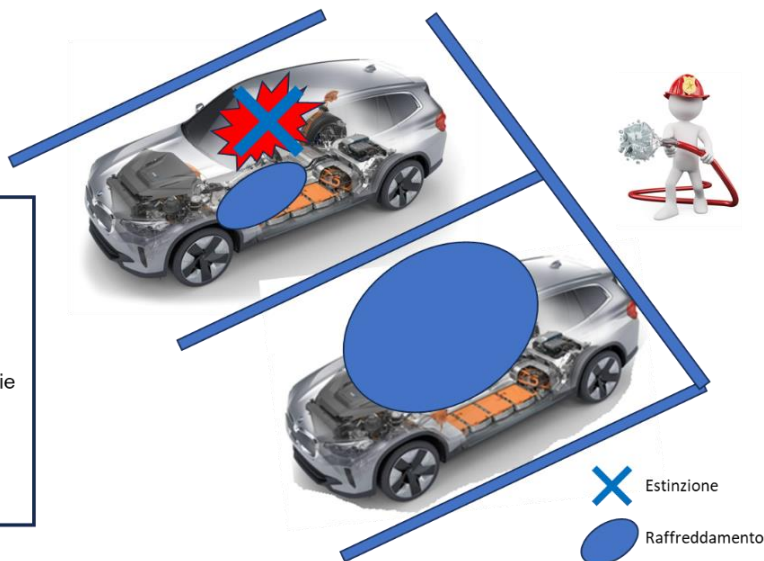
→ **cerca** di spegnere il thermal runaway

→ **previeni** la propagazione



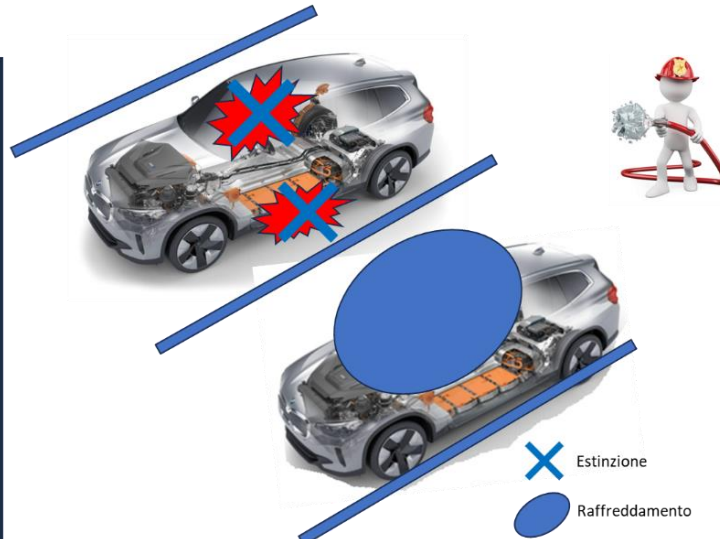
Nel primo caso (incendio veicolo elettrico in assenza di thermal runaway), devono essere intraprese le seguenti azioni:

- **Proteggere** i soccorritori (es. autoprotettori)
- **Proteggere** l'ambiente (persone e cose)
- **Estinguere** l'incendio del veicolo
- **Prevenire** il thermal runaway raffreddando le batterie
- **Fermare** ogni tipo di propagazione termica (effetto domino) raffreddando le batterie/veicoli (se ce ne sono altre nelle vicinanze).

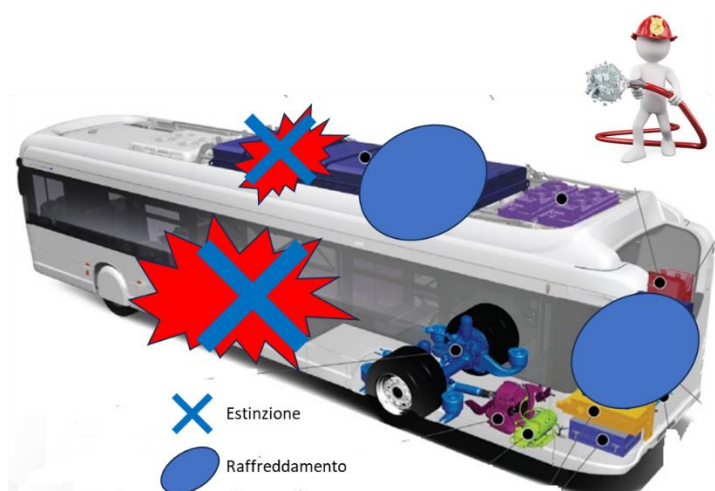


Nel secondo caso (incendio veicolo elettrico in presenza di thermal runaway), devono essere intraprese le seguenti azioni:

- **Proteggere** i soccorritori (es. autoprotettori)
- **Proteggere** l'ambiente (persone e cose)
- **Estinguere** l'incendio del veicolo
- **Estinzione** del thermal runaway fuga termica della batteria (se estinzione è efficace)
- Se l'**estinzione** non è **efficace**, interrompere la procedura di spegnimento ("lascia bruciare")
- **Prevenire** la propagazione termica (effetto domino) raffreddando batterie/veicoli (se ce ne sono altre nelle vicinanze)
- **Punto di attenzione** : Se il thermal runaway è «con fumo senza fiamme», considera il rischio di esplosione (VCE)
- Considera la possibilità di **riaccensione** della batteria



### Esempio di autobus elettrico



**Includere sempre** i seguenti criteri nell'approccio operativo:

**IL TEMPO DI COMBUSTIONE DI UNA BATTERIA (in combustione libera), DOPO UN THERMAL RUNAWAY È DI CIRCA 30 minuti ... E MOLTO RARAMENTE PIÙ DI UN'ORA!**

**Bilanciamento di risorse/rischi ↔ rispetto ai risultati attesi**

Le seguenti istruzioni devono essere seguite rigorosamente dagli operatori durante le operazioni antincendio di veicoli elettrici:



**Attacco massiccio** al contatto con il veicolo usando **getto frazionato con 125l/min.** di portata



**Attacco a getto pieno** attraverso le parti «fusibili» della carcassa della batteria / portata: 125 l/min. / « dove escono le fiamme = possibile punto d'ingresso per l'acqua per spegnere l'incendio »



**Se l'azione è inefficace => smettere di estinguere il thermal runaway (lascia bruciare).** Proteggere l'ambiente / prevenire qualsiasi effetto domino

*L'esperienza dimostra che dopo 10 minuti di tentativi di spegnere l'incendio con 2 linee idriche (circa 2.500 litri d'acqua) senza alcun risultato significativo, bisogna adottare la strategia del 'lasciarlo bruciare'.*



L'efficacia di questo metodo offensivo di spegnimento antincendio può essere monitorata tramite una telecamera termica, focalizzandosi sull'involucro della batteria.

L'indicatore chiave è la diminuzione della temperatura ( $\Delta T^\circ$ ) nel tempo, piuttosto che la temperatura assoluta stessa.

Per illustrare diversi aspetti illustrati in questo documento riguardo al thermal runaway (cinetica, sviluppo, estinzione tramite tecniche tradizionali, ecc.), è stato fornito un video dei test effettuati in Francia a Maggio 2024.



<https://youtu.be/rg8k4zyqu4M>

**Attenzione:** il test effettuato con l'attrezzatura perforante alla fine del video corrisponde solo a uno strumento prototipo molto specifico. Le informazioni ottenute con queste attrezzature non possono essere estrapolate a tutti i modelli esistenti di attrezzature perforanti.

Alcune situazioni specifiche di seguito sono esposte :



### Incendio di veicolo elettrico durante la ricarica

La **procedura di estinzione** viene utilizzata **solo se l'alimentazione elettrica al punto di ricarica viene interrotta**:

- tramite il pulsante di arresto d'emergenza sul punto di ricarica
- con l'apertura dell'interruttore generale della linea di alimentazione del punto di ricarica.

Se non viene interrotta l'alimentazione elettrica → **solo** protezione ambientale



### Incendio in un veicolo elettrico ad idrogeno

Procedura di estinzione che **mira al raffreddamento delle bombole di idrogeno come priorità**

È necessario l'attacco simultaneo con 2 linee:

- Team 1 - Raffreddamento delle bombole di idrogeno
- Team 2 – Estinzione del veicolo e raffreddamento delle batterie HV





## Incendio su autobus elettrico

Fare **attenzione** al peso delle batterie sul tetto dell'autobus:  
→ **Rischio di collasso e caduta di pacchi batteria** in caso di incendio generalizzato dell'autobus



È necessario l'attacco simultaneo con 2 linee:

- team 1 – Estinzione del veicolo
- team 2 – Raffreddamento delle batterie e estinzione se possibile

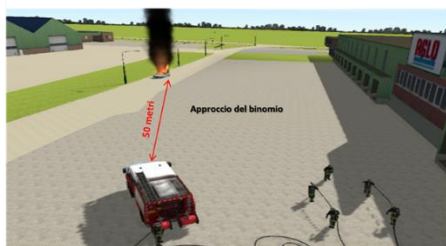
Questa strategia per la lotta antincendio sui veicoli elettrici può essere integrata in una strategia più globale per la lotta antincendio su veicoli con diverse tipologie di propulsione\* (LPG, CNG, LNG, H2) per la quale viene utilizzata una tecnica specifica:

- l'attacco massivo simultaneo con 2 linee con i seguenti obiettivi:
  - **team n°1**: raffreddamento della fonte di energia (bombola del gas / batteria HV) per prevenire o ritardare la propogazione, insorgere di un thermal runaway, ridurre il rischio di esplosione o le conseguenze thermal runaway una volta innescato.
  - **team n°2**: estinguere il veicolo.

Questa **tecnica** si realizza come segue :

Veicoli elettrici ed ibridi	Veicoli LPG / LNG / CNG / H2
-----------------------------	------------------------------

- Parcheggia il veicolo a circa 50 m dal veicolo in fiamme
- Prepara le linee di estinzione fuori dal perimetro
- Usa 2 linee da 250 L/min flow - getto pieno



Muoversi in linea con gli indicatori di direzione ti protegge da eiezione di detriti in caso di esplosione di un serbatoio di gas.

Veicoli elettrici ed ibridi	Veicoli LPG / LNG / CNG / H2
-----------------------------	------------------------------

- Attacco a 3/4 avanti in linea con gli indicatori di direzione
- Attacco simultaneo dallo stesso lato del veicolo
- Getto pieno da 2 linee per i primi 40 metri e getto frazionato per gli ultimi 10 metri
- Non superare l'asse posteriore dei veicoli



Le zone di pericolo si trovano sia nella parte anteriore che posteriore del veicolo. Queste zone sono dove i detriti dei serbatoi potrebbero essere proiettati in caso di esplosione



\* *strategia globale con aspetti specifici per ciascuna fonte di energia*



## **- Prospettive per i servizi di emergenza**

- *Thermal runaway: verso una maggiore stabilità della batteria e un allarme post-crash*

Il controllo termico delle batterie dei veicoli elettrici rimane una preoccupazione chiave per i servizi antincendio e soccorso in tutto il mondo, soprattutto a seguito di incidenti stradali.

**Per affrontare questa questione, Euro NCAP ha deciso di incorporare i seguenti criteri nei suoi protocolli di test:**

- **Maggiore stabilità della batteria dopo il rilevamento del thermal runaway: le batterie dovrebbero mantenere condizioni termiche stabili per un periodo definito (ad esempio, 20, 40 o 90 minuti) dopo l'insorgenza del thermal runaway.**

**Questa stabilità garantisce che i servizi di emergenza possano intervenire in sicurezza, consentendo operazioni di estricazione e soccorso delle vittime.**

- **Allarme thermal runaway post-incidente: in caso di incidente stradale, i servizi di emergenza devono essere immediatamente informati se è iniziato un thermal runaway**

**Un'icona e/o messaggio testuale dedicato di « thermal runaway » sul cruscotto del veicolo dovrebbe essere chiaramente visibile ai soccorritori, garantendo una valutazione rapida e un intervento sicuro durante le operazioni post-incidente.**



- *Thermal runaway: verso la rilevazione e l'allarme in tutti i contesti*

Il thermal runaway delle batterie di veicoli elettrici è ora una preoccupazione critica per i servizi antincendio e soccorso in tutti i contesti operativi, inclusi guida, parcheggio e ricarica.

Questa maggiore consapevolezza sottolinea la necessità di sistemi di monitoraggio e allerta continui per garantire che soccorritori e utenti del veicolo siano informati indipendentemente dallo stato operativo del veicolo.

**Per migliorare la sicurezza dei veicoli elettrici in tutti i contesti, Euro NCAP ha introdotto i seguenti criteri nei suoi protocolli di prova:**

- **Quando è parcheggiato (indipendentemente che sia in ricarica oppure no), per assicurare che venga rilevato il thermal runaway e che i servizi di emergenza vengano avvisati il prima possibile. Il proprietario del veicolo viene informato del rischio rilevato tramite uno smartphone connesso. Nella stessa situazione, viene attivata un allarme acustico per avvisare le persone nelle immediate vicinanze del veicolo.**

