

Guido Zaccarelli
Vice President APC Prevenzione Incendi AIAS
c/o AIAS – Associazione professionale Italiana Ambiente e Sicurezza
Via Generale Gustavo Fara 35
20124 Milano – Italy
Guido.zaccarelli@studiozaccarelli.it
segreteria@networkaias.it
Tel. 0039-02-94368649

Maggio 2017

Electric cars and fire risk. Are electric cars dangerous?

In the last years many car companies have begun to build and to sell electric cars, and they are quickly spreading in many countries. Some news regarding the possible fire risk of electric cars have been published in the past, and this article intends to approach the main aspects of the relation between electric cars and fire risk.

In particular, the main point is to discover whether electric cars have a higher fire risk than “normal” cars.

To proceed, we will list the main types of batteries used by electric cars and their different fire risk, the possible problems connected to battery recharge operations, the correct procedure to act in case of fire of an electric car.

Auto elettriche e rischio incendio. Le auto elettriche sono pericolose?



PREMESSA

Negli ultimi anni si sono diffuse in tutto il mondo, ed anche in Italia, autovetture alimentate grazie all'energia elettrica. A ben vedere sono in vendita anche altri mezzi elettrici, come per esempio alcuni modelli di scooter e quadricicli.

I veicoli elettrici fanno parte della più grande famiglia dei veicoli a combustibili alternativi (in inglese AFV, Alternative Fuel Vehicles). Nell'accezione più estesa questa famiglia comprende tutti i veicoli che *non* sono alimentati a benzina o gasolio cioè, oltre ai veicoli elettrici anche i veicoli a metano, a GPL, a fuel-cell (idrogeno), a etanolo, a biodiesel, con sistema hydraulic hybrid (molto rari, sono veicoli che per la propulsione del veicolo utilizzano anche un fluido che viene compresso durante le frenate).

Ognuno di questi carburanti o sistemi alternativi meriterebbero una trattazione apposita, anche dal punto di vista dei problemi derivanti da un possibile incendio e dal conseguente intervento dei soccorritori: basti pensare che l'idrogeno è incolore, inodore e insapore e brucia con una fiamma pressoché invisibile. Per ovvie ragioni di spazio in questa sede ci limiteremo ai veicoli elettrici.

La decisione di utilizzare un veicolo elettrico, anziché un veicolo dotato di motore a combustione interna, deriva normalmente da considerazioni di tipo ecologico e/o economico: le motivazioni di tipo economico, una volta minoritarie, stanno progressivamente diventando preponderanti, grazie al diffondersi di una tecnologia ormai consolidata, al minore consumo di carburante, al progressivo calo del prezzo delle batterie, all'aumento delle prestazioni dei veicoli di questo tipo, al generale calo del prezzo dei veicoli elettrici oltre a trattamenti economici privilegiati in termini di bollo e di accesso alle zone a traffico limitato. Per esempio a Milano l'accesso all'Area C è gratuito per i veicoli elettrici. Tanto per avere un ordine di grandezza sul progressivo calo del costo delle batterie, il prezzo medio di una batteria agli ioni di litio nel 2010 era pari a circa 1000 USD/KWh, nel 2015 circa 350 USD. Si prevede che nel 2020 il prezzo scenda sotto i 200 USD/KWh.

Le autovetture elettriche sono attualmente considerate una novità, ma in realtà non è affatto così. Anzi, le prime automobili erano elettriche. Fra il 1830 ed il 1840 vennero presentate alcuni modelli di "carrozze elettriche", quindi ben una cinquantina di anni prima che nel 1886 Karl Benz presentasse la prima automobile dotata di motore a combustione interna. La gara per raggiungere i 100 Km/h fu vinta nel 1899 proprio da una automobile elettrica, la *Jamais Contente*, dotata di una bizzarra carrozzeria aerodinamica.



La Jamais Contente, 1899, prima auto a superare i 100 Km/h.

Fino ai primi anni del '900 la maggior parte delle automobili era elettrica. Solo successivamente il motore a scoppio si impose, nonostante il fatto che sia rumoroso ed inquinante, grazie alla sua potenza. Il problema dell'autonomia, che attualmente è vissuto come una delle principali limitazioni delle automobili elettriche, all'epoca era meno sentito, anche perché almeno in parte ne soffrivano anche molte automobili con motore termico, a causa dell'inefficienza termodinamica e della cubatura dei motori, che era spesso enorme, con ovvie conseguenze sui consumi.

Le automobili elettriche vissero quindi un progressivo declino, interrotto da alcuni sporadici e poco fortunati modelli, come la Fiat Panda elettrica "Elettra" del 1990, dotata di un motore elettrico alimentato da tradizionali batterie al piombo-acido. Il prezzo molto alto (costava come 3 Panda "normali"), le prestazioni modeste, la scarsa autonomia ed i lunghi tempi di ricarica ne scoraggiarono la diffusione. Il secondo modello, nel 1992, già montava batterie al Nickel-Cadmio, ma anch'esso ebbe scarsa fortuna.

Occorre attendere il 1997 perché le cose cambino, ed anche in maniera radicale. In quell'anno Toyota lancia in Giappone la Prius, prima automobile elettrica ad ottenere una larga diffusione in tutto il mondo. Successivamente sono comparsi molti altri modelli, di molte case automobilistiche, tanto che è impossibile elencarle tutti. Le case automobilistiche che attualmente hanno in listino automobili elettriche sono moltissime: Audi, BMW, Cadillac, Chevrolet, Citroen, Dodge, Fiat, Fisker, Ford, General Motors, Hyundai, Honda, Kia, Land Rover, Lexus, McLaren, Mercedes, Mitsubishi, Nissan, Opel, Peugeot, Porsche, Renault, Smart, Tesla, Toyota, Volkswagen, Volvo, oltre ad un impressionante numero di produttori cinesi per lo più sconosciuti dalle nostre parti (BAIC, Beiqi Foton, BYD, Changan, Chery, Dongfeng, FAW, GAC, Geely, Great Wall, GreenWheel EV, Hafei, Haima, JAC, Kandi EV, Lifan, SAIC, Zotye). È comunque probabile che nella lista manchi qualche casa costruttrice e quindi ci scusiamo fin d'ora per il possibile errore. Esistono poi diversi motoveicoli elettrici a due o a quattro ruote (per esempio Renault).

Questo mare di vetture elettriche si può dividere in alcuni grandi sottoinsiemi.

1. Veicoli totalmente elettrici, cioè completamente privi di motore termico. Un esempio sono le autovetture Tesla. Le batterie si possono ricaricare unicamente ricorrendo a fonti di energia elettrica esterne, le cosiddette "colonnine" di ricarica. Queste vetture sono spesso chiamate "elettriche pure" o EV (electric vehicle).



La Tesla Model S.

2. Veicoli elettrici con ricarica automatica delle batterie. Un esempio è la Toyota Prius. Si tratta di auto che possiedono sia un motore termico alimentato a combustibili fossili (normalmente sono motori a benzina a ciclo Atkinson, in rarissimi casi motori a gasolio), sia un motore elettrico. Quest'ultimo è alimentato mediante batterie che si ricaricano utilizzando l'energia cinetica durante la frenata oppure, in caso di carica insufficiente, utilizzando l'energia prodotta dal motore termico. Non è

prevista alcuna connessione alla rete elettrica. Spesso queste vetture sono chiamate “ibride” o HEV (Hybrid Electric Vehicle).

3. Veicoli elettrici plug-in, cioè dotati di motore termico e di motore elettrico alimentato a batterie che si possono ricaricare (anche o principalmente) mediante fonte di alimentazione esterna, attaccandosi alle cosiddette “colonnine” di ricarica. Un esempio è la Volvo V60. Spesso queste vetture sono chiamate “ibride plug-in” o PHEV (Plug-In Hybrid Electric Vehicle).
4. Veicoli elettrici “extended range” o EREV (Extended Range Electric Vehicle). Un esempio è la Chevrolet Volt; la BMW i3 può essere sia elettrica pura sia extended range. In queste vetture un motore a combustione interna serve esclusivamente alla ricarica delle batterie, non può fungere da motore di trazione in quanto non è neppure collegato alle ruote. Si tratta quindi di veicoli EV che possiedono *anche* un motore termico: tanto che spesso queste vetture sono inglobate nell’insieme delle vetture elettriche pure. Attualmente sono vetture poco diffuse in Italia.

BMW BLOG



La BMW i3.

Rispetto ad una tradizionale automobile dotata di motore a combustione interna, i vantaggi principali di un’auto elettrica sono:

- La maggiore efficienza termodinamica. Un motore a benzina arriva ad un’efficienza energetica del 25-28%, un diesel arriva intorno al 40%, per alcuni motori elettrici si arriva al 90%.
- La maggiore economicità, misurata in €/km percorso, dovuta al minore o nullo consumo di carburante di origine fossile. Naturalmente ciò dipende dal prezzo del carburante fossile, molto variabile da nazione a nazione: più la benzina costa, più una vettura elettrica è conveniente.
- Il rispetto per l’ambiente dovuto all’assenza di consumo di combustibili fossili o quantomeno ad un minore consumo.
- La semplicità costruttiva, la compattezza e l’affidabilità di un motore elettrico rispetto ad un motore a combustione interna.
- La silenziosità, un vantaggio per guidatore, passeggeri e ambiente circostante.
- L’elevata coppia motrice, subito disponibile in un motore elettrico. Alcuni modelli (per esempio Tesla) sono famosi per disporre di un’accelerazione fulminante.
- Il trattamento fiscale favorevole in termini di bollo (tassa automobilistica).
- La possibilità di accedere gratuitamente a molte ZTL.

Gli svantaggi principali sono:

- Il costo iniziale di acquisto, normalmente maggiore rispetto ad un’auto “normale”.

- L'autonomia, soprattutto in condizioni d'uso non ottimali (in salita, con frequenti accelerate e frenate, ecc.). Anche le temperature molto basse possono ridurre l'autonomia delle batterie.
- Il tempo di ricarica delle batterie. L'energia/minuto (cioè la potenza) della ricarica elettrica è tuttora enormemente inferiore ai MJ/minuto che può fornire una pompa di benzina. L'ordine di grandezza, se si considera una ricarica domestica, è 6 kW contro 5.000 kW. La conseguenza è che per un pieno di benzina si impiegano un paio di minuti, mentre per un pieno di energia elettrica di solito occorrono molte ore.
- La necessità di un complicato sistema elettronico di gestione.
- La silenziosità può costituire un potenziale pericolo per i pedoni nelle vicinanze.
- Il peso delle batterie (si parla in alcuni casi anche di 500 Kg) può diminuire le prestazioni dinamiche della vettura rispetto ad un modello "normale", soprattutto per quanto riguarda la stabilità e la frenata.
- La scarsa densità di energia delle batterie. Un Kg di benzina ha densità di energia pari a circa 47 MJ/Kg, una pur efficiente batteria agli ioni di litio circa 0.5 MJ/Kg, una batteria al piombo circa 0.1 MJ/Kg. Il risultato è che un serbatoio di benzina pesa poche decine di Kg, un pacco batterie può pesare anche molte centinaia di chilogrammi.
- Il costo di produzione delle batterie.
- Il costo di progettazione di una vettura elettrica.
- Il numero di ricarica sopportato dalle batterie. Dopo un certo numero di cicli di ricarica, molto variabile, le prestazioni delle batterie di alcuni tipi (non tutti) decadono ed occorre sostituirle.
- L'impatto ambientale dovuto allo smaltimento delle batterie esauste.
- La scarsità in natura, attuale e soprattutto futura, di litio e di altri metalli rari utilizzati nelle batterie (neodimio, boro, cobalto).

In Norvegia, un paese produttore ed esportatore di petrolio, nel 2015 la percentuale di autovetture elettriche pure ha superato il 22% (record mondiale), con oltre 84.000 vetture consegnate. In Cina, con oltre 258.000 vetture, la percentuale è del 0.84%. Gli Stati Uniti, nonostante la rincorsa cinese ed il prevedibile prossimo sorpasso, sono ancora il paese dove vengono vendute più auto elettriche, ben 410.000, ma la percentuale è soltanto lo 0.66%; oltre il 3% in California, dove viene venduta quasi la metà delle autovetture elettriche vendute in tutti gli Stati Uniti.

In Italia (dati marzo 2016) siamo intorno allo 0.1% come vendita di elettriche pure, al 1.7% come vendita di ibride.

LE BATTERIE.

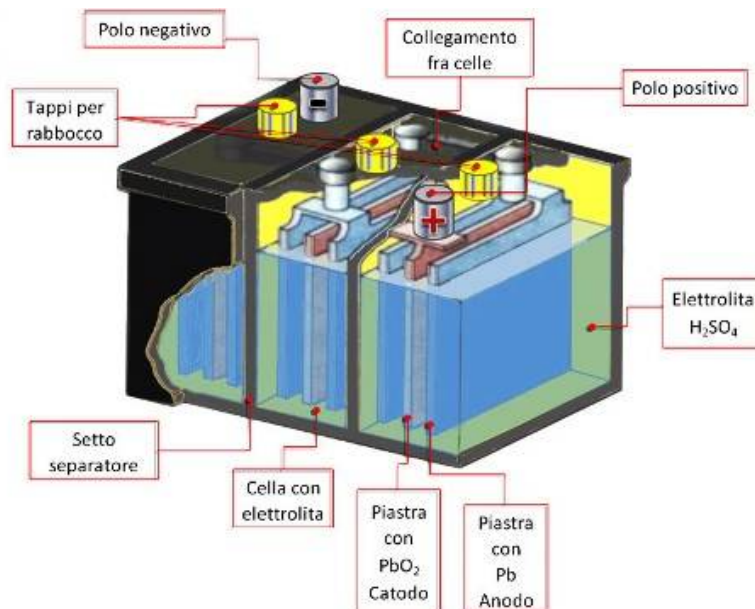
Le batterie utilizzate dalle autovetture elettriche utilizzano il medesimo principio della pila scoperto da Alessandro Volta nel 1799, cioè la conversione di energia chimica in energia elettrica. Ciò avviene mediante una reazione di ossidoriduzione nella quale un elemento (anodo) si ossida perdendo elettroni che transitano verso un secondo elemento (catodo), producendo di conseguenza un flusso di elettroni fra i due elementi attraverso un elettrolita, e quindi un flusso di corrente continua. I due elementi, per evitare il cortocircuito, sono tenuti divisi da un separatore. Il trucco è utilizzare batterie ricaricabili in modo che il processo non si esaurisca in una sola volta ma si possa ripetere molte volte.

Il principio di base è rimasto lo stesso dalla sua invenzione, ma nel tempo si sono succeduti molti tipi diversi di batterie, alla ricerca di batterie più leggere, con minore autoscarica (cioè la caratteristica di scaricarsi

anche quando non in uso), meno costose, ma soprattutto con maggiore densità di energia. Prima di procedere è indispensabile procedere ad una breve disamina dei principali tipi di batterie in commercio.

1. La pila alcalina è quella più comunemente utilizzata nei telecomandi e nei giochi per bambini. Inventate negli anni '50 del 1900, utilizzano biossido di manganese e zinco metallico, immersi in un elettrolita formato da una gelatina alcalina a base di idrossido di potassio. Non sono utilizzate nelle vetture elettriche.
2. La batteria al nichel-cadmio Ni-Cd, di aspetto simile alle batterie alcaline, utilizzate in settori particolari. Non sono utilizzate nelle vetture elettriche.
3. Batterie al piombo-acido. Si tratta di uno dei tipi più diffusi di batteria nel settore automobilistico: sono quelle utilizzate dai motorini di avviamento per mettere in moto i motori termici delle vetture "normali", ma sono anche usate come batterie di trazione nei mezzi di movimentazione (muletti, transpallet) nella logistica del settore industriale e commerciale, mezzi che non sono autorizzati a circolare sulle strade pubbliche. Non sono attualmente utilizzate come batterie di trazione in nessuna autovettura elettrica.

L'anodo è in piombo, il catodo in diossido di piombo: il tutto è immerso in una soluzione elettrolitica acquosa, con aggiunta di acido solforico, proprio quella che ogni tanto ci costringeva (quando ancora erano diffuse le batterie non sigillate) al famoso rabbocco della batteria con l'acqua del benzinaio.



Schema di batteria al piombo acido.



Due dei più diffusi tipi di batteria al piombo acido, una per elettronica ed una per autotrazione.

Le batterie al piombo-acido sono quelle normalmente utilizzate in elettronica e nei gruppi di continuità.

Le batterie al piombo-acido, al termine della fase di ricarica oppure in caso di sovraccarica, generano ossigeno e idrogeno per elettrolisi della soluzione acquosa, ed i gas fuoriescono da appositi tappi sfogatoi: pertanto, è possibile la formazione di miscele esplosive, dato che come è noto l'idrogeno è un gas estremamente esplosivo. Ed infatti alcune normative italiane in materia di prevenzione incendi impongono che i locali dove si effettua la ricarica delle batterie debbano essere in possesso di numerose misure di sicurezza, le principali delle quali tipicamente sono:

- a. Compartimentazione resistente al fuoco verso i locali adiacenti;
- b. Impianto elettrico "speciale";
- c. Impianto di aspirazione meccanico delle esalazioni gassose prodotte durante la ricarica;
- d. Aperture di aerazione permanente di adeguata dimensione, preferibilmente nella parte alta del locale visto che l'idrogeno è più leggero dell'aria. Le aperture servono per smaltire l'idrogeno ed evitare che la concentrazione possa arrivare al limite inferiore di esplosività.

Come visto, l'emissione di idrogeno e ossigeno in atmosfera è quindi una esclusiva delle batterie al piombo, e neppure di tutti i tipi di batterie al piombo oggi in commercio, ma solo delle batterie "di tipo tradizionale". Oggi infatti sono diffuse soprattutto batterie al piombo del tipo cosiddetto "stagno", o senza manutenzione, che non necessita di rabbocco (anzi, il rabbocco è impossibile) e che durante la ricarica hanno emissioni in atmosfera trascurabili o nulle ed anzi sono spesso prive di tappi visibili. In queste batterie l'idrogeno e l'ossigeno generati dalla dissociazione dell'acqua vengono ricombinati internamente a ripristinare l'acqua che si era dissociata, in un circuito chiuso senza emissioni all'esterno. Esiste soltanto una valvola per lo sfogo delle sovrappressioni dovute ad eccessiva ed errata sovraccarica, in casi del tutto eccezionali.

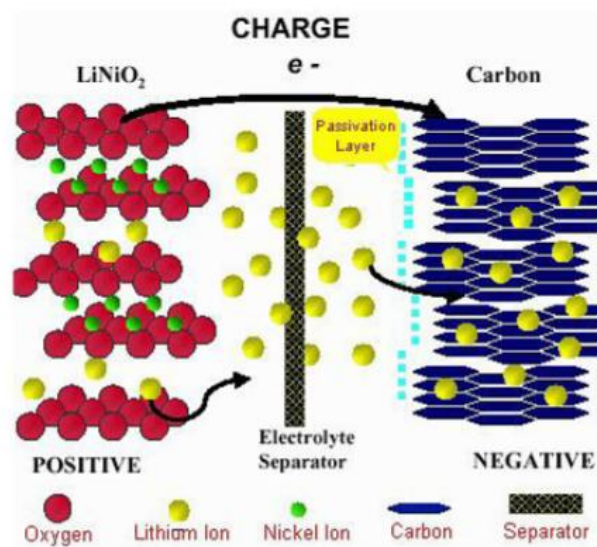
Purtroppo, per una spiacevole dimenticanza nella redazione di queste normative, non viene specificato che le prescrizioni di prevenzione incendi sopra accennate hanno senso soltanto per le batterie al piombo di tipo tradizionale, visto che per altri tipi di batterie esse non trovano alcuna giustificazione. La conseguenza è che queste prescrizioni talvolta vengono inesplicabilmente imposte anche per operazioni di ricarica di batterie non del tipo al piombo; occorre però ribadire che esse non emettono alcun tipo di emissione gassosa durante la ricarica.

4. Batterie al nichel-metallo idruro NIMH. Usate soprattutto nell'elettronica di consumo come pile ricaricabili, una volta erano diffusamente utilizzate nelle vetture elettriche: le prime Prius avevano questo tipo di batterie, così come anche la Honda Insight. Tranne che in alcuni modelli soprattutto di tipo PHEV, oggi sono quasi completamente sostituite dalle batterie agli ioni di litio. Simili alle batterie al nichel-cadmio, dove l'anodo anziché essere cadmio è una lega, hanno capacità superiore

rispetto alle Ni-Cd e l'effetto memoria è meno rilevante, ma rispetto alle batterie al litio hanno maggiore autoscarica e minore densità di energia.

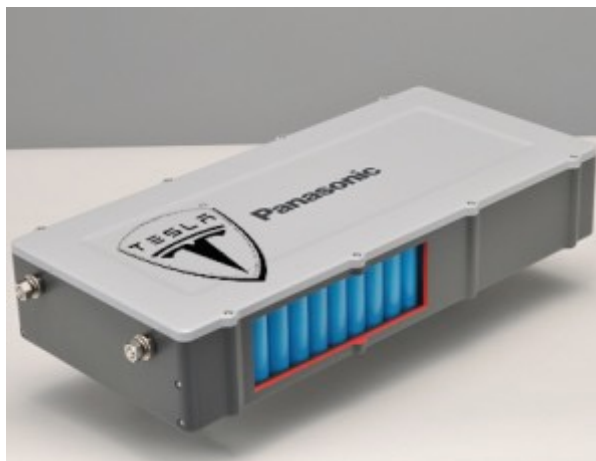
5. Batterie agli ioni di litio Li-ion. Sono batterie ermeticamente sigillate: tutti i nostri cellulari e computer portatili hanno questo tipo di batterie, grazie all'ottimo rapporto peso-potenza, ad un effetto memoria molto ridotto ed anche ad una lentissima autoscarica. Il vantaggio costituito dalla densità di carica elevata è però compensato dal costo e da una vita non lunghissima: si parla di mesi o al massimo di qualche anno. Ecco perché alcune marche di auto elettriche *affittano* i pacchi batteria ai clienti che acquistano le vetture. Le batterie Li-ion sono molto utilizzate anche come batterie di trazione nelle autovetture elettriche; dalle informazioni disponibili, le più diffuse batterie Li-ion non contengono metalli pesanti come piombo, cadmio o mercurio.

Essendo ermeticamente sigillate, ovviamente le batterie Li-ion non emettono alcun tipo di gas durante la fase di ricarica.



Schema di funzionamento della ricarica delle batterie agli ioni di litio.

6. Batterie ai polimeri di litio Li-pol. Sono una evoluzione delle batterie Li-ion, tanto che spesso vengono raggruppate nella stessa categoria: tipiche sono le batterie Panasonic utilizzate dalle vetture Tesla. La principale differenza rispetto alle "classiche" batterie Li-ion è che l'elettrolita, anziché essere un solvente organico liquido, è un polimero solido: il vantaggio è che in tal modo l'elettrolita solido non è infiammabile e quindi le batterie sono meno pericolose in caso di danneggiamento accidentale. Proprio per la loro caratteristica di avere elettrolita solido vengono anche chiamate *Solid-state batteries*. Sono batterie più costose delle Li-ion ma più sottili e meno pesanti.



Batteria Panasonic ai polimeri di litio attualmente in uso nelle autovetture Tesla.

Altri tipi di batterie sono in via di sperimentazione, come le batterie al litio-aria (molto promettenti), zinco-aria o al sodio-aria, o le batterie calde ai sali fusi (Ni-NaCl). Altre ancora sono già in uso ma non nel settore automobilistico, come le batterie argento-zinco utilizzate nei mezzi aerospaziali o nei sottomarini diesel-elettrici come quelli tedeschi del tipo U-212, realizzati su licenza anche in Italia per la Marina Militare Italiana.

Dato che le batterie durante l'uso e la ricarica possono riscaldarsi, spesso i pacchi batteria dispongono di sistemi per il raffreddamento, tipicamente pochi litri di acqua e glicole etilenico.

LA RICARICA DELLE BATTERIE

Le colonnine di ricarica possono essere installate su suolo pubblico, cioè direttamente sulle strade oppure anche in altri luoghi pubblici come le autorimesse pubbliche, oppure in luoghi privati, come un'autorimessa privata, all'aperto o al chiuso. Purtroppo non si è ancora giunti ad uno standard fra i vari costruttori, a causa dei sistemi diversissimi utilizzati. Il sistema di ricarica ad induzione, tramite impianti senza fili a pavimento, è ancora allo stato di sperimentazione.

Attualmente sono presenti in Italia circa 700 colonnine di ricarica, che differiscono per connettori, voltaggio, amperaggio, sistema di autorizzazione alla ricarica e di contabilizzazione, ecc. e che conseguentemente spesso possono essere utilizzati ciascuno da un modello specifico soltanto, talvolta da tutti i modelli di una specifica casa automobilistica. I tempi di ricarica variano moltissimo a seconda del tipo di colonnina e soprattutto della potenza elettrica erogata.

Come già evidenziato nel paragrafo relativo alle batterie, le batterie Li-ion o Li-pol non producono alcun tipo di emissione gassosa in atmosfera durante la ricarica. Pertanto le tradizionali prescrizioni in materia di prevenzione incendi e legate alle operazioni di ricarica delle batterie al piombo-acido (compartimentazione, aerazione, ecc.), nel caso di batterie Li-ion o Li-pol semplicemente non hanno senso.

Problemi durante la ricarica dei veicoli elettrici in passato si sono verificati. Si tratta di casi rari, tutti legati a problemi elettrici dovuti a difetti dell'impianto elettrico fisso. Se il problema avviene durante la fase di ricarica, occorre interrompere l'alimentazione, porre il veicolo all'aperto o almeno in luogo ventilato, possibilmente lontano da altre vetture o edifici. Se il problema riguarda esclusivamente l'impianto elettrico fisso, non dovrebbero esserci problemi per la vettura a causa delle ridondanti protezioni contro le sovraccariche.

LA SICUREZZA DEI VEICOLI ELETTRICI.

In questi ultimi anni molto si è parlato della sicurezza dei veicoli elettrici, concentrandosi però soprattutto su alcuni aspetti e trascurandone altri.

Inizialmente l'attenzione si era concentrata sugli aspetti dinamici della guida: un veicolo elettrico infatti, a causa del peso delle batterie (anche oltre i 500 Kg), normalmente è molto più pesante di un analogo veicolo a benzina, con conseguenze negative sulla dinamica della vettura ed in particolare sulla stabilità in curva e sugli spazi di frenata. Per esempio, per tentare di ovviare al problema della stabilità, Tesla posiziona le batterie in un pianale piatto nella parte più bassa della vettura.

Un altro problema evidenziato riguardava la sicurezza dei pedoni, visto che le vetture totalmente elettriche (ma anche le HEV e le PHEV quando viaggiano in modalità esclusivamente elettrica) non emettono rumore.

Più ristretta agli addetti ai lavori è stata la trattazione dei possibili problemi di tipo elettrico (cortocircuito, arco elettrico, elettrocuzione, ecc.); il rischio incendio, poi, era poco studiato in generale.

Successivamente hanno cominciato a diffondersi, soprattutto su internet, notizie di incendi di veicoli elettrici e in alcuni paesi, soprattutto negli Stati Uniti, si è cominciato ad indagare.

In Italia siamo invece ancora molto in ritardo in questo campo. Attualmente in Italia non esiste alcuna normativa in materia di prevenzione incendi che si occupi esplicitamente di autovetture elettriche. Ciò è dovuto alla scarsa velocità con cui il legislatore reagisce alle novità introdotte dalla società civile, e comporta il pericolo che una eventuale futura regolamentazione renda improvvisamente irregolari alcuni dei sistemi e/o degli impianti attualmente già in funzione. Si confida quindi che il Ministero dell'Interno costituisca al più presto un gruppo di lavoro ad hoc, ovviamente con la presenza anche di esperti e di tecnici del settore e di una rappresentanza dei costruttori.

In ogni caso ritardi nella legislazione sono presenti anche all'estero: per esempio non risulta ancora definita la classe di rischio (Commodity Classification) delle vetture elettriche e/o delle batterie Li-ion secondo la NFPA 13, Standard for the installation of sprinkler systems.

Pertanto finora in Italia l'attenzione, anziché rivolgersi in modo complessivo all'intero problema del rischio incendio connesso alle autovetture elettriche, si è concentrata soltanto su alcuni aspetti, ed in particolare sulle corrette procedure che i Vigili del Fuoco devono adottare in caso di incendio di auto elettriche e sugli eventuali pericoli durante la ricarica delle batterie.

Sui sistemi di intervento dei soccorritori in caso di incendio o incidente che coinvolga auto elettrico rimandiamo ad un paragrafo successivo. Sul problema della ricarica delle batterie si è già detto: le batterie agli ioni di litio non funzionano come le tradizionali batterie al piombo e sono ermeticamente sigillate, quindi le prescrizioni di prevenzione incendi adottate per le batterie al piombo non trovano applicazione.

Maggiore attenzione avrebbe potuto essere rivolta anche (o preferibilmente) verso altri bersagli.

Infatti dagli studi internazionali emerge che il problema principale in termini di rischio incendi per i veicoli elettrici risiede nel cosiddetto "thermal runaway", cioè nel fatto che le batterie agli ioni di litio possono, in circostanze del tutto eccezionali, presentare un subitaneo ed inarrestabile incremento della temperatura, in una sorta di reazione a catena che porta alla rottura dell'equilibrio termico del sistema ed alla distruzione completa delle batterie e della vettura. Il flusso di ioni di litio da anodo a catodo (batteria in uso) oppure da catodo ad anodo (batteria in ricarica) può surriscaldare la batteria fino a far reagire l'elettrolita con altri elementi chimici presenti, aumentando ulteriormente la temperatura fino a produrre gas che aumentano la

pressione interna producendo ulteriore calore. In condizioni normali questo aumento della temperatura è tenuto sotto controllo, ma in condizioni estreme o in presenza di gravi difetti di fabbricazione può crearsi un effetto a catena che può portare all'incendio della batteria ed alla produzione di fumo fuoriuscente dal pacco batterie. Dagli studi effettuati il problema principale risiederebbe in difetti di fabbricazione del separatore fra anodo e catodo, che deve evitare il verificarsi di cortocircuiti.

Occorre precisare comunque che il thermal runaway è un problema che si presenta soltanto in condizioni estreme. Ecco cosa si può leggere sul manuale della Tesla Model S:

Under normal usage, lithium-ion cells do not evolve gases. Lithium-ion cells will only emit gases if severely abused: for example if severely crushed, heated to more than 150°C for an extended time, or severely overcharged. Tesla batteries include multiple layers of protection to prevent abnormal charging. These protections include electronics to detect and prohibit overcharging, mechanical fuses to isolate cells, and a mechanical charge interrupt device within each cell that permanently disables a cell upon overcharge.

Sotto condizioni normali d'uso, le celle agli ioni di litio non producono gas. Le celle agli ioni di litio emetteranno gas soltanto se severamente maltrattate: per esempio se gravemente incidentate, riscaldate a più di 150°C per un lungo tempo, o gravemente sovraccaricate. Le batterie Tesla includono molti strati di protezione per prevenire cariche anormali. Queste protezioni includono dispositivi elettronici che rilevano ed impediscono la sovraccarica, fusibili meccanici per isolare le celle, ed un interruttore meccanico di carica all'interno di ogni cella che disabilita permanentemente la cella se sovraccaricata.

Tesla precisa che il runaway potrebbe avvenire se le batterie sono conservate a più di 80°C per più di 24 ore, o a più di 150 °C per diversi minuti, o se le batterie sono esposte a fiamma diretta. Non proprio condizioni comuni.

Il vero problema è che, nella frenetica ricerca di batterie sempre più capienti e/o più piccole, si è cercato nel tempo di ridurre al minimo le dimensioni dei separatori. Recentemente si è molto parlato sui media del problema presentato da un telefono cellulare, il Samsung Galaxy Note 7, dotato di batterie Li-ion che prenderebbero fuoco inspiegabilmente. Dalle prime notizie disponibili, pare si tratti di un difetto di fabbricazione presente peraltro soltanto su circa 24 pezzi ogni milione, e che riguarderebbe proprio il separatore fra catodo ed anodo.

Va infine precisato che le batterie al nichel-metallo idruro NIMH, diffusamente utilizzate nelle vetture elettriche plug-in (tipo PHEV), non presentano il medesimo pericolo di thermal runaway delle batterie agli ioni di litio, e che le batterie Li-pol in caso di thermal runaway presenterebbero conseguenze di minore intensità, poichè l'elettrolita non è liquido bensì solido.

Insomma, il thermal runaway è un problema che esiste ma che non riguarda in uguale maniera tutte le vetture elettriche.

CASI DI INCENDI DI VETTURE ELETTRICHE

In Cina nel 2012 si è avuto uno dei primi casi di runaway, dovuto a difetti di fabbricazione delle batterie e all'uso di materiali scadenti. Diversi altri incidenti sono avvenuti successivamente. Alcuni incendi hanno coinvolto vetture Tesla, con grande risalto sulla stampa, nonostante occorra precisare che il numero di

vetture Tesla bruciate sia tutt'altro che significativo rispetto al numero di vetture in circolazione: forse l'attenzione dei media è dovuta all'elevato prezzo della vettura.

A seguito di questi incidenti, la National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), un'agenzia federale statunitense, ha condotto uno studio sul rischio incendio connesso alle batterie agli ioni di litio. Un'interessante presentazione tenuta a Washington il 18 maggio 2011 da David Howell del US Department of Energy, ha concluso che le condizioni anomale che possono condurre al thermal runaway sono tre:

1. urti meccanici;
2. problemi elettrici (cortocircuito, sovraccarica, eccessiva scarica);
3. problemi termici (eccessivo riscaldamento dovuto a cause interne oppure a cause esterne).

Fra questi, il pericolo connesso a forti urti meccanici è di gran lunga il maggiore. Il principale problema di tipo elettrico è l'uso di materiali scadenti o trasformazioni effettuate aftermarket, cioè dopo la produzione originale in fabbrica (per esempio veicoli nati HEV e successivamente trasformati in PHEV), aspetti che però non riguardano le maggiori case automobilistiche. Uno dei problemi maggiori di tipo termico è legato al cortocircuito, in particolar modo a causa del separatore fra anodo e catodo.

È interessante notare che è emerso che gli eventi termici sono subdoli in quanto possono anche apparire risolti ma continuare in modo occulto e riproporsi dopo diverso tempo, addirittura dopo più giorni; per la limitazione del danno è cruciale che ai soccorritori venga consentito un rapido accesso al pacco batterie.

Assumono quindi particolare rilevanza le procedure operative che i Vigili del fuoco devono porre in atto in caso di incendio di vetture elettriche.

INTERVENTO IN EMERGENZA SULLE AUTOVETTURE ELETTRICHE.

Il 12 settembre 2012 la Direzione Centrale per la Formazione del Dipartimento dei Vigili del Fuoco ha organizzato a Roma un incontro formativo sulle tecniche in intervento in caso di incidenti stradali che coinvolgano autoveicoli elettrici o ibridi, in collaborazione con l'Unione Nazionale Rappresentanti Autoveicoli Esteri (UNRAE).

Durante un eventuale intervento su un veicolo elettrico, i Vigili del Fuoco vanno incontro ai medesimi pericoli di un veicolo "normale" nel caso si tratti di un veicolo HEV, PHEV o EREV, cioè *anche* dotato di motore termico, poiché ci sarà da qualche parte un serbatoio di liquido infiammabile (benzina) o combustibile (gasolio, ma è più raro). Nel caso di veicoli elettrici puri EV questo pericolo non c'è. Sono poi presenti problemi connessi unicamente ai veicoli elettrici o ibridi: ci concentreremo su questi.

Per prima cosa occorre che un veicolo elettrico sia facilmente ed immediatamente **identificabile** come tale dai soccorritori. Con il proliferare dei veicoli elettrici di tutti i tipi e di tutte le marche, questa riconoscibilità è sempre meno immediata. Per fortuna diversi veicoli recano qualche scritta esterna che ne rivendica orgogliosamente la natura: meglio così, ma forse è il caso di pensare di rendere la scritta obbligatoria.

Un analogo problema si era posto molti anni fa per le auto a gas. Per renderle più facilmente riconoscibili ai soccorritori si era proposto di imporre una scritta esterna, ma poi la proposta era rientrata per timore che vandali o terroristi potessero sfruttare questa informazione per scegliere di incendiare proprio le vetture a gas, che come è noto in caso di incendio possono provocare danni molto maggiori rispetto alle vetture "normali". Alla fine si era deciso di lasciar perdere.

Le vetture elettriche non pongono questo problema, quindi la proposta della scritta può essere avanzata con minor timore. È anche vero che le scritte possono essere sradicate da un incidente o rimosse dal proprietario, quindi non possono da sole essere sufficienti per i soccorritori. È necessario che questi ultimi

utilizzino tutte le possibili informazioni disponibili (scritte esterne o interne, la presenza di cavi arancioni nel vano motore o nel baule, la presenza dello sportello esterno di ricarica, ecc.). Non sempre questa riconoscibilità è agevole.

La seconda preoccupazione è **immobilizzare** il veicolo. La possibilità che un veicolo su cui si sta intervenendo si metta inaspettatamente in movimento è presente su tutti i veicoli, ma i veicoli elettrici hanno in più lo svantaggio che, quando si muovono, in molte circostanze sono del tutto silenziosi. Occorre quindi immobilizzare il veicolo, piazzando cunei attorno alle ruote o almeno tirando il freno a mano. Si noti che i cunei è bene che siano posizionati intorno alle ruote e non sotto la carrozzeria, perché si potrebbero danneggiare i cavi elettrici ad alta tensione, nel caso eventualmente transitassero proprio in quella posizione.

L'operazione di tirare il freno a mano a volte è solo apparentemente semplice, perché in molti modelli non esiste più la tradizionale leva meccanica: può esserci un pedale a sinistra, alla moda americana, oppure un pulsante elettrico che spesso ha la scritta "P" ma che si trova nelle posizioni più disparate, variabili da modello a modello. La leva del cambio automatico, se c'è, va messa nella posizione "park".

Abbiamo accennato al problema che le auto elettriche non fanno rumore anche quando sono accese. In molti modelli, per esempio, quando la vettura è accesa compare soltanto la scritta "Ready" sul cruscotto, ma alla vista ed all'udito il veicolo appare spento: ed invece il veicolo non è in sicurezza. Nel dubbio, è sempre meglio avvicinarsi al veicolo dai lati, mai da davanti o dietro.

La chiave va estratta dal cruscotto. Già, ma intanto prima la chiave va trovata: oggi esistono anche le chiavi "di prossimità", cioè quelle che funzionano anche se non sono fisicamente inserite nel cruscotto, basta tenerle in tasca ed un segnale radio dà alla vettura il consenso per l'accensione. Occorre trovare la chiave ed allontanarla di diversi metri dalla vettura. Se non si trova la chiave, in molti modelli è presente un apposito pulsante all'interno dell'abitacolo per spegnere il veicolo, ma non sempre è facile trovarlo.

Anche dopo aver tolto la chiave, resta il problema dell'elettrocuzione. Di conseguenza, il terzo passo è **staccare la corrente** o, per usare un'espressione più precisa, disabilitare il veicolo. Ora, è vero che tutti i modelli elettrici dispongono di molti sistemi ridondanti di sicurezza che intervengono in caso di danno a qualsiasi componente ad alta tensione; è vero anche che tutti i componenti ad alta tensione sono elettricamente isolati rispetto alla carrozzeria; pure è vero che in caso di incidente con attivazione degli airbag in tutte le vetture viene tagliata immediatamente ed automaticamente sia l'alimentazione del combustibile liquido al motore (se presente) sia l'alimentazione elettrica al motore elettrico. Però se l'airbag non si è attivato, questo non avviene. Nonostante tutto, è comunque bene che i soccorritori non si affidino completamente ai sistemi automatici di sicurezza.

In realtà nei veicoli elettrici non c'è una sola alimentazione elettrica da disabilitare, ce ne sono due: l'alimentazione a bassa tensione (12 V), quella che è presente in tutte le autovetture, e l'alimentazione ad alta tensione.

Per prima cosa occorre trovare e tagliare con una pinza l'alimentazione a bassa tensione, normalmente garantita da una tradizionale batteria al piombo-acido a 12 V. Il circuito a 12 V, come nelle auto tradizionali, comanda i sistemi elettrici ed elettronici "normali": luci, cruscotto, ecc. Nelle vetture elettriche l'apertura del circuito a 12 V provoca anche l'attivazione di un relè che disabilita immediatamente ed automaticamente il sistema ad alta tensione.

Attenzione però che la disattivazione del circuito a 12 V *non* provoca la completa ed immediata disattivazione di *tutti* i componenti presenti, perché i condensatori all'interno dell'inverter continuano ad essere in tensione (e ad alta tensione...!) ancora per molti minuti, addirittura fino a 10 minuti per alcuni modelli.

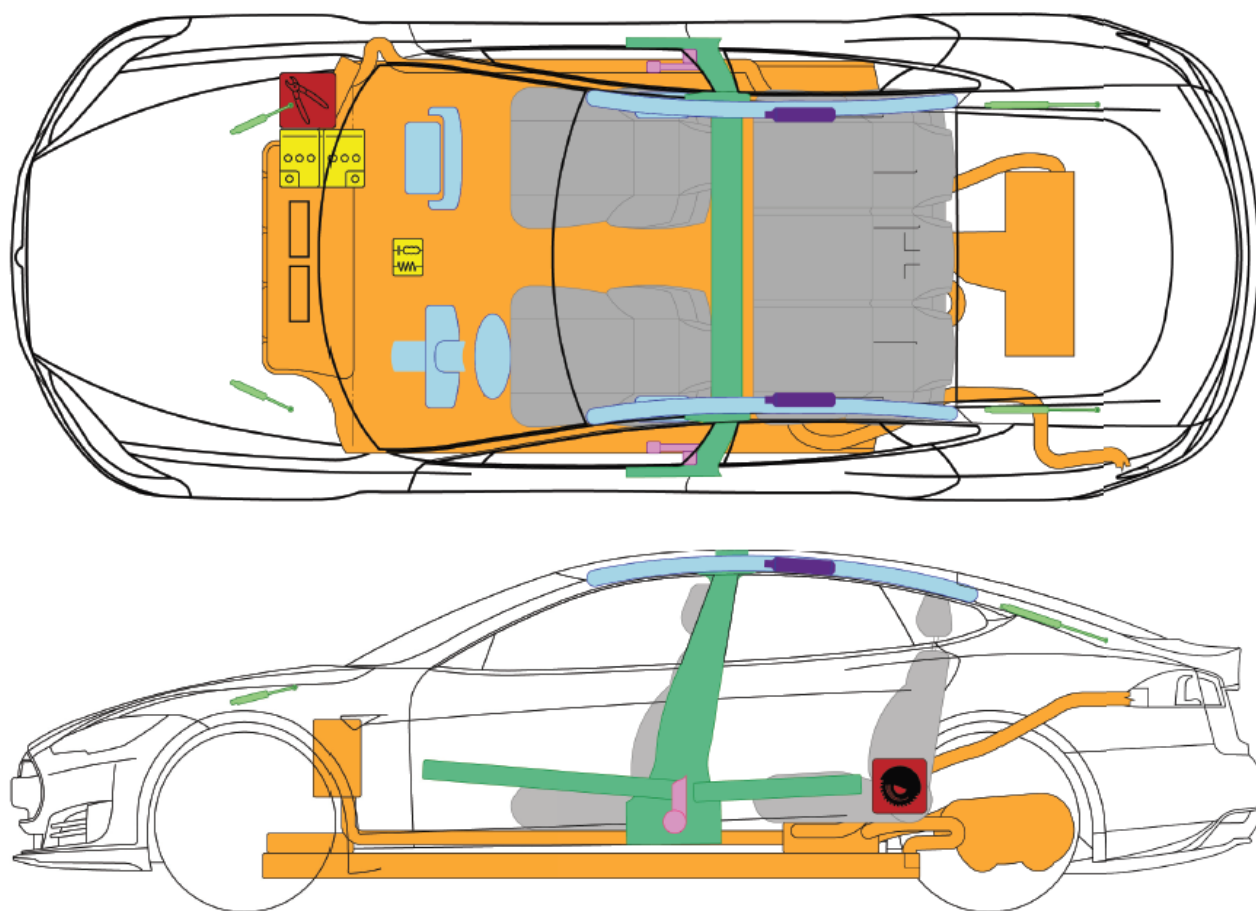
Spesso la batteria a 12 V è ospitata nel baule posteriore, sempre più raramente nella tradizionale posizione nel cofano anteriore. Basta tagliare il cavo negativo con una pinza: la procedura corretta prevede due tagli, in modo da asportare fisicamente un tratto di cavo ed impedire il successivo contatto accidentale. Il cavo negativo è individuabile dalle scritte sulla batteria o dal fatto che il polo negativo è collegato alla carrozzeria.

Se la batteria non si trova, esiste anche un secondo modo: togliere il fusibile dalla scatola dei fusibili, normalmente posizionata nel cofano motore anteriore. Un'operazione che può richiedere un certo tempo. Occorre precisare che, in taluni interventi passati, nell'impossibilità di stabilire rapidamente e con totale certezza quale fosse esattamente il fusibile da togliere, è successo che i soccorritori abbiano tolto *tutti* i fusibili presenti.












Toyota Auris ibrida modello 2016. Anche se mancasse la targhetta sul motore, i cavi arancioni ci dicono che siamo di fronte ad un veicolo elettrico con cavi ad alta tensione.

Molti modelli hanno poi pulsanti o dispositivi appositi per la disattivazione del circuito ad alta tensione. Si tratta di dispositivi normalmente colorati in arancione. Infatti la SAE (Society of Automotive Engineers) ha stabilito che è l'arancione il colore standard per i circuiti ad alta tensione sulle autovetture. Purtroppo non esiste un'unica posizione valida per tutti i modelli dove i soccorritori possono trovare i dispositivi per il sezionamento dell'impianto ad alta tensione. Tesla prepara per ogni modello un "Emergency quick response reference", un breve manualino utile per gli interventi di emergenza, in cui sono riportati molto in evidenza i punti dove intervenire per la disconnessione elettrica: si veda per esempio la figura per il Model S.



Legend

	Stored Gas Inflator		Pressured Gas Cylinder		HV Cables & Battery
	12V Battery (Left Hand Drive vehicles) NOTE: Located on the opposite (left) side in Right Hand Drive vehicles.		Emergency Disconnect		Airbags NOTE: Knee airbags are installed in North America vehicles only.
	SRS Control Unit		Seat Belt Pre-tensioner		Reinforcement

Tesla Model S. In rosso i punti dove è possibile tagliare l'alimentazione elettrica a 12V. In un punto è sufficiente una semplice pinza, in un altro occorre utilizzare un seghetto. Il pannello giallo in basso è il pacco batterie.



Tesla Model S. Il punto a sinistra nel cofano anteriore dove occorre tagliare il cavo con una pinza per interrompere l'alimentazione elettrica (a 12 V).

Nella Tesla Model S, occorre quindi aprire il cofano, rimuovere il pannello di protezione che si trova vicino al parabrezza, e tagliare il cavo dove indicato dall'apposita segnaletica.

Nella Toyota Prius, le batterie si trovano sotto il sedile posteriore. Per togliere tensione al sistema è presente un dispositivo arancione nel baule posteriore sulla sinistra, per azionare il quale è bene che il soccorritore si protegga con i necessari DPI (guanti da 1000 V, occhiali).

Nell Toyota Auris il sezionatore di emergenza è posto sotto i sedili posteriori, accessibile dalla zona dei piedi del passeggero posteriore destro.

Come si può notare, modelli diversi impongono procedure di emergenza molto diverse da questo punto di vista.

Occorre precisare infine che il solo sezionamento del circuito ad alta tensione non è sufficiente: deve essere disabilitato anche il circuito a 12 V, che alimenta fra gli altri anche gli airbag ed i pretensionatori delle cinture di sicurezza, dispositivi che contengono piccole quantità di esplosivo.

In ogni caso, anche dopo la disabilitazione sia del circuito a bassa tensione che del circuito ad alta tensione, il pacco batterie resterà sempre in tensione, e ad alta tensione: per esempio 310 o 410 Volt per Tesla, fino a 650 V per Toyota.

INCIDENTI STRADALI

Per l'estricazione dei feriti restano valide le procedure applicabili ad un veicolo tradizionale. Normalmente i cavi ad alta tensione non vengono mai fatti passare nelle posizioni tradizionalmente utilizzate dai Vigili del

Fuoco per il taglio delle carrozzerie: occorre soltanto tenere presente che le tecniche più anomale, come passare dal baule posteriore (Toyota) o attraverso il pianale (Tesla) non devono essere usate perché si viene a diretto contatto con i componenti ad alta tensione, a seconda della loro posizione.

In caso di violento incidente, è possibile che fuoriesca liquido dal pacco batterie. Se il liquido è tanto, non può essere l'elettrolita: si tratta probabilmente del liquido refrigerante, che normalmente è composto da pochi litri di acqua e glicole etilenico. Basta usare gli assorbitori, si tratta di un composto simile al liquido antigelo.

Se il liquido è poco, potrebbe anche trattarsi dell'elettrolita: come si è visto, le batterie Li-pol contengono un elettrolita solido, ma le batterie Li-ion un elettrolita liquido. È possibile che la fuoriuscita dell'elettrolita sia accompagnata da scintille, da fumo o da un rumore come di un gorgoglio. Gli elettroliti liquidi sono normalmente infiammabili, corrosivi (alcuni modelli hanno elettrolita con pH 13,5), irritanti per occhi e pelle ed emettono vapori tossici durante la combustione. In ogni caso, vista la struttura delle celle, è estremamente difficile che si verifichi la perdita di più di qualche grammo di elettrolita liquido anche in caso di grave danno meccanico; inoltre l'elettrolita ha un odore tipico, quindi individuabile, ed evapora rapidamente.

Se si ha il sospetto di perdita dell'elettrolita, occorre ventilare il veicolo; il soccorritore deve proteggersi adeguatamente con un autoprotettore o con una maschera facciale dotata di filtro per vapori organici e composti fluorurati.

In caso di contatto con l'elettrolita, occorre lavare la parte con abbondante acqua, pulire con acqua e sapone e sottoporsi a visita medica.

Occorre infine prestare attenzione ad evitare di entrare in contatto con il pacco batterie e con oggetti, soprattutto metallici, che eventualmente ne fuoriescono.

IMMERSIONE DELLA VETTURA IN ACQUA

I veicoli elettrici o ibridi sono progettati per essere sicuri anche in caso di immersione in acqua dolce (fiumi, canali, laghi). Il pacco batterie e gli elementi ad alta tensione sono elettricamente isolati dalla carrozzeria, non è possibile che l'acqua intorno al veicolo venga caricata elettricamente. Sono poi disponibili molti dispositivi di sicurezza: per esempio il sistema si disalimenta automaticamente in caso di cortocircuito. Basta quindi procedere alle medesime operazioni che si effettuano in caso di immersione di un veicolo tradizionale.

Eventuali microbolle fuoriuscenti dal pacco batterie non sono considerate un segno di pericolo di elettrocuzione per i soccorritori e non indicano che l'acqua circostante è in contatto con i componenti ad alta tensione.

Occorre prestare attenzione se per caso la vettura è stata immersa in acqua salata per molto tempo, almeno alcune ore: il sale può corrodere i componenti ad alta tensione e provocare il thermal runaway.

INCENDIO.

In caso di incendio, sussiste il pericolo di intossicazione a causa dei fumi, parte dei quali possono derivare dalla combustione delle sostanze chimiche contenute nelle batterie. Come si è visto, le batterie sono anche molto diverse fra loro e possono contenere molte diverse sostanze chimiche: quindi non si possono mai avere certezze sull'esatta natura dei fumi generati, che di conseguenza per prudenza devono essere sempre considerati tossici. È necessario che i soccorritori si proteggano con gli autoprotettori.

In caso di fumo fuoriuscente dal pacco batterie, anche in assenza di fiamme visibili, è molto probabile che si tratti di thermal runaway, quindi occorre ricordare che i fumi possono essere molto caldi, tossici ed infiammabili. Occorre evacuare l'area e, se possibile, portare il veicolo in una zona ben ventilata.

In caso di incendio si può adottare una tecnica difensiva (lasciar bruciare la vettura, naturalmente se non vi sono persone all'interno) o offensiva. Nel caso si voglia adottare la tecnica offensiva, occorre cercare di raffreddare le batterie. L'acqua si è dimostrata finora il più valido mezzo per il controllo dell'incendio di batterie agli ioni di litio, soprattutto se usata in grandissima quantità e per lungo tempo, allo scopo di raffreddare l'esterno del pacco batterie.

La procedura quindi prevede, dopo la definizione del comando in posto e la verifica del numero di veicoli coinvolti, l'identificazione del fatto che il veicolo è elettrico o ibrido, l'immobilizzazione del veicolo, la disabilitazione del veicolo. Tuttavia si può dare il caso in cui l'incendio in corso impedisce la preventiva disabilitazione della vettura; oppure l'urto ha reso impossibile identificare la vettura elettrica come tale. In questo caso è ugualmente possibile procedere all'estinzione utilizzando le normali tecniche per l'incendio di veicoli tradizionali, ed in particolare usare grandi quantità di acqua, grazie al fatto che il pacco batterie ed i circuiti ad alta tensione sono sigillati e non sono in contatto con la carrozzeria.

Se l'incidente o l'incendio hanno prodotto un foro nel pacco batterie, le opinioni divergono. Alcuni sostengono che sia opportuno immettere quanta più acqua possibile all'interno del pacco batterie non sussistendo il pericolo di elettrocuzione a causa del fatto che i circuiti elettrici delle vetture sono molto diversi dagli impianti elettrici che si possono trovare negli edifici, e sono progettati per essere sicuri anche in caso di esposizione all'acqua. Ogni singola cella, infatti, ha tensioni molto basse, nell'ordine di qualche Volt.

NFPA invece sostiene che in ogni caso sia necessario evitare qualsiasi possibile contatto fra i soccorritori e i componenti ad alta tensione. Secondo la NFPA, i principali accorgimenti per l'attacco all'incendio di un veicolo elettrico sono i seguenti:

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. When suppressing a vehicle fire involving an EV or hybrid, water is the recommended extinguishment agent. Large amounts of water may be required, so be sure to establish a sufficient water supply before operations commence.2. As with all vehicle fires, toxic byproducts will be given off, so NFPA | <ol style="list-style-type: none">compliant firefighting PPE¹ and SCBA² should be utilized at all times.3. DO NOT attempt to pierce the engine or battery compartment of the vehicle to allow water permeation, as you could accidentally penetrate high voltage components. |
|--|---|

¹ PPE è l'acronimo di Personal Protective Equipment, traducibile in italiano con dispositivi di protezione individuale.

² SCBA è l'acronimo di Self-Contained Breathing Apparatus, traducibile con autoprotettore

4. Following extinguishment, use a thermal imaging camera to determine the temperature fluctuation of the high voltage battery before terminating the incident, to reduce re-ignition potential.

1. Per lo spegnimento di un incendio di veicoli elettrici o ibridi, l'acqua è l'agente estinguente raccomandato. Possono essere necessarie grandi quantità di acqua, quindi assicuratevi di disporre di acqua a sufficienza prima di cominciare le operazioni.
2. Come negli incendi di tutti i veicoli, i sottoprodotti possono essere tossici, quindi in ogni momento dovrebbero essere utilizzati DPI ed autoprotettori conformi alle norme NFPA.
3. NON TENTATE di forare il compartimento del motore o delle batterie del veicolo per permettere l'ingresso dell'acqua, dato che potreste accidentalmente venire in contatto con componenti ad alta tensione.
4. Dopo lo spegnimento, usate una termocamera per determinare la fluttuazione della temperatura delle batterie ad alta tensione prima di terminare l'intervento, allo scopo di ridurre il pericolo di reignizione.

In ogni caso l'uso di CO₂, halon o polvere chimica è poco efficace perché può sopprimere le fiamme solo temporaneamente, ma senza una lunga opera di raffreddamento non è possibile limitare la propagazione del thermal runaway. Potrebbe essere necessario raffreddare le batterie per molte ore allo scopo di evitare la reignizione.

Bisogna però precisare che l'intervento dei soccorritori dovrebbe essere tarato sul singolo modello di vettura incendiata. Ecco per esempio cosa si legge sul manuale di uso e manutenzione della Toyota Auris (versione 2010, non più in produzione, che aveva batterie al NiMH):

Normalmente allagando un pacco batterie HV³ NiMH con copiose quantità d'acqua da una distanza di sicurezza, si potrà efficacemente controllare l'incendio del pacco batterie HV raffreddando i moduli adiacenti della batteria NiMH fino ad una temperatura inferiore a quella di accensione.

I restanti moduli in fiamme, se non spenti dall'acqua bruceranno completamente. Tuttavia, l'allagamento del pacco batterie HV dell'Auris ibrida non è consigliato a causa del design della scatola della batteria e della posizione che impedisce all'operatore di spargere l'acqua in sicurezza e in modo idoneo attraverso le apposite aperture di ventilazione. Pertanto si raccomanda al comandante di squadra di lasciar bruciare completamente il pacco batterie HV della Auris ibrida.

³ HV è l'acronimo di High Voltage, alta tensione.

Si è verificato che la reignizione può avvenire anche a giorni di distanza dell'apparente estinzione dell'incendio, quindi occorrerà prendere le opportune precauzioni. L'uso di una termocamera è consigliato, sebbene in qualche caso sia difficile raggiungere con la termocamera il pacco batterie.

CONCLUSIONI SUGLI INTERVENTI DEI SOCCORRITORI

L'intervento in emergenza su una vettura elettrica presenta effettivamente per i soccorritori maggiori complicazioni rispetto a quello su una vettura "normale". Non necessariamente invece si tratta di un intervento più pericoloso dal punto di vista dell'incendio e dell'esplosione, dato che su molti modelli non è presente nessun serbatoio di combustibili liquidi o gassosi. Si tratta in ogni caso di interventi che richiedono una accurata formazione preventiva, da effettuarsi in collaborazione fra Vigili del fuoco e case costruttrici.

La National Fire Prevention Association (NFPA) statunitense ha sviluppato un apposito Alternative Fuel Vehicle Safety Training Program, in collaborazione con i principali produttori, esperti, vigili del fuoco e varie organizzazioni che si occupano di soccorso.

NFPA ha addirittura predisposto un apposito sito web, <http://www.evsafetytraining.org/>, dove si possono trovare molte dettagliate ed interessanti informazioni in merito alla sicurezza antincendio dei veicoli elettrici. In tale sito sono disponibili indicazioni per la sicurezza antincendio delle vetture di marca Acura, Audi, Azure Dynamics, BMW, Buick, Cadillac, Chevrolet, Dodge, Fiat, Fisker, Ford, General Motors, Honda, Hyundai, Infiniti, Kia, Lexus, Lincoln, Mazda, Mercedes, Mercury, Mitsubishi, Nissan, Porsche, Proterra, Saturn, Subaru, Tesla, Toyota, Volkswagen. NFPA ha anche predisposto un corso online e gratuito⁴ "Alternative Fuel Safety Training", molto dettagliato, suddiviso a moduli e davvero ottimamente realizzato, destinato soprattutto ai soccorritori. Finora sono stati formati oltre 40.000 soccorritori, tra cui anche chi scrive.

Un altro sito interessante è <http://www.afdc.energy.gov/>, del U.S. Department of Energy, dove si possono trovare dati interessanti anche sulle vetture elettriche.

DOMANDE FREQUENTI

Le seguenti domande sono tratte dal NFPA Alternative Fuel Safety Training, e possono costituire un divertente test vero/falso sulle nostre conoscenze dei veicoli elettrici e ibridi.

I veicoli elettrici e ibridi a vista sono molto diversi dai veicoli convenzionali. Falso: la maggior parte dei veicoli elettrici e ibridi si basano su modelli esistenti e a vista sono indistinguibili dai veicoli "normali". Alcuni veicoli, in ogni caso, hanno scritte identificative esterne, ma soltanto alcuni modelli sono stati progettati apposta per essere elettrici o ibridi e quindi sono facilmente riconoscibili.

L'estrazione di persone coinvolte in incidenti di veicoli elettrici è resa difficile o addirittura impedita dai cablaggi ad alta tensione. Falso: in via generale i cavi elettrici ad alta tensione non sono mai posizionati in aree comunemente utilizzate dai soccorritori per il taglio della carrozzeria.

⁴ Disponibile (soltanto in inglese) all'indirizzo <http://catalog.nfpa.org/Electric-Vehicle-Safety-for-Emergency-Responders-Online-Course-P157.aspx>

La tecnologia ibrida è limitata a veicoli piccoli per il trasporto passeggeri. Falso: in diversi paesi la tecnologia ibrida si sta espandendo anche nel settore commerciale e dei trasporti. Negli Stati Uniti sono sempre più diffusi autobus e camion elettrici o ibridi.

I veicoli elettrici e ibridi possono muoversi in moto inatteso sulla scena di una emergenza. Vero: in realtà ciò vale per tutti i veicoli, ma i veicoli elettrici o ibridi possono muoversi senza fare rumore e quindi possono essere più pericolosi. L'operazione di assicurarsi che il veicolo sia spento e immobilizzato diventa ancora più importante per i soccorritori.

Per spegnere incendi di veicoli ibridi o elettrici sono necessari equipaggiamenti speciali. Falso: sono adeguati i normali DPI ed è adeguato l'uso di acqua come agente estinguente.

Le batterie ad alta tensione possono lasciar gocciolare significativi quantitativi di elettrolita pericoloso se vengono danneggiate o forate. Falso: molte batterie hanno elettrolita solido, altre hanno elettrolita al gel. Alcuni modelli hanno elettrolita liquido che effettivamente può gocciolare all'esterno, ma comunque in quantità limitata.

L'elettrocuzione è molto probabile se si tocca un veicolo elettrico o ibrido coinvolto in un incidente o immerso nell'acqua. Falso: il sistema elettrico ad alta tensione è isolato dalla carrozzeria.

CONCLUSIONI

L'analisi degli incendi che hanno coinvolto le autovetture elettriche indica un tasso di incidentalità molto ridotto, quasi completamente dovuto a incendio prodottosi a seguito di un grave incidente stradale. In alcuni casi ciò ha indotto i costruttori a proteggere maggiormente i pacchi batteria dai possibili urti esterni.

Negli Stati Uniti, General Motors ha promosso in molte città⁵ programmi di formazione per Vigili del fuoco, con dimostrazione della procedura per disattivare il circuito a 12 V che controlla le componenti ad alto voltaggio della Chevrolet Volt, e dal 2011 è disponibile un manuale ad uso dei soccorritori. Nel 2012 la medesima casa automobilistica ha proposto ai clienti della Chevrolet Volt un pacchetto di interventi di miglioramento volti a proteggere meglio dagli urti le batterie ed il sistema di raffreddamento delle batterie in caso di incidente grave.

Per il suo modello Nissan Leaf, nel 2011 Nissan ha pubblicato una guida per il primo soccorso in caso di incendio, con dettagliate procedure per la disattivazione del sistema ad alta tensione.

Dopo un incendio nel 2011, la NHTSA ha dichiarato che l'agenzia *non* ritiene che la Chevrolet Volt o altri veicoli elettrici presentino un rischio di incendio più alto rispetto ad un normale veicolo alimentato a benzina, precisando che entrambi i tipi di veicoli presentano un certo rischio di incendio in caso di grave incidente.

Nel 2013, la NHTSA ha aperto un'indagine ufficiale sulla Tesla Model S, dopo che un gancio metallico perso da un mezzo transitato in precedenza in autostrada aveva urtato contro il pacco batterie, causando un danneggiamento delle celle seguito da un incendio: l'auto aveva correttamente segnalato il problema, il guidatore aveva arrestato la vettura ed era sceso incolume ma la vettura era rimasta parzialmente danneggiata dall'incendio. A seguito di questo incidente, Tesla ha introdotto una modifica al software in modo da alzare leggermente l'altezza del pianale del Model S a velocità autostradale, in modo da ridurre la

⁵ Negli Stati Uniti i Vigili del Fuoco hanno base locale, non esiste un corpo nazionale o statale.

probabilità di urti fra oggetti sulla strada ed il pacco batterie. Dal 2013, al posto del precedente scudo in alluminio da ¼ di pollice (oltre 6 mm), il Model S dispone di uno scudo in titanio posto sotto le batterie e di deflettori in alluminio per evitare che oggetti sulla strada possano urtare il pacco batterie. Per le vetture costruite prima di tale data le nuove protezioni sono installate gratuitamente a richiesta del cliente o in occasione del primo intervento di manutenzione.

Le vetture Tesla dispongono inoltre di una protezione antincendio fra il pacco batterie ed il comparto passeggeri, ed in nessun caso un incendio delle batterie ha coinvolto i passeggeri.

In alcuni casi di incendio in Cina, il problema si è rivelato causato da batterie di qualità insufficiente, con materiali scadenti ed insufficiente isolamento termico.

Dopo l'uragano Sandy, nel 2012, diverse vetture elettriche presero fuoco mentre erano parcheggiate su un molo nel New Jersey. Si trattava di alcune Prius e di ben 16 Fisker Karma. L'indagine rivelò che gli incendi erano dovuti a cortocircuito dovuto alla corrosione salina: le auto erano rimaste sommerse in acqua salata per molte ore.

Altri incendi, peraltro in numero molto modesto, sono legati a banali difetti elettrici nell'impianto di ricarica, come il malfunzionamento di un fusibile nell'apparato di ricarica.

Un altro problema è la trasformazione aftermarket di veicoli "normali" in elettrici, una pratica che si sta diffondendo velocemente negli Stati Uniti ed in alcuni altri paesi e che interessa soprattutto veicoli commerciali (camion e furgoni, ma anche autobus di linea). Naturalmente, il modo con il quale officine diverse eseguono questa trasformazione varia ampiamente e non esiste uno standard condiviso. Attualmente non esiste alcuna normativa di sicurezza che indichi come tale trasformazione deve essere effettuata né se le officine meccaniche che la eseguono debbano possedere determinati requisiti o meno. È possibile che questo problema si manifesti anche in Italia nei prossimi anni.

In conclusione, è vero che alcune autovetture elettriche sono state coinvolte in incendi, ma il numero di tali eventi appare molto basso e causato in gran parte da incidenti stradali. L'enfasi che molti media hanno dato a tali eventi non appare completamente giustificata, ed è probabilmente legata al fatto che questi veicoli sono ancora percepiti come una novità, in alcuni casi anche molto costosa. Le agenzie pubbliche, in particolare la NHTSA statunitense e la AIBN norvegese che hanno indagato su incendi di vetture elettriche, hanno concluso che non sussistono particolari condizioni di rischio incendio connesso alle auto elettriche. Gli stessi costruttori di vetture elettriche sono stati molti sollecitati nel produrre documenti inerenti la sicurezza antincendio dei loro prodotti, nell'aggiornare periodicamente tali documenti sulla base delle nuove esperienze e nell'installare nuovi dispositivi sulle vetture, come schermi protettivi aggiuntivi.

Se si considera il numero di batterie agli ioni di litio in circolazione nel mondo (milioni e milioni, installate, più che sulle vetture elettriche, nei cellulari e nei computer portatili), il rischio di incendio di queste batterie è da considerare trascurabile.

Le stesse operazioni di ricarica delle batterie, beninteso del tipo agli ioni di litio o ancora meglio al litio-polimero, non presentano alcun tipo di emissione gassosa pericolosa e quindi non necessitano dei particolari accorgimenti che tradizionalmente erano richiesti per la ricarica delle "vecchie" batterie al piombo.

Secondo la National Fire Protection Association statunitense (NFPA) ogni anno negli Stati Uniti si verificano circa 150.000 incendi di autovetture. Altri studi indicano un numero più vicino a 300.000 incendi/anno (naturalmente queste differenze dipendono da come si definiscono le categorie statistiche). In ogni caso, ogni anno gli incendi di vetture elettriche sono molto pochi.

Le vetture elettriche sono ancora guardate come una novità. I dati disponibili in materia di rischio incendio delle vetture elettriche sono da considerare provvisori e dovranno essere verificati negli anni a venire. Tuttavia, dai dati statistici attualmente disponibili, il rischio di incendio delle vetture elettriche non appare significativamente più elevato rispetto alle tradizionali vetture alimentate con combustibili fossili.