



Myndigheten för  
samhällsskydd  
och beredskap

VÄGLEDNING

# Räddningsinsats där litiumjonbatterier förekommer



## **Räddningsinsats där litiumjonbatterier förekommer**

© Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)  
Enhet: Enheten för brand och räddning

Publ nr: MSB2371 – juni 2024  
Ersätter: MSB1615 – augusti 2020  
ISBN: 978-91-7927-505-1

# Förord

Den här vägledningen syftar till att utveckla räddningstjänstens kunskap och förståelse kring litiumjonbatterier, elfordon och andra litiumjonbatteridrivna applikationer. Vägledningen baseras på aktuellt kunskapsläge inom området 2023. Vägledningen berör orsak, hantering och insatsmetodik vid litiumjonbatterier som är inblandade i brand.

De metoder som föreslås i vägledningen ska ses som möjliga metoder. Utvecklingen sker snabbt inom området och nya sätt att hantera bränder och olyckor utvecklas hela tiden. I de fall där lagar, regler, föreskrifter, tillverkarens eller den egna organisationens anvisningar ställer högre eller andra krav så har dessa företräden.

Med hjälp av rutiner, utbildning, tekniska lösningar och rätt nivå av skyddsutrustning kan olyckor förebyggas och konsekvenserna minskas om olyckan ändå skulle vara framme.

Stockholm, 2024-06-17

Patrik Perbeck

Biträdande avdelningschef, Avdelningen för räddningstjänst och olycksförebyggande

# Sammanfattning

Den här vägledningen presenterar övergripande fakta om litiumjonbatterier och förklarar orsak och uppkomst till termisk rusning, samt hur den sprids från battericell till battericell, så kallad propagering. Vägledningen ger också förslag på insatsmetodik vid brand i litiumjonbatterier.

De senaste åren har kunskapen om vätefluorid och dess påverkan på räddningstjänstpersonal ökat, med positiva följder. Tack vare den nya kunskapen bedöms risken med batterigasernas giftighet vara lägre än tidigare bedömning och på samma nivå som annan brandrök. Det medför att räddningstjänsten kan hantera brinnande litiumjonbatterier på samma sätt som andra bränder vad gäller giftighet.

Risken som är minst känd, och kanske allvarligast för stunden, är att litiumjonbatterier som termiskt rusar kan producera brandfarliga gaser som kan vara explosiva. Det innebär att alla volymer där gaser kan ansamlas måste betraktas som att det finns en risk för explosion. I skrivande stund finns det inte kunskap om vilket förhållande mellan battericellers storlek och rumsvolymers storlek som är riskabelt med tanke på explosioner. Det är en utmaning, vilket vägledningen förklarar tillsammans med grova riktlinjer om hur räddningstjänstpersonalen kan tänka kring det här, före och under en insats.

Ett område som är aktuellt och där det sker mycket undersökande arbete just nu är återantändning av brinna eller skadade elektriska fordon. Den här vägledningen beskriver det på ett övergripande plan, då det är ett viktigt och efterfrågat område. Det krävs samarbete mellan räddningstjänster, bärgningsföretag, bilverkstäder och fordonstillverkare, så att fordon som man vet har en risk för återantändning transporteras på ett säkert och effektivt sätt och därefter placeras på ett klokt sätt för att minska risken för brandfara.

Vägledningen utvecklar kunskapen om att hantera bränder i litiumjonbatterier för att en insats ska kunna ske på ett säkert sätt. Även om det fortfarande finns områden kvar där det behöver ske utveckling av batterisystem och räddningstjänstmetodik så kommer den här vägledningen att vara till hjälp för att kunna utföra insatser på ett effektivt sätt. Det handlar främst om batterienergilagring i bostäder, energilagring i stora system och batteridrift för tunga fordon, tillsammans med batterisystem, laddning och förvaring av batterier för mikromobilitet.

# Innehåll

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b> .....	<b>7</b>
1.1	Målgrupp .....	8
1.2	Syfte och mål .....	8
1.3	Avgränsningar .....	8
1.4	Begrepp och förkortningar .....	9
<b>2</b>	<b>BAKGRUND</b> .....	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>LITIUMJONBATTERIER</b> .....	<b>12</b>
3.1	Bärbara litiumjonbatterier .....	14
3.2	Transportabla litiumjonbatterier .....	14
3.3	Större litiumjonbatterier .....	14
3.3.1	Elfordon .....	14
3.3.2	Batterienergilagrar .....	16
<b>4</b>	<b>GENERELLA RISKER OCH ÅTGÄRDER</b> .....	<b>17</b>
4.1	Varningar .....	17
4.2	Termisk rusning .....	17
4.2.1	Brinnande termisk rusning .....	20
4.2.2	Rykande termisk rusning .....	20
4.2.3	Åtgärder vid termisk rusning .....	21
4.2.4	Brandgaser .....	21
4.2.5	Explosioner .....	22
4.2.6	Jetflammar .....	25
4.3	Elrisker .....	26
4.3.1	Elrisker i fordon .....	26
4.3.2	Ljusbågar och kortslutningar .....	29
4.3.3	Strömgenomgång .....	30
<b>5</b>	<b>ATT PLANERA OCH FÖRBEREDA EN RÄDDNINGSSINSATS</b> .....	<b>31</b>
5.1	Att planera för räddningsinsats vid bränder i bärbara och transportabla litiumjonbatterier .....	31
5.2	Att planera för räddningsinsats vid bränder i elfordon .....	31
5.2.1	Larmplaner .....	31
5.3	Att planera för räddningsinsats vid bränder i batterienergilagrar .....	33
5.3.1	Larmplaner .....	33
5.4	Skyddsutrustning .....	34
5.5	Miljöfaktorer vid räddningsinsatser .....	34
<b>6</b>	<b>ATT GENOMFÖRA OCH AVSLUTA EN RÄDDNINGSSINSATS</b> .....	<b>35</b>
6.1	Insats vid bränder i bärbara och transportabla batterier .....	35
6.2	Insats vid bränder i elfordon .....	37
6.2.1	Elrisker vid en släckinsats av fordon .....	38
6.2.2	Explosionsrisk vid en släckinsats av fordon .....	39
6.2.3	Förbränningsprodukter vid bränder i fordon .....	40

6.2.4	Påverkan på konstruktioner vid bränder i elfordon.....	41
6.2.5	Brandrisk vid trafikolyckor och losstagning.....	42
6.2.6	Utlarmning och framkörning.....	44
6.2.7	Framkomst och omedelbara åtgärder.....	44
6.2.8	Genomförande av insatsen.....	49
6.2.9	Avspärning, utrymning, inrymning och VMA.....	52
6.2.10	Risker som kan finnas kvar efter en räddningsinsats.....	52
6.2.11	Att avsluta räddningsinsats.....	53
6.2.12	Restvärdesarbete och sanering.....	53
6.2.13	Ansvar för arbetsmiljön i samband med avslut av insatsen.....	54
6.3	Insats vid bränder i batterienergilagrar.....	55
6.3.1	Elrisker vid en släckinsats av batterienergilagrar.....	56
6.3.2	Explosionsrisk vid en släckinsats av batterienergilagrar.....	56
6.3.3	Förbränningsprodukter vid bränder i batterienergilagrar.....	57
6.3.4	Påverkan på konstruktioner vid bränder i batterienergilagrar.....	57
6.3.5	Utlarmning och framkörning.....	58
6.3.6	Framkomst och omedelbara åtgärder.....	58
6.3.7	Genomförande av insatsen.....	59
6.3.8	Avspärning, utrymning, inrymning och VMA.....	60
6.3.9	Risker som kan finnas kvar efter en räddningsinsats.....	61
6.3.10	Att avsluta räddningsinsats.....	62
6.3.11	Restvärdesarbete och sanering.....	62
6.3.12	Ansvar för arbetsmiljön i samband med avslut av insatsen.....	62
<b>7</b>	<b>HÄNDELSERAPPORT OCH OLYCKSUTREDNING.....</b>	<b>63</b>
7.1	Stöd för händelserapporten.....	63
7.2	Stöd för olycksutredning.....	64
<b>8</b>	<b>LÄSTIPS.....</b>	<b>65</b>
<b>9</b>	<b>REFERENSER.....</b>	<b>66</b>

# 1 Inledning

Sverige håller på att ställa om till ett fossilfritt samhälle och användning av litiumjonbatterier blir allt vanligare. Elfordon och andra elapplikationer, som elcyklar och mobiltelefoner, som innehåller litiumjonbatterier har också ökat. Samtidigt ökar installationer av batterienergilagrar i bostäder och kontor, för att kunna nyttja energin från solkraft och vindkraft dygnet runt.

Myndigheter och andra organisationer har under de senaste åren fördjupat sig i riskerna med litiumjonbatterier som hamnar i termisk rusning. Det kan ske vid till exempel mekanisk åverkan, överhettning eller interna elektriska fel. Det här ligger till grund för olika typer av lösningar för att hantera incidenter som omfattar litiumjonbatterier. Med nya kunskaper kommer nya lösningar och metoder.

Bränder och rök i litiumjonbatterier bedömdes med tidigare kunskap kräva mycket vatten och omfattande personella och materiella resurser under lång tid.

Förhoppningen är att den metodik som den här vägledningen beskriver ska bidra till en smidigare och mindre resurskrävande hantering av sådana händelser.

Vägledningen introducerar möjligheten att penetrera fordonsbatterier med verktyg som är avsedda och godkända för ändamålet. På det viset förkortas räddningstjänstens tid på skadeplatsen och mängden släckvatten minskar. Den här metoden baseras på försök där propagerande litiumjonbatterier har släckts på kort tid genom att upprätta ett internt vattenflöde inuti ett batteripack. [Rapporten<sup>1</sup>](#), som delar av den här vägledningen grundas på, bekräftar att släckningstekniken med vattenflöde inne i batteriet fungerade på de fordonsbatterier som testen utfördes på. Innan metoden som presenteras i denna vägledning används behöver arbetsgivare bedöma att den ska användas, personal behöver utbildas och verktyg behöver bedömas att de är säkra för uppgiften. Vid bränder i andra batterityper behöver ytterligare försök göras för att veta effekten. Genom att beakta de säkerhetsaspekter vi har beskrivit här kan metoden dock användas på ett säkert sätt.

2013 genomförde MSB försök inom projektet ”Räddningskedjan”<sup>2</sup>, där vi bland annat provade penetration av batteripack. De försöken misslyckades, något vi i efterhand har kunnat förklara med att vi då försökte skjuta sönder enstaka brinnande celler med skärsläckare, medan de senare, lyckade försöken, är baserade på att kyla battericeller som ännu inte börjat termiskt rusa för att förhindra att de börjar brinna.

---

<sup>1</sup> (MSB, 2023)

<sup>2</sup> (FSI, 2013)

## 1.1 Målgrupp

Den här vägledningen vänder sig främst till alla som verkar i kommunens räddningstjänst inom det operativa arbetet, men kan även vara av intresse för andra aktörer som till exempel restvärdespersonal, annan blåljusverksamhet samt bärgare.

## 1.2 Syfte och mål

Syften med den här vägledningen är:

- att utveckla räddningstjänsternas kunskap och förståelse för risker och metoder för hantering av litiumjonbatterier som är inblandade i bränder
- att ge räddningstjänsterna stöd i resonemang om val av släckmetod och olika taktiska möjligheter.

Målet är att räddningstjänsten ska kunna genomföra säkrare och mer effektiva räddningsinsatser vid bränder där litiumjonbatterier är inblandade.

## 1.3 Avgränsningar

Den här vägledningen beskriver risker och metoder för att släcka bränder i litiumjonbatterier baserat på de kunskaper som finns när den här vägledningen skrivs.

Metoden att på ett säkert sätt använda invändig påföring av vatten är baserad på ett begränsat antal praktiska försök med fordonsbatterier, med grund i en omfattande litteraturstudie<sup>3,4,5</sup>. Det går inte att med säkerhet påvisa att den kommer att fungera för andra typer av batterier.

Det finns risk för explosion i samband med termisk rusning och det har inträffat explosioner i Sverige och världen. Det finns i dagsläget begränsad kunskap om hur stort det här problemet är, men forskning och utveckling pågår på området.

---

<sup>3</sup> (Bisschop, Willstrand, Rosengren, 2020)

<sup>4</sup> (Egelhaaf, Kress, Wolpert, Lange, Justen, 2013)

<sup>5</sup> (Zhang, Kaiqiang, Sun, Wang, 2022)



## 1.4 Begrepp och förkortningar

**Tabell 1.** Förklaringar av begrepp och förkortningar

Begrepp och förkortningar	Förklaring
Battericell	Grundläggande uppladdningsbar energilagransanordning som består av elektroder, elektrolyt, behållare, terminaler och vanligtvis separatorer. Battericellen är en källa för elektrisk energi som fås genom direkt omvandling av kemisk energi. <sup>6</sup>
Batterienergilagrar	Med hjälp av ett batterienergilagrar kan exempelvis en solcellsanläggning lagra överflödet av energi från dagen för att sedan tillhandahålla det under natten. Ett batterienergilagrar kan också användas för att kapa effekttoppar i exempelvis ett flerbostadshus där toppeffekterna kan påverka elkostnaden.
Batterimodul	Sammansättning av flera battericeller som utgör subsystem av batteripacket.
Batteripack	Anordning för energilagring som innehåller celler eller cellsamlingar som normalt är anslutna till cellelektronik och en anordning för överströmsavstängning med elektriska sammankopplingar och gränssnitt för externa system. <sup>7</sup>
BMS	Battery Management System. Skyddar batterisystemet från skador, övervakar och ökar livslängden och upprätthåller det funktionella tillståndet. <sup>8</sup>
Cylindrisk cell	Battericell i form av en cylinder. Ofta med metallhölje.
Elfordon	Fordon med en eller flera elektriska drivningar för framdrivning av fordonet. <sup>9, 10, 11</sup> Där elfordon nämns i den här vägledningen kommer energin till den elektriska drivningen från litiumjonbatteri.
Emergency Response Guide, ERG	ERG är dokument som innehåller teknisk produktinformation som kan användas för att fastställa rutiner och metoder för räddningsinsatser för fordon. <sup>12, 13, 14</sup>
Explosion	En snabb process som frigör energi och ger upphov till en tryckvåg.
Framdrivningsbatteri	Kallas även traktionsbatteri. Samling av alla batteripack som är elektriskt anslutna för att leverera elkraft till den elektriska drivningen av ett fordon. <sup>15</sup>
Hjuldolly	Hjälpmiddel som används i till exempel verkstäder för att manuellt förflytta en bil utan att fordonets egna hjul används.
Litiumjonbatteri	Uppladdningsbart batteri baserat på litiumjonteknik och en organisk elektrolyt.
Prismatisk cell	Battericell med ett hårt cellhölje i formen av en liten låda (prismatisk). En prismatisk cell har hög energitäthet.
Propagering	Processen när en termisk rusning i en litiumjonbattericell sprider sig vidare från cell till cell i ett batteri.

<sup>6</sup> (ISO - International Organization for Standardization, 2019)

<sup>7</sup> (ISO, 2016)

<sup>8</sup> (ISO, 2020)

<sup>9</sup> (ISO, 2022)

<sup>10</sup> (ISO, 2022)

<sup>11</sup> (ISO, 2022)

<sup>12</sup> (ISO, 2022)

<sup>13</sup> (ISO, 2022)

<sup>14</sup> (ISO, 2022)

<sup>15</sup> (ISO, 2018)

Begrepp och förkortningar	Förklaring
Påscell	Battericell där cellhöljet består av laminerade metall-polymerfolier. En påscell har hög energitäthet och god värmeavledning. Battericellen har inget hårt hölje runt själva cellen och kallas på engelska för pouchcell.
Räddningskort, Rescue Sheet	Dokument inom ISO standard 17840 som innehåller fordons- och modellspecifika standardiserade datablad med teknisk information för räddningstjänstpersonal. Hittas bland annat i appen Euro Rescue eller CRS Crash Recovery System.
SOC	State of Charge är tillgänglig kapacitet hos ett uppladdningsbart energilagringssystem uttryckt i procent av den nominella kapaciteten. <sup>16</sup> Det svenska ordet är laddningsgrad.
Termisk rusning	Okontrollerbart tillstånd där en battericell överhettas och når mycket höga temperaturer under korta perioder (sekunder) genom intern värmeutveckling. <sup>17</sup>
Återantändning	Händelse då ett till synes släckt material börjar brinna igen.

---

<sup>16</sup> (ISO, 2019)

<sup>17</sup> (ISO, 2024)

## 2 Bakgrund

MSB har under de senaste åren uppmärksammat riskerna vid bränder i litiumjonbatterier och de svårigheter som finns i samband med räddningsinsats. Tekniken utvecklas snabbt och det finns ett behov av ny kunskap inom området.

Under många år har det inkommit frågor från räddningstjänsterna till MSB om risker och släckning av bränder i litiumjonbatterier. De frågor som kommer idag rör främst vilka elrisker som finns, hur man hanterar dem på ett säkert sätt, samt hur man kommer åt att släcka beroende på typ och storlek av batteri. Det finns också risker för explosioner att hantera.

Vid bränder och termisk rusning i litiumjonbatterier kan ämnet vätefluorid bildas. En fråga som tidigare varit högst aktuell är hur farlig vätefluorid är. Ämnet har hudskadande och systemtoxiska egenskaper. Med anledning av det har Totalförsvarets forskningsinstitut på uppdrag av MSB genomfört en studie<sup>18</sup> för att undersöka risker för ett potentiellt hudupptag hos räddningstjänstpersonal med externt luftpaket. Sammantaget visade resultaten att risken för ett potentiellt hudupptag av vätefluorid är låg och att det är osannolikt att allvarliga konsekvenser kan uppstå. Det går däremot inte att utesluta att viss smärta eller hudrodnad kan uppkomma.

---

<sup>18</sup> (Totalförsvarets forskningsinstitut, 2021)

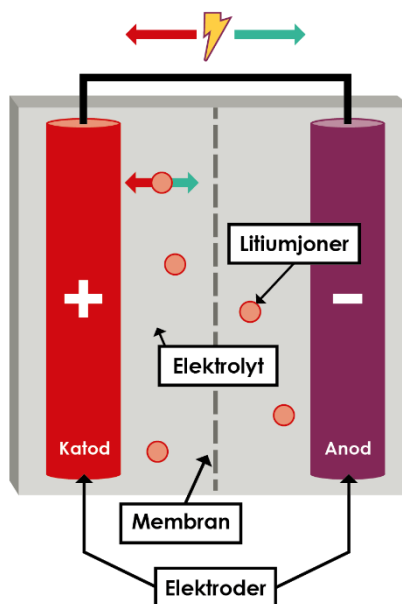
### 3 Litiumjonbatterier

Det här kapitlet vänder sig till alla som behöver ha en grundläggande förståelse och kunskaper om litiumjonbatterier, vilka typer och utseenden som finns samt hur de är uppbyggda och fungerar.

Det finns olika varianter av litiumjonbatterier med lite olika ingående kemiska ämnen, vilket kan ha viss betydelse för riskerna. Vägledningen gör ingen skillnad mellan olika typer av litiumjonbatterier, eftersom de fysiska egenskaperna och riskerna är likartade. Litiumjonbatterier kallas den grupp batterier där battericellens energi utvinns genom att joner av litium rör sig mellan batteriets elektroder, se figur 1. De har blivit allt vanligare i samhället. En anledning till det är de har en högre effekt- och energitäthet än andra typer av laddningsbara, även kallade sekundära, batterier.

Figur 1. Uppbyggnad av en litiumjonbattericell.

#### Principiell uppbyggnad



Litiumjonbatterier har bra batteriprestanda och används därför i exempelvis hoverboards, cyklar, telefoner, datorer, handhållna verktyg och maskiner, bilar och batterienergilagring i byggnader med mera.

Typiska former på battericellerna är:

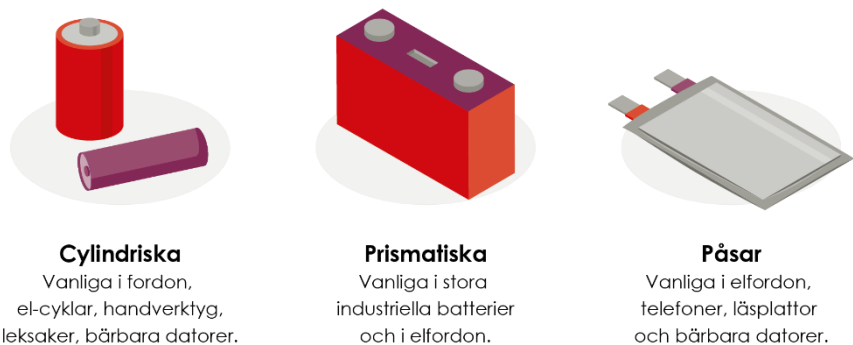
- **Cylindriska.** Cylindriska battericeller är ofta inneslutna i en större modul, men kan även förekomma enskilt. De finns exempelvis i vissa bilmodeller, elcyklar, handverktyg, leksaker och bärbara datorer.
- **Prismatiska.** Prismatiska battericeller är utformade som kuber med hårt skal. De finns i olika storlekar, antingen med standardmått eller särskilt

anpassade för den utrustning som drivs. Den typen av battericeller är vanliga i större industriella batterier och i elfordon.

- **Påsceller.** För påsceller ligger battericellen innesluten i en tunn laminerad folie. Den här typen är vanlig i elfordon, telefoner, läsplattor och bärbara datorer. Det mjuka skalet gör den här battericellen mer känslig för stötar och slag.

Figur 2 illustrerar de olika formerna på battericeller och ger exempel på produkter de används i.

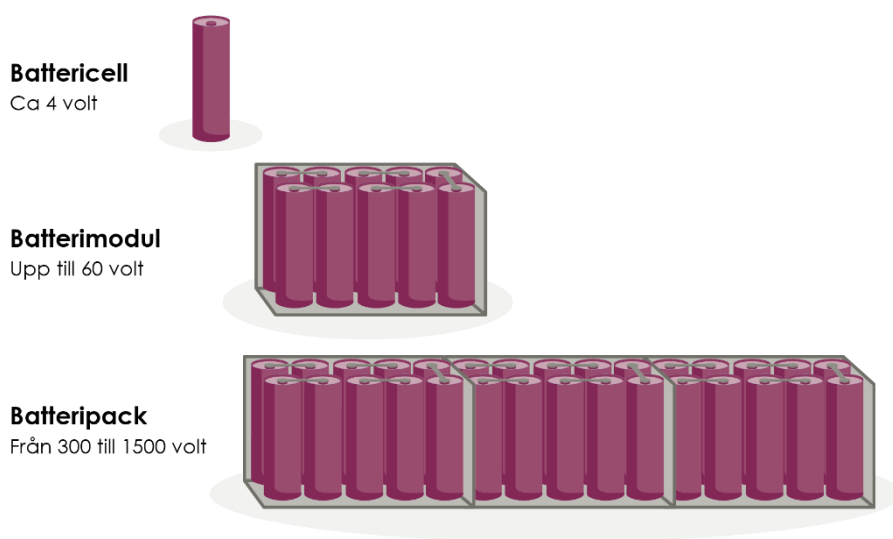
**Figur 2.** Utseende och förekomst av litiumjonbatterier.



Det finns ingen standardiserad märkning på produkter som informerar om att de innehåller litiumjonbatterier. Det kan därför vara svårt att se på utsidan av exempelvis ett fordon om det är ett elfordon som drivs av litiumjonbatteri.

När man talar om litiumjonbatterier i olika typer av utrustning så nämns ofta begreppen battericell, batterimodul och batteripack, se figur 3.

**Figur 3.** Uppbyggnad av litiumjonbatterier.



En battericell är den minsta delen i systemet. Den kan vara utformad exempelvis som ett cylindriskt eller prismatiskt batteri, eller som en påse. Typisk spänning i en battericell av litiumjontyp kan ligga runt 4 volt.

Lite mer energikrävande utrustning, som exempelvis handverktyg eller cyklar, innehåller flera battericeller, ofta i en inneslutning, det vill säga en batterimodul. Spänningen i en batterimodul kan ligga upp mot 60 volt. Anledningen till att 60 volt är max i moduler är att de då ligger under en spänning som i torr miljö kan hanteras utan tilläggskydd.

För stora energiförbrukare används batteripack. Där finns ännu fler battericeller än i en modul, eller flera moduler som är omslutna av ett yttre hölje. Ett batteripack kan ha en spänning från ca 100 volt upp mot 1500 volt.

### **3.1 Bärbara litiumjonbatterier**

Bärbara litiumjonbatterier avser den typen av batterier som används i exempelvis mobiltelefoner, laptops, handverktyg, leksaker, pannlampor och radioapparater.

Föremål med bärbara litiumjonbatterier har ofta en enklare systemuppbyggnad och battericeller av lägre kvalitet, jämfört med exempelvis elfordon som innehåller större batterier. Bärbara litiumjonbatterier utsätts ofta för krävande och ibland vårdslös hantering. Dessutom saknar de ett lika specificerat regelverk som finns för fordon.

### **3.2 Transportabla litiumjonbatterier**

Transportabla litiumjonbatterier avser den typen av batterier som används i exempelvis elsparkcyklar, elcyklar, hoverboards, permobiler, elmopeder och ibland även elmotorcyklar (kan också innehålla större batterier). Liksom för bärbara batterier utsätts de här batterierna ibland för krävande och vårdslös hantering och saknar ibland ett specifikt regelverk. De har oftast också ett betydligt enklare BMS-system.

### **3.3 Större litiumjonbatterier**

Större litiumjonbatterier har högre prestanda och även högre krav och reglering. Större batterier används i exempelvis elbilar, elhybridbilar, elbussar, ellastbilar och stationära batterienergilagrar.

#### **3.3.1 Elfordon**

Historiskt sett har större batteriinstallationer för till exempel elbilar och stationära batterienergilagrar byggts med celler som grupperats i moduler. Modulerna sätts sedan ihop till ett komplett batteri, med ett yttre batterihölje av stål eller aluminium som bildar en skyddande struktur runt batteriet.

Säkerheten i elbilar och andra större fordon är ganska välutvecklad. Där finns flera lager av skydd som ska

- förhindra att batteriet skadas
- se till att konsekvenserna blir så små som möjligt om batteriet ändå skadas.

Några exempel är:

- Skydd i själva battericellen, exempelvis tryckavlastning och begränsning av strömuttaget.
- Avstånd eller isolerande skiljeväggar mellan battericeller i en modul och mellan moduler i ett pack.
- Yttre mekaniskt skydd, det vill säga var batteriet är placerat och i vad.
- BMS-system. Det reglerar hur battericellerna laddas och används så att de inte skadas av felaktig spänning, över- eller underladdning samt temperatur.

I takt med teknikutvecklingen inom fordonsindustrin kommer nya typer av batterikonstruktioner, där batteriet optimeras med avseende på energitäthet och vikt. Det är därför viktigt att i ett tidigt skede av en insats studera fordonets räddningskort eller emergency response guide (ERG), för information om batteriets uppbyggnad i det aktuella fordonet.

Vägfordon omfattas av regleringar och internationella standarder. Dessa krav och standarder omfattar bland annat

- isolationsvärden
- fysisk åtkomst till elektriskt ledande komponenter
- täthetskrav
- nedstängning av högvoltssystemet vid krock.

FN:s fordonslagstiftning<sup>19</sup> ställer krav på typgodkännande, som måste uppfyllas för att en fordonmodell ska få säljas på marknaden. Lagstiftningen uppdateras i takt med teknikutvecklingen och utifrån de behov som identifieras på marknaden. För elbilar finns det särskilda krav för el- och batterisäkerhet<sup>20</sup> som omfattar

- mekaniskt våld (krock) och vibrationer
- olika typer av elfel och termisk exponering
- olika miljöfaktorer, som till exempel fukt.

Transportstyrelsen representerar Sverige i FN:s arbetsgrupp som utvecklar och beslutar om kraven. Dessutom finns testinstitut med egna säkerhetskrav, till

---

<sup>19</sup> (UNECE - United Nations Economic Commission for Europe, u.d.)

<sup>20</sup> (UNECE, 2024)

exempel Euro NCAP och IIHS (Insurance Institute for Highway Security), som testar fordon och rangordnar dem med avseende på säkerhet. Kraven på krockvåldstålighet som ställs på elfordon är likvärdiga med dem för fordon med andra bränsleslag, till exempel bensin- och dieseldrivna fordon.

Batteriet skyddas både av fordonskarossen och av den mekaniska konstruktionen runt batteriet. Den fysiska placeringen av batteriet är viktig, eftersom energiupptagande krockzoner skyddar batteriet från fysisk deformation i alla riktningar, på samma sätt som fordonet skyddar sina passagerare. Batteristrukturen säkrar att täthetskraven uppfylls, det vill säga IP-klassningen. Det innebär att batteriet är skyddat mot yttre miljö och testat för att klara av exponering för vatten (vadning och vattenbegjutning).

Batteriet styrs och övervakas av ett BMS-system. BMS-systemet övervakar att enskilda celler och batteriet som helhet håller sig inom de övre- och undre spänningsnivåer, samt ström- och temperaturgränser, som batteriet är designat för. BMS-systemet kan vid behov begränsa effektuttaget, för att undvika avvikelser och vid en akut risksituation kopplas batteriet bort från högvoltssystemet, antingen direkt eller vid omstart.

Elfordons BMS har många olika lager av säkerhet, vilket återspeglas i brandstatistiken när man jämför med andra batterisystem som inte har samma typ av säkerhetsfunktioner.

### 3.3.2 Batterienergilagrar

Batterienergilagrar kan finnas exempelvis i villor, flerbostadshus, industrier, skolor och laddstationer. Batterienergilagrar kan även vara flyttbara och litiumjonbatterierna är då fastmonterade i containrar eller fordon.

Batterienergilagrar i byggnader är ofta i form av litiumjonbatterier anslutna till solcellssystem eller andra förnybara energislag. De finns i storlek från några enstaka kWh upp till flera hundra kWh.

Det är karakteristiskt för de stora energilagren att samla många battericeller i en begränsad volym. Ibland finns cellerna i moduler som sedan placeras i rack och i andra fall använder man begagnade celler från fordonsbatterier som är placerade i befintligt pack.

Batterienergilagrar har egna regelverk och branschstandarder för batteristyrning och säkerhet.<sup>21, 22, 23, 24, 25</sup>

---

<sup>21</sup> (UL Solutions, 2020)

<sup>22</sup> (NFPA, 2023)

<sup>23</sup> (Standards New Zealand, 2019)

<sup>24</sup> (ICC International Code Council, 2021)

<sup>25</sup> (NFPA, 2023)



# 4 Generella risker och åtgärder

Följande risker förknippas med litiumjonbatterier:

- Termisk rusning
  - Brinnande termisk rusning
  - Rykande termisk rusning
  - Brandgaser
  - Explosioner
  - Jetflammar
- Elrisker
  - Ljusbågar och kortslutningar
  - Strömgenomgång

## 4.1 Varningar

I den här vägledningen använder vi varningssymboler för att lyfta fram och klassificera olika risker. Här följer en förklaring av innebörden av de olika varningssymbolerna.



**WARNING! Risk för personskador och död.**



**AKTA! Risk för materiella skador.**



**NOTERA! Information att vara uppmärksam på.**

## 4.2 Termisk rusning

Termisk rusning är ett stadium då en battericell i ett litiumjonbatteri själv genererar stora mängder av värme, efter att cellen hettats upp av yttre eller inre värme.

Battericellen har då blivit kemiskt instabil, vilket ger upphov till en accelererande temperaturökning som kan leda till brand i batteriet. När temperaturökningen nått en nivå då det kommer rök med hög hastighet eller lågor ur battericellen har det blivit en termisk rusning som inte går att stoppa. Vid något stadiet under den termiska rusningen blir det en intern kortslutning i battericellen, vilken omvandlar

den elektriska energin till värme. Hög temperatur sönderdelar elektrolyten i olika gaser och kan samtidigt frigöra syre från katodmaterialet.

Återantändning av ett brunnat batteri kan innebära att en brand som redan släckts startas om på nytt.

### Termisk rusning

Termisk rusning innebär att den elektriska och kemiska energin omvandlas till värme på ett okontrollerat sätt. Då höjs temperaturen i battericellen väldigt snabbt. Energin slår också sönder den jonledande vätskan, elektrolyten, till brandfarlig gas.

Kombinationen av värme och brandfarlig gas är mycket farlig. Av den gas som bildas kan hela 30% – 50% vara vätgas. Dessutom kan syre frigöras som kan bidra till ett häftigt brandförlopp om den brandfarliga gasen antänds.

För att en battericell ska drabbas av termisk rusning krävs att det uppstår en situation där cellen genererar mer värme än vad batteriet kan avleda. Detta startar olika kedjereaktioner som ytterligare förvärrar situationen då olika cellmaterial blir instabila och bryts ner, ofta till mer brännbara ämnen. Figur 4 visar händelseförlopp som kan leda till termisk rusning.

**Figur 4.** Exempel på händelseförlopp som kan leda till termisk rusning.



Det finns ett antal riskscenarier som kan leda till en säkerhetsincident i ett batteri och som i värsta fall kan resultera i en termisk rusning, till exempel:

- mekaniska effekter, till exempel deformation eller inträngning av battericellerna
- höga temperaturer, till exempel yttre brand
- överurladdning
- överladdning
- extern kortslutning
- intern kortslutning

Vid tillräckligt hög temperatur frigörs syre från de metalloxider som finns i många katodmaterial hos litiumjonbatterier. Syret kan i sin tur reagera med de ämnen som bildats när elektrolyten sönderdelats till brandfarlig gas. Den reaktionen tillför ytterligare värme.

Ett batterisystem karakteriseras av spänning, elektrisk kapacitet, effekt och energitäthet. Det elektriska energinnehållet är bara en bråkdel av den totala mängden energi som finns i batteriet. Den kemiska energi som är lagrad i cellernas material är grovt räknat cirka fem gånger högre än det elektriska innehållet och frigörs i samband med förbränning av batteriet.

Tröskeln för när litiumjonbatterier kan självgenerera värme som kan leda till en termisk rusning varierar mellan olika cellkemier, men kan för vissa celltyper ligga vid en celltemperatur i området 70-100° C eller högre. Vid temperaturer på 80-150° C kan en så kallad gasning/ventilering uppstå, vilket är en inbyggd säkerhetsmekanism i batteriet som är till för att avlasta den tryckuppbyggnad som då sker inne i battericellen. Vid ventilering kan det, innan den termiska rusningen börjar, avges små mängder rök eller osynliga gaser. Det kan gå att bromsa det tidiga förloppet innan termisk rusning genom att kyla en battericell till under den kritiska temperaturen.



**WARNING! Ett batteri som varit utsatt för hög värme ska alltid betraktas som ett batteri som kan antändas senare eller ha spänning kvar.**

Cellfel i batterier är ovanliga och svåra att upptäcka. De drabbar cirka 1–2 celler av 10 000 000 producerade celler. Cellfel kan visa sig efter flera månader eller år.

Batteriets laddningsstatus, SOC-nivån (State of Charge), har stor betydelse för hur cellerna reagerar på samtliga ovanstående orsaker. Generellt gäller att batteriet reagerar mer kraftfullt ju högre laddningsstatus det har.

När den termiska rusningen väl har satts igång i en cell kan den sprida sig vidare till närliggande celler. Den höga värmen från den första cellen drar igång termisk rusning även i övriga celler, som en dominoeffekt. Detta kallas propagering.

### Propagering

Processen när en termisk rusning i en litiumjonbattericell sprider sig vidare från cell till cell i ett batteri.

#### 4.2.1 Brinnande termisk rusning



**WARNING! Jetflammor.**



**WARNING! Hälsö- och brandfarliga gaser.**

Brinnande termisk rusning innebär att det inte är en explosionsfara i de utrymmena där det brinner. Det innebär att det går att rökdyka och hantera branden enligt vanliga rutiner för bränder i elektrisk utrustning inomhus, med de tillkommande risker som litiumjonbatterier kan medföra. Se även avsnitt **4.2.4 Brandgaser**.

#### 4.2.2 Rykande termisk rusning



**WARNING! Explosionsrisk.**



**WARNING! Hälsö- och brandfarliga gaser.**

Vid en rykande termisk rusning produceras enbart rök, som består av brandfarliga gaser. Det leder till att utrymmen i en byggnad som är rökfyllda kan explodera. Hur fort det går att komma upp i en brandfarlig blandning beror på volymen av utrymmet, ventilation, storleken på battericellerna i anläggningen och vilken laddningsgrad och batterikemi det är i cellerna. De många variablerna gör det svårt för en räddningstjänst att veta om, eller när, det kommer att kunna ske en explosion. Skillnaden mot många andra brandfarliga gaser är att röken från en termisk rusning är synlig. Kännetecknande för röken är att den är ljus/vit/grå och ibland är tyngre än den omgivande luften. Se även avsnitt **4.2.4 Brandgaser**.

### 4.2.3 Åtgärder vid termisk rusning

Om det enbart är rykande termisk rusning bör det hanteras som en läckande gasflaska med brandfarlig gas.

Bästa möjligheten att stoppa en brand i ett batteripack eller en batterimodul där det pågår en propagering av en termisk rusning är att kyla samtliga battericeller. Ett effektivt sätt är att få in vatten i batteriet som det brinner i. Vatten som flödar med ett lågt flöde runt oskadade celler är i många fall tillräckligt för att hindra dem från att värmas upp till kritiska temperaturer. På samma sätt kyler vattnet den cellen där det är en termisk rusning. Om cellerna är inbyggda i moduler som det inte går att få in vatten i kyler man istället modulernas utsida för att hindra propagering från modul till modul.

#### Åtgärder vid termisk rusning

- Kyl samtliga battericeller.

### 4.2.4 Brandgaser



**WARNING! Hälsa- och brandfarliga gaser.**

Processen då ett litiumjonbatteri kan uppnå termisk rusning genererar olika gaser beroende på om ventilerade gaser antänds eller bara ryker. Om det är en **rykande termisk rusning** består dessa gaser huvudsakligen av:

- vätgas ( $H_2$ )
- koldioxid ( $CO_2$ )
- kolmonoxid ( $CO$ )
- korta kolväten, till exempel metan ( $CH_4$ ), etan ( $C_2H_6$ ) etylen ( $C_2H_4$ ) och propan ( $C_3H_8$ ).

Rykande termisk rusning kan vid vissa omständigheter leda till explosion, se avsnitt **4.2.5 Explosioner**. Dessutom förekommer **sura gaser** i form av till exempel vätefluorid ( $HF$ ) och fosforylfluorid ( $POF_3$ ) som är frätande och giftiga vid låga koncentrationer. Om det är en **brinnande termisk rusning** kommer de gaser som är brandfarliga att förbrännas och istället bilda förbränningsprodukter, som till exempel koldioxid ( $CO_2$ ) och vatten ( $H_2O$ ). Gasens sammansättning beror på flera parametrar, som cellkemi, laddningsstatus och temperatur liksom om gasen antänds eller inte.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> (Rowden & Garcia-Araez, 2020)

Ett ämne som tidigare varit en anledning till oro är vätefluorid där korttidsgränsvärdet anges till 1,7 mg/m<sup>3</sup> (2 ppm), det vill säga ett medelvärde över en period på 15 minuter.<sup>27</sup> Gränsen för att förnimma vätefluorid är lägre än detta gränsvärde och anges ligga mellan 0,04 och 0,13 ppm. Redan vid dessa nivåer upplevs kraftigt obehag, som irritation.<sup>28</sup>

#### 4.2.4.1 Åtgärder vid brandgaser

Vid en litiumjonbatteribrand är sannolikheten låg för att utsättas för koncentrationer av vätefluorid som är högre än gränsvärdena.<sup>29</sup>

Räddningspersonal som bär larmställ och tryckluftsapparat i tät brandrök anses ha ett fullgott skydd mot skadlig exponering av vätefluorid och andra gaser.<sup>30,31</sup>

#### 4.2.5 Explosionser

En explosion är en snabb volymökning med en extremt snabb frigörelse av energi.

Litiumjonbatterier innehåller i sin ursprungliga form inga explosiva ämnen, men däremot brännbara ämnen och mycket elektrisk energi. Explosion och brand i samband med termisk rusning i litiumjonbatterier beror på att elektrolyt sönderdelas och bildar både brandfarliga och explosiva gasblandningar.

#### 4.2.5.1 Gasexplosioner på grund av litiumjonbatterier



**WARNING! Risk för personskador och död.**



**AKTA! Risk för materiella skador.**

Det har inträffat explosioner i samband med batteribränder både i Sverige<sup>32</sup> och i världen.<sup>33,34,35,36</sup>

En termisk rusning och propagering kan ske utan att gaser eller ångor antänds. I dessa fall ventileras både oförbränd elektrolyt och brännbara gaser, vilka är reaktionsprodukter från cellens inre termiska rusning. Många av dessa

---

<sup>27</sup> (Arbetsmiljöverket, 2018)

<sup>28</sup> (Brock, 1999)

<sup>29</sup> (Ambulanssjukvården i Storstockholm AB (AISAB) och Giftinformationscentralen, 2022)

<sup>30</sup> (Wingfors, Magnusson & Thors, 2021)

<sup>31</sup> (Veen & Koppen, 2020)

<sup>32</sup> (Kallin & Lindahl, 2023)

<sup>33</sup> (The Liverpool Echo, 2020)

<sup>34</sup> (Schwäbische, 2022)

<sup>35</sup> (Agrarheute, 2022)

<sup>36</sup> (Arizona Public Service, 2020)

reaktionsprodukter är brandfarliga gaser som till exempel vätgas, metan, kolmonoxid, och andra kolväten. Explosioner i samband med batteribränder skiljer sig mot rökgasexplosioner från ”vanliga” bränder. En skillnad är att röken från batteribränder kan innehålla stora mängder vätgas<sup>37</sup> som har ett bredare brännbarhetsområde och låg tändenergi. Röken kan se annorlunda ut jämfört med vanliga brandgaser. Röken från ett ventilerande batteri är vanligen betydligt ljusare, det vill säga mer vit eller ljusgrå.



**WARNING! Risken för explosioner är störst när termisk rusning och propagering sker utan att gaser eller ånga antänds.**

Ur ett insatsperspektiv kan ett propagerande litiumjonbatteri likställas med en läckande gasflaska med brandfarlig gas. Om batteriet eller elfordonet brinner med öppen låga minskar risken för ansamling av brandfarliga gaser väsentligt, då dessa förbränns av branden. På samma sätt som för andra gasläckor så är flammande förbränning, det vill säga brinnande termisk rusning, en fördel för att minska explosionsrisken.



**WARNING! Ett rykande batteri inomhus innebär större sannolikhet för att det uppstår högre koncentrationer brandfarliga gasblandningar i luften. Risk för personskador vid en eventuell antändning.**

Personskador kan uppstå till följd av tryckuppbyggnad där byggnadsdelar, inredning, personer eller liknande slungas iväg. Byggnadsdelar som glasrutor, dörrar och lättväggar är de som har minst motstånd mot tryckuppbyggnad och förstörs troligen först. Dessutom finns risk för brännskador.

Rök utomhus kommer att blandas ut med omgivande luft och kommer troligen inte vara en brandfarlig blandning, mer än i direkt närhet av källan.



**NOTERA! Vid batterirök utomhus föreligger vanligtvis ingen explosionsrisk.**

Den största möjliga konsekvensen av batterirök utomhus är att gaserna antänds och övergår till brinnande termisk rusning.

---

<sup>37</sup> (Colella, Mendoza, Barry, Kossolapov, Spray & Myers, 2022)

#### 4.2.5.2 Åtgärder vid explosionsrisk

Räddningstjänsten måste bedöma explosionsrisken och vad som är bäst ur ett insatsperspektiv i varje enskilt fall. Behandla slutna utrymmen som att de kan explodera. Definiera upp riskområden och spärra av områden som inte ska beträdas. Bedöm explosionsrisken genom att jämföra storleken på batteri(er) med rumsvolymen. Ju större batterier och mindre lokal, desto större risk. Risken för brandspridning och behovet av livräddning behöver vägas mot risken för explosion. Erfarenheten kring detta är i dagsläget begränsad.

Det kan finnas öppningar och konstruktionsdelar som kan ge vika vid en explosion, till exempel fönster, dörrar, lätta väggar eller liknande. Genom att identifiera var dessa finns och undvika att befinna sig i närheten minskar risken för exempelvis personskador.

I skrivande stund finns det många osäkerheter om vilka metoder som fungerar för att göra oförbrända gaser från termisk rusning mindre benägna att antända och orsaka explosion. I mindre volymer kan en möjlighet vara att tillföra ämnen, exempelvis finfördelat vatten, koldioxid eller kvävgas, som gör den brännbara gasblandningen svårantändlig. En annan metod kan vara att ventilerar ut den brandfarliga gasen så att gasblandningen aldrig når brännbarhetsområdet. Dessa metoder används ibland i kombination med varandra.



**WARNING! Vid ventilering kan gasblandningen nå brännbarhetsområdet och antändas. Det gäller framför allt där det finns en tändkälla i form av battericeller som är på väg att termiskt rusa. Risk för personskador.**

#### Åtgärder vid explosionsrisk

- Behandla slutna utrymmen som att de kan explodera.
- Definiera upp riskområden och spärra av områden som inte ska beträdas.
- Bedöm explosionsrisken genom att jämföra storleken på batteri(er) med rumsvolymen. Ju större batterier och mindre lokal, desto större risk.
- Identifiera var det kan finnas öppningar och konstruktionsdelar som kan ge vika vid en explosion, till exempel fönster, dörrar, lätta väggar eller liknande. Undvik att befinna dig i närheten för att minska risken att skadas.
- I mindre volymer som till exempel batterienergilagrar, tillför ämnen (exempelvis finfördelat vatten, koldioxid eller kvävgas) som gör den brandfarliga gasblandningen svårantändlig.
- Om det inte finns en tändkälla i närheten, ventilerar ut den brandfarliga gasen (den vita eller ljusgråa röken).



## 4.2.6 Jetflammor



**WARNING! Risk för personskador.**

En jetflamma är en flamma som brinner till följd av att gaser som bildats i samband med termisk rusning antänds och kontinuerligt släpps ut genom en öppning. Jetflammornas utbredning beror på tryck och öppningens storlek.

### 4.2.6.1 Jetflammor ur förberedda öppningar

Jetflammor kan komma ut genom förberedda öppningar för tryckavlastning från både celler, moduler och batteripack. Till exempel har cylindriska celler ofta ett sprängbleck i ena änden av cellen, som öppnar sig vid det tryck som cellen har vid ca 130° C. På batteripack för elfordon kan denna typ av förberedda öppningar för tryckavlastning finnas. De behövs för att batteripacken ska uppfylla de krav som finns på fordonsbatterier för att minska risken för explosioner.

### 4.2.6.2 Jetflammor ur öppningar som skapas av en brand

I samband med bränder i batterimoduler och batteripack kan det uppstå öppningar av olika anledningar. Den höga flamtemperaturen i närheten av battericellen kan bränna hål i material som har lägre smältpunkt än vad flammans temperatur är på det aktuella stället. Temperaturen kan vara tillräckligt hög för att bränna hål i metall. Elektriska kortslutningar som uppstår på grund av branden kan också ge upphov till hål i höljet. Det kan vara svårt att förutse var dessa hål uppstår.

### 4.2.6.3 Åtgärder vid jetflammor

Tryckökningen som är upphov till de utströmmande gaserna följer minsta motståndet för att ta sig ut. Det innebär att öppningar som gaser tryckavlastat genom en gång, troligen kommer att bidra till tryckavlastning när det kommer nya termiska rusningar som ger en tryckökning inuti omslutningen. Detta kan användas vid släckinsatser för att bedöma förloppet. Det finns en risk att det kan komma flammor genom nya öppningar, men platser där det kommit jetflammor vid ett tillfälle kommer troligtvis att uppvisa jetflammor även senare i insatsen.

Om man ska vistas där det finns risk för jetflammor bör man placera sig där det inte förekommit jetflammor tidigare och samtidigt ha en beredskap för att det kan komma jetflammor även där. Det kan innebära att den som finns närmast jetflamman ska ha en plan för vart man ska flytta sig om en jetflamma uppstår. Det bör finnas en person som är beredd att med ett strålrör kyla både personen som arbetar i riskområdet och själva jetflamman. Det innebär alltså att man aldrig ska placera personer där de inte har en möjlighet att flytta sig bort från eventuella jetflammor. Till exempel bör man inte befinna sig på en plats där plötsliga jetflammor gör att man inte kan flytta sig till en säker plats.

### Åtgärder vid jetflamnor

- Bevaka de öppningar där jetflamnor tidigare har kommit ut, det troliga är att nya jetflamnor kommer ut på samma ställe. Var dock observant på att det även kan bildas nya öppningar.
- Ha en plan för vart man ska flytta sig om en jetflamma uppstår.
- Se till att en person är beredd att med ett strålrör kyla både personen som arbetar i riskområdet och själva jetflamman.

## 4.3 Elrisker

Man har tidigare bedömt elrisker i samband med räddningsinsatser och brandsläckning baserat på vilken spänning det funnits i systemet. Eftersom de flesta elektriska system varit jordade har man gjort bedömningen att strömmen kan ta vägen genom en människa, via marken, tillbaka till strömkällan. Med likspänningssystemens ökade utbredning är detta inte alltid korrekt. Likspänningssystem är normalt friflytande. Att ett elsystem är friflytande betyder att marken inte längre finns med som en del där strömmen transporteras. Det ger möjlighet för andra bedömningar av elriskerna än de som enbart varit baserade på spänningsnivån.

Riskbedömning av elrisker i samband med arbete med litiumjonbatterier baseras i denna vägledning på om man kan bli en del av en sluten krets med en farlig ström. För att kunna göra en säker räddningsinsats behöver man alltså veta om systemet är jordat eller friflytande. Ett jordat system ger fler möjliga vägar för strömmen att ta.

Elektriska system i fordon benämns som högvoltssystem då det är 30–1000 volt växelspanning (AC), eller 60–1500 volt likspänning (DC). Batterier som används i elfordon ligger i regel inom spänningsintervallet 400–800 volt på systemnivå och benämns ofta ”högvoltssystem”, för att särskilja från 12 volt- respektive 24 och 48 voltssystemen. För starkströmsanläggningar, som är det som till exempel finns i byggnader, benämns allt under 1500 volt likspänning eller 1000 volt växelspanning som lågspänning.

### 4.3.1 Elrisker i fordon



**WARNING! Det är en risk att vara i direkt kontakt med fordonets elektriska framdrivningssystem eller andra högvoltssystem. Risk för personskador och död.**

Högvoltssystemet i ett elfordon är friflytande. För att det ska vara farligt med elektricitet krävs att en person blir en del av en sluten krets där spänningen är över en farlig nivå. 50 volt och 60 volt används ibland för att ange en sådan nivå, men i verkligheten varierar siffran då olika individer har olika kroppsresistans. Torr eller

fuktig miljö påverkar också hur farligt det är för människor. Eftersom räddningstjänst kan förväntas arbeta i en fuktig miljö behöver riskbedömningen i första hand vara baserad på att inte kunna bli en del av en sluten krets. Det går inte att bli en del av en sluten krets i ett friflytande system om man sprutar vatten på objektet på avstånd. Om fordonet står på laddning är det inte ett friflytande system och insatsrutiner för jordade system gäller.

En person blir normalt inte en del av en sluten krets genom att spruta vatten på en brinnande elbil. Sannolikheten är mycket låg eftersom det är ett friflytande system, och ingen jord inblandad.

Flera olyckliga faktorer skulle behöva samverka för att en person ska bli en del av en sluten krets via vattnet. Till exempel måste vattenstrålen vara i kontakt med en av batteriets pooler för att bli elektriskt ledande och personen som påför vatten måste dessutom vara i kontakt med den andra polen. Det skulle exempelvis kunna hända om personen står i släckvattenpölen samtidigt som den har kontakt med den andra polen.

Elfordon har standarder och lagkrav för elsäkerhet. Enligt de reglerna ska elsystem vara konstruerade så att det ska gå att koppla ifrån batteriet från det övriga högvoltssystemet i samband med fel och avvikelser. Med mindre elprodukter som hoverboards och elcyklar kan det dock finnas en risk, då de kan komma från tillverkare som inte är ålagda att följa samma nivå av produktlagstiftning som elfordon. Denna typ av produkter har dock en systemspänning på under 60 volt likspänning.

Det finns ingen elektrisk förbindelse mellan högvoltssystemet och fordonets chassi när batteripacket är oskadat.



**WARNING! Risken för att oavsiktligt skapa en sluten krets är som störst när ett elfordon är anslutet till laddning, eftersom kraftnätet då inte är friflytande, utan har systemets så kallade nollpunkt ansluten till jord.**



**WARNING! Om det inte går att koppla ifrån jordanslutningen ska ingen insats ske där man går in med verktyg i batteripacket.**



**NOTERA! En räddningsinsats i ett elfordon som inte innefattar arbete med själva högvoltssystemet innebär normalt ingen elektrisk risk.**

Eftersom batteriet är friflytande i förhållande till själva karossen så finns ingen elektrisk kontakt mellan någon av batteriets poler och bilens chassi. Batteriets båda poler har normalt ingen kontakt med fordonets metalliska konstruktion. En

forcerad kortslutning av batteriet kräver därför att ett ledande föremål eller en person måste komma i direkt kontakt med batteriets inre krets. Det behöver inte innebära några arbetsmiljörisker varken att föra in ett släckverktyg eller att någon av polerna kommer i kontakt med batterihöljet under förutsättning att man arbetar med verktyg som är avsedda för arbetet och har utbildning och genomtänkta rutiner. Normalt finns det inget behov, vid till exempel släckning av en batteribrand eller vid räddning vid trafikolycka med elfordon, av att arbeta med direktkontakt med andra komponenter med skadlig spänning än själva batteripacket.



**NOTERA! Högvoltssystemet i ett elfordon kopplas automatiskt bort om fordonet har blivit utsatt för våld som löst ut krockkuddar.**

Vanligen om krockkuddar har utlöst så har även batteriet kopplats bort och skyddssystemen för personerna i fordonet kan ha löst ut. Det innebär att högvoltssystemet inom några sekunder separeras från batteriet, genom att kontaktorerna öppnas och högvoltssystemet utanför batteriet dräneras på restenergi till låga spänningsnivåer. Batteriet, innanför kontaktorerna, har dock fortsatt full spänning och energi.

Normalt är alltså bilbatteriet inte i kontakt med bilens yttre. Men vad händer om bilen är deformerad efter exempelvis en krock? Då finns en risk att en batteripol kommit i kontakt med ledande material och bilens kaross. Det kallas för isolationsfel.

Trots detta kan räddningspersonal vidröra karossen till exempel för att evakuera personer ur bilen utan att bli en del av en sluten krets. För att bli det krävs kontakt med båda polerna samtidigt.

Ett ovanligt exempel på när det kan bli farligt är om räddningspersonal skulle vidröra en trasig orange högvoltskabel samtidigt som de rör vid karossen om det är ett isolationsfel i batteriet.

Den inre kretsen står under drift i kontakt med drivsystemet och kontakten upprätthålls av ett 12-voltssystem på personbilar.

#### **4.3.1.1 Åtgärder vid elrisker i fordon**

Laddningskabeln till ett elfordon ska om möjligt kopplas bort från nätuttaget före en räddningsinsats. Det räcker inte att bryta strömmen till laddpunkten i elcentralen, eftersom batteriets ytterhölje och bilens chassi då ändå är anslutet till jord. Koppla bort laddningshandsken enligt instruktionen i Emergency Response Guide (ERG) och i Räddningskortet, eller i andra änden mot nätuttaget.

I samband med räddningsinsatser ska man inte vara i direkt kontakt med fordonets elektriska framdrivningssystem eller andra högspänningssystem, såvida man inte har särskilt avsedd kunskap, utrustning och rutiner för detta.

### Åtgärder vid elrisker i fordon

- Koppla bort laddningskabeln till ett elfordon före en räddningsinsats.
- Undvik direkt kontakt med fordonets elektriska framdrivningssystem eller andra högspänningssystem.

## 4.3.2 Ljusbågar och kortslutningar



**WARNING! Ljusbågar och kortslutningar kan skapa kraftiga ljussken och värme som kan smälta metall eller starta bränder.**



**AKTA! Risk för materiella skador.**

Ljusbågar är en kontinuerlig kraftig elektrisk urladdning genom luft, som joniserar luften som blivit elektriskt ledande. Kortslutning innebär att den elektriska strömmen tar en genväg som inte är tänkt. Kortslutning kan ske både för likspännings- och växelspanningssystem.

Ljusbågar och kortslutningar som uppstår i samband med brand, eller som orsakar brand, kan finnas kvar eller återuppstå även om man släcker flammorna.



**WARNING! En elektrisk anläggning med kvarvarande energi, som är trasig till exempel på grund av brand, kan återantända så länge den inte är urladdad eller bortkopplad.**

När en anläggning är urladdad eller bortkopplad finns det inte någon elektrisk spänning kvar i de trasiga delarna av anläggningen.



**NOTERA! Ljusbågar och kortslutningar uppstår närmast stället där den elektriska kortslutningen sker, eller där en elektrisk likströmskrets sluts eller bryts. I samband med brandsläckning av elbilsbatteripack kan detta ske där elektriskt ledande verktyg går in i batteripacket. Risken blir då lokal.**

#### 4.3.2.1 Åtgärder vid risk för ljusbågar och kortslutningar

##### Åtgärder vid risk för ljusbågar och kortslutningar

- Koppla bort laddningskabeln till batteriet före en räddningsinsats.
- Ha en plan för vart man ska flytta sig om ljusbågar och kortslutningar uppstår.

#### 4.3.3 Strömgenomgång



**WARNING! Risk för personskador och död.**

Vid strömgenomgång går strömmen vanligen mellan hand och fot eller från hand till hand, men det kan vara svårt att avgöra vad som faktiskt är in- respektive utgång när kroppen blir en del av strömkretsen. För att kunna uppskatta skadeverkningarna är det viktigt att bilda sig en uppfattning av strömmens väg genom kroppen. Hjärtat och skelettmuskulaturen är som känsligast och kan orsaka hjärtrytmrubbningar och muskelsammandragningar. Strömgenomgång ger ofta upphov till muskelkramper, med förlängd strömxponering till följd av att personen ”fastnar” och medför att strömkretsen alltid måste brytas.

##### 4.3.3.1 Åtgärder vid risk för strömgenomgång

Räddningstjänsternas larmställ är ofta inte kravställda att stå emot elektricitet, men egenskaper som finns med i kravspecifikationen kan ändå ge ett visst skydd.

##### Åtgärder vid strömgenomgång

- Bryt spänningen.
- Om du inte kan bryta spänningen, dra i kläderna med enhandsgrepp eller dubbelgrepp i en punkt för att få bort personer från strömkällan, alternativt använd ett föremål som inte leder ström. Rör inte huden på den skadade, då kan du själv få ström i dig.
- Kontrollera den skadades tillstånd, särskilt puls och andning.
- Tillkalla hjälp från omgivningen och ring 112.
- Starta hjärt-lungräddning om det behövs.
- Konsultera sjukvård även vid mindre allvarlig strömgenomgång.

# 5 Att planera och förbereda en räddningsinsats

Vid utlarmning kan det vara svårt att få reda på om litiumjonbatterier är inblandade i händelsen, förutom i särskilda objekt. Det kan därför finnas ett behov av att ha planer för förstärkningsresurser för vissa händelser. För bärbara och transportabla batterier skiljer sig inte rutinerna från andra typer av bränder. För stora anläggningar med batterienergilagring och andra särskilda objekt är det en fördel att ha förberedda larmplaner och metodik.

På [MSB:s webbplats](#) finns en sammanställning av bränder i elfordon och övriga installationer.<sup>38</sup>

## 5.1 Att planera för räddningsinsats vid bränder i bärbara och transportabla litiumjonbatterier

För bränder i bärbara och mindre transportabla batterier kräver insatsen troligen ingen särskild planering jämfört med andra typer av bränder.

## 5.2 Att planera för räddningsinsats vid bränder i elfordon

Använd samma inledande rutin som vid brand i fordon som drivs med bensin eller diesel. En brand i ett elfordon eller i ett elfordons omedelbara närhet behöver hanteras på olika sätt beroende på situationen runt fordonet. Det behöver finnas planer, instruktioner och rutiner för att hantera omfattande brandspridning till och mellan fordon, för att skydda omgivningen och slutligen för att släcka branden.

### 5.2.1 Larmplaner

I många fall kommer en brand i elfordon att rapporteras som brand i fordon, eftersom den som rapporterar inte vet vilket bränsleslag fordonet har. Larmplanen för fordonsbrand kan behöva kompletteras med ytterligare resurser när det visar sig att det brinnande fordonet drivs av batteri. Moderna fordon, oavsett drivmedel, har ett högre energinnehåll, som innebär ökad risk för brandspridning och i vissa fall en ökad komplexitet vad gäller taktik och släckmetod. Det innebär att vissa fordonsbränder kan kräva en utökad larmplan med materiel och ledningsresurser, som tidigare inte varit förknippade med bränder i fordon. En fordonsbrand kan behöva hanteras på olika sätt beroende på situationen runt fordonet. Larmplaner

---

<sup>38</sup> (MSB, 2024)

behöver därför kunna anpassas till det brinnande fordonets belägenhet och vad som hotas.

### 5.2.1.1 Resurser

Släckinsatsen vid bränder i elfordon där batteriet är involverat kan förkortas, om det går att ta hål i batteripacket för att få in vatten. Alternativt går det att använda hål som har uppstått på grund av brand. Det finns anpassad utrustning för att ta hål och föra in vatten. I de fall det är batteriet i elfordon som brinner kan det vara en lösning att ha verktyg tillgängliga i form av en regional resurs.

Ur ett ledningsperspektiv kan det finnas fler uppgifter att utföra än vid en brand i ett fordon som drivs med bensin eller diesel. Exempelvis bör ledningen söka information om fordonet. Det kan även finnas behov av samverkan med fler parter, exempelvis sakkunniga från fordonsindustrin, vilket kan innebära att det finns behov av att förstärka ledningsorganisationen.



**NOTERA! Via fordonets räddningskort går det att få reda på mer om fordonets drivmedel, konstruktion och risker i samband med räddningsinsats.**

#### 5.2.1.1.1 Personresurser och räddningsfordon

En brand i ett elfordon kan vara utdragen i tid eller obefintlig vid ankomst. Lågorna från en batteribrand kan påverka fordon eller omgivande byggnader så att de kan behöva skyddas, vilket kan kräva andra resurser än vid en traditionell fordonsbrand. Åtgärder som kan behövas på plats är att:

- flytta det brinnande fordonet
- flytta omgivande fordon
- skydda omgivande fordon och byggnader
- upprätta vattenflöde i batteripacket.

#### 5.2.1.1.2 Teknisk utrustning

Exempel på teknisk utrustning som kan behövas är:

- fordonsbrandfilt för att skydda omgivningen eller, efter genomförd riskbedömning, släcka en brand
- ridåsystem med strålrör som skapar en vattenridå för att skydda omgivningen
- utrustning för att flytta omgivande fordon, exempelvis hjuldolly
- lans, domkraft, skärsläckare eller annan för ändamålet godkänd utrustning för att få in vatten i ett brinnande batteripack.





**NOTERA! Utrustning för att få in vatten i ett brinnande batteripack ska vara avsedd för just det ändamålet.**

Tillverkaren av utrustningen för att få in vatten i ett brinnande batteripack ska ha godkänt den för ändamålet. Alternativt ska arbetsgivaren ha gjort en riskbedömning av utrustningen. Arbetsgivaren ska också ha tagit fram nödvändig utbildning och rutiner för att använda utrustningen.

## **5.3 Att planera för räddningsinsats vid bränder i batterienergilagrar**

En brand i en byggnad med ett batterienergilagrar, i ett fristående batterienergilagrar eller i ett batterienergilagrets omedelbara närhet behöver hanteras på olika sätt beroende på situationen och hur omgivningen ser ut. Ett brinnande eller rykande batterienergilagrar kan, om litiumjonbatterier är inblandade, hanteras på samma sätt som gasflaskor med brandfarlig gas som brinner eller läcker. Det behöver finnas planer, instruktioner och rutiner för att hantera omfattande brandspridning, för att skydda omgivningen och slutligen för att släcka branden. Vid större batterienergilagrar bör räddningstjänsten tillsammans med ägaren eller verksamhetsutövaren upprätta en insatsplan.<sup>39</sup>

### **5.3.1 Larmplaner**

Ett batterienergilagrar, antingen fristående eller inrymt i en byggnad, kan vara en komplex anläggning som kräver en väl genomtänkt insatsplan. För planeringen krävs kunskaper om var eventuella litiumjonbatterier finns, om det finns särskilda anordningar för övervakning, släckning, nödstopp och ventilation med mera. Informationen kan exempelvis finnas hos verksamheten och fastighetsägaren samt i insatsplaner.

Vissa bränder kan kräva en utökad larmplan med materiel och ledningsresurser. Larmplaner behöver också kunna anpassas till det brinnande batterienergilagrets belägenhet och vad som hotas.

#### **5.3.1.1 Resurser**

Ur ett ledningsperspektiv kan det finnas fler uppgifter att utföra än vid andra typer av bränder i byggnader. Det kan även finnas behov av samverkan med fler parter, exempelvis sakkunniga från branschen, vilket kan innebära att det finns behov av att förstärka ledningsorganisationen.

En brand i ett batterienergilagrar kan vara utdragen i tid. Lågorna från en batteribrand kan påverka omgivande byggnader så att de kan behöva skyddas. Resurser kan därför behövas under en längre tid än vid andra typer av bränder.

---

<sup>39</sup> (Grönlund, Quant, Rasmussen, Willstrand & Hynynen, 2023)

När denna vägledning skrivs finns det inte tillräckligt mycket kunskap om bränder i batterienergilagrar för att kunna vägleda om vilka specifika resurser som krävs vid en insats.

## 5.4 Skyddsutrustning

Räddningstjänstens kläder är inte klassade för elektriskt arbete, men studier har visat att de under vissa förutsättningar, bland annat att de inte är våta, kan erbjuda ett begränsat skydd. Det har också visat sig att räddningstjänstens larmställ är tätare mot gaser än vad man tidigare trott. Det innebär att det går att göra en invändig insats när man använder utrustning avsedd för rökdykning.



**WARNING! Arbete ska alltid ske på ett sätt som medför att en person aldrig blir en del av en sluten krets med farliga spänningar/strömmar.**

Säkerställ genom kunskap, riskbedömning och att etablerade metoder för räddningsinsatser följs att arbetet alltid sker på ett sätt så att en person aldrig blir en del av en sluten krets.

På marknaden för elsäkerhetsutrustning finns elsäkerhetshandskar som skyddar mot 1000 volt, som används vid elinstallationsarbeten direkt på spänningsförande delar. Den typen av direkt kontakt med högvoltsförande delar är i normalfallet inte aktuellt under en räddningsinsats på ett elfordon. Det kan dock vara aktuellt vid andra typer av objekt, som till exempel solcellsanläggningar eller mindre batterienergilagrar.

## 5.5 Miljöfaktorer vid räddningsinsatser

Släckvatten från brandsläckning av brinnande litiumjonbatterier kan vara skadligt för miljön. Avrinnande släckvatten ska hanteras i enlighet med gällande kunskapsläge.<sup>40</sup>

---

<sup>40</sup> (MSB, 2023)

# 6 Att genomföra och avsluta en räddningsinsats

## 6.1 Insats vid bränder i bärbara och transportabla batterier



**NOTERA!** Läs först kapitlet **Generella risker och åtgärder**.



**VARNING!** Explosionsrisk.



**VARNING!** Elrisker.



**VARNING!** Häls- och brandfarliga gaser.



**AKTA!** Risk för materiella skador.

### Utrustning:

- Fullt personskydd med andningsapparat.

### Instruktion:

- **Koppla ur strömkällan.** Om föremålet står på laddning avbryt denna genom att stänga av och koppla ur strömkällan. Om det inte är möjligt att koppla från strömkällan, betrakta då batteriet som spänningssatt med den spänning som finns i källan.
- **Beakta riskerna med kraftig rökutveckling i slutna utrymmen.** Kraftig rök utan synliga lågor kan innebära risk för explosion. Storleken på rumsvolymen i förhållande till batteriet är avgörande för om det kan ske en explosion.
- **Använd andningsapparat.** Oavsett om det är rök eller inte ska andningsapparat användas då även förbrända brandgaser som inte syns innehåller farliga ämnen.
- **Flytta om möjligt föremålet ut i det fria.** Om det är osäkert om den batteridrivna utrustningen brunnit färdigt kan det vara bra att ta ut utrustningen genom närmsta öppning istället för att transportera det genom en byggnad.
- **Kyl med vatten.** Brand i små litiumjonbatterier släcks och kyls med vatten eller andra för ändamålet ämnade släckmedel. Ett litet batteri som brinner kan vara svårt att släcka, men brinner ut relativt snabbt. Placering i vattenbad kan stoppa branden.

## 6.2 Insats vid bränder i elfordon



**NOTERA!** Läs först kapitlet **Generella risker och åtgärder**.



**WARNING!** Explosionsrisk.



**WARNING!** Elrisker.



**WARNING!** Hälsa- och brandfarliga gaser.



**AKTA!** Risk för materiella skador.

En brand i ett elfordon eller i ett elfordons omedelbara närhet behöver hanteras på olika sätt beroende på situationen runt fordonet. Det behöver finnas planer, instruktioner och rutiner för att hantera omfattande brandspridning till och mellan fordon, för att skydda omgivningen och slutligen för att släcka branden. Använd samma inledande rutin som vid brand i bensin- eller dieseldrivna fordon.

## 6.2.1 Elrisker vid en släckinsats av fordon



**WARNING!** Använd alltid personlig skyddsutrustning.



**WARNING!** Använd endast verktyg som tillverkaren anger är avsedda för ändamålet.



**WARNING!** Ha beredskap för ökad termisk aktivitet i batteriet i anslutning till håltagningsområdet, inklusive kraftfull antändning av lokala gasansamlingar.



**NOTERA!** Använd om möjligt redan befintliga hål in i batteriet för att leda in vatten. Vissa fordonmodeller har en designlösning med inlopp, firemans access, där vatten kan sprutas in. Andra alternativ kan vara batteriets ventilationshål eller öppningar som skapats under det termiska eventet.

Sannolikheten är låg för att insatspersonal ska skadas av läckströmmar i avrinnande släckmedel.<sup>41</sup> Ström föredrar den enklaste vägen, men kan om det finns flera vägar delas upp mellan dessa. Det innebär att ström helst går där det finns direkt kontakt mellan polerna. Om det är ett lågt motstånd på andra sätt, till exempel genom att använda verktyg som inte är avsedda för arbetet, eller släckmedel som är elektriskt ledande, kan dock ström ta vägar som blir farliga för räddningspersonal.

### 6.2.1.1 Elfordon i vatten

Om ett elfordon översvämmats av sötvatten orsakar detta troligen isolationsfel efter en tid, när vatten läckt in i batteriet. Isolationsfel anses inte vara en omedelbar säkerhetsrisk i sig, men ökar risken för att ytterligare elfel kan leda till allvarliga incidenter. Eftersom själva batteriets strömförande delar är elektriskt friflytande, så kan ingen krets slutas i händelse av beröring av kaross eller starkströmskomponenter. Man ska ändå se till att undvika direkt kontakt med batteri eller komponenter med skadlig spänning.

---

<sup>41</sup> (Hoffman, 2014)



**WARNING! Säkerställ alltid att ingen kommer i direkt kontakt med batteri eller komponenter med skadlig spänning under en insats.**

Om ett elfordon översvämmas kan vatten tränga in i batteriet. Om det är saltvatten kan en process börja där batteriets energi urladdas, vilket syns i form av bubblor, som om vattnet kokar. Gasbubblorna utvecklas på grund av en elektrokemisk reaktion där saltvatten sönderdelas (elektrolyseras) till syre, vätgas och eventuellt klorgas. Gasutvecklingen kan fortgå olika lång tid beroende på batteriets laddningstillstånd och batteriets konstruktion, samt hur mycket vatten som trängt in och vilken saltkoncentration (konduktivitet) vattnet har. Det kan röra sig om timmar till flera dagar. Fickor med instängd knallgas kan antändas vid gnistbildning och orsaka gasexplosioner. Saltvatten som har läckt in i batteripack kan också orsaka termisk rusning i batteripack, på grund av den snabba urladdningen som det kan innebära.



**WARNING! Risk för brand när fordonet lyfts upp från vattnet och transporteras bort från olycksplatsen, i de fall det finns elektrisk energi kvar i batteriet.**

#### **6.2.1.2 Elrisker när batteriet har brunnit**



**WARNING! Hantera alltid ett batteri, oavsett skick, som spänningsförande och ha beredskap för att hantera återantändning.**

När batteriet har brunnit kan det fortfarande finnas stora mängder elektrisk energi och kapacitet kvar. Det finns en risk för återantändning efter batteribränder, men det är oklart hur stor risken är.

#### **6.2.2 Explosionsrisk vid en släckinsats av fordon**



**WARNING! Risk för personskador och död.**



**AKTA! Risk för materiella skador.**

När det gäller elfordon finns det huvudsakligen tre utrymmen där gaser kan ansamlas och explodera:

1. **Batteripacket.** Batteripacket är byggt för att hantera snabb förbränning av brandfarliga gaser. Det finns inbyggda tryckutjämningsanordningar som lättar på trycket och släpper ut expanderande gaser för att förhindra en okontrollerad explosion i ett batteripack.
2. **Kupén och bagageutrymmet.** Om brandfarliga gaser ackumuleras i en explosiv blandning i kupé eller bagageutrymme kommer den troligen att antända under brandförloppet. Om gasblandningen är explosiv kommer den i samband med antändning att trycka ut det som tål minst tryckökning. Det kan vara glas, luckor, dörrar, avtagbara tak och annat som slungas utåt och uppåt.
3. **Den byggnad där elfordonet är placerat.** Oförbrända brandgaser som ansamlas i en byggnad och antänds kan resultera i en explosion om byggnaden är sluten och rumsvolymen är i rätt storlek i förhållande till uppbyggnaden av brandgaser.

### 6.2.3 Förbränningsprodukter vid bränder i fordon



**WARNING! Hälssofarliga gaser. De brandgaser som produceras vid fordonsbränder är hälssofarliga oavsett om fordonet drivs av el, bensin eller diesel.**

Vid brand i ett bensin- eller dieseldrivet fordon bildas en rad olika förbränningsprodukter som kommer från förbränningen av fordonets komponenter, bland annat plaster, olika gummiblandningar och textilier. Vanligt förekommande förbränningsprodukter är bland annat:

- vattenånga ( $H_2O$ )
- kolmonoxid ( $CO$ )
- koldioxid ( $CO_2$ )
- sot
- polycykliska aromatiska kolväten (PAH)
- väteklorid ( $HCl$ )
- vätecyanid ( $HCN$ )
- vätefluorid ( $HF$ )
- vätebromid ( $HBr$ )
- akrolein ( $C_3H_4O$ )



- kväveoxider (NO<sub>x</sub>)
- svaveldioxid (SO<sub>2</sub>)
- ammoniak (NH<sub>3</sub>)
- polyklorerade dibensodioxiner (PCDD)
- bensen (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)
- lättflyktiga organiska kolväten (VOC).

Ett elfordon innehåller liknande komponenter som ett bensin- eller dieseldrivnet fordon och därför bildas till stor del samma förbränningsprodukter vid brand, se även avsnitt **4.2.4 Brandgaser**. Om batteriet har gått i termisk rusning bildas gasformiga ämnen som sprids ut i omgivningen.

För att förstå enskilda gasers toxicitet anges så kallade gränsvärden, som är vägvisande. Gränsvärden för hälsofarliga ämnen kan studeras i Arbetsmiljöverkets föreskrifter<sup>42</sup>.

#### 6.2.4 Påverkan på konstruktioner vid bränder i elfordon

Moderna fordon oavsett bränsle är ofta större och innehåller generellt mer brännbara produkter än äldre fordon. Moderna personbilar har blivit bredare och högre utan att parkeringsfickor i garage har ökat i storlek i samma omfattning. Dessutom finns det mer brännbara material i moderna bilar än i äldre. Detta kan ge upphov till snabbare brandförlopp och snabbare brandspridning mellan fordon. Det är något som spelar roll i slutna utrymmen som till exempel garage, oavsett fordonstyp och bränsle. Snabb brandspridning och ökad brandbelastning är exempel som kan ha en påverkan på en byggnad samt eventuella människor och egendom i den.

Vid brinnande termisk rusning finns det inget som tyder på att sannolikheten för byggnadsskador eller byggnadskollaps är större om elfordon är parkerade i garaget än om det är bensin- eller dieseldrivna fordon. En garagebrand med elfordon involverade där det sker en brinnande termisk rusning bör därmed behandlas på samma sätt som en garagebrand med bensin- eller dieseldrivna fordon avseende brandspridning. Detta grundas i att elfordon inte bidrar mer till brandens utveckling än bensin- eller dieseldrivna fordon.



**NOTERA! En garagebrand med elfordon involverade där det sker en brinnande termisk rusning bör behandlas på samma sätt som en garagebrand med bensin – eller dieseldrivna fordon avseende brandspridning. Man bör dock göra en riskbedömning i varje enskilt fall.**

---

<sup>42</sup> (Arbetsmiljöverket, 2018)

En skillnad mellan elfordon och bensin- eller dieseldrivna fordon att ta hänsyn till är att elfordon kan generera jetflammor som sprider branden snabbt till närmaste fordon, medan bensin- eller dieseldrivna bilar kan sprida brand genom rinnande vätskor som, beroende på markens lutning, kan nå flera fordon. Varje typ av brandspridning kan behöva hanteras på olika sätt avseende insatsmetodik och avslutning av insats.

### 6.2.5 Brandrisk vid trafikolyckor och losstagning



**WARNING! Risk att batteriet börjar brinna. Gör en handlingsplan.**



**WARNING! Risk att batteriet börjar brinna. Ha för ändamålet avsedd utrustning framme för att kunna påbörja insats.**

Vid trafikolyckor där det finns fastklämda personer i fordonet och där batteripacket är påverkat av kollisionen kan det börja brinna i batteriet, även om det inte finns några tecken på det vid framkomst. Jämför med att vara beredd på bränsleläckage som kan antändas vid olyckor med bensin- eller dieseldrivna fordon.

Se till att för ändamålet avsedd utrustning finns tillgänglig för att vid en konstaterad brand i batteriet omedelbart kunna påbörja en insats och få in flödande vatten i batteripacket, samt göra ett snabbuttag av de skadade.



**NOTERA! Läs på räddningskortet var batteripacket sitter.**



**WARNING! Häls- och brandfarliga gaser. Ha verktyg och skyddsutrustning framme.**

Ett skadat batteripack kan producera stora mängder kolmonoxid även om ingen rök är synlig från batteripacket. Gasmätning, fläkt som vädrar kupén och andningsskydd kan vara verktyg för att hantera risken.



**WARNING! Risk att fordonet antänds. Förbered för snabbt urtag.**

Utrustning som kan behövas är:

- **Andningsskydd för den fastklämda.** En kolmonoxidmätare hos den fastklämda kan också ge en tidig indikering på att det är termisk aktivitet i batteripacket. Kolmonoxid kan bildas i hälsofarliga mängder, även om det ännu inte sker en termisk rusning. Kolmonoxid är både ett tecken på att den fastklämda behöver skyddas med ett andningsskydd samt att det kan vara en indikator på att en termisk rusning närmar sig.
- **Vatten och brandfilter** för att skydda personen under losstagningen.
- **Rätt skyddskläder.** Man ska inte behöva avbryta en losstagning om det börjar brinna. Minst en säkerhetsperson ska vara klädd för arbete i rök och brand. Om det är ett kraftigt krockskadat batteri är det särskilt viktigt att ha beredskap för att hantera en snabb antändning.



**WARNING! Brandrisk. Syrgas bör inte användas.**

Om sjukvården anser att den drabbade behöver syrgas, informera om att det finns en brandrisk. Om syrgas måste användas kan en riskminskande åtgärd vara att använda PPV-fläkt för att ventilerade kupén. Sjukvården bör följa sina riktlinjer för syrgas och brand.



**WARNING! Risk för jetflammar. Förbered för att skydda dem som arbetar.**

Var förberedd på att skydda dem som arbetar framme vid fordonet genom att kunna kyla dem om de är placerade där jetflammar kommer ut.



**WARNING! Risk för termisk rusning. Utse en person som hela tiden följer värmeutvecklingen i batteripacket.**

Utse en person som kontinuerligt skannar golvplåtar och de delar av batteripacket som går att se. Om det sker en värmeökning är det ett tecken som kan tolkas som att det snart kommer att ske en termisk rusning. Läckage av kylarvätska kan skada fordonets system för kylning av batteriet vilket kan leda till temperaturökning och termisk rusning.

## 6.2.6 Utlarmning och framkörning

I samband med inkommande larmsamtal behövs information om det är ett elfordon som brinner och om batteripacket är inblandat i branden, för att kunna larma rätt resurser. Många faktorer kommer att vara okända i samband med utlarmning, exempelvis:

- **Typ av fordon.** Om fordonstypen eller modellen är bekräftad, kontrollera tillhörande räddningskort och Emergency Response Guide för specifika riktlinjer vid insats.
- **Avvikande ljud.** Om det har hörts ”poppande” läten från fordonet, och om det samtidigt har utvecklats mer rök, är det troligen ett elfordon med brand i batteripacket.
- **Avvikande lukt.** Batteribrand har en lukt som irriterar luftvägarna.
- **Var det brinner.** Det är viktigt att säkerställa om det brinner i kupén eller i undersidan av fordonet. Om lågorna kommer från undersidan av fordonet är det troligen brand i batteripacket, om fordonet identifierats som elfordon.
- **Brand eller rök.** Kontrollera om det brinner från undersidan av fordonet eller om det enbart är rök. Om det är rök kan färgen på röken ge ledtrådar till om batteriet är involverat.
- **Placering.** Kontrollera var fordonet är placerat.
- **Spridningsrisk.** Kontrollera om det finns något som kan börja brinna i den omedelbara omgivningen.

De här faktorerna kan ge information om det handlar om ett elfordon och vilka resurser som kan behöva larmas. I många fall är det okänt vilket drivmedel fordonet har. Det är viktig information för larmcentralen att ta reda på så snart som möjligt.

Använd informationen från larmcentralen under framkörning till olycksplatsen, exempelvis för att begära mer resurser eller för att mentalt förbereda insatsen.

## 6.2.7 Framkomst och omedelbara åtgärder

Etablera en korrekt lägesbild och gör en riskbedömning vid framkomst.

### 6.2.7.1 Fordonsplacering vid framkomst

Placera räddningsfordon på samma sätt vid alla typer av fordonsbränder. Ta alltid hänsyn till att delar från det brinnande fordonet kan skjutas i väg och att röken från branden är giftig.

### 6.2.7.2 Läs olyckan och gör riskbedömning

Det finns flera observationer som kan ligga till grund för planeringen av den fortsatta insatsen:

- **Bränsletyp.** Vid alla fordonsbränder är bränsletypen avgörande för en korrekt riskbedömning och planering av en effektiv och säker insats. Det finns flera sätt att ta reda på bränsletypen. Bland annat genom fordonsregistret eller motsvarande via fordonets registreringsskylt. Brandförloppet i fordonet kan också ge ledtrådar.
- **Brand i kupén.** En kupébrand kan pågå länge och hinna släckas utan att branden sprids till batteripacket. Observera om det även brinner i batteripacket.
- **Inget synligt vid framkomst.** Om ett larm kommer in om rökutveckling från ett elfordon och det inte syns några lågor vid framkomst finns det tre möjliga scenarier:
  1. Rökutvecklingen kommer inte från batteripacket utan kan till exempel bero på en kortslutning någonstans i det elektriska systemet.
  2. Batteripackets säkerhetssystem hanterar den termiska rusning som varit och inget mer kommer att hända.
  3. Uppvärmning sker av intilliggande celler vilket startar en termisk rusning i en eller flera celler, så kallad propagering. Det finns då stor sannolikhet att branden kommer att starta igen med rök eller flammor som slår ut från underdelen av fordonet.
- **Avvikande ljud.** Om branden startar på grund av en felaktig battericell kan det förekomma ”popande” ljud från fordonet. I samband med detta kan det komma rök från undersidan av fordonet. När räddningstjänsten anländer till platsen kan det ha skett en termisk rusning i en battericell. Planera i detta skede för att den termiska rusningen kan fortsätta, gör åtgärder för att förhindra brandspridning till omgivningen och ta fram utrustning för att få in vatten i batteripacket om det blir mer rökutveckling och brand.
- **Laddningsgrad på batteripacket.** Laddningsgraden, SOC, spelar roll för hur kraftig och varaktig branden blir. Det går inte att definiera några exakta gränsvärden, men hög respektive låg laddningsgrad kan ge ledtrådar på hur ett brandförlopp kan utvecklas. Om information om aktuell laddningsgrad finns, notera den i händelserapporten. Fordonsägare kan se vilken laddningsnivå fordonet har, exempelvis genom information i sin app.
- **Brand i batteripacket.** Det är viktigt att kunna konstatera om batteripacket är involverat i branden. Se faktarutan nedan.

## Kontrollera om batteripacket är involverat i branden

### Se

Hur branden beter sig i fordonet kommer att vara den första indikatorn för räddningspersonalen vid ankomst. Om det är ett elfordon, se över bilens batteripack. Var särskilt uppmärksam på eventuell deformation av batterihölje, brott och rökutveckling. En typiskt synlig reaktion på att batteriet är involverat är en växlande färg på röken, från svart till vitt.

### Lyssna

Ett involverat batteri avger ett väsende och sprakande ljud. Ljudet kommer av att det bildas övertryck inuti batterimodulen vid ökad värme på grund av exempelvis mekanisk deformation, och vid ett visst tryck kommer gasen att släppas ut genom avsedda ventilationsöppningar, vilket skapar ett karakteristiskt ljud.

### Lukta

Ett av de första intrycken av ett trasigt batteripack som brinner kan vara en obekant, söt lösningsmedelsliknande lukt, vilket är typiskt för elektrolyt som snabbt förångas vid ett läckage. Observera att gaserna kan vara giftiga.

### Mät

Temperaturen hos ett litiumjonbatteri är en bra indikator för dess tillstånd med avseende på säkerhet. Det kan vara svårt att få sanningsenlig temperatur med hjälp av värmekamera, men det är ett bra verktyg. Nyttja det kontinuerligt för att uppskatta samt följa trenden på värmeutvecklingen.

Källa: Wöhr, Geisbauer, Christoph Nebl, & Schweiger, 2021.



**NOTERA! MSB uppmanar inte till att lukta vid risk för giftiga gaser. Lukten är dock karakteristisk och svår att undgå.**

### 6.2.7.3 Zoner och skyddsnivåer vid bränder i fordon med litiumjonbatterier

Ett tecken på att batteripacket brinner kan vara att det skjuter ut rök eller lågor (jetflamnor) från fordonet på ett sätt som inte är karakteristiskt för ett fordon med förbränningsmotor.



**WARNING! Risk för jetflamnor. Ta reda på var på fordonet flammorna eller röken skjutit ut tidigare under förloppet innan närmande till det brinnande fordonet.**



**WARNING! Se till att ingen uppehåller sig i områden där det varit jetflamnor och rök från batteripacket.**

Fortsätt att observera var flammor och rök uppträder när släckinsatsen har påbörjats. Det är sannolikt att flammor och rök kommer att fortsätta ta samma

vägar. Även om det tillfälligt slutar komma rök eller flammor kan dessa områden fortsatt antas vara riskområden. Det kan komma flammor senare i insatsen även från områden på elfordonet där det enbart kommit ut rök.



**WARNING! Observera om det uppstår nya hål i batteripackets hölje.**

Justera riskområdena efter att nya områden med eld och rök upptäcks. Det kan vara klokt att utse en person som ansvarar för att observera och informera om brandens utveckling.



**WARNING! Risk för gasmolnsantändning med explosion eller brand som följd.**

Om fordonet är placerat inomhus och det är en brand i batteripacket som enbart genererar rök ska gaserna i röken antas vara brandfarliga. Riskområdena för detta hanteras på samma sätt som vid gasläckage av brandfarlig gas.

Bortsett från riskerna i den direkta närheten av det brinnande elfordonet och risken att det produceras brandfarliga gaser kan zonindelning av skadeplatsen hanteras som vid brand i bensin- och dieseldrivna fordon.

#### **6.2.7.4 Omedelbara åtgärder**

Ett brinnande elfordon skiljer sig inte från andra händelser vad gäller omedelbara åtgärder. Exempel på omedelbara åtgärder är livräddning genom att flytta drabbade och att förhindra brandspridning till omgivningen genom att kyla med vatten.

På fordonstillverkarens räddningskort eller ERG beskrivs för varje modell hur fordonets högvoltssystem är uppbyggt och riktlinjer för en eventuell räddningsinsats. Där finns information om vad som är viktigt att tänka på och veta för räddningstjänsten vid en trafikskadehändelse, till exempel om det finns 12 V-batterier som behöver kopplas bort, var airbags sitter placerade och i vilka områden man inte ska klippa. ERG för aktuell bilmodell finns även i en gratis applikation som heter Euro Rescue-appen.

- **Kontrollera fordonets modellspecifika räddningskort för riktlinjer och tillvägagångssätt** för att koppla ifrån laddningskabeln. Om det inte är möjligt att följa riktlinjerna så kan andra änden mot nätuttaget frigöras. Ett alternativ är att aktivera nödstoppet på laddningsstationen, om sådant finns.
- **Kontrollera fordonets modellspecifika räddningskort för fordonets konstruktion** vid losstagning som kräver verktyg.



**WARNING! Sätt inte stöttor, spridare och liknande så att de trycker mot batteripacket.**



**WARNING! Tryck eller klipp aldrig mot batteripacket.**

- **Vidta skadebegränsande åtgärder.** Batteripackets säkerhetssystem gör att en eventuell propagering kan ta tid. Under tiden kan räddningstjänsten vidta åtgärder för att exempelvis hindra rökspridning i byggnader, hindra brandspridning till andra objekt samt förbereda en insats i syfte att föra in vatten i batteripacket, om situationen kräver det. För att förebygga explosionsrisken bör räddningstjänsten avleda eventuella gaser utanför kupéutrymmet.
- **Skanna med värmekamera.** Utöver direkta synliga observationer är regelbunden skanning med värmekamera ett bra sätt att veta ungefärlig plats för den termiska rusningen och om händelsen är eskalerande eller avtagande. Bilder från värmekamera, för att jämföra temperaturutveckling på fasta mätpunkter tillsammans med observationer av rök och ljud, kan ge ledtrådar till om händelsen kommer att öka eller avta i intensitet.
- **Kolmonoxidhalt.** Mät halten kolmonoxid runt fordonet och i kupén. Om inga synliga tecken på brand finns, men kolmonoxid uppmäts så kan det tyda på brand eller termisk rusning i batteripacket.

#### **6.2.7.5 Lägesrapporter**

Så snart det är bekräftat att det är batteriet i ett elfordon som brinner är det viktigt att rapportera det. Ett brinnande batteri i ett elfordon kan ta längre tid att hantera och kräva andra resurser. Det utdragna förloppet kan påverka beredskapsförmågan för eventuella andra larm. Bortsett från ovanstående skiljer sig inte behovet av lägesrapportering från andra händelser.



## 6.2.8 Genomförande av insatsen



**NOTERA! Inled i samtliga fall med en bedömning av om fördelarna med att släcka överväger fördelarna med att låta det brinna ut.**

Följande instruktioner gäller i de fall släckning ska ske. Genomför om möjligt insatsen med vinden i ryggen.

### 6.2.8.1 Brand i kupén

#### Utrustning:

- Fullt personskydd med andningsapparat
- Strålrör
- Värmekamera
- PPV-fläkt
- Handbrandsläckare
- Brandfilt.

#### Instruktion:

- **Släck branden enligt standardrutin**, på samma sätt som vid brand i bensin- och dieselfordon.
- **Förhindra spridning till batteripacket.** Det tar relativt lång tid att uppnå tillräckligt hög temperatur för att initiera en termisk rusning i batteripacket från en yttre värmekälla. När branden i kupén är släckt kan det därför vara lämpligt att försöka kyla utsidan av batteripacket nära värmekällan. Man bör även kyla all plåt som angränsar till batteripacket så snart som möjligt.
- **Använd värmekamera kontinuerligt.** Värmekameran kan ge information om batteripacket blivit påverkat. Observera temperaturökning och storlek på varma områden samtidigt med utvecklingen av rök och ljud.

### 6.2.8.2 Brand i batteripacket

Om det är brand i batteripacket och den termiska rusningen propagerar beror bedömningen av vilken metod som ska användas även på elfordonets placering och vilken intensitet branden har.

När det är konstaterat att branden i batteripacket inte kommer att självlockna, och fördelarna med att släcka överväger fördelarna med att låta det brinna ut, är det en effektiv metod att få in vatten i batteripacket.



**WARNING! Se till att ingen uppehåller sig i områden där det varit jetflamnor och rök från batteripacket.**



**NOTERA! En brand där det enbart kommer rök ur batteripacket under enstaka tillfällen kan innebära att batteriet självslocknar. Utför inte håltagning i batteripacket i det läget, om det inte finns en uppenbar risk med de oförbrända rökgaserna ur ett hälso- eller explosionsperspektiv.**

Om man vid kylning in i ett batteripack träffar en oskadad battericell kommer den att försättas i termisk rusning. Fortsatt inflöde av vatten gör att den termiska rusningen sker med lägre risk för omgivningen.



**NOTERA! Det kan finnas delar av ett batteripack som är svårare att penetrera än andra. Prova då att göra ett nytt hål några centimeter därifrån.**

#### Utrustning:

- Fullt personskydd med andningsapparat
- Strålrör
- Värmekamera
- PPV-fläkt
- Verktyg för håltagning i batteripacket, avsett för ändamålet.<sup>43</sup>

#### Instruktion:

- **Skanna med värmekamera för att hitta värmekällan.** Skanna kontinuerligt under hela släckinsatsen tills temperaturen har avstannat på 50° C.
- **Gör hål i batteripacket där värmekameran indikerar det varmaste området.** Här pågår troligen en termisk rusning. Målsättningen är att hitta en punkt där det går att få in vatten nära källan till branden och i samma volym där den termiska rusningen sker. Ett fordons batterier kan vara uppdelade i flera batteripack eller delar, där inte vatten kan rinna mellan dem. Ett hål långt ifrån den termiska rusningen men i samma del kan fungera, men ett hål nära den termiska rusningen men i en annan del fungerar inte.

---

<sup>43</sup> (Arbetsmiljöverket, 2020)



**NOTERA!** Om man går in från undersidan kan det vara svårt att komma åt battericeller som inte är i direkt förbindelse med undersidan av fordonet. Avkylning sker även om inflödet av släckvatten sker i närheten av de brinnande battericellerna, så länge samma fysiska del av batteripacket kyls. Bilden av batteriets layout i fordonets räddningskort kan ge bra information om var det är lämpligt att göra håltagning med verktyget.

- **Flöda vatten i hålet tills det inte avges någon rök eller eld och temperaturen är lägre än 50° C.** Det kan ta några minuter innan det ger effekt, eftersom vattnet ska fylla upp batteripacket till en nivå där de battericeller som varit hotade kyls av vattnet och då inte längre riskerar att propagera. Om det kommer vatten från öppningar högt uppe i batteripacket och det inte längre sker några termiska rusningar i fler battericeller kan vattengivning också avslutas. Observera om det ryker eller är uppenbart varmt någonstans. Återuppta i sådana fall vattengivningen till dess värmen och röken avtar. Om det, efter en rimlig tid, inte gett något resultat kan det vara för att flödet har upprättats i en fysiskt avskild del i batteriet. Prova i sådana fall att ta omtag genom att göra ett nytt hål på ett annat ställe.
- **Fortsätt att observera batteripacket okulärt och med värmekamera.** Ett batteripack som är fyllt med vatten behöver troligtvis kortare observationstid än ett där vattnet dränerar ut genom hål i botten. Observera att återantändning kan ske efter flera timmar eller dagar från brandtillfället.<sup>44</sup> I dagsläget är vi osäkra på hur lång observationstiden behöver vara.
- **Placera fordonet på ett säkert sätt innan platsen lämnas.** Hantera en eventuell senare återantändning genom att placera fordonet så att det inte kan leda till brandspridning eller personrisk.

---

<sup>44</sup> (MSB, 2023)



**NOTERA!** När denna vägledning skrivs är erfarenheten begränsad av bränder som är släckta med denna metod. Därför behöver alla aktörer inom räddningstjänst fortsätta att söka kunskap om nödvändig observationstid.



**WARNING!** Återantändning kan ske efter flera timmar eller dagar från brandtillfället. Hantera elfordon och batterier som brunnit med stor försiktighet.

### 6.2.8.3 Brand i både kupén och batteripacket



**WARNING!** Se till att ingen uppehåller sig i områden där det varit jetflamnor och rök från batteripacket.

- Släck först branden i kupén enligt instruktionen i kapitel 6.2.8.1 Brand i kupén.
- Släck branden i batteripacket enligt instruktionen i kapitel 6.2.8.2 Brand i batteripacket.

## 6.2.9 Avspärning, utrymning, inrymning och VMA

Brinnande fordon utomhus kommer i de flesta fall att vara okomplicerade händelser att hantera. Insatser med fordon som är placerade så att de är svårtillgängliga för räddningstjänstens personal kan dock bli mer komplicerade och långvariga.

Avspärning, utrymning, inrymning och VMA bör hanteras på samma sätt som för fordonsbränder generellt.

## 6.2.10 Risker som kan finnas kvar efter en räddningsinsats



**WARNING! Elrisker.**

Obrunna battericeller kan fortfarande innehålla elektrisk energi efter att en brand är släckt. Om spänningen i de oskadade delarna är tillräckligt hög kan det finnas elektrisk risk vid fysisk kontakt.



**WARNING! Risk för återantändning eller rökutveckling.**

Efter att branden är släckt kan det under vissa omständigheter uppstå brand eller rökutveckling igen.



**WARNING! Risk för brandspridning.**



**WARNING! Hälsa- och brandfarliga gaser.**



**WARNING! Explosionsrisk. Lämna fönster i kupén öppna för ventilation.**

Brandfarliga gaser kan bildas. Se till att det finns ventilation i kupén för att minska explosionsrisken.

### **6.2.11 Att avsluta räddningsinsats**

När man har avslutat vattengivning och observation har skett under den tid som bedöms rimlig kan räddningsinsatsen avslutas. Det kan ske när framdrivningsbatteriet har en bekräftat jämn och stabil låg temperatur (under 50 °C). Det är då lämpligt att placera fordonet på en säker plats, där liv, miljö eller egendom inte riskerar att skadas av en eventuell återantändning.

### **6.2.12 Restvärdesarbete och sanering**

Vid restvärdesarbete, sanering, olycksutredning och liknande arbetsuppgifter efter en brand finns det kvarstående risker. Battericeller, oskadade eller skadade, som finns kvar i utrymmen ska man betrakta som möjliga källor till giftiga gaser och välja skyddsnivå därefter.



**WARNING! Personal som arbetar med litiumjonbatterier behöver vara medvetna om riskerna och ha en plan för en eventuell återantändning.**



**WARNING! Släckvatten och sotiga ytor innehåller farliga ämnen. Personal som arbetar med detta behöver ha korrekt skyddsutrustning och utbildning för ändamålet.**

### 6.2.13 Ansvar för arbetsmiljön i samband med avslut av insatsen

Enligt rådande lagstiftning<sup>45</sup> finns det ett ansvar att lämna över information om risker till de aktörer som kommer att arbeta senare i processen. Detta för att säkerställa att ingen kan bli skadad på grund av risker som upptäckts under arbetet.



**NOTERA! Det som skiljer ett brunnet elfordon från bensin- och dieseldrivna fordon är främst risken för återantändning samt att det kan finnas elektrisk energi kvar i batteripacket.**



**NOTERA! Ge alltid information om risken för återantändning vid överlämning av ett brandskadat elfordon eller litiumjonbatteri till exempelvis en bärgare, en verkstad eller ett skrotupplag.**

Det finns en risk för återantändning efter batteribränder, men det är oklart hur stor risken är. Återantändning är troligen inte räddningstjänstens ansvar enligt LSO. Utifrån den kunskap som finns när den här vägledningen skrivs, tillsammans med den låga frekvensen av händelser, kan det möjligen finnas orsak att i vissa situationer eskortera bärgningsfordon med räddningsfordon när de transporterar elbilar med risk för återantändning. I första hand är det dock ett ansvar för bärgningsföretagen att ha utrustning så att de kan klara transporter utan eskort av räddningstjänsten. Fordonsverkstäder har ett ansvar att ha förberedda uppställningsytor samt en organisation och materiel som kan hantera uppvärmning i batteripack, så att inte denna uppvärmning behöver leda till åtgärder från räddningstjänsten.

---

<sup>45</sup> 3 kap. 7 g § arbetsmiljölagen.

## 6.3 Insats vid bränder i batterienergilagrar



**NOTERA!** Läs först kapitlet **Generella risker och åtgärder**.



**WARNING!** Explosionsrisk.



**WARNING!** Elrisker.



**WARNING!** Hälso- och brandfarliga gaser.



**AKTA!** Risk för materiella skador.

Det finns i dagsläget en begränsad erfarenhet av bränder i batterienergilagrar<sup>46</sup>. I stora batterienergilagrar har det sammanlagt inträffat mindre än 100 sådana bränder i världen fram till och med 2022. Mer än hälften av dessa har inträffat i samband med uppstart av anläggningarna och under det första årets drift. Insatsmetodiken som föreslås är baserad på en begränsad mängd erfarenhet och kan förändras och förbättras baserat på kommande erfarenheter.

Batterienergilagrar kan vara uppbyggda på olika sätt. Till synes likadana utsidor kan rymma helt olika tekniska lösningar på insidan. Till exempel kan battericeller ibland placeras i öppna rack, ibland kan de vara placerade i slutna moduler och ibland kan det vara begagnade fordonsbatterier som återanvänds. Dessa egenskaper påverkar vilka förutsättningar en insats har att lyckas och vad som kan vara relevanta åtgärder. Gemensamt för de olika utformningarna är att det är viktigt att ta hänsyn till explosionsrisker, elrisker och eventuellt släckvatten. Explosionsrisken är starkt knuten till om batterigaser kan ansamlas någonstans och elriskerna varierar beroende på spänning och om det finns ett jordat system i samma utrymme som batterienergilagret.

---

<sup>46</sup> (EPRI, 2024)

### 6.3.1 Elrisker vid en släckinsats av batterienergilagrar



**WARNING! Elrisker.**



**WARNING! För batterienergilagrar blir elriskerna speciella då det kan finnas en koppling mellan de friflytande batterierna och det fasta, jordade, fastighets- eller kraftnätet.**



**WARNING! Hantera inledningsvis systemen som om de vore jordade, och arbeta med rätt skyddsavstånd.**

De elektriska riskerna är beroende på hur stor anläggningen för energilagringen är och hur den är konstruerad. Generellt är dock att man alltid ska anta att det finns spänning i batteridelen. Till skillnad mot elbilar som inte står på laddning så kan det för energilagrar i byggnader finnas en skyddsjordning i det som ingår i fastighetens eller byggnadens elektriska system. Då behöver säkerhetsavstånd och bedömningar av elrisker även baseras på den delen som tillhör byggnadens jordade elsystem.

### 6.3.2 Explosionsrisk vid en släckinsats av batterienergilagrar

Både små och stora batterienergilagrar kan orsaka explosioner vid bränder. Gaser som bildas i samband med en rykande termisk rusning innehåller brandfarliga gaser som kan antändas om de ansamlas. Den elektriska energin i ett batteri tillför dessutom värme genom en stegvis uppvärmning av ytor eller gnistor i samband med kortslutningar. Varma ytor och gnistor kan fungera som tändkällor och om gasblandningen är inom brännbarhetsområdet kan en explosion ske.

Stora fristående energilagrar byggs ofta in i stålcontainrar som bland annat används inom sjöfart. Vid explosioner som inträffat har tunga metalldelar slungats iväg upp till 25 meter<sup>47</sup>.

Mindre energilagrar i fastigheter har orsakat explosioner som tryckt ut dörrar, fönster och påverkat konstruktionen, till exempel genom att rasera väggar och bjälklag.

Trots installerade och utlösta släcksystem har det förekommit explosioner. Om räddningstjänsten bedömer att det inte går att närma sig batterienergilagret på ett säkert sätt är en möjlig åtgärd att göra en defensiv insats, där man begränsar brandspridning till omgivningen och låter batterienergilagret brinna färdigt.

---

<sup>47</sup> (The Liverpool Echo, 2020)



### 6.3.3 Förbränningsprodukter vid bränder i batterienergilagrar



**WARNING! Hälso- och brandfarliga gaser.**

Precis som all annan brandrök innehåller gaserna från både en brinnande eller en rykande termisk rusning giftiga ämnen. Byggnadskonstruktion, placering av energilagrar och placering av människor bestämmer vilken typ av insats som behöver ske för att skydda människors liv och hälsa. Den stora skillnaden mot ”vanliga” bränder är att den mer osynliga röken från brinnande batterigaser också innehåller farliga ämnen, vilket gör att det inte är hur tjock röken är som bestämmer om det är farligt eller ej. Likaså produceras det kolmonoxid före termisk rusning och under lång tid efter synlig brand, vilket också behöver vägas in.

Räddningstjänstens larmställ och andningsskydd ger ett fullgott skydd mot de möjligen tillkommande ämnen i förbränningsprodukter från batteribränder, på samma sätt som mot brandrök från andra typer av bränder.

De gaser som kan bildas vid en rykande termisk rusning och som är brandfarliga är bland annat vätgas, kolmonoxid, kolväten och andra väteföreningar. 70% av det som bildas kan vara av denna typ av brandfarliga gaser.

### 6.3.4 Påverkan på konstruktioner vid bränder i batterienergilagrar



**AKTA! Risk för materiella skador.**

Konstruktioner i byggnader kan påverkas annorlunda vid batteribränder än vid bränder i material som vanligtvis brinner i byggnader. Det är två egenskaper hos batteribränder som kan skilja mot andra bränder.

Vid batteribränder kan flammorna ha en högre hastighet än vid normala bränder. Dessa så kallade jetflammar kan medföra en större lokal påverkan på ytskikt än vid vanliga bränder.

Explosioner kan orsaka skador på en byggnad som förstör det befintliga brandskyddet i form av rums- och brandcellsindelning, vilket kan sprida en brand på ett sätt som inte byggnadens brandtekniska projektering förutsatt. Det kan också påverka byggnadens konstruktion och bärighet då exempelvis väggar och bjälklag kan ha flyttats eller rubbats.

### 6.3.5 Utlarmning och framkörning

För batterienergilagrar som är placerade i en byggnad är det inte säkert att inringaren vet att det är ett batterienergilagrar som brinner. Färgen på röken kan ge en indikation på om batterier är involverade. Om färgen är ljus grå eller vit kan det finnas en risk att termisk rusning förekommer. För andra typer av batterienergilagrar kan det framgå mer tydligt vad det är som brinner.

För att hantera bränder i både mindre och större batterienergilagrar krävs troligen samma typ av resurser som vid motsvarande bränder där det inte brinner i batterier. Det blir alltså det brinnande objektet och vad som är hotat som behöver styra vilka resurser som utlarmas.

I utlandet har det vid flera tillfällen, under tiden från att någon ringt larmcentralen om branden och fram tills räddningstjänsten anlät, skett en antändning av rök från batteribränder. Antändningen kan orsaka en explosion, som i sin tur påverkar byggnaden och personer i byggnaden. Explosionsrisken är viktig att ha med som ett möjligt scenario vid framkomst. Det kan också komma rapporter om explosioner under framkörningen. Likaså är det viktigt att ha med en tanke på hur risken för explosion kan påverka insatsen om det enbart kommer rök och inga lågor från batterierna.

### 6.3.6 Framkomst och omedelbara åtgärder

Livräddning kan ske på samma sätt som vid andra bränder i motsvarande objekt, med en extra uppmärksamhet på om det förekommer en invändig rykande termisk rusning och explosionsrisken som följer med den. Färgen på röken ger en indikation på om batterier är involverade och kan vara bra att ha med i en tillbakarapportering. Om färgen är ljus grå eller vit kan det finnas en risk att termisk rusning förekommer.

Till skillnad från andra bränder, där man kan vinna fördelar av att stänga inne branden genom att stänga dörrar och andra öppningar, så bör man på grund av explosionsrisken vara försiktig med det när det gäller batteribränder. Det kan vara fördelaktigt att öppna upp och ventilerastället, men med tanke på den ökade risken för brandspridning är det viktigt att göra en bedömning från fall till fall.

Saker att göra direkt när ni kommer till ett brinnande batterienergilagrar:

- Om branden/röken är **välventilerad**, låt den fortsätta vara det, så att explosionsrisken inte ökar. Stäng inte in branden.
- Hantera en **rykande termisk rusning** som en gasläcka med exempelvis vätgas, som kan antändas vid låg tändenergi.
- **Identifiera fönster, dörrar, lättväggar och liknande** som kan skjutas iväg vid en explosion.

- Finns det **nödstopp**? Använd det, eller stäng på andra vis av så mycket av det elektriska systemet som möjligt. (Om det inte finns en insatsplan som säger något annat.)
- Befälet behöver ofta **inhämta mer information** för att kunna planera en genomtänkt insats. Anläggningsägaren kan ha information som är avgörande, och det kan gå att få fram live-data från anläggningens batterihanteringssystem.
- Aktivera om möjligt brandskydds- och brandsläckningssystem om det finns. Vissa system kan vara utformade så att räddningstjänsten kan tillföra vatten via ett torrörssystem mot batterierna. Gör detta i samförstånd med anläggningsägaren om sådan finns.
- Under tiden kan det vara lämpligt att ni stannar på en **säker plats** och därifrån försöker **hindra brandspridning** till omgivningen.

### 6.3.7 Genomförande av insatsen



**WARNING! Explosionsrisk.**



**NOTERA! Inled i samtliga fall med en bedömning av om fördelarna med att släcka överväger fördelarna med att låta det brinna ut.**

Batterienergilagrar i bostadsbyggnader eller i byggnader med verksamhet hanteras på samma sätt som en annan brand i motsvarande byggnad, men med extra uppmärksamhet på explosionsrisken som finns om det är en rykande termisk rusning från batterierna.

- Närma er och öppna dörrar bara om det inte medför alltför stora risker för er själva.
- Överväg att låta lagret brinna och fokusera på att begränsa spridning.



**NOTERA! Bränder i större anläggningar med batterienergilagrar, exempelvis containrar, kan brinna under flera dygn.**



**NOTERA!** Det finns anläggningar som är konstruerade så att räddningstjänsten ska kunna påverka en brand. Det finns också anläggningar med släcksystem som förutsätter att man inte öppnar upp det rum där det brinner.

Ägaren behöver ge räddningstjänsten information om konstruktion och eventuella släcksystem för att det ska finnas en chans att påverka förloppet, till exempel genom en insatsplan. Att spruta in vatten i ett stort energilager kan ge nackdelar i form av en utdragen tid till släckning och förorenat vatten att ta hand om. Det är möjligt att den bästa insatsen är att begränsa brandspridning till omgivningen under tiden batterierna i det brinnande batterienergilagret tillåts brinna ut. Det är viktigt att beakta explosionsrisken även för dessa stora batterienergilagret, även om det finns släcksystem i utrymmet.

### **6.3.8 Avspärning, utrymning, inrymning och VMA**

Avspärning, utrymning, inrymning och VMA bör kunna hanteras på samma sätt som för bränder generellt, med tillägget att om man inte undanröjt explosionsrisken bör man ta höjd för den vad gäller avspärning, utrymning och inrymning.



**WARNING!** Ta höjd för eventuell kvarstående explosionsrisk vid avspärning, utrymning och inrymning.

### 6.3.9 Risker som kan finnas kvar efter en räddningsinsats



**WARNING! Elrisker. Hantera alltid batterierna i ett batterienergilagret som spänningsförande, oavsett batteriets skick.**



**WARNING! Ha beredskap för att hantera återantändning.**



**WARNING! Explosionsrisk.**



**WARNING! Häls- och brandfarliga gaser.**

Det kan finnas kvarvarande elektrisk energi i batterier som brunnit och det är inte alltid enkelt att se på ett batteri om hela brunnit eller bara delar av det. Denna elektriska energi kan både skapa elrisker och risk för återantändning.

Det kan vara möjligt, och bra ur ett räddningstjänstperspektiv, att flytta ut ett mindre batterienergilagret ur en byggnad för att försäkra sig om att en återantändning inte skapar ett nytt behov av en räddningsinsats. En person med elektrisk kompetens behöver då göra själva urkopplingen.

I större fristående energilagret finns samma risk för återantändning och troligen större elrisker. Eftersom energilagret är fristående finns det troligen ingen nytta ur ett räddningstjänstperspektiv att arbeta inne bland dessa elrisker. Kvarvarande energi kan göra en återantändning sannolik.

Av de många gaser som kan bildas i samband med termisk rusning i batterier är kolmonoxid den som troligen kan detekteras tidigast före branden<sup>48</sup> och längst tid efter en brand. Före den termiska rusningen, när battericellen ventilerar, och efter en termisk rusning pågår kemiska reaktioner som avger kolmonoxid och därmed kan vara hälsofarliga, men dock inte explosiva. Det är därför bra att mäta kolmonoxid för att bedöma vilken typ av andningsskydd som behövs i olika faser av efterarbetet.

---

<sup>48</sup> (DNV, 2019)

### **6.3.10 Att avsluta räddningsinsats**

Förutom den möjliga kvarvarande energin och risken för återantändning skiljer sig inte en brand i ett batterienergilagrar från andra bränder vad gäller att avsluta en räddningsinsats.

### **6.3.11 Restvärdesarbete och sanering**

När den här vägledningen skrivs finns det inte tillräckligt med kunskap om restvärde och sanering efter bränder i batterienergilagrar.

### **6.3.12 Ansvar för arbetsmiljön i samband med avslut av insatsen**

Det finns ett ansvar enligt rådande lagstiftning<sup>49</sup> att lämna över information om risker till de aktörer som kommer att arbeta senare i processen så att ingen kan bli skadad på grund av risker som upptäckts under arbetet. Det som är speciellt med bränder i batterienergilagrar är den kvarvarande energin som kan skapa elrisker, brandrisker, gasrisker och explosionsrisker.

---

<sup>49</sup> 3 kap 9 § LSO.

# 7 Händelserapport och olycksutredning

Det finns mycket att lära från inträffade bränder i litiumjonbatterier. Räddningstjänsten har en skyldighet att i skäligen omfattning undersöka orsakerna till olyckan, olycksförloppet och räddningsinsatsens genomförande. Viktiga erfarenheter som dokumenteras i händelserapporter och olycksutredningsrapporter bidrar till utvecklingen av säkra och effektiva räddningsinsatser.

För att få bra underlag till händelserapporten och eventuell olycksutredning är det angeläget att löpande dokumentera insatsen. Både film/foto samt anteckningar från händelseutvecklingen och insatta åtgärder kan vara viktiga underlag för efterföljande undersökning och dokumentation.

Fram till och med år 2022 har det inträffat få olyckor med litiumjonbatterier i Sverige och det saknas i stor utsträckning erfarenheter från denna typ av händelser både nationellt och internationellt. Därför är det extra värdefullt att få bra dokumentation av erfarenheter och lärdomar från de olyckor som inträffar och de räddningsinsatser som genomförs. Det kan även vara motiverat att genomföra en olycksutredning, utöver den obligatoriska dokumentationen i räddningstjänstens händelserapport.

Viktiga erfarenheter från olyckor och räddningsinsatser som innefattat litiumjonbatterier kan spridas till myndigheter (till exempel Elsäkerhetsverket, Transportstyrelsen, Arbetsmiljöverket och MSB), andra räddningstjänster, fastighetsägare samt tillverkare/återförsäljare.

## 7.1 Stöd för händelserapporten

Vid alla räddningsinsatser med litiumjonbatterier bör följande information särskilt samlas in i den mån det är möjligt och dokumenteras i händelserapporten.

- Beskriv typ av produkt, maskin, fordon, batterienergilagring eller liknande som batteriet användes till eller var avsett för.
- Ange om batteriet var på laddning.
- Ange om det var en rykande eller brinnande termisk rusning i batteriet.
- Beskriv var branden startade och eventuell brandspridning. Exempelvis om branden startade i batteriet och spreds sig till annat brännbart i närheten eller tvärtom.
- Beskriv om det inträffade någon explosion i samband med olyckan.

## 7.2 Stöd för olycksutredning

I de fall en olycksutredning genomförs finns större möjligheter att fördjupa undersökning och analys och då kan en eller flera av följande aspekter vara värdefulla att utreda.

1. Hur upptäcktes branden i produkten, maskinen, fordonet, energilagret eller liknande och vilka tidiga indikationer fanns.
2. Batteriets energilagringkapacitet i Wh, kWh eller MWh.
3. Batteriets laddningsnivå (SOC) vid tillfället för olyckan.
4. Orsaker till branden.
5. Hur branden har spridit sig.
6. Explosionsrisk vid termisk rusning inomhus.
7. Hur lång tid branden har pågått och när batteriet påverkades av branden.
8. Släck- och kylmetoder som användes vid brand eller termisk rusning inne i batteriet.
9. Hur bedömningar har gjorts inför avslut av räddningsinsatsen.
10. Eventuella rekommendationer från räddningstjänsten till de som hanterar de skadade litiumjonbatterierna efter räddningsinsatsen.



## 8 Lästips

Nedan följer en sammanställning av lästips avseende litiumjonbatterier. Några av tipsen har redan refererats till i texten ovan.

- [Rekommendationer för hur den krockade elbilen ska hanteras på olycksplatsen](#)<sup>50</sup>
- [Instruktion för bärgare om transport skadade elbilar](#)<sup>51</sup>

---

<sup>50</sup> (Elbilsinfo, u.d.)

<sup>51</sup> (Elbilsinfo, u.d.)

## 9 Referenser

- Agrarheute. (den 09 05 2022). *PV-Anlage: Kellerbrand nach heftiger Explosion eines Batteriespeichers*. Hämtat från <https://www.agrarheute.com/energie/strom/pv-anlage-kellerbrand-heftiger-explosion-batteriespeichers-593410>
- Ambulanssjukvården i Storstockholm AB (AISAB) och Giftinformationscentralen. (2022). *Prehospital förmåga vid insatser med bränder i litiumjonbatterier*. Hämtat från [https://www.youtube.com/watch?v=vaspu8f\\_X\\_w](https://www.youtube.com/watch?v=vaspu8f_X_w)
- Arbetsmiljöverket. (2018). *Hygieniska gränsvärden (AFS 2018:1), föreskrifter*. Hämtat från [www.av.se](http://www.av.se): <https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/publikationer/foreskrifter/hygieniska-gransvarden-afs-20181-foreskrifter/>
- Arbetsmiljöverket. (2020). *AFS 2020:4*. Hämtat från <https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/publikationer/foreskrifter/anvandning-av-arbetsutrustning-afs-20064-foreskrifter/>
- Arizona Public Service. (2020). *McMicken Battery Energy Storage System Event Technical Analysis and Recommendations*. Hämtat från <https://www.aps.com/-/media/APS/APSCOM-PDFs/About/Our-Company/Newsroom/McMickenFinalTechnicalReport.ashx>
- Bisschop, Willstrand, Rosengren. (2020). *Handling lithium-ion batteries in electric vehicles: preventing and recovering from hazardous events*. *Fire Technol* 56:2671–2694.
- Brock, W. I. (1999). *HYDROGEN FLUORIDE: HOW TOXIC IS TOXIC?* Hämtat från [www.nist.gov](http://www.nist.gov): [https://www.nist.gov/system/files/documents/el/fire\\_research/R9902753.pdf](https://www.nist.gov/system/files/documents/el/fire_research/R9902753.pdf)
- Colella, Mendoza, Barry, Kossolapov, Spray & Myers. (den 31 10 2022). *Energy Release Quantification for Li-Ion Battery Failures. In Compliance*. Hämtat från <https://incompliancemag.com/article/energy-release-quantification-for-li-ion-battery-failures>
- DNV. (2019). *Technical Reference for Li-ion Battery Explosion Risk and Fire Suppression*. Hämtat från DNV: <https://www.dnv.com/publications/technical-reference-for-li-ion-battery-explosion-risk-and-fire-suppression-165062/>
- Egelhaaf, Kress, Wolpert, Lange, Justen. (2013). *Fire fighting of Li-ion traction batteries*. *SAE Int J Altern Powertrains* 2:37–48.
- Elbilsinfo. (u.d.). <http://www.elbilsinfo.se/>. Hämtat från <http://www.elbilsinfo.se/raddningstjanst>
- Elbilsinfo. (u.d.). <http://www.elbilsinfo.se/>. Hämtat från <http://www.elbilsinfo.se/bargare>
- EPRI. (2024). *BESS Failure Event Database*. Hämtat från <https://storagewiki.epri.com>: [https://storagewiki.epri.com/index.php/BESS\\_Failure\\_Event\\_Database](https://storagewiki.epri.com/index.php/BESS_Failure_Event_Database)
- FSI. (2013). *Elfordons potentiella riskfaktorer vid trafikskadehändelser: En rapport baserad på e-fordons teknik, säkerhetsfunktioner och modern batterikemi, rapport från FSI-projekt räddningskedjan*. ISBN 978-91-87461-44-6.
- Grönlund, Quant, Rasmussen, Willstrand & Hynynen. (2023). *Guidelines for the fire protection of battery energy storage systems*. *Division Safety and Transport, Fire Safe*

- Transport*. Hämtat från RISE, <https://www.ri.se/>: <https://ri.diva-portal.org/smash/get/diva2:1824438/FULLTEXT01.pdf>
- Hoffman. (2014). *Vattenbegjutning av 400 volt traktionsbatteri i färskvatten och saltvatten*. Hämtat från msb.se: <https://www.msb.se/sv/publikationer/vattenbegjutning-av-400-volts-traktionsbatteri-i-farskvatten-och-saltvatten/>
- ICC International Code Council. (2021). *Digital Codes. 2021 International Fire Code (IFC), kapitel 12*. Hämtat från <https://codes.iccsafe.org/content/IFC2021P2>
- ISO - International Organization for Standardization. (2019). *ISO/TR 8713:2019, Electrically propelled road vehicles, Vocabulary*. Hämtat från <https://www.iso.org/standard/71402.html>
- ISO. (2016). *ISO 18300:2016(en), Electrically propelled vehicles, Test specifications for lithium-ion battery systems combined with lead acid battery or capacitor*. Hämtat från <https://www.iso.org/standard/62043.html>
- ISO. (2018). *ISO 6469-3:2018, Electrically propelled road vehicles Safety specifications, Part 3: Protection of persons against electric shock*. Hämtat från <https://www.iso.org/standard/45479.html>
- ISO. (2019). *ISO 6469-1:2019, Electrically propelled road vehicles Safety specifications Part 1: Rechargeable energy storage system (RESS)*. Hämtat från <https://www.iso.org/standard/68665.html>
- ISO. (2020). *ISO/TS 4210-10:2020(en), Cycles Safety requirements for bicycles, Part 10: Safety requirements for electrically power assisted cycles (EPACs)*. Hämtat från <https://www.iso.org/standard/80890.html>
- ISO. (2022). *ISO 13063-1:2022, Electrically propelled mopeds and motorcycles Safety specifications, Part 1: On-board rechargeable energy storage system (RESS)*. Hämtat från <https://www.iso.org/standard/75155.html>
- ISO. (2022). *ISO 13063-2:2022, Electrically propelled mopeds and motorcycles Safety specifications, Part 2: Vehicle operational safety*. Hämtat från <https://www.iso.org/standard/77212.html>
- ISO. (2022). *ISO 13063-3:2022, Electrically propelled mopeds and motorcycles Safety specifications, Part 3: Electrical safety*. Hämtat från <https://www.iso.org/standard/77213.html>
- ISO. (2024). *ISO 17546:2024 Space systems Lithium ion battery for space vehicles, Design and verification requirements*. Hämtat från <https://www.iso.org/standard/83872.html>
- Kallin & Lindahl. (den 26 04 2023). *OLYCKSUTREDNING Brand i container för batterienergilagring Sisjöns industriområde Göteborg. Räddningstjänsten Storgöteborg*. Hämtat från msb.se: <https://rib.msb.se/Filer/pdf/30523.pdf>
- MSB. (2023). *Demonstration av släckmetod för litiumjonbatterier. Metodtillämpning på olika aggregationsnivåer - modul, sub-batteri, elbilspack och fordonsnivå*. MSB.
- MSB. (03 2023). *Effekter på miljön från kontaminerat släckvatten*. Hämtat från msb.se: <https://www.msb.se/sv/publikationer/effekter-pa-miljon-fran-kontaminerat-slackvatten/>
- MSB. (2023). *Transport av litiumbatterier*. Hämtat från <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/farligt-gods/litiumbatterier/>
- MSB. (2024). *Elfordon och litiumjonbatterier*. Hämtat från <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga->

- ammen/raddningstjanst-och-raddningsinsatser/batterier---hantering-  
brand-och-olyckor/elfordon-och-litiumjonbatterier/
- MSB. (2024). *Farligt gods*. Hämtat från [www.msb.se/farligtgoods](http://www.msb.se/farligtgoods)
- MSB. (2024). *Farligt gods*. Hämtat från [www.msb.se/farligtgoods](http://www.msb.se/farligtgoods)
- NFPA. (2023). *NFPA 68 Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting*. Hämtat från <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/nfpa-68-standard-development/68>
- NFPA. (2023). *NFPA 855 Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems*. Hämtat från <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/nfpa-855-standard-development/855>
- Rowden & Garcia-Araez. (2020). *A review of gas evolution in lithium ion batteries*. Hämtat från <https://www.researchgate.net>:  
[https://www.researchgate.net/publication/341564117\\_A\\_review\\_of\\_gas\\_evolution\\_in\\_lithium\\_ion\\_batteries](https://www.researchgate.net/publication/341564117_A_review_of_gas_evolution_in_lithium_ion_batteries)
- Schwäbische. (den 05 03 2022). *Explosionsgefahr: Stromspeicher von PV-Anlagen als tickende Zeitbombe im Einfamilienhaus?* Hämtat från <https://www.schwaebische.de/regional/oberschwaben/bodnegg/pv-speicher-explosions-und-brandgefahr-72346>
- Standards New Zealand. (2019). *AS/NZS 5139:2019 Electrical installations - Safety of battery systems for use with power conversion equipment*. Hämtat från <https://www.standards.govt.nz/shop/asnz-51392019/>
- The Liverpool Echo. (2020). *Live updates as fire rips through Carnegie Road electrical unit*. Hämtat från <https://www.liverpoolecho.co.uk/news/liverpool-news/live-updates-fire-rips-through-18934842>
- Totalförsvarets forskningsinstitut. (2021). *Gasformig HF vid brand i tränga utrymmen*. MSB.
- UL Solutions. (2020). *UL 9540 Energy Storage System (ESS) Requirements*. Hämtat från <https://www.ul.com/news/ul-9540-energy-storage-system-ess-requirements-evolving-meet-industry-and-regulatory-needs>
- UNECE - United Nations Economic Commission for Europe. (u.d.). *World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (WP.29), UNECE. WP.29 – Introduction*. Hämtat från <https://unece.org/wp29-introduction>
- UNECE. (2024). *Regulation No. 100 Rev.3*. Hämtat från <https://unece.org/transport/documents/2022/03/standards/regulation-no-100-rev3>
- Veen & Koppen. (2020). *Emergency responses in smoke from Li-ion batteries*. Hämtat från [www.ri.se](http://www.ri.se): <https://www.ri.se/sites/default/files/2020-12/FIVE-2020%20Emergency%20responses%20in%20smoke%20from%20Li-ion%20batteries%20V1.1%20def%20-%20Emergency%20responses%20in%20smoke%20from%20Li-ion%20batteries.pdf>
- Volvo. (2021). *Volvo C40 Recharge Pure Electric 5dr SUV*. Hämtat från [www.elbilsinfo.se](http://www.elbilsinfo.se):  
[https://www.elbilsinfo.se/storage/CE53164933EDC85B4F9FFB7E861851FC3B25185EAE3B75B141FA37B161C91814/9859ef5114004f82bc7c648751d86ece/pdf/media/79e8d00aac8f4897895c28400d931008/Volvo\\_C40\\_Recharge](https://www.elbilsinfo.se/storage/CE53164933EDC85B4F9FFB7E861851FC3B25185EAE3B75B141FA37B161C91814/9859ef5114004f82bc7c648751d86ece/pdf/media/79e8d00aac8f4897895c28400d931008/Volvo_C40_Recharge)
- Wingfors, Magnusson & Thors. (2021). *Gasformig HF vid brand*. Hämtat från [msb.se](http://msb.se): <https://rib.msb.se/filer/pdf/29507.pdf>

Zhang, Kaiqiang, Sun, Wang. (2022). *A Review of Fire-Extinguishing Agents and Fire Suppression Strategies for Lithium-Ion Batteries Fire.*



Myndigheten för  
samhällsskydd  
och beredskap