



PELASTUSOPISTO

PSR
PALOSUOJELURAHASTO

Brandsäkerheten av litiumjonbatterier inom industrin

Jari Mikkonen, Kimmo Rytönen, Juha Laitinen, Antti Hanhineva, Mika Lankinen, Miikka Jylhä, Marko Hassinen, Ulla Lassi, Vesa Linja-aho, Karoliina Meurman, Helena Mäkinen, Joonatan Suosalo och Iiro Wennberg



Innehåll

1	Inledning	5
2	Förkortningar och begrepp	6
3	Identifiering av en litiumjonbatteribrand och släckningssäkerhet	7
3.1	Släckningsgrunder	7
3.2	Identifiering och utveckling av en batteribrand	7
3.3	Släckningssäkerhet	8
4	Åtgärder vid batteribrand	9
4.1	Primärsläckningsmetoder	9
4.1.1	Primärsläckningsmetoder som grundar sig på nedkylning	9
4.1.2	Primärsläckningsmetoder som grundar sig på kvävning	10
4.1.3	Evakuering av batteriet	11
4.2	Personlig skyddsutrustning	11
4.2.1	Kortvarig exponering och lämplig personlig skyddsutrustning	12
4.2.2	Långvarig exponering och lämplig personlig skyddsutrustning	12
4.3	Primärsläckningsåtgärder vid batteribrand	13
5	Tillverkning och hantering av litiumjonbatterier inom industrin	15
5.1	Tillverkning av batterier och batterisystem	15
5.1.1	Identifiera särskilda risker vid tillverkning av batterier	15
5.1.2	Släckning av batteribrand på tillverkningslinjen	15
5.1.3	Evakuering av batteriet från tillverkningslinjen	16
5.1.4	Bistånd till räddningsverket vid batteribrand	16
5.1.5	Identifiering av batteribrand på linjen	16
5.1.6	Automatisk släckning av batteribränder	17
5.2	Tillverkning av anordningar och maskiner	17
5.3	Lagring av batterier och batterisystem	17
5.3.1	Konstruktionsmässigt brandskydd för litiumjonbatterilager	19
5.3.2	Tillvaratagande av släckvatten från batterilagerbränder	19
5.3.3	Identifiering av batteribrand i lager	19
5.4	Förvaring av defekta batterier	20
5.4.1	Lagrets märkningar	20
5.4.2	Placering av lager för defekta batterier	21
5.4.3	Checklista för batteriförvaring:	21

6	Användning och laddning av apparater som innehåller litiumjonbatterier i en kontors- och industriomgivning	22
6.1	Cyklar och handverktyg.....	22
6.1.1	Laddning av små och medelstora batterier (mindre än 1 kwh) i ett öppet utrymme ..	22
6.1.2	Laddning av små och medelstora batterier (mindre än 1 kWh) i laddningsskåp	23
6.1.3	Gasavledning från litiumjonbatterilager	24
6.2	Elbilar	25
6.2.1	Laddningsplatser för bilar	25
6.2.2	Hantering av rökgaser vid bilbrand.....	25
6.2.3	Brandspridning i parkeringshus	26
6.2.4	Standarder och rekommendationer för laddning av elbilar på finska.....	27
6.3	Truckar och andra jämförbara anordningar med litiumjonbatterier	27
7	Återvinning av batterier och åtgärder i efterhand	28
7.1	Insamling och transport av kasserade batterier	28
7.1.1	Transport och återvinning av brända batterier	30
7.2	Säkerheten vid återvinning av batterier	31
7.2.1	Mottagning och lagring av batterier hos återvinningsaktörer.....	31
7.2.2	Mekanisk urladdning av batterier och avlägsnande av elbilarnas batterier.....	31
7.2.3	Urladdning av batterier.....	32
7.2.4	Krossning av batterier	32
8	Transport av batterier.....	33
9	Reparation och transport av elfordon	35
9.1	Förflyttning av el- och hybridbilar från olycksplatsen.....	35
9.1.1	Verksamhet vid transport av bränd bil/hybridbil	35
9.1.2	Transporten av en helt brunnen elbil	36
9.1.3	Transport av släckt elbil, vars batteri inte har brunnit ut	36
9.1.4	Bilen har varit nedsänkt i vatten i minst 1 dygn	36
9.1.5	Transport av elbil som varit i en trafikolycka	36
9.1.6	Materielrekommendationer för elbilstransport	37
9.1.7	Transport av stora elfordon	37
9.1.8	Miljöfaktorer vid elbilsbrand.....	37
9.2	Beredskap för batteribränder under reparation av elbilar	38
9.2.1	Förvaring av elbilar som varit i krock	38



9.2.2	Brandsäkerhet under reparation av elbilar.....	38
9.2.3	Minneslista för åtgärder under brand	39
9.2.4	Brandsäkerhet vid lagring, laddning och reparation av små fordon med fast batteri..	39
9.2.5	Brandsäkerhet vid lagring av små fordon	39
9.2.6	Laddningsrekommendationer för små fordon.....	39
9.2.7	Brandsäkerhet vid reparation av små fordon	40
Källor		41

1 Inledning

Användningen av litiumjonbatterier ökar snabbt inom många olika branscher och det finns rikligt med information om deras brandsäkerhet. Problemet är dock den enorma mängden information som gör det svårt att hitta lämpliga anvisningar för just det egna behovet.

Denna anvisning sammanställer information som baserar sig på skriftligt material om litiumjonbatteriers riskfaktorer och verksamhetssätt med vars hjälp man kan förbereda sig på batteribränder i en industrimiljö. Dessutom grundar sig en del av rekommendationerna på empirisk information som samlats in under företagsbesök.

Rekommendationerna kan tillämpas på litiumjonbatterier och apparater som innehåller dem under hela deras livscykel, från tillverkning till återvinning.

I anvisningen behandlas riskerna i anslutning till tillverkning, transport, användning, underhåll och återvinning av batterier. Utöver beredskapen innehåller anvisningen primärsläckningsåtgärder som kan tillämpas i olika omgivningar.

Separata anvisningar har utarbetats för räddningsverken där släckningsåtgärderna granskas bl.a. med tanke på industrimiljön.

2 Förkortningar och begrepp

ABEK-P3	Kod för filtrets filtreringsförmåga enligt standarden EN14387.
ADR	ADR är en förkortning av den europeiska överenskommelsen om internationell transport av farligt gods på väg.
AEGL	Gränsvärde för akut exponering, AEGL-värden har fastställts för flera olika exponeringstider. I första hand används 10 min och 30 min.
Batteri	Återladdningsbar spänningskälla, batteriets funktion grundar sig på en elektrolytisk reaktion (elektrolys)
Batterimodul	Består av flera battericeller
Akkumulatorbatteri	Består av flera battericeller eller batterimoduler
BESS	Battery Energy Storage System, Batterienergilagringssystem
BMS	Battery Management System. Batterihanteringssystemet övervakar laddningsutrymmet, temperaturen och batteriets skick. Batterihanteringssystemet ger andra styrenheter och användare information om batterisystemets status. Batterihanteringssystemet främjar batteriets livslängd och säkerställer driftsäkerheten. Driftsäkerhet omfattar allmän elsäkerhet och skydd vid felsituationer.
Elektrolyt	Flytande eller fast ämne som innehåller rörliga joner som gör ämnet joniskt ledande
ESMS	Energy Storage Management System. Hanteringssystem för energilager
ESS	Energy Storage System, energilagringssystem
HTP	Den koncentration i luften på arbetsplatsen som bedömts vara skadlig är ämnets lägsta koncentration som bedömts orsaka hälsorisker, och anges i allmänhet som förhållandet mellan skadliga molekyler och mängden luftpartiklar i miljondelar ppm. Vanligtvis används 15 min och 8 h.
kWh	Energi i kilowattimmar
SOC	Batteriets laddningsnivå (State of charge)
TFÄ	Transport av farliga ämnen föreskrifter
PFAS-föreningar	Per- och polyfluorerade alkylföreningar
De vanligaste litiumjonbatterikemierna (Katodmaterial)	
LCO	Litium-Koboltoxid
LFP	Litium-Järnfosfat
LMO	Litium-Manganoxid
LTO	Litium-Titanatoxid
NCA	Nickel-Kobolt-Aluminiumoxid
NMC	Litium-Nickel-Mangan-Koboltoxid

3 Identifiering av en litiumjonbatteribrand och släckningssäkerhet

3.1 Släckningsgrunder

Det är särskilt svårt att släcka litiumjonbatteribränder på grund av deras oförutsägbara beteende och de komponenter i själva batteriet som behövs för förbränning (värme, syre, brännbart ämne). Det går endast att släcka ett litiumjonbatteri genom att kyla ner batteriet. Skyddande åtgärder kan vidtas för att förhindra brandens spridning, men släckning av själva branden till exempel genom kvävning är inte möjligt.

När det gäller batteribrändernas hanterbarhet kan man fokusera på två huvudfaktorer: *nedkylning av branden* och *hantering av de gaser som frigörs*. Genom nedkylning kan man kontrollera själva batteribranden och bromsa upp dess spridning. Genom att avlägsna eller neutralisera gaser kan man förhindra att de flammar upp eller exploderar i ett slutet utrymme. Som en tredje faktor kan man beakta hantering av omgivningen, på vilken man tillämpar samma praxis som vid hantering av andra bränder.

Batteriernas brandbeteende påverkas i hög grad av deras kemiska sammansättning. En del av batteriernas kemiska sammansättningar antänds inte lika lätt, men det kan till och med vara farligare att använda dem i ett slutet utrymme. Detta beror på att brandfarliga gaser frigörs, vilket kan öka explosionsrisken.

Vid valet av batterikemi beaktas ofta många faktorer utöver brandsäkerheten. Dessa är bland annat pris, livslängd, prestanda, effekt och energimängd. Det finns flera jämförelser av olika batterikemier, varav ett exempel finns i diagram 1. Här kan vi se att till exempel LFP (litiumjärnfosfat) är ett bättre alternativ med tanke på brandsäkerheten än NCO (Litium-Koboltoxid).

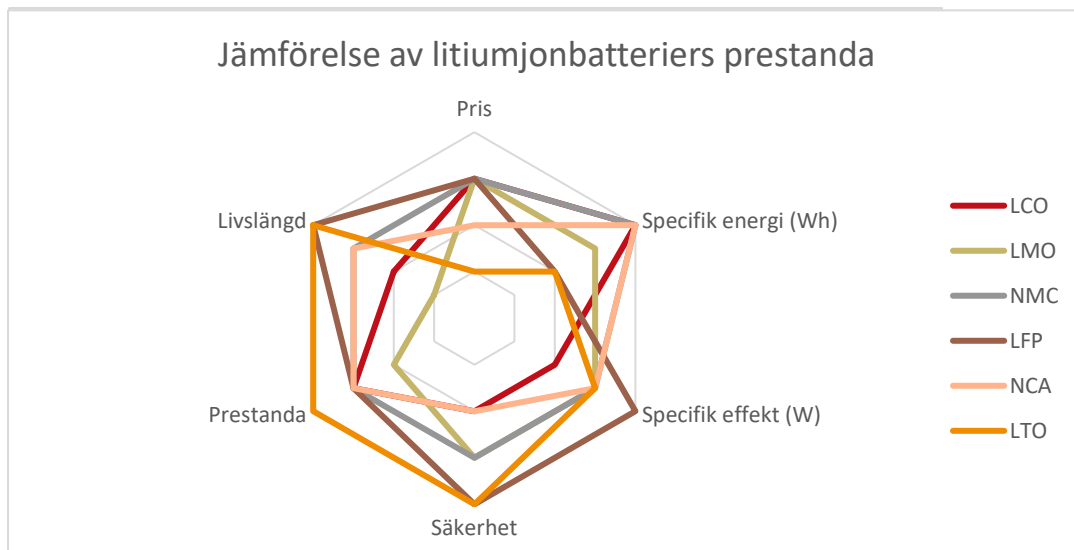


Diagram 1. Batteriernas kemiska sammansättning påverkar bland annat brandsäkerheten.

3.2 Identifiering och utveckling av en batteribrand

Det är svårt att upptäcka en batteribrand utan hjälpmedel innan gaserna frigörs och antänds. Typiska varningstecken på en batteribrand är upphettning och svullnad. Den stigande temperaturen kan endast upptäckas genom mätning, vilket gör det svårt. Svullnaden kan också vara svårt att lägga märke till

på grund av yttre konstruktioner. Ett särdrag före antändning är ett klickande ljud som hörs inuti batteriet och som beror på att cellerna öppnas (Hassinen 2022, s. 28).

Om man upptäcker sådana tecken i batteriet ska det så snabbt som möjligt förflyttas till en brandsäker plats, såsom utomhus, eller sänkas ner i vatten. Det är viktigt att sörja för sin egen säkerhet under transporten och undvika exponering för eventuella gaser eller uppflamning.

I nästa fas av batteribranden kan batteriet släppa ut ljus rök eller antändas omedelbart som en flambrand. Under branden kan man också höra ett susande ljud när gaserna frigörs från batteripacket (Hassinen, 2022, s. 28). Gaserna som frigörs kan till och med vara farligare än brandgaser som uppstår i en flambrand på grund av flamrisken.

3.3 Släckningssäkerhet

Vid litiumjonbatteribränder frigörs rökgaser som är giftigare än en vanlig brand och som kan orsaka andnings- och hudsymptom antingen omedelbart eller till och med flera timmar efter exponeringen (Arbetshälsoinstitutet 2023). En annan betydande risk är att batteriet beter sig på ett oförutsägbart sätt. Branden kan antändas långsamt och till exempel släppa klickande ljud eller ryka smått. Å andra sidan kan branden också antändas helt utan förvarning och bilda sticklågor och kraftigt frigöra giftiga rökgaser. ***Därför ska man vid primärläckning alltid förbereda sig på batteriets oförutsägbara beteende.***

Före primärläckningsåtgärder är det särskilt viktigt att bedöma om det finns tillräckligt med tid för släckningen och om man kan lämna utrymmet på ett säkert sätt om batteriet antänds. På grund av batteribränders oförutsägbarhet går det inte att ge entydiga anvisningar om primärläckningens säkerhet. Det rekommenderas dock att personer som arbetar med batterier bekantar sig med videor som ger instruktioner i olika situationer. Dessa gör det lättare att bedöma släckningsåtgärdernas säkerhet. Bakom länken nedan visas en video av en elcykelbatteribrand i ett cykelförråd. Videon visar bland annat mängden rökgaser och hur snabbt de bildas.

Se videon:
Elcykelbrand
i cykelförråd



4 Åtgärder vid batteribrand

Primärläckningsåtgärder spelar en betydande roll i hanteringen av batteribrandens framskridande, precis som vid alla andra bränder. Det är dock av största vikt att tänka på **sin egen säkerhet** i alla situationer. I detta avsnitt behandlas primärläckningsmetoder och presenteras en minneslista för säkra och effektiva åtgärder vid en batteribrand.

4.1 Primärläckningsmetoder

Det finns tre typer av primärläckningsmetoder som rekommenderas inom industrin; nedkylande metoder, kvävande metoder och batteriets evakuering. Primärläckning och evakuering utesluter inte varandra, men i detta avsnitt behandlas evakuering, eftersom det används inom industrin i stället för primärläckningsmetoden på grund av att batterierna är svåra att släcka. Andra metoder, såsom metoder som baserar sig på undanträngning av syre (CO₂ m.m.), rekommenderas inte vid litiumjonbatteribränder på grund av deras dåliga effektivitet (DSB 2021, s.33).

Valet av primärläckningsmetod beror också på batteriets storlek. Små encelliga batterier (telefoner e.d.) brinner så snabbt och bildar så lite rökgaser att de kan släckas på samma sätt som en eventuell antändning av omgivningen skulle ha släckts. Primärläckningen av medelstora batterier (cykel, hybridbil e.d.) kan förhindra brandens spridning allra bäst och det finns allra flest alternativ för att släcka dessa. Primärläckningsåtgärderna är så ineffektiva på stora batterier (bilbatterier och större) att de inte rekommenderas överhuvudtaget på grund av riskerna de utsätter släckaren för.

4.1.1 Primärläckningsmetoder som grundar sig på nedkylning

I Tukes och Räddningsinstitutets gemensamma undersökning observerades att nedkylning är det enda effektiva sättet att släcka en litiumjonbatteribrand (Tukes 2021). I undersökningen observerades också att ingen av de testade släckningsmetoderna kunde släcka batteribranden omedelbart. Dessutom konstaterades att det utan skyddsutrustning inte är möjligt att gå så nära branden att handbrandsläckare skulle ge tillräcklig kyleffekt. Den mest effektiva metoden konstaterades vara nedsänkning i vatten, vilket också ledde till den minsta mängden giftiga utsläpp (Tukes, 2021). Släckning av små batterier genom nedsänkning i vatten rekommenderas också i andra källor (DSB 2021, s.32). Videon om testerna finns i källan (Tukes 2021b).

Litiumjonbatteriernas inkapsling medför utmaningar för den externa nedkylningen. Batterierna är vattentäta, vilket gör det svårare för släckningsmedlet att nå brandområdena eller cellerna runt branden. Den standard som används i Holland (**NTA 8133**) och som utvecklats av det svenska forskningsinstitutet Kiwa fastställer testmetoderna för handbrandsläckare. Testerna enligt standarden utförs dock på celler utan skyddshölje, varvid det kylande ämnet direkt kan verka på den brinnande cellen och dess omgivning. **Därför motsvarar standarden inte en verklig batteribrand, utan kan ge en felaktig bild av släckarnas effektivitet och säkerhet** (Kiwa 2024).

På grund av bristfälligheten av Tukes tester och standarderna kan handbrandsläckare inte rekommenderas för litiumjonbatteribränder, men de kan användas för traditionell släckning av en extern brand orsakad av batterier med släckarens säkerhet i åtanke. **Den effektivaste primärläckningsmetoden är nedsänkning i vatten.** För detta rekommenderas ett kärl med lock som är fyllt med vatten så att batteriet är helt under vattnet. Vattnet omkring batteriet kyler ner batteriet allra effektivast och säkrast. Efter nedsänkning av batteriet ska kärlet förflyttas till en säker plats och batteriet lämnas under

vattnet i minst 1 dygn. Om det har bildats rök i utrymmet ska batteriet lämnas i utrymmet och vänta på förflyttning av räddningsverket. Det finns också släckningsbord för primärsläckning av stora batterier som gör det möjligt att sänka batteriet i vatten. Om batteriets reparation eller tillverkning sker på en enda plats, är dessa bord som möjliggör nedsänkning ett bra alternativ för att släcka batteribränder.



Bild 1. Batterimonteringsbord som gör det möjligt att sänka batteriet manuellt eller automatiskt vid brand.

Se videon:
 Vattensläckning
 för
 cykelbatterier



4.1.2 Primärsläckningsmetoder som grundar sig på kvävning

Det går inte att släcka litiumjonbatterier genom kvävning. Kvävande metoder grundar sig på begränsning av branden. Till exempel brandfiltar kan användas för att förhindra yttre bränder orsakade av sticklågor och brinnande kaststycken. Filten kan dock inte förhindra bildningen av brandfarliga gaser, som kan brinna under filten eller antändas utanför filten.

Se videon:
 Batteribrandfilt i
 gaffeltruckens
 litiumjonbatteri-
 brand



Det främsta syftet med skyddsöverdrag avsedda för litiumjonbatteribränder är att förhindra och bromsa upp brandens spridning. Överdraget ger räddningsväsendet mer tid. Brandskyddsöverdraget kan också användas vid förflyttning av batterierna bort från brandplatsen till en säker omgivning efter att de slocknat. Traditionella brandfiltar tål inte sticklågor som uppstår vid litiumjonbatteribränder

och således rekommenderas de inte på grund av risken för att släckaren skadar sig (Meurman 2021). Video om användning av vanlig brandfilt finns på Tukes webbplats ([Tukes 2021a](#)).

Se videon:
Video om
användning av
släckningsfilt



4.1.3 Evakuering av batteriet

Evakuering, dvs. bortföring av ett brinnande batteri från inomhusutrymmena, rekommenderas inte på grund av den risk som personen utsätts för. I vissa fall kan evakuering dock vara det enda sättet att förhindra en större brand, och därför kan det övervägas som ett alternativ vid beredskapen inför batteribränder.

Evakueringen ska börja med att man klär på sig personlig skyddsutrustning, som i avsnitt 4.4.2. Evakueringen beror på batteriets storlek. Det är lättare att lägga små batterier (som kan förflyttas för hand) i ett evakueringskärl och därför rekommenderas kärl för detta. Större batterier kan evakueras om de redan är placerade på en transportplattform som de kan föras ut på, eller om tillverkningslinjens automation kan flytta batteriet på evakueringsplattformen vid brand.

Vid evakuering av små batterier kan man använda ett kärl som fyllts med vatten (bild 2) eller ett annat ämne som skyddar kärlet, såsom vermikulit, kiseloxidgranulat (t.ex. Pyrobubbles) eller glaskross (bild 3). Vattnet har också en släckande effekt på batteriet i samband med evakueringen, så vatten rekommenderas allra mest. Andra ämnen skyddar kärlet, men släcker inte batteriet. Andra ämnen lämpar sig bättre som fyllnadsmaterial vid leverans eller förvaring av defekta batterier än för släckning av batteribränder.



Bild 2. Släckning av små batterier och evakueringsbassäng



bild 3. Vermikulit i tunna för batterileverans.

4.2 Personlig skyddsutrustning

Personlig skyddsutrustning delas upp i två klasser beroende på längden av exponeringstiden (för rök-gaser) vid släckning. Kortvarig exponering sker till exempel när batteriet sänks ner i vatten och långvarig exponering till exempel när batteriet evakueras.

Primärläckning ska inte inledas utan skyddsutrustning. Det uppstår skadliga kemiska ämnen, gaser med flammrisk och heta kaststycken vid batteribränder, och dessutom kan det finnas en risk för elstöt.

4.2.1 Kortvarig exponering och lämplig personlig skyddsutrustning

Som kortvarig primärläckningsåtgärd betraktas släckning av batteriet när man inte behöver vara nära batteriet i mer än en stund, till exempel när det läggs i ett vattenkärl. Åtgärder som vidtas nära batteriet rekommenderas endast när man inte kan se lågor men termisk rusning har observerats till exempel i form av rök. Personen ska skydda sig mot eventuella sticklångor och kaststycken, även om de inte syns, eftersom batteriets oförutsägbara beteende kan leda till uppkomsten av lågor eller kaststycken just när batteriet förflyttas.

Lämplig skyddsutrustning för en sådan åtgärd är **andningsskydd** med helmask och minst ett ABEK2-P3-filter. Den sänker föroreningshalten i inandningsluften till en 500-del av det ursprungliga (Vuokko m.fl. 2020) och filtrerar organiska ångor (ABEK), fluorväte (E) och partiklar (P3). Helmasken skyddar också mot gaser som irriterar ögonen. Andningsskydd avlägsnar inte kolmonoxid och kväveoxider från inandningsluften. Dess skydd kan inte jämföras med skyddseffektiviteten hos tryckluftsapparater med säkerhetsstryck (EN 136 och EN 137), som i första hand rekommenderas för litiumjonbatteribränder. Dessutom behövs **en skyddsdräkt som skyddar användaren från kontakt med hetta och lågor** (EN ISO 11612) samt **värmebeständiga** skyddshandskar, till exempel brand- (EN 659) eller svetshandskar (EN 407). Exempel på skyddsutrustning visas i bild 4.

4.2.2 Långvarig exponering och lämplig personlig skyddsutrustning

Som långvarig primärläckningsåtgärd betraktas till exempel evakueringsåtgärder där personen exponeras för rökgaser, sticklångor och kaststycken i en lång tid. I sådana situationer ska personen skydda sig med räddarens skyddsutrustning (bild 5).

Räddarens skyddsutrustning är följande:

- Skyddshjälm (EN 443)
- Skyddsdräkt mot lågor (EN 469:2020 nivå 2)
- Skyddshandskar, till exempel brand- (EN 659)
- Tryckluftsapparat



Bild 4. *För kortvarig exponering*

avsedd skyddsutrustning,
andningsskydd med kombinerat
filter, skyddshandskar
och brandskyddsdräkt.



bild 5. *För långvarig exponering*

avsedd skyddsutrustning, räddarens
skyddsutrustning

4.3 Primärsläckningsåtgärder vid batteribrand

- Säkerställ en säker utrymningsväg för dig om du upptäcker tecken på eventuell brand i batteriet (se avsnitt 3.2 Identifiering och utveckling av en batteribrand).
- Bedöm om du kan utföra primärsläckningen på ett säkert sätt utan att exponeras för gaser eller sticklågor.
- Om du är osäker på risken för skada eller exponering, lämna utrymmet och ring nödnumret 112.
- Skydda dig mot brandgaser och lågor (se avsnitt 4.2).
- Vid brand i ett slutet utrymme (t.ex. ett förråd) ska du se till att det inte finns brandfarliga gaser i utrymmet innan dörren öppnas. Om du inte kan kontrollera gasnivån, GÅ INTE IN.
- Säkerställ att gaserna avlägsnas genom att öppna rökevakueringsluckorna eller starta rökutsuget.



- Använd den tillgängliga släckningsmetoden för att hantera situationen, om det är möjligt att göra det säkert.

5 Tillverkning och hantering av litiumjonbatterier inom industrin

Anvisningarna i detta avsnitt hjälper litiumjonbatteritillverkare att planera sin produktionsanläggning och sin verksamhetsmodell så att skadorna vid batteribränder blir så ringa som möjligt och räddningsverket har förutsättningar släcknings- och räddningsverksamheten. I det här avsnittet behandlas medelstora och stora batterier. Primärsläckningsmetoderna som presenteras i avsnitt 4.1 kan användas vid hanteringen av små batterier.

5.1 Tillverkning av batterier och batterisystem

Tillverkningen av batterisystem kan indelas i två grupper enligt tillverkningsmetod: manuella och automatiska tillverkningslinjer.

Det är något lättare att hantera batteribränder på manuella tillverkningslinjer, eftersom batteriet är lättare att nå med primärsläckningsmetoder och det är lättare att förbereda sig för evakueringen till exempel med hjälp av flyttbara bord.

Utmaningarna på automatiska tillverkningslinjer är produktionscellernas och linjernas skydd. Det kan vara svårt att ta sig nära ett brinnande batteri eller evakuera det, om inte automationen är designad att transportera batteriet till evakueringsplatsen. Dessutom kan det vara svårt att släcka eller kyla ner själva batteriet, eftersom skydden ofta förhindrar deras användning.

Därför är det viktigt att tänka på brandsäkerheten redan när produktionslinjen konstrueras så att man kan påverka den på olika sätt och minska riskerna.

5.1.1 Identifiera särskilda risker vid tillverkning av batterier

Särdragen i batteritillverkningen är förknippade med tillverkningsmetoderna och produkten. Som exempel kan man nämna risker såsom batteriets mekaniska sammansättning (pressning, robotik osv.) eller att något utomstående föremål hamnar i processen och orsakar en kortslutning av batteriet. Det är alltid bäst att bedöma riskerna produktspecifikt.

5.1.2 Släckning av batteribrand på tillverkningslinjen

Vid batteribrand är det effektivast och säkrast att försöka släcka branden omedelbart. Det bästa sättet har konstaterats vara att sänka batteriet i en vattenbassäng, vilket ger den effektivaste nedkylande effekten för att släcka branden (DSB 2021, s. 32).

Metoden för att få batteriet i vattenbassängen ska planeras per linje och process. På manuella linjer kan man använda bassänger som ligger under själva arbetsstationen. Batterierna kan fällas i bassängen av en arbetstagare eller längre bortifrån, till exempel med hjälp av el eller tryckluft (bild 1).

Om nedsänkning inte är möjligt kan primärsläckningsåtgärder användas till exempel för att skydda omgivningen. Ett säkert alternativ är att använda snabbrandpost, eftersom den kan användas för att släcka branden från ett visst avstånd, vilket minskar rökexponeringen. Dessutom har snabbrandposten en långvarig nedkylande effekt på batteriet.

Oavsett metod ska man i första hand sörja för arbetstagarnas säkerhet. Den personliga skyddsutrustningen beskrivs i avsnitt 4.2.

5.1.3 Evakuering av batteriet från tillverkningslinjen

Om batteriet inte går att släcka i närheten av tillverkningslinjen ska man vara beredd att föra batteriet ut ur byggnaden till en säker plats där det kan sänkas i en vattenbassäng eller låta brinna ut. För att flytta batteriet kan man använda evakueringsvagnar avsedda för det, såsom arbetsbord på hjul, truckar osv. Det viktigaste vid evakueringen är dock att sörja för arbetstagarnas personliga säkerhet bl.a. genom skydd. Den som transporterar batteriet löper en stor risk för att utsättas för sticklågor, rökgaser eller kaststycken om batteriet inte sänks ner i vatten eller skyddas med ett kärl med lock och personen inte använder personlig skyddsutrustning.

Vid evakueringen ska man beakta så korta evakueringsrutter som möjligt som planerats på förhand. Rutten bör leda ut till en plats där batteriet kan sänkas ner i ett kärl som reserverats för det. Vid planeringen och underhållet av rutten ska man säkerställa att det inte finns brännbara material i närheten och att det inte finns hinder för att transportera batteriet.

Personalen bör få utbildning i identifiering av problem i batterier och verksamhetsmodellerna vid eldsvåda. Verksamhetsmodellerna ska planeras på förhand och övas regelbundet.

5.1.4 Bistånd till räddningsverket vid batteribrand

Om batteriet inte är säkert eller möjligt att föra ut till exempel på grund av dess storlek är det viktigt att säkerställa att hjälpen kan anlända till brandplatsen så effektivt som möjligt. Brandkårens vägledning till platsen ska planeras på förhand. I planeringen ska personerna, de fria rutterna och märkningen av dem samt kommunikationen mellan olika instanser tas i beaktande.

Vägledarens personliga skyddsutrustning, särskilt mot giftiga gaser, är av största vikt. I sådana fall kan man också överväga att använda tryckluftsapparat för att säkerställa personens säkerhet.

I större företag som hanterar batterier rekommenderas att man bildar en separat grupp som känner till instruktionerna för batteribränder. Verksamheten bör också övas regelbundet tillsammans med det lokala räddningsväsendet.

5.1.5 Identifiering av batteribrand på linjen

En batteribrand på produktionslinjen kan identifieras med olika rökdetektorer eller detektorer av brandfarliga gaser. En del av gasdetektorerna kan identifiera en brand redan i ett tidigt skede, till och med några minuter före termisk rusning (DNV 2019, s. 17, tabell 3–4).

Öppna utrymmen kan vara en utmaning för detektorerna, för här sprids och späds gaserna ut innan de når detektorn. I vissa fall rekommenderas det att man placerar detektorn i frånluftskanalen, varvid gaserna styrs genom detektorn. I början av en batteribrand är kolmonoxid (CO) den gas som kan observeras längst (DNV, 2019, s. 9–10). Vid valet av detektor rekommenderas modeller som åtminstone identifierar denna gas.

Man kan också använda en värmekamera för att identifiera batteribränder. Utmaningen med värmekameror är att de reagerar sent. Om en batteribrand startar inuti ett ackumulatorbatteri upptäcker kameran branden först när värmen har tagit sig utanför batteriet. I vissa fall kan man dock rekommendera värmekameror, såsom för övervakning av cellerna eller stora lagerområden, där en sen upptäckt inte har någon betydande inverkan på säkerheten.

Det bästa slutresultatet för att förutse en brand fås när brandskyddet beaktas redan i linjens planeringsskede.

5.1.6 Automatisk släckning av batteribränder

Det är svårt att släcka batteribränder med automatiska metoder. I automatiska system stöter man på samma problem som vid manuell släckning – släckmedlets kylande effekt kan ofta inte riktas direkt till brandkällan.

Även om många automatiserade metoder inte släcker batteribrandens källa kan de bromsa upp brandens framskridande och ge räddningsväsendet mer tid att anlända. Ett exempel på detta är koldioxid- och aerosolsläckare som kan släcka externa bränder men sannolikt inte stoppa själva batteribranden.

Vattensläckningsmetoder rekommenderas, även om de spelar en viktigare roll i att begränsa en batteribrand än att släcka den. Ett undantag från detta är den tidigare nämnda nedsänkningen i vatten.

5.2 Tillverkning av anordningar och maskiner

Tillverkningen av anordningar och maskiner avviker inte till övriga delar från beredskapen vid batteritillverkning, förutom att primärsläckning ofta är omöjligt på grund av deras storlek och skyddade batterikonstruktioner. Deras storlek leder till att de inte kan sänkas i vatten, och skyddskonstruktionerna gör det svårt för vatten att komma åt branden för att kyla ner den, varvid primärsläckning i praktiken är onödigt på grund av dess ineffektivitet. I situationer där släckning inte är möjligt är det viktigt att överväga om arbetstagaren kan skydda omgivningen eller om det är säkrare att satsa på att få räddningsverket snabbt till platsen.

I utrymmen där batterier tillverkas ska man förbereda sig på att effektiv evakuering av rökgaser och gaser som frigörs från batteriet. Det rekommenderas inte att räddningsväsendet släcker en batteribrand om utrymmet inte kan rengöras från giftiga rökgaser med ventilationssystemen.

För vissa produkter är det möjligt att använda manuella eller automatiska transportplattformar med vilka anordningen kan flyttas bort från produktionslokalerna även vid brand.

Även om batteribranden kan stoppas är det viktigt att vid bedömningen av riskerna för batteribrand att beakta den stora mängden sot och brandgaser som batterierna bildar och som kan ta mycket tid att rengöra.

5.3 Lagring av batterier och batterisystem

Det finns ingen särskild lagstiftning eller anvisningar om att lagra batterier i Finland. Vissa länder har dock landspecifika anvisningar som också kan tillämpas på batterilager som byggs i Finland.

Det är utmanande att utarbeta gränsvärden för anvisningarna, eftersom batteritekniken utvecklas snabbt. I denna anvisning har batteriernas brandbelastning indelats enligt mängden elektrolyt i batterierna.

Ungefär 10 procent av batteriets vikt utgörs av elektrolyt, som utgör största delen av brandbelastningen. Elektrolytens energiinnehåll kan jämföras med energiinnehållet i bensen. Relationstalet blir 7:1

(7 kg batteri motsvarar 1 kg bensen), varvid elektrolyten i ett 7 kg batteri motsvarar brandenergin av ett kilogram bensen (DBI 2022, s. 11).

Om företaget inte har närmare uppgifter om mängden elektrolyt kan denna beräkning användas som riktgivande vid dimensioneringen av brandbelastningen.

Batteriets laddningsnivå är enligt ADR-bestämmelserna under 30 procent, så laddningsnivån i lagrade batterier bör också vara lägre än ADR-värdet. Om laddningsnivån hålls låg ökar inte den reserverade energimängden brandens reaktionskänslighet och brandbelastning.

I lager med brännbara ämnen har skyddsklasserna fastställts utifrån energimängden av det brännbara ämnet. När dessa mängder ställs i relation till energiinnehållet i batteriernas elektrolyt kan batterierna delas in i tre olika klasser.

Klass 1

Elektrolytens vikt i batteriet <200 kg => Max. 1000 kg batterier => Max. lagrets storlek 125 kWh

Inget separat brandskydd behövs

Klass 2

Elektrolytens vikt i batteriet: 200 kg - 800 kg => 1000 kg – 4000 kg batterier=> lagrets storlek 125–500 kWh

Bör övervägas:

- Automatiska branddetektorer, se avsnitt 3.1.5
- Sprinkler- eller torrsprinklersystem som räddningsverket kan ansluta sig till.
- Separat rökevakuering se avsnitt 3.1.5

Klass 3

Elektrolytens vikt i batteriet:> 800 kg => 4000 kg batterier => lagrets

I lagret bör finnas:

- Automatisk brandidentifiering, se avsnitt 3.1.5
- Sprinkler- eller torrsprinklersystem som räddningsverket kan ansluta sig till.
- Separat rökevakuering se avsnitt 3.1.5

Intern brandsektionering av lagret ska övervägas om branden trots släckningssystemen kan sprida sig till hela lagret och orsaka ett hot mot befolkningen i omgivningen i form av rökgaser eller nedfall.

Enligt en tysk undersökning anses en effektiv metod för brandsektionering vara att dela upp lagret i mindre delar med enkla plåtskivor (Kunkelmann 2015, s. 85). Det är bra att bedöma sektionernas storlek utifrån företagets egen riskhantering, eftersom det är svårt att fastställa entydiga anvisningar för sektionernas storlek på grund av deras stora antal.

Med ovan nämnda åtgärder strävar man i första hand efter att säkerställa att räddningsväsendet kan begränsa brandens betydande spridning. Dessutom främjar de att förhållandena är sådana att personer som vistas i lokalerna eller i närheten av dem har tillräckligt med tid att lämna byggnaden efter att branden upptäckts.

5.3.1 Konstruktionsmässigt brandskydd för litiumjonbatterilager

Man bör undvika att lagra litiumjonbatterier i samma utrymmen med den övriga produktionen. Man bör endast förvara det antal batteriet nära produktionen som behövs för produktionen. Om lagringen sker i samma utrymme, rekommenderas det att lagret klassificeras som klass 3.

Enligt NFPA ska energilagren i samma fastighet avskiljas från andra byggnadsområden med brandvägar vars brandbeständighet är 120 min (NFPA 855 2020 punkt 4.3.6). Ofta är brandbelastningen av batterilager större än i energilager (600 kWh) och det rekommenderas att samma brandskydd används även i ett normalt batterilager. Batterilagret kan inte betraktas som en normal byggnad eller ett normalt lager på grund av dess innehåll (batterier) på grund av brandbeteendet, som är speciellt på grund av det syre som de producerar vid brand.

Det är bra att skydda en separat lagerbyggnad så att den inte orsakar fara för andra fastigheter vid en brand. Det rekommenderas dock att lagret inte placeras mindre än 8 meter från andra byggnader utan brandskydd.

Det bevisligen bästa sättet att släcka ett lager är vattensläckning. Det är bäst att släckningen och förhindrandet av brandens spridning utförs med riktat sprinklervatten eller högtrycksvattendimma. En uppskattad dimensionering rekommenderas inte på grund av det stora antalet variabler, utan lagren ska dimensioneras utifrån släckningssystemens testning i rätt skala, med rätta batterikemier och rätta förpackningsmaterial. Om det inte finns möjlighet att utföra omfattande testning, rekommenderas hyllspecifik och tillräckligt tät placering av munstyckena i lagrets sprinkleranläggning för att förhindra brandens spridning. Enligt NFPA 855-standardens är sprinklerns rekommenderade vattenmängd 12,2 mm/min/m² och om inget annat värde finns att tillgå kan detta värde användas för dimensionering (NFPA 855 2020, punkt 4.11.2.1).

Taksprinkler skyddar inte lagret tillräckligt, utan vattnet bör riktas direkt till det brinnande objektet. På så sätt kan användningen av släckvatten regleras och vattenskadorna blir mindre. Det är också lättare att samla in förorenat släckvatten i mindre vattenmängder (Kunkelmann 2015 s.82).

Lagringen av defekta och kasserade batterier behandlas i avsnitt 3.4.

5.3.2 Tillvaratagande av släckvatten från batterilagerbränder

Det rekommenderas att släckvattnets tillvaratagande beaktas redan när batterilagret planeras. I avsnitt 7.1.8 behandlas toxiciteten av elbilars släckvatten och utifrån dessa uppgifter bör även vatten som uppstår vid batteribränder inom industrin tas tillvara.

Industrins batterilager är mångdubbelt större än bilbatterier och därmed är också utsläppen flerfaldiga.

5.3.3 Identifiering av batteribrand i lager

Tidig identifiering av en batteribrand eller vilken annan brand som helst hjälper en att vidta fortsatta åtgärder för att hantera branden. En batteribrand är särskilt svår att släcka när den sprids och därför lönar det sig att fästa särskild uppmärksamhet vid brandidentifieringen.

Glasrörssprinklermunstycken som öppnas på grund av värme rekommenderas inte i batterilager. Bränder där det i början bildas mycket rök och lite värmebelastning orsakar fördröjningar i brandens identifiering. Gasdetektorer är effektiva om de placeras exempelvis i frånluftsflödet, men också i nedre

delen av lagret för att identifiera gaser som är tyngre än luft. Om givarna befinner sig i ett öppet utrymme när gaserna inte nödvändigtvis dem och brandens identifiering kan fördröjas (Kunkelmann 2015 s. 82).

Det rekommenderas att man använder gasgivare som kan identifiera kolmonoxid och väte. Kolmonoxid uppstår i alla skeden av branden och väte uppstår i början av branden (PGS 37-2 2023, punkt 7.5.3).

5.4 Förvaring av defekta batterier

Särskild uppmärksamhet ska fästas vid förvaringen av defekta batterier, eftersom brandrisken naturligtvis ökar i och med defekter. Situationen försvåras av att defekter inte kan klassificeras exakt och att batteriet kan vara farligt och antändas i vilken situation som helst.

Defekta batterier ska inte förvaras i reparations- eller produktionslokaler, utan de ska ha ett eget lagerutrymme där man följer skyddsrekommendationerna nedan.

Det finns ingen egentlig standard för lagring av defekta batterier, så i detta avsnitt hänvisas till NFPA 855-standarderna för energilager, som erbjuder en grund för lagring av defekta batterier. Vid förvaring av defekta batterier kan samma gränser tillämpas som vid lagring av intakta batterier. Eftersom deras risknivå är förhöjd kan man rekommendera utrustning av klass 2, särskilt när lagrets storlek överstiger 125 kWh. Man bör sträva efter att hålla antalet defekta batterier så lågt som möjligt genom att leverera batterierna omedelbart till återvinning eller genom att lagra dem endast tills deras stabilitet har säkerställts.

Det lönar sig att dela upp batterierna i olika sektioner inne i lagret så att alla batterier inte brinner upp när ett batteri antänds. Om batterierna väger mindre än 5 kg och ansamlas i större mängder lönar det sig att packa dem i tunnor avsedda för batteritransport. Dessa tunnor fås från företag som specialiserat sig på återvinning av litiumjonbatterier, såsom Fortum Battery Recycling och Recser Oy.

Med tanke på transporten lönar det sig att packa in alla batterier i vermikulit, kiseloxidgranulat (t.ex. Pyrobubbles) eller glaskross, även om detta ännu inte krävs i Finland för kasserade batterier. Defekta batterier måste dock förpackas inuti obrännbart material. För lagring av defekta batterier rekommenderas alltid åtminstone ventilation med tyngdkraft eller avgasning på samma sätt som för litiumjonbatterier i avsnitt 3.4.3.

5.4.1 Lagrets märkningar

Det rekommenderas att lagren markeras med varningsmärken eller meddelandena nedan enligt standarderna ISO 3864 eller IEC 60417. Dessa varningar ska vara synliga från utsidan av batterirummet:

- Förbudsmärke: "Rökning och öppen eld förbjuden" (IEC 60417-6039:2010–08).
- Varningsmärke: "Batteri, Batterirum" för att påvisa korrosiv elektrolyt, explosiva gaser samt farlig spänning och ström (ISO 7010 W026).
- Dessutom ska lagrets uppgifter antecknas på objektkortet, om ett sådant finns.

5.4.2 Placering av lager för defekta batterier

Brandklassen för ett lager med defekta batterier beror på lagrets läge. Om defekta batterier förvaras i samma fastighet ska rummet avskiljas från de övriga byggområdena med brandväggar som är brandbeständiga i minst 2 timmar (NFPA 855, 4.3.6). Brandklassen för ett separat lager har inte fastställts särskilt, men avståndet till en annan byggnad ska vara minst 8 meter (Miljöministeriets lag om byggnaders brandsäkerhet 848/2017, 29 §). Detta avstånd kan minskas enligt NFPA:s anvisningar genom att bygga en brandvägg mellan byggnaden och lagret eller genom att höja lagrets brandklass (NFPA 855, 14.3.2.1.1, NFPA 855 4.4.3.3). Lagret ska placeras minst fem meter från ventilationen, fönstren, lastbryggorna osv., varifrån rökgaser kan hamna i inomhusluften.

5.4.3 Checklista för batteriförvaring:

- Säkerställ utrymmets tillräckliga brandklassificering.
- Genomför ventilationen och tryckavlastningsluckan enligt bestämmelserna.
- Lämna inte defekta batterier i reparations- eller produktionslokalerna, utan förvara dem i ett separat lager avsett för dem.
- Om batterier eller delar av dem kommer i användning, förvara dem i den temperatur som tillverkaren rekommenderar.
- Förvara batterierna med en så låg laddningsnivå som möjligt för att minska brandbelastningen (SOC 20–30 %).
- Förvara inte andra brännbara ämnen i lagret (NFPA 4.1.6.1).
- Anteckna platsen på objektkortet.
- Förvara så få batterier som möjligt i lagret.
- Skicka batterierna till återvinning korrekt förpackade.
- Alla förvaringsplatser ska märkas enligt ISO 3864- eller IEC 60417-standarderna (se avsnitt 3.4.1).

6 Användning och laddning av apparater som innehåller litiumjonbatterier i en kontors- och industriomgivning

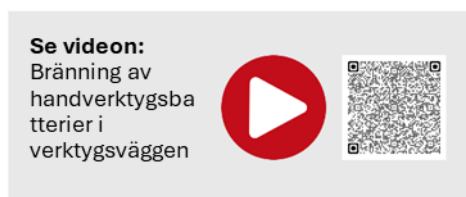
6.1 Cyklar och handverktyg

Batterier i samma storleksslag som cykelbatterier och handverktygsbatterier (mindre än 1 kWh) laddas i många olika omgivningar. Därför är det viktigt att bedöma konsekvenserna av risksituationer i den egna verksamhetsmiljön. Det är förståeligt att olägenheterna för både människor och egendom är betydligt större i kontor jämfört med till exempel en verkstad där man ofta redan har förberett sig på brandrisken.

De största riskerna är:

- Brandens spridning
- Hälsorisker orsakade av giftiga gaser
- Flam- eller explosionsrisker orsakade av brandfarliga gaser
- Risker som rök och sot medför för omgivningen och människorna efter branden.

Grundregeln ska vara att batterierna inte laddas på gator och att man ska undvika att ladda eller förvara dem i utrymmen där människor arbetar. Vid brand kan kraftig rökgasbildning orsaka stora person- och materialskador. Du kan se hur rök bildas till exempel på videon nedan, där verktygsväggens batteri antänds.



6.1.1 Laddning av små och medelstora batterier (mindre än 1 kWh) i ett öppet utrymme

Det rekommenderas inte att batterierna laddas i ett öppet utrymme, men om det är nödvändigt att ladda i ett öppet utrymme ska man tänka på följande:

- Laddningsplatsen ska vara ett separat utrymme eller en separat del av ett rum.
- Laddningsplatsen får inte vara på utrymningsvägen.
- Det får inte finnas lättantändligt material i närheten av laddningsplatsen. Brinnande kaststycken kan kastas till upp till 50 meters avstånd (Siren 2023 s. 21).
- Laddningsplatsen ska utrustas med en brandvarnare som larmar även utanför utrymmet eller skickar larmet vidare.
- Laddningsplatsen ska förses med en rökevakueringsanordning, vars flödeseffekt kan utökas under branden. Flödet ska vara minst 1 m³/min. Gaserna ska ledas ut till en plats där ingen exponeras för dem. Gasevakueringen kan också genomföras med hjälp av rökevakueringsluckor.
- Laddningsplatsen ska utrustas med lämplig primärläckningsutrustning. Primärläckningsutrustning behandlas separat i avsnitt 2 av denna rekommendation.

6.1.2 Laddning av små och medelstora batterier (mindre än 1 kWh) i laddningsskåp

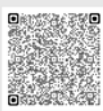
Ett säkrare alternativ till laddning och förvaring av batterier i ett öppet utrymme är att använda laddningsskåp avsedda för dem, varvid inga särskilda åtgärder behövs såsom vid laddning i ett öppet utrymme.

Skåpen kan dock inte användas för alla apparater, såsom sådana som inte har ett uttagbart batteri. Därför finns det särskilda rekommendationer även för utrymmena.

Användningen av laddningsskåp medför dock egna risker, varav den mest betydande är en explosion av den gas som ansamlas i skåpet. I Räddningsinstitutets tester av handverktøgsbatterier observerades antändning av gaser, vilket orsakade uppflamningar inne i skåpet. Ingen egentlig explosion uppstod och utanför skåpet observerades endast en liten uppflamning.

Se videon:

Brand på
handverktøgsbatterier i slutet
plåtskåp



Testet som nämns i texten ovan upprepades med cykelbatterier med större brandbelastning. I testet spred sig branden till alla batterier i skåpet och branden avbröts av räddarna som släckte batterierna genom att spruta vatten på batterierna genom ett hål i metallskåpets dörr. Plasthandtaget smälte bort vid branden, varvid släckning via hålet var lätt. Efter släckningen hade det blivit kvar brandfarliga gaser i skåpet som flammade upp när räddarna öppnade dörrarna. Risken för att gaser ansamlas och antänds ska alltid tas i beaktande när man släcker batterier. Det finns en särskild risk om lågorna utanför skåpet släcks genom kvävning eller med gas som tränger undan syre.

Se videon:

Cykelbatterier
(5 st) brand i
slutet plåtskåp



Gaserna antändes också när aerosolsläckmedel användes. I detta test fanns en påscell i ett slutet metallskåp vars dörr var stängd med spännremmar. Gasen som frigjorts från cellen antändes och orsakade en explosion, som fick dörrens spännremmar att brista. Även om dessa är enskilda tester visar de att man måste se till att gaserna i laddningsskåpen avlägsnas i tillräcklig grad för att eliminera explosionsrisken. FM GLOBAL rekommenderar inga som helst gassläckningssystem för litiumjonbatteribaserade energilager (Marioff 2023 s.16, DNV 2019 s.8).

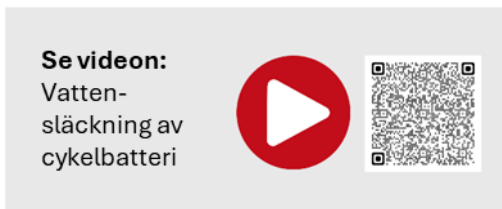
Se videon:

Släckning
battericell-
branden med en
aerosolsläckare



Trots laddningsskåpens risker är ett separat laddningsskåp som är avsett för batterier och utrustat med ett släckningssystem det tryggaste stället att ladda batterier. Med dessa skåp uppnås det bästa slutresultatet med tanke på brandens spridning och minimering av rökgaserna.

Det finns laddningsskåp med olika släckningsmetoder, varav den effektivaste är skåp som grundar sig på nedsänkning i vatten. Vattnet släcker branden snabbt och då frigörs inga rökgaser i luften. Med andra släckmedel och släckningsmetoder vinner man mer tid för brandkårens släckningsåtgärder, men det är svårt att stoppa själva batteriets inre brand (termisk rusning).



Risken för explosion ökar i ett slutet metallskåp, och därför rekommenderas inte slutna skåp från vilka gaser inte kan ventileras bort.

Slutna skåp förhindrar dock effektivt brandens spridning utanför skåpet samt förhindrar att brinnande kaststycken från batteriet kommer ut ur skåpet, så länge man sörjer för ventilationen.

Testrapporterna om spridningen av en brand i handverktygsbatterier i ett öppet utrymme och i ett slutet plåtskåp kan läsas via länken:

[Litiumioniakkujen latauksen paloturvallisuus](#) (<0,1 kWh) (Endast på finska)

Val av laddningsskåp

När man väljer laddningsskåp är det ofta svårt för användare att säkerställa att skåpet faktiskt är säkert utan att skåpet testas av utomstående parter. I Finland finns det inga lagakraftvunna standarder för laddningsskåp, men tyska VDMA har utvecklat en standard (VDMA 24994/2024) för just detta problem. Standarden rekommenderas för alla tillverkare av utrustning och även användarna bör kontrollera att skåpet har testats enligt denna standard.

Standarden har en noggrann definition av hur laddningsskåpet ska testas:

- Vid en extern brand
- Vid brand i laddningsbara batterier

Dessutom fastställer standarden att testningen ska utföras med det största antalet batterier som det är tillåtet att använda. När skåpet klarar av dessa tredjepartstester garanteras ett tillförlitligt skydd vid förvaring och laddning av batterier.

6.1.3 Gasavledning från litiumjonbatterilager

Särskild uppmärksamhet ska fästas vid lagrets ventilation och gasavledning, eftersom batteriet vid en defekt kan avge brandfarliga gaser som i värsta fall kan antändas och orsaka en explosion i det slutna utrymmet. Man kan förbereda sig på denna risk på lagret med ventilation eller tryckavlastningsluckor. Ventilationen ska uppgå till minst 5,1 l/s/m² av lagrets golvyta (NFPA 855 4.9.3.1). Ventilationen ska vara i kontinuerlig drift eller kopplas på automatiskt med hjälp av ett gasdetektorsystem. Ventilationen ska starta om koncentrationen av brandfarliga gaser överstiger 25 procent av en explosionsfarlig koncentration (NFPA 855 4.9.2). Till systemet ska anslutas ett larm som är försett med en signallampa och larmet ska vara synligt utanför byggnaden.

6.2 Elbilar

Riskerna vid laddning av elbilar är desamma inom industrin som i andra omgivningar. Även om elbilar inte utgör en större risk till sin brandbelastning än konventionella bilar med förbränningsmotor kan det vara svårare att släcka dem. Därför är det viktigt att fästa särskild uppmärksamhet vid planeringen av och säkerheten vid elbilens laddningsplatser.

Det finns gott om bygganvisningar för byggandet av en laddningsplats och vid genomförandet av den ska elsäkerhetsstandarden SFS 6002 iakttas, som också tillämpas vid reparationsarbeten på elbilar. Dessutom fastställer standarden SFS 6000-7-722 de tekniska kraven på laddningsplatser för elfordon samt anvisningar för situationer där el matas tillbaka från elfordonen till det privata eller allmänna distributionsnätet.

I punkt 4.2.4 i denna rekommendation finns närmare anvisningar som kan användas för att bygga säkra laddningsplatser. Nedan behandlas dessutom de viktigaste aspekterna med tanke på riskhanteringen, såsom laddningsplatsens läge, evakuering av rökgaser, brandens spridning och elsäkerhet.

6.2.1 Laddningsplatser för bilar

Laddningsplatserna kan delas in i två grupper: inomhus- och utomhusladdningsplatser. Laddningsplatsen utomhus ska placeras tillräckligt långt från byggnader eller annat brännbart material. Vid brand kan det flyga brinnande kaststycken från elbilen till flera tiotals meters avstånd, vilket kan antända närliggande byggnader eller konstruktioner.

En annan betydande risk är rökgaser som kan komma in i inomhusluften om man valt fel laddningsplats. Det rekommenderade minimiavståndet till brännbart material är 8 meter (FÖRORDNING 848/2017, 29 §).

Inomhus rekommenderas att laddningsplatsen placeras i närheten av in- och utfarter, vilket är ett bra alternativ med tanke på räddningsväsendet. Det är dock också viktigt att se till att människornas utrymningsvägar är säkra. Rökgaser från branden får inte utgöra ett hinder för den naturliga utrymningsvägen, till exempel köpcentrets ingång (Räddningsverkens partnerskapsnätverk 2022, s. 7).

6.2.2 Hantering av rökgaser vid bilbrand

Batteribränder bildar betydligt mer rökgaser än en vanlig bilbrand. Dessa gaser innehåller också mer giftiga ämnen och därför är det viktigt att hantera dem både med tanke på utomstående och räddningsverket.

Laddningsplatsen bör placeras så att brandgaserna vid brand inte kan spridas via ventilationen inomhus där människor arbetar. Dessutom får laddningsplatsen inte ligga under fönster eller balkonger från vilka gaser kan hamna i inandningsluften.

Vid laddningsstationer inomhus ska man förbereda sig på samma risker som utomhus. I slutna utrymmen ska dock särskild uppmärksamhet fästas vid gasbildningen, som också kan medföra en flam- eller explosionsrisk. Laddningsplatser inomhus ska alltid utrustas med en separat rökgasevakueringskoppling som kopplas på automatiskt vid en brand. En givare som lämpar sig för identifiering av rökgaser ska mäta åtminstone kolmonoxid och väte. Som dimensioneringsanvisning för rökgasevakueringskoppling kan man använda den för energilager rekommenderade $5,1 \text{ l/s/m}^2$ (av laddningsplatsens golvyta) (NFPA 855, 2020, punkt 4.9.3.1).

6.2.3 Brandspridning i parkeringshus

Enligt en undersökning som genomförts av ett danskt forskningsinstitut (The Danish Institute of Fire and Security Technology) utgör en enskild brinnande bil i ett parkeringshus i allmänhet ingen kritisk risk. I flera stora parkeringshus har man dock observerat att branden sprids snabbt oberoende av bil-typ. Därför är det viktigt att beakta riskerna för brandens spridning redan när man designar parkeringshus.

Nedan listas några centrala rekommendationer för design av nya parkeringshus (DBI 2022, s. 7):

- Bilbränders maximala värmeeffekt har ökat med 5–10 MW i och med nya bilar. Som designvärde bör man använda en effekt på minst 7 MW.
- Parkeringshus bör ha en automatisk brandvarnare och ett larmsystem, eftersom man inte kan anta att parkeringspersonalen larmar brandkåren vid en eldsvåda.
- Rökevaktering är inte ett effektivt sätt att förhindra brandens spridning från en bil till en annan. Ofta har en brand spridit sig i parkeringshus där fasaderna har varit öppna och rökevakeringen har skett via dem.
- Risken för brandens spridning är särskilt hög i parkeringshus på över 150 m² som inte är utrustade med sprinkler eller rökevaktering.
- Sprinkling har testats i full skala med elbilar och ICEV-bussar. I testerna observerades följande:
 - I personbilstestningen kunde ett system med en kapacitet på 10 mm/min/m² förhindra brandens spridning till den intilliggande bilen. En kapacitet på 5 mm/min/m² räckte inte för att begränsa branden.
 - Med bussar kunde 14 mm/min/m² förhindra brandens spridning när en sprinkler hade monterats mellan bussarna (DBI 2022 s.47–48).

Chassisprinklers

Chassisprinklers som monteras under bilen har också släppts ut på marknaden. Chassisprinklern är avsedd för att släcka elbilar eller dämpa branden. Vattnet som chassisprinklern sprutar kylv ner batteriets hölje, men nedkylning av en brand inuti batteriet har inte påvisats. Med chassisprinkler försöker man begränsa mängden yttre lågor samt binda rökgaserna med vattendimma. Det finns chassisprinklers för räddningsverkets bruk samt modeller som kan monteras fast. Bild 6 visar ett exempel på en chassisprinkler som monteras fast och kopplas på automatiskt. Fördelen med chassisprinkler jämfört med andra släckningsmetoder är att de fungerar självständigt. Sprinklers är eller kan lämnas under bilen att fungera självständigt, varvid släckaren inte utsätts för fara vid elbilsbranden.

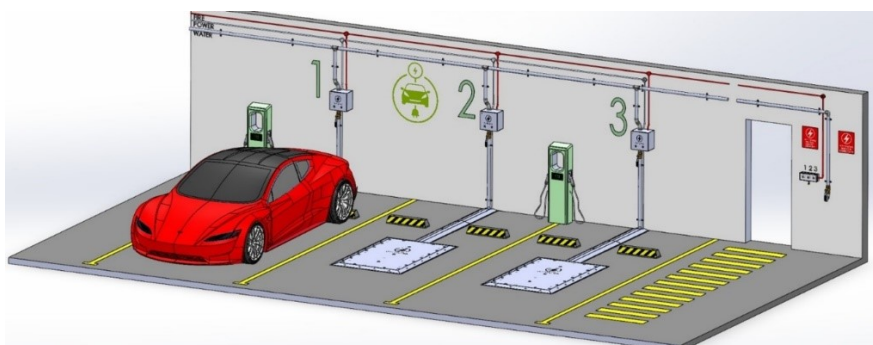


Bild 6. Fastmonterat sprinklersystem i elbilschassi.

När dessa rekommendationer tas i beaktande kan man avsevärt förbättra brandsäkerheten av parkeringshus och minska riskerna så att såväl fordonen som människorna är säkrare, och därför rekommenderas de för användning också i Finland.

6.2.4 Standarder och rekommendationer för laddning av elbilar på finska

Anvisningens eller standardens namn	Författare	år	länk
Sähköajoneuvojen lataussuositus SK 69-1:2023	Sesko	2023	Sähköajoneuvojen lataussuositus SK 69-1:2023
SÄHKÖAJONEUVOJEN LATAUSPISTEET KIINTEISTÖISSÄ JA PELASTUSTOIMINNAN EDELLYTYSTEN HUOMIOIMINEN	Räddningsverkens partnerskapsnätverk	2022	Sähköautojen latauspisteet kiinteistöissä
SÄKERHET VID ELARBETEN	Sesko	2015	SFS.fi SFS 6002:2015
ELINSTALLATIONER SFS 6000-7-722:2022	Sesko	2022	SFS.fi SFS 6000-7-722:2022

Utöver rekommendationerna ovan innehåller försäkringsbolagens skyddsanvisningar separata krav på laddningsmiljön som ska följas. Anvisningarna finns här. [Vakuutusyhtiöiden suojeluohjeet](#) (endast på finska).

6.3 Truckar och andra jämförbara anordningar med litiumjonbatterier

Enligt statistiken har det i Finland endast förekommit en litiumjonbatteribrand i en truck, men det är bra att förbereda sig på dem med tanke på att litiumjonbatterier är svåra att släcka.

De nuvarande laddningsplatserna är välutrustade, särskilt för att kontrollera hur väte frigörs från blybatterier under laddningen. Elbranschens informationskort ST52-30.01 kan också tillämpas på truckar med litiumjonbatterier, men utöver givare som identifierar vätgas borde det också finnas en givare som identifierar kolmonoxid (CO) på laddningsplatsen. Det bör kontrolleras att rökgas-evakueringen är tillräcklig enligt NFPA 855-standarden, som det hänvisas till i avsnitt 4.2.2 i detta dokument. Dessutom ska man vid avlägsnande av rökgaser också följa standarden IEC EN 62485-2:2018.

Laddning av truckar rekommenderas inte i ett öppet utrymme, såsom ett lagerutrymme, eftersom de är svåra att släcka. Truckar ska alltid laddas i ett eget brandsäkert utrymme. Rökgaser från batteriet eller en brand kan förstöra material som finns i lagret eller sprida sig till andra konstruktioner. Om truckar eller andra anordningar laddas i ett öppet utrymme, ska laddningsplatsen ligga så långt som möjligt från utrymningsvägarna och annat brännbart material.

Primärläckningsåtgärder som beskrivs i avsnitt 4.2 i denna rekommendation lämpar sig också för släckning eller avgränsning av truckbränder. *Vid alla primärläckningsåtgärder ska man först se till att alla använder personlig skyddsutrustning och evakuerar alla arbetstagare som inte deltar i släckningen.* Mer information om laddningsplatserna för truckar finns i Tukes guide om säker användning av litiumjonbatterier inom industrin (Tukes 2018).

7 Återvinning av batterier och åtgärder i efterhand

Återvinning av ackumulatorer och batterier omfattas av producentansvaret. I enlighet med Europaparlamentets och rådets förordning 2006/66/EG ska producenten ordna avfallshanteringen av de batterier och ackumulatorer som producenten tillhandahållit på marknaden i Finland på egen bekostnad. Detta gör det lättare för användaren i och med att användaren inte behöver leverera batteriet till samlingsplatsen, varifrån **producentsammanslutningen levererar batterierna till återvinning på det sätt som lagen kräver.**

Insamlingen och återvinningen i Finland sköts av producentsammanslutningarna Recser Oy, Akkukierrätys Pb Oy och Suomen Autokierrätys Oy. Suomen Autokierrätys Oy sköter insamlingen och återvinningen av person-, paket- och husbilars samt eldrivna bilars drivbatterier och informerar om detta för sina medlemsföretags räkning. Akkukierrätys Pb Oy förvaltar samlings- och återvinningssystemet för blybaserade fordons- och industribatterier och Recser Oy samlar in alla andra batterier och ser till att de återvinns samt informerar slutanvändarna.

7.1 Insamling och transport av kasserade batterier

Batterier medför en brandrisk under förvaringen och transporten och därför lönar det sig inte att förvara eller transportera ett stort antal batterier på en gång. Nedan har vi samlat in information som bör beaktas för säker insamling och transport av kasserade batterier.

Batterier som ska återvinnas klassificeras i fyra olika klasser utifrån deras användningsändamål, vikt och återvinningssätt. Klasserna och återvinningssätten är

- **Små batterier**, under 5 kg, såsom batterier för telefoner, datorer, eldrivna handverktyg m.m.
 - o Små batterier återvinns på samma sätt som primärbatterier. De kan returneras till inköpsstället. Kärnen kan vara separata lådor eller tunnor, eller så kan samlingspunkterna vara anslutna till fastighetens vägg (bild 7).



Bild 7. Insamlingslåda för batterier, insamlingstunna och TOMRAM-insamlingsvägg.

Om batteriet inte kan lösgöras från apparaten kan du leverera det med apparaten till en mottagningsplats för el- och elektronikkrot (SER). Sådana platser är affärer som säljer elapparater och regionala insamlingsplatser. Den närmaste regionala insamlingsplatsen finns på adressen: kierratys.info.

- **Medelstora batterier**, under 50 kg, såsom batterier för elcyklar och elsparkcyklar, fritidsbatterier, båt batterier, små batterienergilagrar osv.
 - Batterierna kan returneras till butiker som säljer dem eller till en regional insamlingsplats. Den närmaste regionala insamlingsplatsen finns på adressen: kierratys.info.



Bild 8. Brandskyddad container som används bl.a. för insamling av medelstora batterier vid en regional insamlingsplats.

- **Stora industribatterier**
 - Producentersammanslutningarna Recser Oy och Akkukierratys Pb bygger som bäst upp ett gemensamt riksomfattande insamlingssystem för stora industribatterier. Kontakta batteriimportören eller producentersammanslutningarna för att få anvisningar om återvinningen.
- **Drivbatterier för elbilar eller elmotorcyklar.**
 - Mottagningsplatserna för elbilers drivbatterier är auktoriserade bilmärkesserviceställen samt Suomen Autokierratys mottagningsplatser för skrotfordon. Mer information <https://autokierratys.fi/sv/>

Nedan följer en lista över saker som ska beaktas vid återvinning av alla slags batterier: Listan är huvudsakligen avsedd för hushåll, men den kan också tillämpas inom industrin.

- **Undvik att samla ett stort antal batterier på samma plats.**
 - För särskilt defekta batterier ut genast och vidare till återvinning. Berätta vid insamlingsplatsen om batteriets skick och lämna det aldrig på en oöversvakad plats.
 - Att förvara ett stort antal på samma plats ökar risken för en stor eldsvåda, så det lönar sig att föra batterierna till återvinningen regelbundet.
 - Läckande batterier ska förpackas tätt i en plastpåse för transporten.
- **Håll batterierna utom räckhåll för barn och djur.**



- Förvara batterierna så att barn och djur inte kommer åt dem.
- Djurbett kan få batterier att antändas och att svälja dem kan leda till förgiftning.
- **Tejpa polerna**
 - Tejp förhindrar kortslutning och minskar antändningsrisken under transport och förvaring.
- **För batterierna tillbaka till inköpstället**
 - Små batterier kan lätt återvinnas i samband med en butiksresa.
 - Om insamlingskärl inte är synligt, be butikens personal om hjälp.

Alla små primär- och sekundärbatterier kan placeras i samma insamlingskärl.

Söndriga eller utbuktande batterier ska packas i en plastpåse och överräckas till personalen på insamlingsplatsen med ett omnämnande av batteriets skick.

Du kan kontrollera din närmaste insamlingsplats på adressen: www.kierratys.info.

Mer information om återvinning av batterier finns på följande adresser: <https://www.paristokierratys.fi/sv/>, <https://autokierratys.fi/sv/> och <https://akkuopas.fi/sv/hemsida/>

Om batterierna av någon anledning hamnar bland annat avfall kan de orsaka en eldsvåda om de skadas under avfallshanteringen eller transporten. Dessa batterier har börjat kallas "zombiebatterier". Mer information om zombiebatterier finns på webbplatsen <https://zombiakku.fi/sv/>.

7.1.1 Transport och återvinning av brända batterier

Vid litiumjonbatteribränder blir det ofta obrända celler kvar i batteriet som kan antändas på nytt efter flera dygn. Därför måste man fästa särskild uppmärksamhet vid säker transport av brända batterier. Vid hanteringen av brända batterier ska man också sörja för det personliga skyddet, som beskrivs i avsnitt 4.2.

Räddningsverket ska sörja för brandsäkerheten av batterier när de förs ut ur byggnaden eller från brandplatsen till en sådan plats där de inte orsakar skada vid återantändning. En del räddningsverk har förberett sig på att transportera batterierna i brandsäkra kärl som fylls med vermikulit, i vilka batterierna flyttas till en på förhand bestämd plats där de kan förvaras tills batterierna har konstaterats vara stabila. Tiden kan till exempel vara 10 dagar, men att transportera brända batterier kan ändå antända en brand, så man kan inte helt försäkra sig om batteriets stabilitet ens med tid.

Den fortsatta behandlingen av batterierna ska avtalas med producentansvarssammanslutningen, som också ansvarar för kostnaderna för batteriernas transport och återvinning. Återvinningen av el- och hybridbilar samt deras drivbatterier hör till Suomen Autokierrätys Oy och de övriga batterierna till Recser Oy. Om det inte är möjligt att stabilisera batterierna har Recser Oy tillgång till en **batteriambulans**, med vilken man från fall till fall också kan transportera batterier som klassificerats som farliga.

Du kan kontakta Recser Oy om återvinning av batterier på

info@recser.fi

och Suomen Autokierrätys Oy i fråga om elbilar och deras drivbatterier på

<https://autokierratys.fi/sv/>

7.2 Säkerheten vid återvinning av batterier

Det uppstår många olika slags risker i återvinningen av litiumjonbatterier innan batterierna kan göras ofarliga. Risker som ska beaktas är brandsäkerhet, elsäkerhet, arbetstagarnas exponering för giftiga gaser samt miljöutsläpp. Vid återvinningsanläggningar bör man beakta säkerheten redan innan leveranserna anländer till anläggningen, eftersom batterileveransen också påverkar lagringens säkerhet.

I återvinningsprocessen krossas och vidareförädlas batterierna till råvaror. Krossningen kan göras antingen med eller utan spänning. Mindre batterier kan krossas med spänning när processens brandsäkerhet tryggas på behörigt sätt. Större batterier urladdas och kortsluts på förhand. Detta minskar energin i batteriet så att krossningen kan utföras säkert.

Återvinningsbara batterier levereras till anläggningarna i regel som transport av farliga ämnen (TFÄ). Bestämmelserna som grundar sig på TFÄ-standarderna definierar batteriernas förpackning, vilket också förbättrar lagringens säkerhet.

7.2.1 Mottagning och lagring av batterier hos återvinningsaktörer

När batterierna anländer till återvinningsaktörerna bör de placeras på ett separat område där de övervakas dygnet runt med en metod som gör det möjligt att upptäcka en brand oberoende av förpackningsmetod och som förhindrar brandens spridning. En vanlig metod är värmekameraidentifiering.

När man lagrar batterier ska man undvika att förvara ett stort antal på samma ställe. Det vore bra att dela upp batterierna i mindre helheter genom att använda säkerhetsavstånd eller brandisolera dem med brandsäkra byggnader, såsom fartygscontainrar.

Fartygscontainrarna ska vara tillräckligt ventilerade för att avlägsna brandfarliga gaser och säkerhetsavstånden ska vara tillräckligt stora. Minimavståndet mellan containrarna är 3,1 meter (enligt NFPA 855-energilagerstandarden). Detta avstånd kan minskas med brandskyddsmetoder, men det är också viktigt att säkerställa tillträde till lagren i släckningssituationer, gärna från två olika riktningar, så att släckningen alltid kan ske ovanför vinden.

Dessa åtgärder förbättrar säkerheten och möjliggör en effektivare brandbekämpning i farliga situationer.

7.2.2 Mekanisk urladdning av batterier och avlägsnande av elbilarnas batterier

Vid hantering av batterier är det viktigt att begränsa antalet batterier i produktions- eller hanteringsutrymmena endast till det som behövs vid respektive tidpunkt. Detta minskar brandbelastningen och förbättrar hanteringen av branden i krissituationer.

Mekanisk urladdning eller förbehandling av batterier för krossning (sortering) är förknippat med flera risker, såsom giftiga gaser, brandsäkerhetsrisker och i vissa fall även elsäkerhetsrisker.

För att hantera brandsäkerheten av mindre batterier rekommenderas nedsänkning i vatten. Detta minskar bildningen av rökgaser och gör det lättare att släcka branden.

För större batterier ska brandsäkerhetsrisken i första hand hanteras genom evakuering, eftersom det kan vara mycket svårt att släcka batteriet. Evakuering förhindrar större skador.

Vid evakueringen ska man alltid komma ihåg att använda personlig skyddsutrustning, såsom beskrivs i avsnitt 4.2. Om det är fråga om högspänningsarbete ska man bära spänningsskyddshandskarna under värmeskyddshandskarna.

Om batterierna sänks ner i vatten är det särskilt viktigt utrymmet ventileras väl eller annars ska batteriet föras ut på grund av de lättantändliga gaserna. Högspänning och (salt)vatten kan orsaka elektrolys, där det bland annat bildas vätgas som lätt exploderar. Därför är det viktigt att säkerställa tillräcklig ventilation och säker hantering i alla arbetsskeden.

7.2.3 Urladdning av batterier

Urladdning av batterier gör dem säkrare att hantera, transportera och eventuellt hantera ytterligare genom till exempel krossning. Det rekommenderas dock att urladdning endast utförs av professionellt behöriga personer som kan göra det rätt och i rätt omgivning.

Urladdning av batterier är förknippad med många säkerhetsrisker, såsom mekaniska förändringar, antändning av olika orsaker samt bildning av brandfarliga gaser när cellerna går sönder. Vid urladdning kan utbuktande celler söndra batteriets yttre konstruktion, vilket kan leda till splitter i omgivningen.

Urladdning av batteriet i saltvatten eller vatten rekommenderas inte på grund av att processen är svår att hantera och att nedsänkningen i vatten kan försvåra batteriets fortsatta behandling.

7.2.4 Krossning av batterier

Batteriernas krossningsprocess är en viktig del av batteriernas återvinning med tanke på brandsäkerheten och miljön. Krossningsprocesserna, och i synnerhet deras brandsäkerhet, är specialkompetens och därför behandlas de inte offentligt inom detta projekt. Aktörerna bör dock samarbeta med räddningsverken så att räddningsverket kan agera rätt med tanke på hanteringen av den övergripande situationen.

I statsrådets förordning om kemiska agenser i arbetet 715/2001 föreskrivs, att arbetsgivaren skall identifiera de faror som förorsakas av kemiska agenser som förekommer på arbetsplatsen och bedöma de eventuella risker för arbetstagarnas säkerhet och hälsa som farorna eventuellt medför (Förordning 715/2001). Om arbetstagarnas exponering för farliga kemiska agenser inte annars kan bedömas på ett tillförlitligt sätt, skall arbetsgivaren utföra regelbundna exponeringsmätningar. Mätresultaten jämförs med de koncentrationer som befunnits skadliga (HTP) och som anges i social- och hälsovårdsministeriets handbok om HTP-värden 2020:25. Exponeringen jämförs med gränsvärdet för åtta timmar när exponeringen pågår under hela arbetsskiftet. Om exponeringen är kortvarig jämförs mätresultaten den med gränsvärdet för 15 minuter. För återvinningsaktörer rekommenderas uppföljning av koncentrationerna av föroreningar som frigörs från processen i arbetslokalerna, men också utsläpp i omgivningen. Under förbränning och krossning avlägsnas giftiga föroreningar ur batterierna som kan ha kort- eller långvariga effekter på både arbetstagarna och naturen. Vid krossning av batterier och därav följande termisk rusning frigörs fluoväte, kolmonoxid och kväveoxider. Dessutom kan det förekomma perfluorerade föreningar och karbonater som frigörs från elektrolyterna i luften och som är mycket långlivade i naturen och människan, samt andra brännbara gaser, såsom väte. När katoden krossas frigörs det också partiklar som kan innehålla litium, kobolt, mangan och andra grundämnen enligt batterikemin. Uppföljningen och hanteringen av dessa föroreningskoncentrationer är mycket viktigt med tanke på arbetssäkerheten och miljöskyddet.

8 Transport av batterier

Transport av litiumjonbatterier och litiummetallbatterier har enligt FN:s transportbestämmelser definierats som transport av farliga ämnen (Tukes 2024). Litiumbatterier hör till farlighetsklass 9, övriga farliga ämnen och föremål. Litiumjonbatterier förekommer i sju olika transportgrupper (tabell 2). De vanligaste transportgrupperna är UN3480, UN3481, UN3090 ja UN3091. De två första gäller litiumjonbatterier och de två senare litiummetallbatterier. Återvinning av kasserade batterier behandlas i avsnitt 7 i rekommendationen, där producentsammanslutningen ansvarar för transporterna, så i detta avsnitt behandlas endast transport av icke-skadade batterier som är i bruk.

Tabell 2. Allmän översikt över batterier och apparater som innehåller litiumjonbatterier (PGS 37–2, 2023 k.1.2).

UN-nummer	Definition
UN3171	Eldrivna batterier eller fordon med våt-, natrium-, litiummetall- eller litiumjonbatterier som drivkraft och batteridrivna apparater med våt- eller natriumbatterier som drivkraft och som transporteras med batterierna insatta.
UN3166	Fordon (hybrid, kombination av litiumjonbatteri och förbränningsmotor)
UN3480	Litiumjonbatterier
UN3481	Litiumjonbatterier inne i eller förpackade tillsammans med apparaten.
UN3090	Litiummetallbatterier
UN3091	Litiummetallbatterier inne i eller förpackade tillsammans med apparaten.
UN3536	Litiumjon- eller litiummetallbatterier som är installerade i en lasttransportenhet

Målet med förpackningen av litiumjonbatterier är att förhindra kortslutning, mekaniska skador och eventuell inträngning av fukt under transporten. Materialen och förpackningen ska väljas så att oavsiktlig elledning, korrosion och insläpp av miljöföroreningar förhindras (SFS-EN IEC 62619 2022). Förpackningssätten i FN:s regelverk gäller i regel intakta oskadade batterier (stabila batterier), men anvisningarna innehåller också anvisningar för skadade eller defekta litiumjonbatterier som ska förpackas på annat sätt. Dessa förpackningssätt fastställs i punkt 8 i anvisningarna om transport av farliga ämnen, som bland annat finns i Traficoms TFÄ-sökning med UN-koderna i tabellen (TFÄ-SÖKNING 2024).

I många förpackningsanvisningar hänvisas till punkterna 4.1.1 och 4.1.3 i den allmänna föreskriften om farliga ämnen och föremål. Dessa punkter finns i Traficoms föreskrift "Transport av farliga ämnen på väg" (TRAFICOM/473662/03.04.03.00 2022 s. 579 och s. 609).

TFÄ-anvisningarna fastställer frigränsen för transport av batterier. Gränsen avser den mängd som vem som helst kan transportera av detta gods utan TFÄ-körtillstånd, utan fordonsmärkning eller informationsblad. Gränsen för litiumjonbatterier är 333 kg (TFÄ-SÖKNING 2024, kolumn 15).



Minneslista för batteritransport

- Alla batterier ska vara stabila innan de transporteras
- Om det finns en risk för att batteriet antänds under transporten bör man kontakta batteriets mottagare. Många återvinningsanläggningar, såsom Fortum Battery Recycling Oy, Akkuser Oy eller Kuusakoski Oy, har färdiga lådor, fyllningsmedel och anvisningar för transport av instabila batterier.
- Alla batterier ska skickas enligt ovan nämnda UN-standarder och förpackas enligt förpackningsgrupp
- Kom ihåg att använda rätt förpackningssätt
- Stora batterier med ett tillräckligt starkt yttre hölje behöver inte packas i en separat skyddslåda.
- Kom ihåg att skydda batteripolerna
- Markera försändelsen enligt TFÄ-kraven

9 Reparation och transport av elfordon

I detta avsnitt utreds riskfaktorer i anslutning till reparation och transport av litiumjonbatterier samt metoder för att förbereda sig på dem.

I avsnittet behandlas också transport av krockbilar, eftersom även om TFÄ-transportbestämmelserna definierar säker transport av litiumjonbatterier och apparater som innehåller dem, kan dessa bestämmelser inte tillämpas direkt på krockbilar. TFÄ-bestämmelserna ska dock tillämpas på transport av mindre apparater, såsom elsparkcyklar.

Det rekommenderas att bogseringsföretag diskuterar med de lokala räddningsverken om hur man kan samarbeta för att ordna transportererna på ett säkert sätt och i synnerhet om bilarnas placering efter transporten.

9.1 Förflyttning av el- och hybridbilar från olycksplatsen

Rekommendationerna nedan är i första hand avsedda för representanter för bogseringsföretag i situationer där en el- eller hybridbil har varit delaktig i en trafikolycka eller bilbrand och fordonet ska transporteras från olycksplatsen antingen till tillfällig förvaring eller till en plats som bilaffären/importören anvisat.

Bränder i el- och hybridfordonsbatterier är fortfarande mycket sällsynta i Finland. Trots detta är de alltid möjliga, och därför är det viktigt att bogseringsföretagens personal har tillräcklig kompetens för att agera rätt, särskilt i situationer där fordonet kan antändas under transporten.

9.1.1 Verksamhet vid transport av bränd bil/hybridbil

Transport av elbilar som varit i en krock kan utföras med en transportplattform eller container. När man transporterar bilar på en transportplattform är det bra att lasta av bilen från plattformen så snabbt som möjligt för att skydda transportmaterielen och se till att räddningsverket snabbt kan nå platsen. Fördelen med containertransport är att containern ger ett brandskydd för omgivningen och att det är lättare att kontrollera branden om batteriet antänds på nytt.

Det är inte nödvändigtvis möjligt att inleda flak- eller containertransport direkt från parkeringshus på grund av deras låga höjd och i dessa fall rekommenderas bogseringsutrustning och transportplattformer avsedda för bilar (bild 8).



Bild 8. Exempel på transportplattform för bilar.

9.1.2 Transporten av en helt brunnen elbil

Instruktion för bogsering av ett fordon som brunnit så länge som det har funnits brandbelastning och som man inte har försökt släcka.

- Batteriets temperatur ska vara under 50 °C och dess temperatur får inte stiga under en 60 minuters granskningsperiod (CTIF 2024 s.50; MSB 2023 s.35).
- Den brända bilen kan bogseras helt normalt till sin destination med vilken transportmateriel som helst.
- Man måste förbereda sig på batteriernas antändning trots ovan nämnda åtgärder.

9.1.3 Transport av släckt elbil, vars batteri inte har brunnit ut

- Innan transporten börjar kontrolleras batteriernas temperatur med en värmekamera. Uppföljning i minst 60 minuter om batteriernas temperatur stiger innan transporten inleds. Batteriernas temperatur får inte överstiga 50 °C (CTIF 2024 s. 50; MSB 2023 s. 35).
- Den föredragna transportmetoden är en container utan vatten.
- Om det finns misstanke om instabilt drivbatteri görs transporten med batterierna nedsänkta i vatten.
- Om ingen container finns att tillgå ska transporten eskorteras av räddningsverket.
- Ett fordon som transporteras behöver ständig övervakning under transporten och kommunikation med den eskorterande bilen
- Platsen dit fordonet lämnas ska ligga på ett tillräckligt skyddsavstånd till brännbara konstruktioner ifall fordonet antänds på nytt. Skyddsavståndet till andra bilar och brännbart material är minst 8 m (FÖRORDNING 848/2017; 29 §).

9.1.4 Bilen har varit nedsänkt i vatten i minst 1 dygn

- Bilen lyfts upp ur vattnet och observeras på en säker plats utomhus i minst 1 dygn. Bilen kan transporteras som en normal bogseringsuppgift till sin destination om batteriets temperatur inte stiger och batteriet är stabilt.
- Bilen kräver dock kontinuerlig observation under transporten
- Vid transport av hybrid- och elbilar används ett flak som kan sänkas ner från transportbilen så att man inte skilt behöver lösgöra fordonets fastspänningar, ifall fordonet antänds på nytt under transporten
- Platsen dit fordonet lämnas ska ha ett minst 8 meters skyddsavstånd till brännbara konstruktioner ifall fordonet antänds på nytt.

9.1.5 Transport av elbil som varit i en trafikolycka

Följ anvisningarna i avsnitt 7.1.4, men kontrollera dessutom bilens drivbatteri för yttre skador. Om batteriet har yttre skador rekommenderas containertransport och att eventuella assistansåtgärder diskuteras med räddningsverket.

9.1.6 Materielrekommendationer för elbilstransport

- Släckningscontainer. (Containern ska i första hand inte fyllas med vatten förrän bilen antänds inne i containern.) Containern får inte vara sluten eller alternativt ska de gaser som frigörs från batteriet vädras från containern (bild 9).
- En flaklösning där flaket kan lossas från dragbilen och fordonets fastspänning inte behöver lösgöras separat ifall fordonet antänds under transporten (bild 10).
- Värmekamera för uppföljning av litiumjonbatteriets temperatur
- Motoriserat andningsskydd eller tryckluftsapparat



Bild 9. Vattenfylld container för biltransport.



Bild 10. Transportbil med öppet flak.

9.1.7 Transport av stora elfordon

Bussar, lastbilar och andra motsvarande fordon blir snabbt vanligare även i Finland och räddningsväsendet och bogseringstjänsterna bör förbereda sig på detta. När man transporterar fordon måste man ofta följa tillverkarens anvisningar så att ramen tål transporten, och denna anvisning tar inte ställning till hur till exempel bussar ska transporteras, men i listan nedan finns rekommendationer om vad man bör tänka på vid batteribrand.

- Andas inte in rökgaserna från batterierna och undvik kontakt med dem.
- Planera bogseringsrutten så att den går på så långt avstånd som möjligt från människor och bosättning.
- Om man bedömer att det finns en risk för batteriets återantändning rekommenderas räddningsverkets stöd när bilen bogseras, åtminstone i centrumområdet.

Bogseringsanvisningar finns på biltillverkarnas webbplats med sökordet säkerhetsinstruktioner.

9.1.8 Miljöfaktorer vid elbilsbrand

Vid släckning av en elbil kan farliga ämnen släppas ut i miljön både via rökgaser och släckvatten. Släckningsvattnet bör alltid tas tillvara och levereras för återvinning på behörigt sätt, om det bara är möjligt.

Vid transport med släckningscontainer rekommenderas det inte att containern fylls med vatten om det inte är absolut nödvändigt för att förhindra att batteriet antänds på nytt. Detta beror på de giftiga PFAS-föreningarna och tungmetallkoncentrationerna som lossnar från batteriet i vattnet (Mellert m.fl. 2020, s. 48, 55, 61).

Att "skölja" batteriet med vatten lösgör mer miljöfarliga ämnen, såsom PFAS-föreningar, vars förekomst och koncentrationer presenteras på bild 11 (Quant m.fl. 2023).

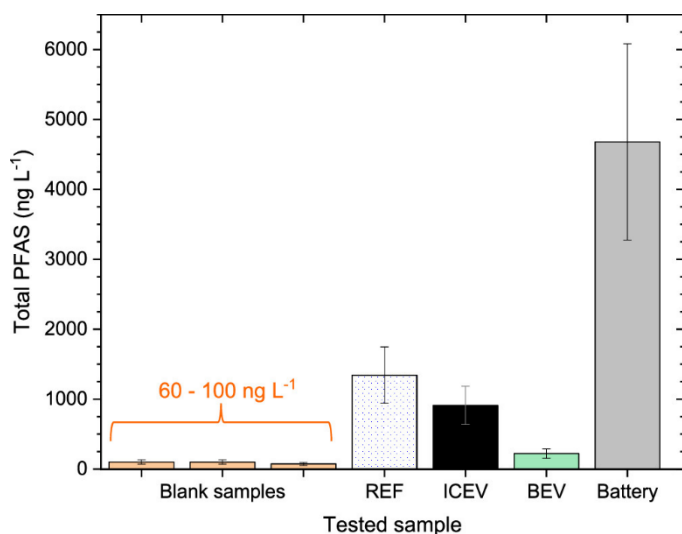


Bild 11. Total koncentration av perfluorerade (PFAS-)föreningar i släckvattenprover i slutet av varje test (Quant m.fl. 2023).

9.2 Beredskap för batteribränder under reparation av elbilar

Brandsäkerhetsrisken för elbilar ökar särskilt om bilen har varit i en krock eller om batteriet måste avlägsnas från bilen under service- eller reparationsarbetet.

Vid verkstadsarbete är riskerna som batteriet medför likartade som vid hantering av batterier i allmänhet, men det är särskilt svårt att evakuera batteriet och släcka det. Därför är det viktigt att förbereda sig på situationerna på ett förebyggande sätt.

En annan betydande risk är att batterierna i krockbilarna antänds eller att batterierna i brända elbilar antänds på nytt. Det är bra att förbereda sig på dessa risker genom brandsäker förvaring av bilen.

9.2.1 Förvaring av elbilar som varit i krock

En bil som varit i en krock ska förvaras utomhus, så långt från annat brännbart material som möjligt, dock minst 8 meter från en brännbar byggnad. Detta avstånd kan minskas genom att använda brandväggar eller andra åtgärder som begränsar branden. Det är svårt att släcka en elbil, och därför är det bra att förbereda sig på att förhindra brandens spridning med en snabbbrandpost eller något annat system där det är lätt att få tillgång till vatten för extern nedkyllning av bilen och för att skydda omgivningen.

9.2.2 Brandsäkerhet under reparation av elbilar

Krockbilar bör inte förvaras inomhus, förutom vid reparation eller tills batteriet har konstaterats vara säkert. Det kan vara svårt att upptäcka skador på batteriets celler från utsidan, och därför ska batteriet alltid demonteras om det finns skäl att misstänka att skadorna på utsidan har fått cellerna att gå sönder. Ett krockat, skadat eller kasserat batteri bör inte förvaras i reparationsutrymmen, om inte

batteriet har konstaterats vara säkert. I synnerhet kasserade batterier ska föras bort från byggnaden för att minska brandbelastningen och underlätta släckningsverksamheten.

Även om släckningsåtgärderna är besvärliga kan branden eventuellt dämpas genom att kyla ner batterierna utifrån. Det effektivaste sättet är att använda rikligt med vatten, till exempel från en snabbbrandpost. En annan viktig beredskapsmetod är att förhindra brandens spridning, för vilket man också kan använda snabbbrandpost. Om batteriet redan har tagits ut ur bilen är det effektivaste släcknings-sättet att sänka ner det i en vattenbassäng. Denna åtgärd förutsätter ett specialarbetsbord med en vattenbassäng (bild 1).

Man kan förbereda sig på att släcka mindre batterimoduler genom att använda förslutbara vattenkärll eller genom att föra ut batterierna (bild 2). *Om primärsläckningsåtgärder vidtas är det särskilt viktigt att komma ihåg att använda personlig skyddsutrustning (se avsnitt 4.2).*

9.2.3 Minneslista för åtgärder under brand

- Ring nödnumret (112).
- Koppla på rökevakeringen för att avlägsna brandfarliga och giftiga gaser.
- Vidta följande åtgärder endast om du kan göra det utan att exponeras för rökgaser eller kaststycken eller sticklågor som frigörs från batteriet (använd personlig skyddsutrustning som nämns i avsnitt 4.2).
- Använd primärsläckningsutrustning för att förhindra brandens spridning om du kan göra det på ett säkert sätt och från ett tillräckligt långt avstånd utan att exponeras för kaststycken eller brandgaser från batteriet (t.ex. snabbbrandpost). ***Primärsläckningsåtgärder rekommenderas inte för intakta bilbatterier på grund av deras ineffektivitet.***

9.2.4 Brandsäkerhet vid lagring, laddning och reparation av små fordon med fast batteri

Den största brandsäkerhetsrisken vid lagring, reparation och laddning av mindre fordon, såsom elcyklar och elsparkcyklar, orsakas av deras stora antal i utrymmen som inte nödvändigtvis lämpar sig för åtgärder för litiumjonbatterier. Om ett batteri antänds kan det medföra en risk för att branden sprids till andra batterier och orsakar en stor och okontrollerad eldsvåda. Därför är det viktigt att fästa särskild uppmärksamhet vid brandsektionering, rökevakering och primärsläckning. Vid underhållsåtgärder, under övervakade förhållanden, är mindre batteribränder lättare att hantera, förutsatt att man har förberett sig på dem på behörigt sätt. Se närmare anvisningar i avsnitt 4.1. Primärsläckningsmetoder.

9.2.5 Brandsäkerhet vid lagring av små fordon

Som rekommendationer för lagring av små fordon kan man för sin del tillämpa samma praxis som vid lagring av enbart batterier och celler, som finns i avsnitt 5.3.

9.2.6 Laddningsrekommendationer för små fordon

Rekommendationer om laddning av enbart små batterier på under 1 kWh i öppna utrymmen finns i avsnitt 6. Dessa anvisningar kan också tillämpas på laddning av apparater med fast batteri, förutsatt att man ser till att rökgaserna avlägsnas och ventilationen är tillräcklig. Vid laddning av större

mängder, såsom cyklar och elsparkcyklar, rekommenderas brandsektionering och indelning i sektioner på 10–20 kWh (DBI 2022, s. 52).

9.2.7 Brandsäkerhet vid reparation av små fordon

Primärsläckningsåtgärder som nämns avsnitt 4 kan tillämpas på brandsäkerheten under reparation. Det effektivaste sättet att förhindra skador är nedsänkning i vatten. Det är viktigt att förbereda en tillräckligt stor bassäng samt personlig skyddsutrustning inför nedsänkningen i vatten. Riskfyllda åtgärder, såsom laddning, testning, reparation och förvaring, bör placeras så långt från utrymningsvägarna som möjligt så att evakueringen vid behov kan utföras på ett säkert sätt.

Källor

Förordning 715/2001 (2001), *Statsrådets förordning om kemiska agenser i arbetet*. <https://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2001/20010715>.

FÖRORDNING 848/2017 (2017), *Miljöministeriets förordning om byggnaders brandsäkerhet*. <https://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2017/20170848#Pidm46111191571984>.

CTIF 2024 *Rescue operation where lithium-ion batteries are present*. https://www.ctif.org/sites/default/files/2024-07/Operational%20guidance%20lithium%20ion%20batteries_Sweden_MSB_2024.pdf.

DBI 2022, *Brandsikkerhed i garageanlæg, oplag af litium-ion batterier og batterier til solcelleanlæg i bygninger*. <https://www.dnv.com/maritime/publications/Technical-Reference-for-Li-ion-Battery-Explosion-Risk-and-Fire-Suppression-report-download/>.

DNV 2019, *Technical Reference for Li-ion Battery Explosion Risk and Fire Suppression*. <https://www.dnv.com/maritime/publications/Technical-Reference-for-Li-ion-Battery-Explosion-Risk-and-Fire-Suppression-report-download/>.

DSB 2021, *Risikovurdering og håndtering av brann i Litium-ion batterier*. <https://www.dsb.no/global-assets/dokumenter/veiledere-handboker-og-informasjonsmaterieell/veiledere/risikovurdering-og-haandtering-av-brann-i-litium-ion-batterier.pdf>.

Hassinen, M. (2022). Räddningsinstitutet. Uudet energiamuodot liikennevälineissä ja energiavarastoissa. Sammutustaktiikka ja -tekniikka. http://info.smedu.fi/kirjasto/sarja_B/B2_2022.pdf.

KIWA. (2024). *NTA 8133 test Lithium Brandblussers*. <https://www.kiwa.com/nl/nl/services/tes-ten/nta-8133-test-lithium-brandblussers/>.

Kunkelmann, J. (2015). *Untersuchung des Brandverhaltens von Lithium-Ionen- und LithiumMetall-Batterien in verschiedenen Anwendungen und Ableitung einsatztaktischer Empfehlungen*. Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Forschungsstelle für Brandschutztechnik

Marioff. (2023). *Fire Protection of Lithium-ion Battery Energy Storage Systems*. https://www.marioff.com/en/media/Marioff-2023-04-EN-Fire-protection-of-Li-ion-BESS-Whitepaper-WEB.pdf_tcm986-203077.pdf.

Mellert, L & Welte, U., Tuchschnid, M., Held M., Hermann, M., Kompatscher, M., Tesson, M. & Nachef L. (2020) *Risk minimisation of electric vehicle fires in underground traffic infrastructures*. https://amstein-walthert.ch/media/files/2021/01/AGT_2018_006_EMob_RiskMin_Undergr_Infrastr_Final_Report_V1.0.pdf

Meurman, K., Hassinen, M., Kiviranta, K., Laitinen, J. & Toivanen, P. (2021). *Litiumakkupalon sammuttaminen akkupalosammuttimilla*. https://tukes.fi/-/litiumioniakkupaloon-tarkoitettuja-kasisammuttimia-testattu-sammutus-haastavaa-ja-sisaltaa-risteja?languageld=sv_SE.

NFPA 855 (2020). *Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems*. <https://www.sandiegocounty.gov/content/dam/sdc/pds/ceqa/JVR/AdminRecord/IBR/326a%20NFPA%202020.pdf>

Räddningsverkens partnerskapsnätverk (2022). SÄHKÖAJONEUVOJEN LATAUSPISTEET KIINTEISTÖISSÄ JA PELASTUSTOIMINNAN EDELLYTysten HUOMIOIMINEN. https://pelastuslaitokset.fi/sites/default/files/2022-08/S%C3%A4hk%C3%B6autojen_latauspisteet_kiinteist%C3%B6ss%C3%A4_ja_pelastustoiminnan_edellytysten_huomioiminen.pdf.

PGS 37-2 (2023), *Richtlijn voor de veilige opslag van lithiumhoudende energiedragers*. <https://publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/publicaties/online/pgs-37-2/2023/1-0-december-2023#m51>.

Quant, M., Willstrand, O., Mallin, T. & Hynynen J. (2023), *Ecotoxicity Evaluation of Fire-Extinguishing Water from Large-Scale Battery and Battery Electric Vehicle Fire Tests*. https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/acs.est.2c08581?ref=article_openPDF

Saldaña, G., San Martín, J., Zamora, I., Asensio, F. & Oñedarra, O. (2019). Analysis of the Current Electric Battery Models for Electric Vehicle Simulation. <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/14/2750/pdf>.

SFS-EN IEC 62619 (2022), Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes. Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications.

Siren, J., Fjellgaard Mikalsen, R. & Meraner, C. (2023) Rømning ved brann i litium-ion batteri i elsparkesykkel. <https://ri.diva-portal.org/smash/get/diva2:1741748/FULLTEXT03.pdf>.

TRAFICOM/473662/03.04.03.00 (2022), *Transport av farliga ämnen på väg*. <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/454001/49437>.

TTL (2023), *OVA-ohje Fluorivety ja fluorivetyhappo*. <https://ova.ttl.fi/fluorivety-ja-fluorivetyhappo>.

Tukes 2018, *Opas teollisuuden litiumioniakkujen turvalliseen käyttöön*. <https://tukes.fi/documents/5470659/8237195/Opas+teollisuuden+litiumioniakkujen+turvalliseen+k%C3%A4ytt%C3%B6n/c5c7fefe-7979-4344-ba25-ba18a6f9f234/Opas+teollisuuden+litiumioniakkujen+turvalliseen+k%C3%A4ytt%C3%B6n.pdf>.

Tukes (2021), *Testning av handbrandsläckare avsedda för brand i litiumjonbatterier – släckning är svårt och riskfyllt*. https://tukes.fi/-/litiumioniakkupaloon-tarkoitettuja-kasisammuttimia-testattusammutus-haastavaa-ja-sisaltaa-riskeja?languageld=sv_SE.

Tukes (2021)a, *Litiumioniakkupalon sammuttaminen sammutuspeitteellä ja kattilalla*. <https://www.youtube.com/watch?v=VLzWfXmqA7E>.

Tukse (2021)b, *Litiumioniakkupalon sammuttaminen akkupalosammuttimilla*. <https://www.youtube.com/watch?v=SKi4R2PIbJs>.

Tukes (2024), *VAK - vaarallisten aineiden kuljetukset*. <https://tukes.fi/vak/vak-luokitukset>.

VAK-HAKU (2024), *Vak haku*. <https://eservices.traficom.fi/AutoilijanPalvelut/VAKHaku>.

Vuokko A, Punakallio A, Paajanen T, Lusa S. Pelastushenkilöstön työterveysseuranta – yhteistyö ja käytännöt. Arbetshälsoinstitutet, Helsingfors 2020, ISBN 978-952-261-862-7 (PDF) [Pelastushenkilöstön työterveysseuranta : yhteistyö ja käytännöt](#)