



Nederlandse Voedsel- en
Warenautoriteit
Ministerie van Landbouw, Visserij,
Voedselzekerheid en Natuur

> Retouradres Postbus 43006 3540 AA Utrecht

**Aan de staatssecretaris Jeugd, Preventie en Sport
en de inspecteur-generaal van de Nederlandse
Voedsel- en Warenautoriteit**

**Advies van de directeur bureau Risicobeoordeling
& onderzoek**

**Over de veiligheidsrisico's van gereviseerde
lithium-ion batterijen in consumentenproducten**

**Bureau Risicobeoordeling &
onderzoek**

Catharijnesingel 59
3511 GG Utrecht
Postbus 43006
3540 AA Utrecht
www.nvwa.nl

Contact
risicobeoordeling@nvwa.nl

Onze referentie
2025-010042486

Datum
16 juni 2025

Aanleiding

Het gebruik van lithium-ion batterijen (LIB) is de afgelopen jaren sterk toegenomen. Gedreven door de energietransitie worden producten steeds meer voorzien van elektriciteit door batterijen. Daarbij kunnen LIB vergeleken met andere typen batterijen een hoog voltage leveren, hebben ze een grote capaciteit en zijn ze relatief goedkoop. Maar LIB hebben ook een keerzijde: ze bevatten een oplossing met lithiumionen die erg brandbaar is. Er is een groeiend aantal berichten over incidenten met LIB, met soms ernstige gevolgen. Door de groei van het aantal LIB, zal ook het aantal incidenten naar verwachting toenemen.

Er wordt ook een toename voorzien van LIB die zijn gereviseerd. Onder revisie wordt verstaan dat onderdelen worden gerepareerd of vervangen zodat de LIB weer kan worden gebruikt waarvoor deze bedoeld is. De toename van gereviseerde LIB wordt aangejaagd door het streven naar circulariteit en duurzaamheid en het recht op reparatie (*right to repair*).

De problematiek rond de veiligheid van LIB is complex en raakt aan vele stakeholders. Bureau Risicobeoordeling & onderzoek (BuRO) van de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) heeft in januari 2023 een bijeenkomst georganiseerd met onder meer diverse ministeries, inspectiediensten en universiteiten. Doel van deze bijeenkomst was om met de aanwezigen de contouren van een gezamenlijke aanpak, met name gericht op de veiligheid van consumentenproducten met LIB, te verkennen.

Volgend op de bijeenkomst in 2023 en op basis van twee onderzoeken die BuRO heeft laten uitvoeren naar de veiligheid van gereviseerde LIB, brengt BuRO nu dit advies uit.

Revisie van LIB is een relatief nieuwe ontwikkeling. Er is nog weinig bekend over het effect van revisie op de veiligheid van de LIB. BuRO wil met dit onderzoek daarom graag de volgende vraag beantwoorden:

Wat is het risico van het gebruik van gereviseerde LIB in consumentenproducten voor de volksgezondheid?

Deze vraag is opgesplitst in vier deelvragen:

- > *Welke factoren kunnen een gevaar van LIB in consumentenproducten veroorzaken?*
- > *Welke regelgeving en welk toezicht zijn gericht op de veiligheid van consumentenproducten met LIB?*
- > *Wat is de invloed van revisie van LIB op het gevaar?*

- > Welke regelgeving en welk toezicht is gericht op de markt van revisie van LIB voor consumentenproducten?

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

In deze risicobeoordeling is binnen de scope van consumentenproducten de focus gelegd op elektrische fietsen. De groei in het gebruik van LIB geldt namelijk zeker ook voor elektrische fietsen: volgens de [RAI Vereniging](#) steeg het aantal elektrische fietsen in Nederland van 1,5 miljoen in 2017 naar 4,3 miljoen in 2023. Ten opzichte van het totaal van nieuw verkochte fietsen in een jaar steeg het aandeel elektrisch van 31% in 2017 naar 56% in 2023.

En revisie van LIB voor consumentenproducten gebeurt vooralsnog vooral bij LIB voor elektrische fietsen. In 2021 werden tussen de 34 duizend en 40 duizend LIB voor elektrische fietsen gereviseerd en verhandeld in Nederland. De fietsbatterijen kennen een beperkte levensduur, korter dan die van de fiets. De LIB voor een elektrische fiets is relatief groot in vergelijking met LIB voor andere consumentenproducten zoals bijvoorbeeld een laptop. Door de hoge nieuwprijs van een LIB voor een elektrische fiets is het lonend om deze te laten reviseren.

Aanpak

BuRO heeft gewerkt volgens de vier stappen van de risicobeoordeling, zoals beschreven in de [methodiek van BuRO voor fysische gevaren](#): gevareninventarisatie, gevarenkarakterisatie, blootstellingsschatting en risicokarakterisatie.

Bij de gevareninventarisatie is beschreven wat het gevaar van een LIB is. De gevarenkarakterisatie beschrijft wat de effecten zijn die het gevaar kan veroorzaken. Hiervoor is gezocht in wetenschappelijke literatuur met behulp van zoekmachines Scopus en Google Scholar en zijn rapporten van onderzoeksinstituten geraadpleegd.

Voorafgaand aan de blootstellingsschatting is de wet- en regelgeving die betrekking heeft op LIB in consumentenproducten in kaart gebracht. Wet- en regelgeving wordt gezien als organisatorische beheersmaatregelen die van invloed zijn op de kans op blootstelling.

Ten behoeve van de blootstellingsschatting, specifiek om inzicht te krijgen in de kans op het optreden van het gevaar bij gereviseerde LIB, heeft BuRO een tweetal onderzoeken uit laten voeren. Het eerste onderzoek, uitgevoerd door DNV, is gericht op de opbouw en beveiligingssystemen van nieuwe en gereviseerde LIB, bedoeld voor elektrische fietsen (DNV, 2023). Het tweede onderzoek, uitgevoerd door Royal HaskoningDHV (Royal HaskoningDHV, 2022), geeft inzicht in de markt van revisie van LIB voor fietsen en in de daaraan verbonden veiligheidsrisico's voor particuliere consumenten.

In de risicokarakterisatie worden de effecten van het gevaar en de kans op blootstelling samengebracht om het risico te karakteriseren.

Hieronder worden de bevindingen uit deze stappen beknopt weergegeven. Een meer gedetailleerde beschrijving is opgenomen in de onderliggende onderbouwing.

De inhoud van dit advies is onderworpen aan een externe peer review.

Bevindingen

Gevareninventarisatie

- Een LIB bestaat uit meerdere batterijcellen en een batterijbeheerssysteem (Battery Management System, BMS).
- Een LIB-cel kan veilig worden gebruikt zolang de spanning (voltage) en temperatuur van de cel binnen veilige grenzen blijft. Het werkgebied binnen de

veilige grenzen wordt de 'Safe Operating Area' (SOA) genoemd. Het BMS moet bewaken dat de spanning en temperatuur van de cellen binnen de SOA blijven.

- Het gevaar van een LIB is dat de spanning of temperatuur van een cel buiten de SOA komt. Als dat gebeurt, keert de cel niet terug in de veilige toestand maar ontstaat er een zichzelf versterkend proces met mogelijk negatieve effecten. Dat proces wordt een *thermal runaway* genoemd.
- Het buiten de SOA komen kan worden veroorzaakt door overbelasting van de LIB-cel. Er kunnen drie soorten van overbelasting worden onderscheiden: mechanische, elektrische en thermische overbelasting.

Gevarenkarakterisatie

Als in een LIB een thermal runaway optreedt, kunnen er een aantal effecten optreden:

- Er kan brand ontstaan,
- Het gasmengsel kan een explosie veroorzaken, en/of
- Er komen giftige gassen vrij.

De brand of explosie die ontstaat kan direct letsel aanrichten bij personen in de buurt van de brandende LIB of ook een woningbrand veroorzaken of versterken.

Het gasmengsel bestaat onder andere uit koolstofmonoxide en waterstoffluoride. Van deze gassen zijn de hoeveelheden die vrijkomen bij een brandende LIB in de literatuur gepubliceerd. Op basis van deze gegevens is in Bijlage 1 afgeleid dat de concentraties van deze gassen bij een brand van een LIB voor een elektrische fiets in een thuissituatie een gezondheidsrisico voor de consument kunnen vormen, zelfs met dodelijke afloop tot gevolg.

Wet- en regelgeving

- Consumentenproducten vallen in algemene zin onder de Algemene productveiligheidsverordening (EU) 2023/988¹. Hierin worden geen specifieke eisen gesteld aan consumentenproducten met een LIB.
- Elektrische fietsen vallen onder de Machinerichtlijn 2006/42/EG. In Nederland is deze Richtlijn geïmplementeerd in het Warenwetbesluit machines. Vanuit het Uitvoeringsbesluit (EU) 2019/436 bij de Machinerichtlijn is er een geharmoniseerde norm voor elektrische fietsen die refereert aan een norm voor het batterijpakket: EN 50604-1:2016 en amendement EN 50604-1:2016/A1:2021.
- Sinds 2023 is de Batterijverordening (EU) 2023/1542 van kracht. Deze heeft tot doel de milieu- en sociale gevolgen van batterijen over de gehele levenscyclus te verminderen en stelt vooral eisen aan de duurzaamheid van batterijen. De Batterijverordening (EU) nr. 2023/1542 omvat alle batterijen, dus ook die gebruikt worden in elektrische fietsen.
- In de Batterijverordening (EU) nr. 2023/1542 worden verschillende termen gehanteerd die relateren aan revisie: 'voorbereiding voor hergebruik' en 'herfabricage', en daarnaast nog 'reparatie'. De definitie voor herfabricage is heel specifiek: de batterijcapaciteit moet worden hersteld tot ten minste 90% van de oorspronkelijke nominale batterijcapaciteit, en de conditie van alle afzonderlijke batterijcellen verschilt onderling niet meer dan 3%.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

¹ Verordening (EU) 2023/988 inzake algemene productveiligheid, tot wijziging van Verordening (EU) nr. 1025/2012 en Richtlijn (EU) 2020/1828 en tot intrekking van Richtlijn 2001/95/EG en Richtlijn 87/357/EEG

- In de Batterijverordening (EU) nr. 2023/1542 wordt een marktdeelnemer die batterijen voorbereidt voor hergebruik of herfabriceert als fabrikant aangemerkt. En een batterij die is voorbereid voor hergebruik of is geherfabriceerd wordt gelijk gesteld aan een nieuw gefabriceerde batterij voor wat betreft de toepassing van de verordening. Deze marktdeelnemer moet ook voldoen aan ander gerelateerd Unierecht. De marktdeelnemer die reviseert moet daarom ook een conformiteitsverklaring en een technisch dossier opstellen, en een CE-markering toepassen.
- De Batterijverordening (EU) nr. 2023/1542 stelt geen expliciete eisen aan de veiligheid van (gereviseerde) LIB voor lichte vervoermiddelen (Light Electric Vehicles, LEV) zoals een elektrische fiets. Voor de categorie stationaire batterijsystemen voor energieopslag, waaronder een thuisbatterij valt, zijn wel specifieke veiligheidsparameters opgenomen.
- CEN en Cenelec ontwikkelen op verzoek van de Europese Commissie een standaard voor LIB voor LEV, met ook aandacht voor revisie, gericht op de prestaties en duurzaamheid van de LIB maar niet expliciet gericht op veiligheid.
- Door de verschillende termen en definities in de Batterijverordening die een relatie hebben met revisie en het niet expliciet opnemen van veiligheidseisen voor (gereviseerde) LIB voor LEV, kan er onduidelijkheid bestaan bij marktdeelnemers die LIB voor elektrische fietsen willen reviseren over aan welke eisen zij moeten voldoen, of hoe zij hier aan kunnen voldoen.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

Blootstellingsschatting

Het is te verwachten dat de blootstelling aan een thermal runaway bij een gereviseerde LIB zal toenemen. Dit is gebaseerd op de volgende aspecten:

- Het aantal gereviseerde LIB zal toenemen:
 - Het aantal elektrische fietsen met een LIB neemt toe: uit cijfers van de RAI Vereniging blijkt dat het aantal nieuw verkochte elektrische fietsen in Nederland varieert tussen de ongeveer 250.000 en 500.000 per jaar.
 - Uit in opdracht van BuRO uitgevoerd onderzoek blijkt dat er in 2021 tussen de 34.000 en 40.000 LIB voor elektrische fietsen gereviseerd en verhandeld werden in Nederland. En het onderzoek geeft als prognose dat, als de markt voor revisie blijft meegroeien met het aantal verkochte elektrische fietsen, het denkbaar is dat het aantal gereviseerde LIB over enkele jaren de honderdduizend per jaar overstijgt.
- Het is aannemelijk dat de kans op het ontstaan van een thermal runaway bij een gereviseerde LIB groter is dan bij een originele LIB.
 - Dit blijkt uit de in opdracht van BuRO uitgevoerde onderzoeken. Onjuiste of onvolledige diagnosticering, onzorgvuldige of onvolledige werkzaamheden, onvoldoende kwaliteitstesten, of onveilig transport zijn punten die hierop van invloed kunnen zijn.
 - De kans op het ontstaan van een thermal runaway is – noch voor een originele noch voor een gereviseerde LIB - door gebrek aan voldoende gegevens niet te kwantificeren.
- Er zijn in de media en op basis van gegevens over de vermoedelijke oorzaak van woningbranden signalen dat het aantal incidenten met LIB in elektrische fietsen toeneemt:
 - Het NIPV heeft op basis van mediaberichten een analyse gemaakt van branden met LEV, waaronder elektrische fietsen. In de periode 2020 tot en met 2022 zijn er 327 branden geteld. In ongeveer 1/3 van de branden was de LIB van de LEV de vermoedelijke oorzaak. Bij 6 van de 327 branden vielen slachtoffers die als gevolg van de brand naar het ziekenhuis werden overgebracht.

- Stichting Salvage, een stichting die eerste hulp verleent aan gedupeerden bij schade door onder andere brand, meldt in een nieuwsbericht dat in 2023 2% van circa 4.200 woningbranden, dus ongeveer 84 branden, vermoedelijk veroorzaakt is door de accu's van elektrische fietsen, scooters en bromfietsen. Dit is een verdubbeling ten opzichte van 2022.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

Risicokarakterisatie

Het gebruik van LIB vormt een risico voor gebruikers en omstanders. Dit risico bestaat voor alle (nieuwe en gereviseerde) LIB. Door overbelasting van een LIB kan er een thermal runaway ontstaan met als gevolg een brand, explosie en/of giftige gassen die vrijkomen waardoor gebruikers en omstanders gewond of vergiftigd kunnen raken.

Op basis van de in opdracht van BuRO uitgevoerde onderzoeken is het aannemelijk dat de kans op een thermal runaway groter is voor gereviseerde LIB. Gereviseerde LIB lijken een grotere kans op afwijkingen of een niet goed afgestemd BMS te hebben. De complexiteit van het wettelijk kader en onduidelijkheid over of ontbreken van specifieke normen of standaarden voor de veiligheid van gereviseerde LIB dragen hier aan bij.

Het risico is op dit moment niet te kwantificeren, mede door het ontbreken van gedetailleerde informatie over incidenten met (gereviseerde) LIB.

De verwachting van BuRO is dat – zonder verdere maatregelen - het risico voor de volksgezondheid zal toenemen doordat de kans op incidenten met gereviseerde LIB in een elektrische fiets zal toenemen. Deze kans zal toenemen doordat het aantal elektrische fietsen blijft toenemen en ook door de verwachte toename van het aandeel gereviseerde LIB.

Onzekerheden en ontwikkelingen

De markt voor het reviseren van LIB is in ontwikkeling. De onderzoeken die BuRO heeft laten uitvoeren, zijn gebaseerd op informatie uit de jaren tot en met 2022. Enerzijds mag verwacht worden dat de bedrijven in deze markt zich zullen door ontwikkelen met een hogere kwaliteit tot gevolg. Anderzijds zullen er nieuwe bedrijven starten, aangejaagd door het streven naar circulariteit en duurzaamheid, waarbij er onduidelijkheid kan zijn aan welke wet- en regelgeving zij hebben te voldoen om de veiligheid van gereviseerde LIB te borgen.

Waar nieuwe LIB van sommige fietsfabrikanten nu nog bewust zodanig ontworpen kunnen zijn dat herfabricering niet mogelijk is, dwingen de 'right to repair'-richtlijn en de Batterijverordening (EU) nr. 2023/1542 af dat elke LIB gereviseerd moet kunnen worden. Dit zal naar verwachting bijdragen aan de groei van het aandeel gereviseerde LIB.

Het veiligheidsniveau van een gereviseerde LIB voor LEV kan in de huidige context van exemplaar tot exemplaar verschillen. Dit omdat het veiligheidsniveau zal afhangen van de specifieke staat van de LIB zoals deze wordt aangeboden voor revisie, het niet-gestandaardiseerde revisieproces en mogelijke onduidelijkheid over veiligheidsstandaarden waaraan gereviseerde LIB zouden moeten voldoen.

Het risico voor de volksgezondheid is op dit moment niet te kwantificeren. Hierin speelt mee dat er onvoldoende informatie is om de kans op een thermal runaway van een (gereviseerde) LIB te kunnen inschatten. Ook is er beperkte informatie over de toxiciteit van en blootstelling aan de gassen die vrijkomen bij een thermal runaway. Daarnaast ontbreekt gedetailleerde informatie over incidenten met (gereviseerde) LIB.

Sinds 2020 wordt de Nederlandse batterijenstrategie uitgevoerd. Deze wordt gecoördineerd door het ministerie van Infrastructuur & Waterstaat (I&W). In het kader van de pijler Veiligheid van deze strategie is de Werkgroep Brandveiligheid

van Lichte Elektrische Voertuigen opgericht. De werkgroep stelt in haar actieplan dat er te weinig wet- en regelgeving op het gebied van revisie en reparatie is. De werkgroep wil daarom onderzoeken hoe de brandveiligheid van gereviseerde LIB voor LEV gewaarborgd kan worden.

In de werkgroep wordt in 2025 ook gesproken over de noodzaak en mogelijkheid om een Nederlandse Technische Afspraak (NTA) op te stellen. Met een NTA kunnen minimeisen worden gesteld aan revisie en de gereviseerde LIB. Zoals opgemerkt in de context van het wettelijk kader, heeft de Europese Commissie in 2021 een verzoek gedaan bij de Europese standaardisatie-organisaties tot het opstellen van dergelijke standaarden. Een NTA kan sneller worden gerealiseerd en kan dienen als voorloper op een Europese norm.

Beantwoording van de vragen

Voor de beantwoording van de hoofdvraag worden eerst de deelvragen beschouwd.

- > *Welke factoren kunnen een gevaar van LIB in consumentenproducten veroorzaken?*

Een gevaar van een LIB is dat er een thermal runaway kan ontstaan. Als een consumentenproduct met een LIB gebruikt wordt, kan een thermal runaway worden veroorzaakt door mechanische, thermische en elektrische overbelasting van de LIB.

- > *Welke regelgeving en welk toezicht is van toepassing op de veiligheid van consumentenproducten met LIB?*

Consumentenproducten vallen in algemene zin onder de Productveiligheidsverordening (EU) 2023/988. Voor elektrische fietsen is er specifieke EU wetgeving, namelijk de Machinerichtlijn 2006/42/EG. Voor de LIB zelf is sinds 2023 de Batterijverordening (EU) nr. 2023/1542 van toepassing, waarin ook aandacht is voor revisie. De NVWA houdt toezicht op de Productveiligheidsverordening en de Machinerichtlijn, soms samen met andere rijksinspecties zoals de Inspectie Leefomgeving en Transport (IL&T). Het toezicht op de Batterijverordening moet nog worden uitgewerkt. De NVWA is daarbij een van de mogelijke toezichthouders die een rol zou kunnen vervullen.

- > *Wat is de invloed van revisie van LIB op het gevaar?*

Het is van belang dat de LIB, met de batterijcellen en BMS als onderdelen, zodanig is geconfigureerd dat de kans op gevaar beheerst wordt. Door revisie kan de interne structuur en de configuratie van de LIB worden verstoord wat de kans op het gevaar vergroot. Onjuiste of onvolledige diagnostisering, onzorgvuldige of onvolledige werkzaamheden, onvoldoende kwaliteitstesten, of onveilig transport zijn punten die hierop van invloed kunnen zijn.

- > *Welke regelgeving en welk toezicht is gericht op de markt van revisie van LIB voor consumentenproducten?*

De markt voor revisie bestaat nog niet zo lang en is in ontwikkeling. Binnen de scope van consumentenproducten gebeurt revisie vooralsnog met name bij LIB voor elektrische fietsen. In de Batterijverordening worden verschillende termen en definities gebruikt die een relatie hebben met revisie, zoals 'voorbereiding voor hergebruik' en 'herfabricage'. Een marktdeelnemer die batterijen voorbereidt voor hergebruik of herfabriceert wordt als fabrikant aangemerkt. En een batterij die is voorbereid voor hergebruik of is geherfabriceerd wordt gelijk gesteld aan een nieuw gefabriceerde batterij voor wat betreft de toepassing van de verordening. Deze marktdeelnemer moet ook voldoen aan ander gerelateerd Unierecht. De marktdeelnemer die

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

reviseert moet daarom ook een conformiteitsverklaring en een technisch dossier opstellen, en een CE-markering toepassen. Er zijn in de Batterijverordening geen veiligheidseisen opgenomen voor (gereviseerde) LIB voor LEV. Door de complexiteit van de regelgeving kan er onduidelijkheid bestaan bij marktdeelnemers die LIB voor elektrische fietsen willen reviseren over aan welke eisen zij moeten voldoen, of hoe zij hier aan kunnen voldoen. De NVWA is de verantwoordelijk toezichthouder op de markt voor elektrische fietsen met (gereviseerde) LIB. Aangezien het toezicht op de Batterijverordening nog moet worden uitgewerkt, is momenteel niet duidelijk wie toezicht houdt op de marktdeelnemers die LIB voor elektrische fietsen reviseren.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

Op basis hiervan kan de hoofdvraag beantwoord worden:

Wat is het risico van het gebruik van gereviseerde LIB in consumentenproducten voor de volksgezondheid?

In dit advies is dit risico specifiek onderzocht voor gereviseerde LIB voor elektrische fietsen. De risicobeoordeling laat zien dat er een risico is voor de volksgezondheid doordat de LIB kan ontbranden waarbij ook giftige gassen kunnen vrijkomen. En dat dit risico groter is als het een gereviseerde LIB betreft. Dit risico is momenteel niet te kwantificeren, maar zal naar verwachting de komende jaren wel toenemen. Dit komt met name door de groei van het aantal elektrische fietsen, de groei in de markt voor gereviseerde LIB, en de hogere kans op gevaar bij een gereviseerde LIB. De complexiteit van en beperkte aandacht voor veiligheid in wet- en regelgeving voor gereviseerde LIB spelen hierbij een rol.

Waar dit nu voor gereviseerde LIB in elektrische fietsen is onderzocht, is te verwachten dat een soortgelijk effect kan optreden als revisie op gaat komen voor LIB die in andere consumentenproducten worden gebruikt. Of als bijvoorbeeld accupakketten van auto's worden omgewerkt tot thuisbatterijen. Met dit advies wil BuRO ook voor dergelijke ontwikkelingen aandacht vragen om in de voorbereiding van wet- en regelgeving en het toezicht daarop tijdig en evenwichtig aandacht te hebben voor zowel duurzaamheid als de veiligheidsrisico's.

Advies van BuRO

Aan de staatssecretaris van Jeugd, Preventie en Sport

- Zorg, om revisie en circulariteit van lithium-ion batterijen (LIB) op een veilige manier mogelijk te maken, in overleg met het Ministerie van I&W voor voorlichting over welke wet- en regelgeving van toepassing is op bedrijven die LIB reviseren en op de door hen gereviseerde LIB. Geef hierbij aandacht voor de verschillende definities in de Batterijenverordening zoals voor 'voorbereiding voor hergebruik' en 'herfabricage', niet noodzakelijk beperkt tot LIB in elektrische fietsen.
- Benadruk in de sector de noodzaak voor en ondersteun waar mogelijk de invulling van technische standaarden voor het reviseren en voor gereviseerde LIB, in aansluiting op lopende initiatieven zoals vanuit de Werkgroep Brandveiligheid LEV.
- Verken de mogelijkheden en ondersteun lopende initiatieven om incidenten met LIB in consumentenproducten beter te onderzoeken en in meer detail te laten registreren.

Aan de inspecteur-generaal van de NVWA

- Continueer en versterk waar mogelijk de samenwerking met andere inspectiediensten om beter zicht te krijgen op de bedrijven die LIB reviseren en/of gereviseerde LIB aanbieden en om het toezicht op deze bedrijven vorm te geven.

Hoogachtend,

Prof. dr. Dick T.H.M. Sijm
Directeur bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

Onderbouwing

Inleiding

Het gebruik van lithium-ion batterijen (LIB) is de afgelopen jaren sterk toegenomen. Naast gebruiksgemak is de energietransitie een belangrijke drijfveer om producten van elektriciteit te voorzien met behulp van een LIB. Daarbij kunnen LIB vergeleken met andere typen batterijen een hoog voltage leveren, hebben ze een grote capaciteit en zijn ze relatief goedkoop. Dat maakt LIB erg populair.

LIB zijn dus erg gewild, maar hebben ook een keerzijde: ze bevatten een oplossing met lithiumionen die erg brandbaar is. Betrouwbare cijfers over incidenten met producten met LIB zijn niet beschikbaar. Wel is er in de media en rapportages een groeiend aantal signalen over incidenten met LIB, met soms ernstige gevolgen. Zo heeft het NIPV op basis van mediaberichten een analyse gemaakt van branden met LEV, waaronder elektrische fietsen. In de periode 2020 tot en met 2022 zijn er 327 branden geteld waarbij in ongeveer 1/3 van de branden een technische defect de vermoedelijke oorzaak was. Bij 6 van de 327 branden vielen slachtoffers die als gevolg van de brand naar het ziekenhuis werden overgebracht. En stichting Salvage, een stichting die eerste hulp verleent aan gedupeerden bij schade door onder andere brand, meldt in een nieuwsbericht dat in 2023 2% van circa 4.200 woningbranden, dus ongeveer 84 branden, vermoedelijk veroorzaakt is door de accu's van elektrische fietsen, scooters en bromfietsen. Dit is een verdubbeling ten opzichte van 2022. Gegeven de verwachte toename van het aantal LIB is het te verwachten dat het aantal incidenten ook toeneemt.

De problematiek rond de veiligheid van LIB die in consumentenproducten worden toegepast is complex en raakt aan vele stakeholders. Daarom heeft bureau Risicobeoordeling & onderzoek (BuRO) van de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) in januari 2023 een bijeenkomst georganiseerd met onder meer diverse ministeries, inspectiediensten en universiteiten. Doel van deze bijeenkomst was om met de aanwezigen de contouren van een gezamenlijke aanpak te verkennen.

Een kerntaak van BuRO is om de beschikbare data en informatie over (nieuwe) risico's te analyseren. Volgend op de bijeenkomst in 2023 en op basis van twee onderzoeken die BuRO heeft laten uitvoeren naar de veiligheid van gereviseerde LIB, brengt BuRO nu dit advies uit. Daarin is zo goed als mogelijk rekening gehouden met parallelle ontwikkelingen.

Zo is in Nederland in 2020 vanuit het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W) een [nationale strategische aanpak](#), de 'batterijenstrategie', geïnitieerd, om de toename van het gebruik van batterijen in de samenleving veilig, verantwoord en duurzaam te laten verlopen. Eén van de pijlers van deze strategie is veiligheid met acties gericht op het verbeteren van de kennis over veiligheid en het stimuleren van *sustainable-and-safe-by-design*. Er is ook een Werkgroep Brandveiligheid Lichte Elektrische Voertuigen (LEV) opgericht.

Er wordt ook een toename voorzien van LIB die zijn gereviseerd. Bij revisie worden batterijcellen en/of andere onderdelen vervangen zodat de LIB weer kan worden gebruikt waarvoor deze bedoeld is. De toename van gereviseerde LIB wordt aangejaagd door het streven naar circulariteit en duurzaamheid en het recht op reparatie (right to repair). Op Europees niveau zijn hiervoor regels

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum

16 juni 2025

Onze referentie

2025-010042486

opgesteld in de Europese Batterijverordening (EU) nr. 2023/1542², die vanaf juli 2023 van kracht is. Daarnaast is er de 'right to repair'-Richtlijn (EU) nr. 2024/1799³. Deze Richtlijn is in juli 2024 gepubliceerd en moet uiterlijk in juli 2026 door Nederland in Nederlandse regelgeving worden geïmplementeerd. In de Batterijverordening (EU) nr. 2023/1542 wordt niet de term revisie gebruikt, maar worden de termen 'voorbereiding voor hergebruik' en 'herfabricage' gebruikt. In de beschrijving van het wettelijk kader wordt hier nader op ingegaan. In dit rapport gebruiken we de algemenere term revisie die zowel het 'voorbereiden voor hergebruik' als 'herfabricage' kan omvatten.

Revisie is een relatief nieuwe ontwikkeling. Er is nog weinig bekend over het effect van revisie op de veiligheid van de LIB. BuRO richt zich in deze risicobeoordeling daarom op het risico van het gebruik van gereviseerde LIB in consumentenproducten voor de volksgezondheid.

In de risicobeoordeling is binnen de scope van consumentenproducten de focus gelegd op elektrische fietsen. De groei in het gebruik van LIB geldt namelijk zeker ook voor elektrische fietsen: volgens de [RAI Vereniging](#) steeg het aantal elektrische fietsen in Nederland van 1,5 miljoen in 2017 naar 4,3 miljoen in 2023. Ten opzichte van het totaal van nieuw verkochte fietsen in een jaar steeg het aandeel elektrisch van 31% in 2017 naar 56% in 2023.

Revisie van LIB gebeurt vooralsnog vooral bij elektrische fietsen. De fietsbatterijen kennen een beperkte levensduur, korter dan die van de fiets. De LIB voor een elektrische fiets is relatief groot in vergelijking met LIB voor andere consumentenproducten zoals bijvoorbeeld een laptop. Door de hoge nieuwprijs van een LIB voor een elektrische fiets is het lonend om deze te laten reviseren.

Aanpak

Om de risicobeoordeling in perspectief te zetten, volgt hierna een ketenbeschrijving van LIB en de afbakening van dit onderzoek. BuRO heeft voor de risicobeoordeling gewerkt volgens de vier stappen zoals beschreven in de [methodiek van BuRO voor fysische gevaren](#): gevareninventarisatie, gevarenkarakterisatie, blootstellingsschatting en risicokarakterisatie.

Voor de gevareninventarisatie en -karakterisatie is gezocht in wetenschappelijke literatuur met behulp van zoekmachine Scopus, zie Bijlage 2. De wet- en regelgeving die betrekking heeft op LIB is in kaart gebracht en er is gekeken naar ontwikkelingen op het gebied van LIB en op de revisie van LIB om zo inzicht te krijgen in hoeverre de veiligheid geborgd is.

Deze risicobeoordeling richt zich specifiek op de invloed van een gereviseerde LIB op het risico. Verondersteld wordt dat het karakter van het gevaar van een gereviseerde LIB hetzelfde is als van een originele LIB. Daarom is de gevarenkarakterisatie in deze risicobeoordeling in beperkte mate uitgewerkt.

Voor de blootstellingsschatting wordt gekeken naar de invloed van een gereviseerde LIB op de kans van optreden van het gevaar en naar de ontwikkeling van het aantal gereviseerde LIB. Daarom heeft BuRO een tweetal onderzoeken uit laten voeren. Het eerste onderzoek, uitgevoerd door DNV, is gericht op de opbouw

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

² Verordening (EU) 2023/1542 van het Europees Parlement en de Raad van 12 juli 2023 inzake batterijen en afgedankte batterijen, tot wijziging van Richtlijn 2008/98/EG en Verordening (EU) 2019/1020 en tot intrekking van Richtlijn 2006/66/EG. PB L 191 van 28.7.2023, p. 1–117

³ Richtlijn (EU) 2024/1799 van het Europees Parlement en de Raad van 13 juni 2024 betreffende gemeenschappelijke regels ter bevordering van de reparatie van goederen en tot wijziging van Verordening (EU) 2017/2394 en de Richtlijnen (EU) 2019/771 en (EU) 2020/1828. PB L, 2024/1799, 10.7.2024

en beveiligingssystemen van nieuwe en gereviseerde LIB, bedoeld voor elektrische fietsen (DNV, 2023).

Het tweede onderzoek, uitgevoerd door Royal HaskoningDHV (Royal HaskoningDHV, 2022), geeft inzicht in de markt van revisie van LIB voor fietsen en in de daaraan verbonden veiligheidsrisico's voor particuliere consumenten.

In de risicokarakterisatie worden de effecten van het gevaar en de kans op blootstelling samengebracht om het risico te karakteriseren.

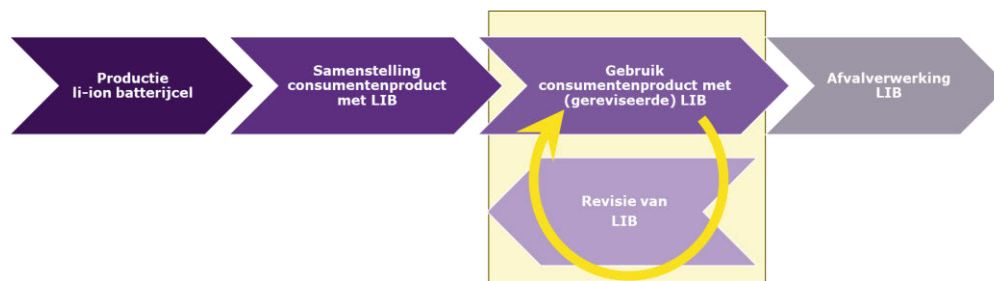
Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

Ketenbeschrijving

De keten van een LIB in een consumentenproduct begint met de productie van de individuele batterijcellen en eindigt uiteindelijk met de afvalverwerking, zoals weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Weergave van de keten van een LIB in een consumentenproduct

Een LIB-cel bevat meerdere grondstoffen zoals lithium en grafiet. Deze grondstoffen worden voornamelijk buiten Europa gewonnen. Al wordt onderzocht, met steun van de [Europese Investeringsbank](#), of lithium in de toekomst met innovatieve technieken ook in Europa gewonnen zou kunnen worden. De productie van de individuele batterijcellen en batterijpakketten vindt al wel in Europa plaats en ook daar speelt de [Europese Commissie](#) en de [Europese Investeringsbank](#) een aanjagende rol. In Nederland zijn nu naar [schatting](#) enkele honderden bedrijven actief in het maken van onderdelen of in het samenvoegen van batterijcellen tot batterijpakketten. De integratie van een batterijpakket in een consumentenproduct, zoals bijvoorbeeld een LIB in een elektrische fiets, gebeurt ook in Nederland. Wanneer een batterij(pakket) niet meer goed functioneert, belandt deze bij het afval. Of, en daar is groeiende aandacht voor, er wordt gekeken of deze kan worden gereviseerd.

Batterijen, ook andere dan LIB, zijn in de batterijverordening (EU) nr. 2023/1542 verdeeld over vijf categorieën die op basis van gewicht en/of toepassing zijn gedefinieerd. Een categorie is die voor draagbare batterijen. Hierin vallen batterijen die lichter zijn dan 5 kg en worden toegepast in een veelheid aan consumentenproducten. Denk aan horloges (smartwatches), elektrische tandenborstels, gehoorapparaten, koptelefoons, telefoons, drones, lampjes, gereedschap en power banks. LIB voor elektrische fietsen vallen in de categorie batterijen voor lichte vervoermiddelen. Voor deze categorie is een bovengrens aan het gewicht gesteld van 25 kg. Daarnaast is er een categorie batterijen voor elektrische voertuigen (EV), een categorie startbatterijen (loodaccu's) en een categorie industriële batterijen waaronder ook de stationaire energie-opslagsystemen (EOS) zoals thuisbatterijen vallen.

Factoren die van invloed zijn op het veiligheidsrisico voor de consument kunnen in verschillende ketenschakels worden geïntroduceerd. Allereerst bij de productie van een enkele LIB-cel en de configuratie van de LIB bestaande uit een aantal LIB-cellen en een BMS. En als vervolgens een LIB geïntegreerd wordt in een consumentenproduct, zoals een elektrische fiets, zijn de manier waarop het

product is samengesteld of gebruikt wordt factoren die van invloed kunnen zijn op het risico.

Afbakening

Dit advies richt zich op de gereviseerde LIB die gebruikt wordt in een consumentenproduct zoals weergegeven in Figuur 1. De fabricage van een LIB op zich, de samenstelling van een consumentenproduct met LIB, en de afvalwerking van een LIB vallen daarmee buiten de scope van dit onderzoek.

Zoals in de inleiding is aangegeven, is in de risicobeoordeling de focus gelegd op elektrische fietsen. Er is daarbij niet gekeken naar specifieke doelgroepen.

Gevareninventarisatie

Een LIB bestaat uit meerdere lithium-ion batterijcellen en een batterijbeheerssysteem (Battery Management System, BMS). In een lithium-ion batterijcel kunnen verschillende materialen gebruikt worden, afhankelijk van gewenste opslagdichtheid, stabiliteit, of oplaadsnelheid (Vos et al., 2024). Een enkele batterijcel kan veilig worden gebruikt zolang de spanning (voltage) en temperatuur van de cel binnen veilige grenzen blijven. Het werkgebied binnen de veilige grenzen wordt de 'Safe Operating Area' (SOA) genoemd (Kamboj et al., 2024) zoals weergegeven in Figuur 2. Het BMS moet bewaken dat de spanning en temperatuur van de cellen binnen de SOA blijven.

Het gevaar van een LIB is dat de spanning of temperatuur van een cel buiten de SOA komt (Sarkar et al., 2024). Een LIB-cel is niet inherent veilig: wanneer de cel buiten de SOA komt, keert deze niet terug in de veilige toestand maar ontstaat er een zichzelf versterkend proces. Dat proces wordt een *thermal runaway* genoemd, zie Figuur 2.

Het buiten de SOA komen kan worden veroorzaakt door overbelasting van de batterijcel. Er kunnen drie soorten van overbelasting worden onderscheiden: mechanische, elektrische en thermische overbelasting (Sarkar et al., 2024).

Bij *mechanische overbelasting* gaat het om het vervormen (buigen, knikken, samendrukken) of doorboren van de batterijcel. Ook kan de batterijcel worden overbelast door botsen, vallen, of trillen. *Elektrische overbelasting* van een batterijcel vindt plaats door overladen of te ver ontladen. *Thermische overbelasting* wordt veroorzaakt door een te hoge of te lage temperatuur van de batterij.

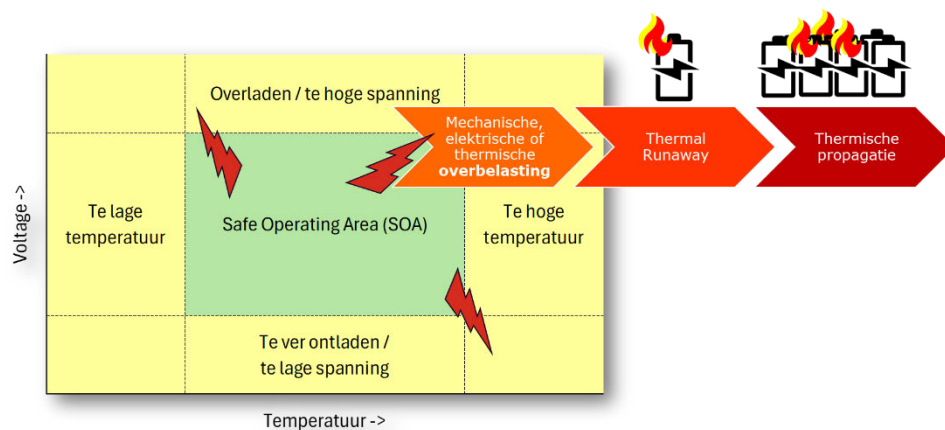
Gevarenkarakterisatie

Zoals onder andere beschreven door Chen en collega's (Chen et al., 2021) is thermal runaway een proces van ongewenste chemische reacties waarbij warmte vrijkomt (exotherm). Door die warmte worden de ongewenste chemische reacties weer gevoed. Daarbij komen ook giftige gassen vrij waardoor de LIB opzwellt en op een gegeven moment kan openbarsten of ontploffen (Huang et al., 2025). Bij het vrijkomen van de gassen, kunnen de gassen ontbranden. Door de hitte die daarbij vrijkomt kunnen nabij gelegen batterijcellen ook in thermal runaway raken. Dat wordt thermische propagatie door het batterijpakket genoemd, zie Figuur 2.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486



Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

Figuur 2: Weergave van het veilige werkgebied (Safe Operating Area) van een LIB wat betreft spanning (voltage) en temperatuur en van het gevaar van thermal runaway

Als in een LIB een thermal runaway optreedt, kunnen er een aantal effecten optreden:

- Er kan brand ontstaan,
- Het gasmengsel kan een explosie veroorzaken, en/of
- Er komen giftige gassen vrij.

Het verloop van een LIB-brand is in beeld gebracht door het [Nederlands Instituut voor Publieke Veiligheid \(NIPV\)](#). Kenmerken van een LIB-brand zijn dat er een fakkel kan ontstaan, dat er wegschietende onderdelen kunnen zijn, dat er sterke warmtestraling kan zijn en dat de brand relatief lang kan aanhouden. De brand die ontstaat kan direct letsel aanrichten bij personen in de buurt van de brandende LIB of ook een woningbrand veroorzaken of versterken. De effecten van een thermal runaway zijn vergelijkbaar voor lithium-ion batterijcellen van verschillende samenstelling. Omdat de thermische propagatie bijna niet te stoppen is, is het bestrijden van een LIB-brand moeilijk (Vos et al., 2024).

Het gasmengsel dat vrijkomt, bestaat uit het oplosmiddel in de elektrolyt dat verdampt, verbrandingsgassen koolstofdioxide en koolstofmonoxide, en giftige gassen waaronder waterstoffluoride gevormd uit het lithiumzout in de elektrolyt (Huang et al., 2025). In het gasmengsel kunnen ook roetdeeltjes van de metalen in de LIB-cel voorkomen.

Dit advies richt zich specifiek op de invloed van een gereviseerde LIB op het risico. Verondersteld wordt dat het karakter van het gevaar van een gereviseerde LIB hetzelfde is als van een originele LIB, ofwel dat een thermal runaway van een gereviseerde LIB dezelfde gevolgen kan hebben als een originele LIB. Daarom is de gevarenkarakterisatie hier niet in meer detail uitgewerkt. In Bijlage 1 worden de toxiciteit en hoeveelheden van gassen die vrijkomen bij een brandende LIB besproken. Voor de blootstellingsschatting wordt gekeken naar de invloed van een gereviseerde LIB op de kans van blootstelling aan het gevaar (de thermal runaway en de effecten daarvan) en naar de ontwikkeling van het aantal gereviseerde LIB.

Wettelijk kader

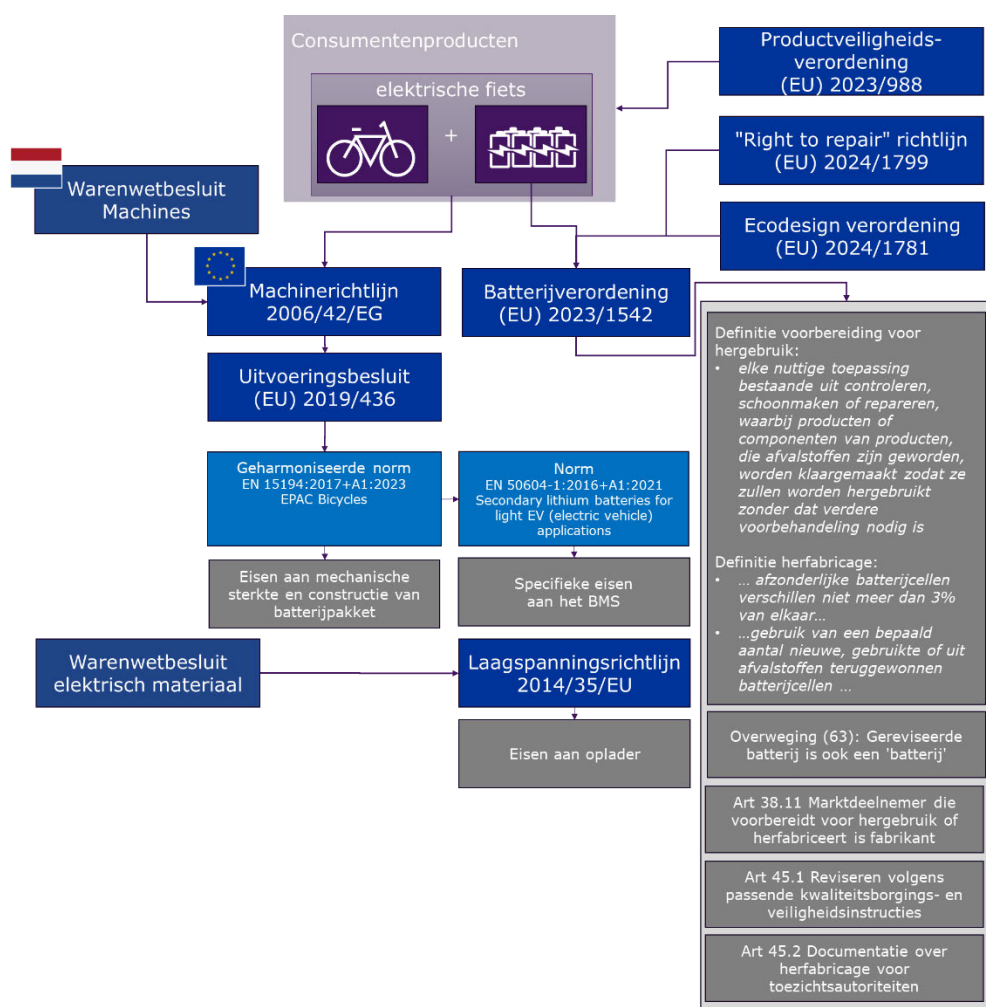
Consumentenproducten vallen in algemene zin onder de Productveiligheidsverordening (EU) 2023/988 (vaak ook aan gerefereerd als de 'GPSR': [General Product Safety Regulation](#)) die sinds december 2024 van kracht

is. Hierin worden geen specifieke eisen gesteld aan consumentenproducten met een LIB. De NVWA is de toezichthouder op deze verordening.

Voor sommige typen consumentenproducten is er specifieke regelgeving. Zo vallen elektrische fietsen onder de Machinerichtlijn 2006/42/EG. In Nederland is deze richtlijn geïmplementeerd in het Warenwetbesluit machines⁴. Het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS) is hiervoor verantwoordelijk.

Voor alle type batterijen, dus ook voor LIB gebruikt in consumentenproducten geldt sinds 2023 de Batterijverordening (EU) nr. 2023/1542.

De samenhang van de meest relevante wet- en regelgeving en normen is beknopt en schematisch weergegeven in Figuur 3. Deze worden hieronder toegelicht. Er is onderscheid in wet- en regelgeving die van toepassing is op het consumentenproduct met LIB, zoals een elektrische fiets, en wet- en regelgeving die van toepassing is op de LIB zelf.



Figuur 3: Weergave van de samenhang van relevante wet- en regelgeving (niet volledig)

⁴ Warenwetbesluit machines, Stb. 1992, 379

Machinerichtlijn en warenwetbesluit machines

Deze regelgeving schrijft voor dat de partij die een product, zoals een elektrische fiets, op de markt brengt een risicobeoordeling uit moet voeren en een technisch dossier moet aanleggen waaruit blijkt dat het product veilig is. De fabrikant moet nagaan welke gevaarlijke situaties door de fiets kunnen worden veroorzaakt en welke gevaarlijke situaties daaraan verbonden zijn. Hij moet de risico's inschatten met inachtneming van de ernst van het mogelijke letsel of de aantasting van de gezondheid en de waarschijnlijkheid dat dit zich voordoet. En hij moet vervolgens bepalen of risicoreductie vereist is gegeven de doelstelling van de Machinerichtlijn en zo nodig maatregelen nemen om het gevaar weg te nemen of het risico te verminderen. Hierbij moet rekening worden gehouden met 'redelijkerwijs te verwachten gebruik'. Ook moet het product een CE-markering hebben. Een CE-markering geeft aan dat een product volgens de fabrikant aan alle EU-eisen voldoet qua veiligheid, gezondheid en milieubescherming. De NVWA houdt [toezicht](#) op het Warenwetbesluit machines.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

Laagspanningsrichtlijn en warenwetbesluit elektrisch materiaal

Voor acculaders van elektrische fietsen staan de regels in de Laagspanningsrichtlijn (2014/35/EU)⁵. In Nederland is deze richtlijn opgenomen in het Warenwetbesluit elektrisch materiaal⁶. Ook hier houdt de NVWA toezicht op.

Uitvoeringsbesluit bij de machinerichtlijn en normen

In het Uitvoeringsbesluit (EU) 2019/436⁷ bij de Machinerichtlijn werd voor elektrische fietsen de geharmoniseerde norm EN 15194:2017⁸ aangewezen. Een geharmoniseerde norm definieert technische specificaties die als geschikt of voldoende worden beschouwd om aan de technische voorschriften van de EU-wetgeving te voldoen. In EN 15194 worden eisen gesteld aan de mechanische sterkte en constructie van de elektrische componenten van de fiets, inclusief het batterijpakket.

Deze norm is gewijzigd in EN 15194:2017+A1:2023. De Europese Commissie (EC) heeft deze gewijzigde norm geharmoniseerd onder de Machinerichtlijn in mei 2024. De wijziging is tot stand gekomen (mede) naar aanleiding van een formele tegenwerping van Nederland tegen de eisen aan de LIB in de oorspronkelijke norm EN 15194:2017. Er werden twee normen genoemd waarmee de veiligheid van de LIB kon worden aangetoond: EN 62133-2⁹ en EN 50604-1. In de gewijzigde norm wordt alleen nog verwezen naar EN 50604-1:2016 en amendement EN 50604-1:2016/A1:2021¹⁰. Er is een overgangsperiode ingesteld die duurt tot 23 augustus 2025, waarna de oude norm EN 62133 niet meer geldt als een geaccepteerde standaard.

⁵ Richtlijn 2014/35/EU van het Europees Parlement en de Raad van 26 februari 2014 betreffende de harmonisatie van de wetgevingen van de lidstaten inzake het op de markt aanbieden van elektrisch materiaal bestemd voor gebruik binnen bepaalde spanningsgrenzen. PB L 96 van 29.3.2014, p. 357–374

⁶ [Warenwetbesluit elektrisch materiaal](#), Stb. 2016, 244

⁷ Uitvoeringsbesluit (EU) 2019/436 van de Commissie van 18 maart 2019 inzake de ter ondersteuning van Richtlijn 2006/42/EG van het Europees Parlement en de Raad opgestelde geharmoniseerde normen voor machines, PB L 75 van 19.3.2019, p. 108–119.

⁸ EN 15194:2017 Cycles - Electrically power assisted cycles – EPAC Bicycles

⁹ EN 62133-2 Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications – Part 2: Lithium systems

¹⁰ EN 50604-1 Secondary lithium batteries for light EV (electric vehicle) applications – Part 1: General safety requirements and test methods

Daarbij dient te worden opgemerkt dat het gebruik van de norm geen wettelijke eis is; de veiligheid van de LIB mag ook op een andere manier worden aangetoond.

EN 50604-1 stelt eisen aan (onderdelen van) het batterijpakket, waaronder specifieke eisen aan het BMS. In de scope van EN 50604-1 wordt opgemerkt dat deze standaard niet bedoeld is voor de evaluatie van de veiligheid van reparatie en onderhoudsdiensten aan batterijpakketten. Het is niet duidelijk of hiermee ook revisie wordt bedoeld.

Batterijverordening

Sinds 2023 is de Batterijverordening (EU) nr. 2023/1542 van kracht. Deze heeft tot doel de milieu- en sociale gevolgen van batterijen over de gehele levenscyclus te verminderen en stelt vooral eisen aan de duurzaamheid van batterijen. De Batterijverordening (EU) nr. 2023/1542 geldt voor alle batterijen, dus ook de LIB die gebruikt worden in elektrische fietsen.

Revisie in de batterijverordening

In de Batterijverordening (EU) nr. 2023/1542 wordt de term 'revisie' niet gebruikt. Termen die wel worden gebruikt en die samenhangen met revisie zijn: 'voorbereiding voor hergebruik' en 'herfabricage'.

Voor de definitie van 'voorbereiding voor hergebruik' wordt verwezen naar Richtlijn 2008/98¹¹. De definitie luidt: *"elke nuttige toepassing bestaande uit controleren, schoonmaken of repareren, waarbij producten of componenten van producten, die afvalstoffen zijn geworden, worden klaargemaakt zodat ze zullen worden hergebruikt zonder dat verdere voorbehandeling nodig is"*.

Herfabricage wordt gezien als een specifieke vorm van voorbereiding voor hergebruik. In overweging (17) staat: *"In het geval van gebruikte batterijen heeft de herfabricage tot doel de oorspronkelijke prestaties van een batterij te herstellen. In die zin kan herfabricage worden gezien als een extreem geval van hergebruik, waarbij de cellen en modules van de batterij worden gedemonteerd en beoordeeld, en een bepaalde hoeveelheid van die cellen en modules wordt vervangen. Om herfabricage te onderscheiden van louter hergebruik, moet het herstellen van de batterijcapaciteit tot ten minste 90 % van de oorspronkelijke nominale batterijcapaciteit worden beschouwd als herfabricage, en vergt dat een specifieke regeling."* Wat hier wordt bedoeld met een specifieke regeling is niet duidelijk.

Herfabricage is vervolgens gedefinieerd als *"een technische handeling die wordt uitgevoerd op een gebruikte batterij, waaronder de demontage en beoordeling van alle batterijcellen en -modules ervan, en het gebruik van een bepaald aantal nieuwe, gebruikte of uit afvalstoffen teruggewonnen batterijcellen en -modules, of andere batterijonderdelen, om de batterijcapaciteit te herstellen tot ten minste 90% van de oorspronkelijke nominale batterijcapaciteit, en waarbij de conditie van alle afzonderlijke batterijcellen onderling niet meer dan 3% verschilt, en die ertoe leidt dat de batterij wordt gebruikt voor hetzelfde doel of dezelfde toepassing als die waarvoor de batterij oorspronkelijk is ontworpen."*

Marktdeelnemer die batterijen reviseert is fabrikant; zelfde eisen voor een gereviseerde batterij als nieuwe batterij

Een marktdeelnemer die een batterij voorbereidt voor hergebruik of herfabriceert en in de handel brengt, wordt in Batterijverordening als fabrikant beschouwd. Dat staat in artikel 38.11 van de Batterijverordening (EU) nr. 2023/1542.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

¹¹ Richtlijn 2008/98/EG van het Europees Parlement en de Raad van 19 november 2008 betreffende afvalstoffen en tot intrekking van een aantal richtlijnen (Voor de EER relevante tekst). PB L 312 van 22.11.2008, p. 3–30

Volgens overweging (63) moeten voor de toepassing van de batterijverordening onder 'batterijen' ook batterijen worden begrepen die zijn voorbereid voor hergebruik of zijn geherfabriceerd.

Aanvullend wordt in artikel 45.1 gesteld dat het onderzoek en het testen van de prestaties van een (te reviseren/gereviseerde) batterij volgens passende kwaliteitsborgings- en veiligheidsinstructies dienen te verlopen.

In artikel 45.2 wordt verder gesteld dat een marktdeelnemer die een batterij voorbereidt voor hergebruik of herfabriceert en in de handel brengt, ervoor zorgt dat de batterij voldoet aan de eisen van de batterijverordening en aan alle toepasselijke beschermingseisen met betrekking tot het product, het milieu en de menselijke gezondheid en aan de veiligheidseisen inzake het vervoer ervan zoals vastgelegd in ander Unierecht. En specifiek voor de marktdeelnemer die herfabriceert staat er dat hij de nodige documentatie aan de markttoezichtautoriteiten moet kunnen overleggen om aan te tonen dat de herfabricage in overeenstemming is met de verordening.

Dit impliceert dat een marktdeelnemer die batterijen reviseert en in de handel brengt, aan dezelfde eisen in de verordening moet voldoen als een marktdeelnemer die nieuwe batterijen in de handel brengt. Met de verwijzing naar ander Unierecht moet ook voldaan worden aan de eisen voor batterijen in andere Europese wetgeving. De marktdeelnemer die reviseert moet dus ook een conformiteitsverklaring en een technisch dossier opstellen, en een CE-markering toepassen.

Geen expliciete eisen aan de veiligheid van (gereviseerde) LIB voor LEV

De Batterijverordening (EU) nr. 2023/1542 bevat geen expliciete tekst over de veiligheid van batterijen van LEV.

In Overweging (20) staat wel dat voor EV waarvoor een typegoedkeuring verplicht is, een batterij die gerepareerd is aan de toepasselijke veiligheidsvoorschriften moet blijven voldoen. Voor LEV, zoals een elektrische fiets waarvoor geen typegoedkeuring is vereist, is dit niet benoemd. Wel is in Overweging (40) vermeld dat *"voor gerepareerde batterijen voor lichte vervoermiddelen zal de Commissie, voortbouwend op de ervaringen met veiligheidsvoorschriften op nationaal en lokaal niveau, voorschriften voor de veiligheid van middelen voor micromobiliteit opstellen, zoals aangekondigd in de mededeling van de Commissie van 14 december 2021 over 'Het nieuwe EU-kader voor stedelijke mobiliteit'."*

De status van deze voorschriften is niet bekend. En de definitie van 'reparatie' (*"een of meer handelingen waarbij een gebrekkig product of afval wordt teruggebracht in een staat waarin het geschikt is voor het beoogde gebruik ervan"*), waarvoor verwezen wordt naar de Ecodesign Verordening (EU) 2024/1781¹², verschilt van de definities voor 'voorbereiding voor hergebruik' en 'herfabricage'. Het is daarmee de vraag of de nog op te stellen voorschriften ook van toepassing gaan zijn op gereviseerde batterijen.

In Bijlage V van de Batterijverordening (EU) nr. 2023/1542 zijn veiligheidsparameters opgenomen, zoals een beveiliging tegen overladen en overontladen. Alleen voor stationaire batterijsystemen voor energieopslag, zoals een thuisbatterij, schrijft de Batterijverordening voor dat op deze

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

¹² Verordening (EU) 2024/1781 van het Europees Parlement en de Raad van 13 juni 2024 betreffende de totstandbrenging van een kader voor het vaststellen van vereisten inzake ecologisch ontwerp voor duurzame producten, tot wijziging van Richtlijn (EU) 2020/1828 en Verordening (EU) 2023/1542, en tot intrekking van Richtlijn 2009/125/EG. PB L, 2024/1781 28.06.2024

veiligheidsparameters getest wordt. Voor (gereviseerde) LIB in LEV is dit niet het geval.

De Europese Commissie heeft in 2021 een verzoek¹³ gedaan bij de Europese standaardisatie-organisaties CEN en Cenelec tot het opstellen van standaarden voor de veiligheid, duurzaamheid ('sustainability') en prestaties van batterijen. Dit verzoek is na de invoering van de Batterijverordening nog geamendeerd¹⁴ waarbij er ook verzocht wordt een standaard op te nemen voor het reviseren van bepaalde categorieën van batterijen. De deadline voor deze standaard is gesteld op juni 2027. Volgens de [website](#) van CEN en Cenelec is een dergelijke standaard¹⁵ gericht op duurzaamheid ('durability') en prestaties in ontwikkeling. Dat de standaard zich ook zal richten op veiligheid wordt daarbij niet genoemd.

'Right to repair'-richtlijn en Ecodesign verordening

Naast de Batterijverordening zijn er nog de algemenere 'right to repair'-Richtlijn (EU) nr. 2024/1799 en de Ecodesign verordening (EU) nr. 2024/1781.

Richtlijn (EU) nr. 2024/1799 is in juli 2024 gepubliceerd en moet uiterlijk in juli 2026 door Nederland in Nederlandse regelgeving worden geïmplementeerd. In Overweging (1) van deze Richtlijn is als doel gesteld om duurzamere consumptie te bevorderen. Voor elektrische fietsen en batterijen betekent dit dat deze repareerbaar moeten zijn. Voor repareerbaarheidsvereisten verwijst deze Richtlijn naar de Batterijverordening (EU) nr. 2023/1542.

De Ecodesign verordening (EU) nr. 2024/1781 verwijst naar de Batterijverordening in relatie tot het digitale paspoort dat producten als een batterijpakket moeten hebben, waarin de consument relevante informatie over het product krijgen.

Bevindingen met betrekking tot het wettelijk kader

De belangrijkste bevindingen met betrekking tot het wettelijk kader zijn:

- Vanuit het Uitvoeringsbesluit (EU) 2019/436 bij de Machinerichtlijn is er een geharmoniseerde norm voor elektrische fietsen die refereert aan een norm voor het batterijpakket: de EN 50604-1:2016 en amendement EN 50604-1:2016/A1:2021.
- In de Batterijverordening (EU) nr. 2023/1542 worden verschillende termen gehanteerd die relateren aan revisie: 'voorbereiding voor hergebruik' en 'herfabricage', en daarnaast nog 'reparatie'. De definitie voor herfabricage is heel specifiek: de batterijcapaciteit moet worden hersteld tot ten minste 90% van de oorspronkelijke nominale batterijcapaciteit, en de conditie van alle afzonderlijke batterijcellen verschilt onderling niet meer dan 3%.
- In de Batterijverordening (EU) nr. 2023/1542 wordt een marktdeelnemer die batterijen voorbereidt voor hergebruik of herfabriceert als fabrikant aangemerkt. En een batterij die is voorbereid voor hergebruik of is geherfabriceerd wordt gelijk gesteld aan een nieuw gefabriceerde batterij voor

¹³ C(2021) 8614 COMMISSION IMPLEMENTING DECISION of 7.12.2021 on a standardisation request to the European standardisation organisations as regards performance, safety and sustainability requirements for batteries

¹⁴ C(2024) 8343 COMMISSION IMPLEMENTING DECISION of 29.11.2024 amending Implementing Decision C(2021) 8614 as regards harmonised standards in support of Regulation (EU) 2023/1542 of the European Parliament and of the Council and European standards, the deadlines for the adoption of those standards and the duration of the validity of the standardisation request

¹⁵ prEN 50762 Secondary lithium-ion batteries for light means of transport — Part 1: Test specifications for performance and durability aspects

wat betreft de toepassing van de verordening. Deze marktdeelnemer moet ook voldoen aan ander gerelateerd Unierecht. De marktdeelnemer die reviseert moet daarom ook een conformiteitsverklaring en een technisch dossier opstellen, en een CE-markering toepassen.

- De Batterijverordening (EU) nr. 2023/1542 stelt geen expliciete eisen aan de veiligheid van (gereviseerde) LIB voor LEV.
- CEN en Cenelec ontwikkelen op verzoek van de Europese Commissie een standaard voor LIB voor LEV, met ook aandacht voor revisie, gericht op de prestaties en duurzaamheid van de LIB maar niet expliciet gericht op veiligheid.

Door de verschillende termen en definities in de Batterijverordening die een relatie hebben met revisie en het niet expliciet opnemen van veiligheidseisen voor (gereviseerde) LIB voor LEV, kan er onduidelijkheid bestaan bij marktdeelnemers die LIB voor elektrische fietsen willen reviseren over aan welke eisen zij moeten voldoen, of hoe zij hier aan kunnen voldoen. Uit het door DNV uitgevoerde onderzoek blijkt dat LIB die als gereviseerd werden aangeboden een capaciteit van meer of minder dan 90% kunnen hebben. Die zouden dus wel of niet binnen de definitie van herfabricage vallen. Daarbij moet wel worden opgemerkt dat het DNV onderzoek in 2022 is uitgevoerd en de Batterijverordening in 2023 is gepubliceerd.

Blootstellingsschatting

Om te komen tot een inschatting van de blootstelling aan het gevaar van een gereviseerde LIB in een elektrische fiets, zijn 4 aspecten van belang:

- Het aantal elektrische fietsen met een LIB
- Het aantal incidenten met LIB in elektrische fietsen
- Het aantal gereviseerde LIB in elektrische fietsen
- De kans op gevaar (een thermal runaway) bij een gereviseerde LIB ten opzichte van een originele LIB

Deze 4 aspecten worden hieronder toegelicht.

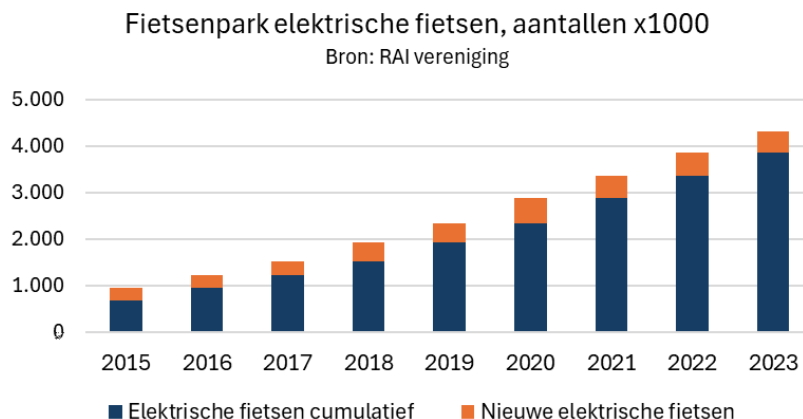
Het aantal elektrische fietsen met een LIB

Volgens de [RAI Vereniging](#) steeg het aantal elektrische fietsen in Nederland van 1,5 miljoen in 2017 naar 4,3 miljoen in 2023. Het [CBS](#) vermeldt dat er in Nederland begin 2024 8,4 miljoen huishoudens zijn. Ofwel, in ongeveer de helft van de huishoudens is een elektrische fiets met LIB aanwezig. In de periode 2015 tot en met 2023 varieert het aantal nieuw verkochte elektrische fietsen in Nederland tussen de ongeveer 250.000 en 500.000 duizend per jaar ([RAI Vereniging](#)), zoals weergegeven in figuur 4.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486



Figuur 4: Geschatte aantallen (nieuw verkochte) elektrische fietsen; Bron: RAI vereniging

Het aantal incidenten met LIB in elektrische fietsen

Er bestaat geen volledig overzicht van aantallen incidenten met LIB in elektrische fietsen, of in algemenere zin consumentenproducten met LIB.

Het NIPV heeft op basis van mediaberichten een analyse gemaakt van branden met LEV, waaronder elektrische fietsen, in de periode 2020 – 2022 (NIPV, 2023). Er zijn 327 branden geteld waarbij in totaal 696 LEV's betrokken waren, waarvan 114 elektrische fietsen. Meer dan driekwart van de betrokken LEV's betrof een scooter. In ongeveer 1/3 van de branden was de vermoedelijke brandoorzaak brandstichting. Dit gebeurt met name bij (deel)scooters. Ook in ongeveer 1/3 van de branden was de LIB van de LEV de vermoedelijke oorzaak. Bij 6 van de 327 branden vielen slachtoffers, in totaal 10, die als gevolg van de brand naar het ziekenhuis werden overgebracht. Informatie over de staat van de LIB ten tijde van deze incidenten, bijvoorbeeld of deze gereviseerd is, is niet bekend.

Stichting Salvage, een stichting die eerste hulp verleent aan gedupeerden bij schade door onder andere brand, meldt in een [nieuwsbericht](#) dat in 2023 2% van circa 4.200 woningbranden, dus ongeveer 84 branden, vermoedelijk veroorzaakt is door de accu's van elektrische fietsen, scooters en bromfietsen. Dit is een verdubbeling ten opzichte van 2022. In totaal vormen batterijen in bijna 5% van de gevallen de vermoedelijke oorzaak (3% in 2022). Naast batterijen voor elektrische vervoermiddelen gaat het dan bijvoorbeeld om batterijen voor gereedschap, speelgoed, laptop, tablet en mobiele telefoon.

Ook in 2024 zijn er meerdere berichten in de media over incidenten met LIB in elektrische fietsen, zoals in mei in [Oegstgeest](#) waarbij zes gewonden vielen die de rook hadden ingeademd. Een soortgelijk incident deed zich in juli voor in [Malmö](#), Zweden, waarbij 7 mensen vanwege de ingeademde rook naar het ziekenhuis moesten. Een incident waarbij een dodelijk slachtoffer viel, gebeurde in augustus 2024 in het [Verenigd Koninkrijk](#). De batterij van een e-scooter was de vermoedelijke oorzaak.

Het aantal gereviseerde LIB in elektrische fietsen

De levensduur van een LIB voor een elektrische fiets is ongeveer 5 tot 8 jaar. De LIB kan dan als afval worden afgevoerd of worden gereviseerd. In bijvoorbeeld 2023 zijn dus LIB die gemaakt zijn in 2015 t/m 2018 aan vervanging toe. Dat betekent dat het aantal LIB voor elektrische fietsen dat in Nederland in 2023 aan vervanging toe is, in dezelfde ordegrootte is als de 250.000 tot 500.000 nieuw verkochte elektrische fietsen.

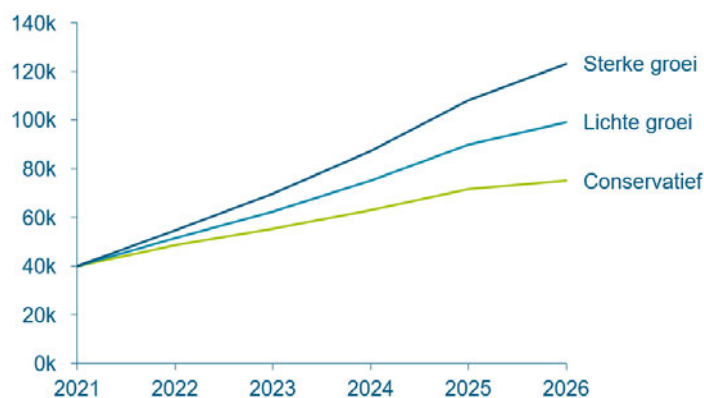
In 2021 werden tussen de 34 duizend en 40 duizend LIB voor elektrische fietsen gereviseerd en verhandeld in Nederland. Royal HaskoningDHV (RHDHV) maakt

deze schatting in een in opdracht van BuRO uitgevoerd onderzoek (Royal HaskoningDHV, 2022). In het onderzoek stelt RHDHV de prognose dat, als de markt voor revisie blijft meegroeien met het aantal verkochte elektrische fietsen, het denkbaar is dat het aantal gereviseerde LIB over enkele jaren de honderdduizend per jaar overstijgt. In geval van sterke groei kan een aantal van 120.000 in 2026 worden verwacht, zoals weergegeven in onderstaande figuur 5 uit het rapport van RHDHV.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486



Figuur 5: Prognose groeiemarkt voor revisie van batterijpakketten voor fietsen; Bron: RHDHV, 2022

De kans op ontstaan van een thermal runaway bij een gereviseerde LIB ten opzichte van een originele LIB

Om een inschatting te kunnen maken van de kans op het ontstaan van een thermal runaway bij een gereviseerde LIB vergeleken met een originele LIB, heeft DNV in opdracht van BuRO 17 LIB voor elektrische fietsen onderzocht (DNV, 2023). Van de 17 LIB waren er 12 gereviseerd. De 5 originele LIB dienden als vergelijkingsmateriaal. DNV maakt in haar onderzoek nog onderscheid tussen revisie en refurbishment. Met 'gereviseerd' wordt bedoeld dat de LIB door een klant wordt aangeboden voor revisie. Bij 'refurbishment' verzamelt een bedrijf batterijen, reviseert deze, en verkoopt deze aan willekeurige klanten. Voor dit onderzoek naar de veiligheid is dat onderscheid niet relevant.

DNV constateert:

- Bij revisie van een LIB kan voor een hogere capaciteit dan de capaciteit van het origineel worden gekozen. Dat betekent dat een groter aantal batterijcellen in het pakket wordt geplaatst. Hierdoor worden de interne structuur en configuratie onvoorspelbaar. Er kan bijvoorbeeld schokabsorptiemateriaal zijn verwijderd.
- Soms moet het BMS bij revisie worden vervangen. Maar het maken van de keuze voor een bepaald BMS is niet gestandaardiseerd. DNV trof ook een niet CE-gecertificeerd BMS aan.
- De locatie van de temperatuursensor kan veranderd zijn, waardoor de temperatuur die het BMS meet, niet de daadwerkelijke temperatuur van een LIB-cel is.
- De gereviseerde LIB kan zodanig afwijken van het origineel dat de gegevens op de behuizing niet meer overeenkomen met het binnenwerk.

DNV concludeert op basis van de onderzochte LIB dat de originele LIB beter gestructureerd en robuuster zijn uitgevoerd dan de gereviseerde. Eén gereviseerde LIB bleek een vergelijkbare kwaliteit te hebben als het origineel. De veranderingen in de gereviseerde LIB kunnen er voor zorgen dat elektrische, mechanische of thermische overbelasting eerder of makkelijk ontstaat, of niet of te laat wordt opgemerkt door het BMS. Daarbij constateert DNV dat de consument

onvoldoende informatie ontvangt over de kwaliteit en de wijzigingen van de LIB na revisie.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum

16 juni 2025

Onze referentie

2025-010042486

RHDHV heeft in haar onderzoek voor BuRO ook gekeken naar de markt voor revisie van LIB voor elektrische fietsen en de processen die daarin gebruikt worden. RHDHV identificeert de volgende punten bij de revisie van een LIB:

- Onjuiste of onvolledige diagnoses bij aanvang van het revisieproces, bijvoorbeeld door de LIB-cellen wel te diagnosticeren maar de software van het BMS niet;
- Onzorgvuldige en onvolledige werkzaamheden, zoals (gedeeltelijke) vervanging door LIB-cellen van lagere kwaliteit, het onvoldoende herstellen van het BMS of fouten bij het herstellen van de constructie;
- De gereviseerde LIB wordt onvoldoende getest op bijvoorbeeld het op- en ontladen van de LIB of er is geen controle op de oplader;
- Onveilig transport, waarbij een LIB wordt blootgesteld aan temperatuurschommelingen, schokken en/of vochtigheid.

RHDHV signaleert verder dat er onvoldoende kennis is over de risico's van (gereviseerde) LIB voor elektrische fietsen. Zowel bij de fietsverkopers, de revisiebedrijven als de consument.

Organisaties als RAI, BOVAG en brandweer besteden wel aandacht aan het vergroten van het bewustzijn van de consument, bijvoorbeeld op de website iklaadaccuraat.nl. Zo wordt de consument geïnformeerd over de noodzaak van onderhoud nadat de LIB is gevallen of beschadigd en over de omgeving waarin de LIB het beste kan worden opgeladen. Er is geen informatie bekend in hoeverre specifiek aandacht wordt gegeven aan gereviseerde LIB. Het is daarom niet waarschijnlijk dat een consument zich extra bewust is van eventuele kwetsbaarheden van een gereviseerde LIB in vergelijking met een originele LIB.

Op grond van de resultaten van de onderzoeken van DNV en RHDHV acht BuRO het aannemelijk en waarschijnlijk dat de kans op het ontstaan van het gevaar, een thermal runaway, groter is bij een gereviseerde LIB dan bij een originele LIB.

Samengevat is voor de 4 aspecten die aan het begin van deze sectie zijn geïntroduceerd als relevant voor de blootstelling de inschatting als volgt:

- Het aantal elektrische fietsen met een LIB neemt toe;
- Er zijn in de media en op basis van gegevens over de vermoedelijke oorzaak van woningbranden signalen dat het aantal incidenten met LIB in elektrische fietsen toeneemt;
- Het is de verwachting dat het aandeel en daarmee het aantal gereviseerde LIB in elektrische fietsen toeneemt;
- Het is aannemelijk dat de kans op een thermal runaway bij een gereviseerde LIB groter is dan bij een originele LIB.

Het is daarom te verwachten dat de blootstelling aan een thermal runaway bij een gereviseerde LIB zal toenemen.

Risicokarakterisatie

Het gebruik van LIB vormt een risico voor gebruikers en omstanders. Dit risico bestaat voor alle (nieuwe en gereviseerde) LIB. Door overbelasting van een LIB kan er een thermal runaway ontstaan met als gevolg een brand, explosie en/of giftige gassen die vrijkomen waardoor gebruikers en omstanders gewond of vergiftigd kunnen raken. In Bijlage 1 is voor de gassen waterstoffluoride en koolstofmonoxide afgeleid dat de concentraties van deze gassen bij een brand van een LIB voor een elektrische fiets in een thuissituatie een gezondheidsrisico voor de consument kunnen vormen, zelfs met dodelijke afloop tot gevolg. De geschatte

concentraties van deze gassen in een gemiddelde woonkamer overschrijden de voor deze stoffen bekende grenswaarden.

Op basis van de in opdracht van BuRO uitgevoerde onderzoeken is het aannemelijk dat de kans op een thermal runaway groter is voor gereviseerde LIB. Gereviseerde LIB lijken een grotere kans op afwijkingen of een niet goed afgestemd BMS te hebben. De complexiteit van het wettelijk kader en onduidelijkheid over of ontbreken van specifieke normen of standaarden voor gereviseerde LIB dragen hier aan bij.

Het risico van het gebruik van (gereviseerde) LIB voor de volksgezondheid is op dit moment niet te kwantificeren. Hierin speelt mee dat er onvoldoende informatie is om de kans op een thermal runaway van een (gereviseerde) LIB te kunnen inschatten. Ook is er beperkte informatie over de toxiciteit van en blootstelling aan de gassen die vrijkomen bij een thermal runaway. Daarnaast ontbreekt gedetailleerde informatie over incidenten met (gereviseerde) LIB.

De verwachting van BuRO is dat – zonder verdere maatregelen - het risico voor de volksgezondheid zal toenemen doordat de kans op incidenten met gereviseerde LIB in een elektrische fiets zal toenemen. Deze kans zal toenemen doordat het aantal elektrische fietsen blijft toenemen en ook door de verwachte toename van het aandeel gereviseerde LIB.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

Referenties

- Chen Y, Kang Y, Zhao Y, Wang L, Liu J, Li Y, Liang Z, He X, Li X, Tavajohi N & Li B, 2021. A review of lithium-ion battery safety concerns: The issues, strategies, and testing standards. Journal of Energy Chemistry, 59, 83-99. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2020.10.017>
- DNV, 2023. Comparison of E-bike batteries; E-bike battery investigation 23-0509 Rev. 1.
- Huang X-H, Chung Y-H, Guo G-S & Shu C-M, 2025. Investigating the thermal stability and explosion characteristics of electrolytes composed of different ratios of carbonate organic solvents. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 94, 105509. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2024.105509>
- Kamboj RK, Singh M & Singh A, 2024. Estimation of Safe Operating Area for EV Battery.
- NIPV, 2023. Analyse mediaberichten van branden met Light Electric Vehicles 2020-2022 Nederlands Instituut Publieke Veiligheid.
- Royal HaskoningDHV, 2022. Onderzoek naar consumentenrisico's in het proces van revisie en refurbishment van batterijpakketten voor fietsen. BI4575-RHDHV-RP-0001-RP-0001.
- Sarkar S, Swamy D, Amin MT, El-Halwagi M & Khan F, 2024. Safer operating areas (SOA) of cylindrical lithium-ion battery – A probabilistic approach. Process Safety and Environmental Protection, 190, 708-725. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2024.08.056>
- Vos J, Brans H & Reinders J, 2024. Literatuuronderzoek naar de brandeffecten van Lithium-ion batterijbranden. NIPV.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

Afkortingen

Afkorting	Omschrijving
BMS	Battery Management System
BuRO	Bureau Risicobeoordeling & onderzoek
CAS	Chemical Abstract
CBS	Centraal Bureau voor de Statistiek
CLP	Classification, Labelling and Packaging
CO	Koolstofmonoxide
DNEL	Derived No Effect Level
EC	Europese Commissie
ECHA	European Chemicals Agency
EFSA	European Food Safety Authority
EV	Electric Vehicle / Elektrisch voertuig
H₃PO₄	Fosforzuur
HF	Waterstoffluoride
I&W	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
ILT	Inspectie Leefomgeving en Transport
LEV	Light Electric Vehicle / Licht elektrisch voertuig
Li₂O	Dilithiumoxide
LIB	Lithium-ion batterij
LiF	Lithiumfluoride
LiOH	Lithiumhydroxide
LiPF₆	lithiumhexafluorofosfaat
NIPV	Nederlands Instituut voor Publieke Veiligheid
NTA	Nederlandse Technische Afspraak
NVIC	Nederlands Vergiftigen en Informatie Centrum
NVWA	Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PF₅	Fosforpentafluoride
POF₃	Fosforylfluoride
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
SCOEL	Scientific Expert Group on Occupational Exposure Limits
SOA	Safe Operating Area
VWS	Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

Bijlage 1 Gezondheidsrisico's van stoffen gevormd tijdens lithium-ion brand

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum

16 juni 2025

Onze referentie

2025-010042486

In geval van een thermal runaway in een lithium-ion batterij (LIB), loopt de temperatuur op en kan een LIB ontbranden. Hierbij kunnen rook en gassen ontstaan, die via inademing mogelijk tot gezondheidsrisico's kunnen leiden. In de media zijn een aantal incidenten beschreven, waarbij mensen deze rook en gassen hebben ingeademd. In [Oegstgeest](#) zijn in mei 2024 zes personen, waaronder twee kinderen, naar het ziekenhuis gebracht na inademing van de rook afkomstig van een LIB brand. In [Zweden](#) werd een incident gerapporteerd waarbij een LIB voor een elektrische fiets explodeerde in een appartement, waarna zeven personen zijn opgenomen in het ziekenhuis vanwege mogelijke inademing van waterstoffluoride.

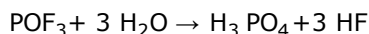
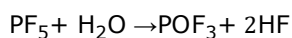
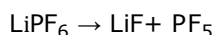
Volgens RIVM komt bij een brand met LIB een cocktail aan (gevaarlijke) stoffen vrij (van Veen et al., 2019), waaronder waterstoffluoride, lithiumhydroxide en dilithiumoxide. Daarnaast kunnen er stoffen/gassen ontstaan door verbranding van overige delen van de LIB, bijvoorbeeld een kunststof omhulsel, waar mogelijk vlamvertragers in aanwezig zijn. De focus voor dit advies ligt echter op de stoffen die kunnen ontstaan vanuit stoffen aanwezig in de elektrolyt. In deze risicobeoordeling worden de gezondheidsrisico's beoordeeld die kunnen ontstaan bij een LIB brand in een thuissituatie.

Voor deze risicobeoordeling zijn de vier stappen van de risicobeoordeling doorlopen, zoals beschreven in de [BuRO methodiek risicobeoordeling chemische stoffen in consumentenproducten](#): gevaarinventarisatie, gevarenkarakterisatie, blootstellingsschatting en risicokarakterisatie.

Gevareninventarisatie

De elektrolyt dat in een LIB wordt gebruikt is een lithiumzout, opgelost in een mengsel van organische oplosmiddelen (Li et al., 2016). Doorgaans bestaat dit elektrolyt uit lithiumhexafluorofosfaat (LiPF_6) en een mengsel van niet-waterige organische alkylcarbonaat oplosmiddelen (ethyleencarbonaat, dimethylcarbonaat, di-ethylcarbonaat en ethylmethylcarbonaat), die zeer ontvlambaar zijn (Larsson et al., 2017; Qiao et al., 2020). In geval van een thermal runaway zal de elektrolyt verdampen en uiteindelijk uit de batterijcellen vrijkomen. De gassen kunnen vervolgens ontbranden. Koolstofmonoxide en koolstofdioxide komen vrij, onder andere door verbranding van de organische oplosmiddelen.

In geval van een thermal runaway loopt de temperatuur op en bij deze temperatuurstijging observeerde Larsson en collega's dat fluorhoudende gassen vrijkomen (Larsson et al., 2017). Bij deze hogere temperaturen kan het lithiumhexafluorofosfaat in de elektrolyt fluorhoudende gassen vormen, zoals waterstoffluoride (HF), fosforpentafluoride (PF_5) en fosforylfluoride (POF_3), zie Figuur 6 (Guéguen et al., 2016; Bertilsson et al., 2017; Larsson et al., 2017; Qiao et al., 2020). Het gevormde fosforpentafluoride en fosforylfluoride kan nog verder reageren tot waterstoffluoride. Ook wordt fosforzuur (H_3PO_4) en lithiumfluoride (LiF) gevormd. Het gevormde rookgas kan ook lithium bevatten, dat tijdens het blussen lithiumhydroxide en dilithiumoxide kan vormen.



Figuur 6: Reacties van LiPF_6 tot fluorhoudende gassen (Bertilsson et al., 2017)

Gevarenkarakterisatie

Voor informatie over de toxiciteit van deze stoffen is gekeken op de internetsite van [ECHA](#), [EFSA](#), [RIVM](#), [NVIC](#) en [OECD](#). Gezocht is of er een Nederlandse interventiewaarde voor incidentbestrijding is afgeleid door het RIVM voor inhalatoire blootstelling aan deze gassen (Mahieu et al., 2025). Verder is via PubMed gezocht naar aanvullende wetenschappelijke informatie over deze stoffen en emissie van deze stoffen uit LIB.

Waterstoffluoride (HF)

Waterstoffluoride (Chemical Abstract (CAS) nr. 7664-39-3) is volgens bijlage VI van de CLP (Classification, Labelling and Packaging) Verordening (EG) nr. 1272/2008¹⁶ een bijtend en giftig gas. In contact met de huid of ogen of slijmvliezen werkt waterstoffluoride primair als een bijtende stof. Als secundair effect kan vervolgens weefselnecrose optreden, veroorzaakt door het vrije fluoride-ion in de weefsels (SCOEL, 1998). Volgens informatie op de internetsite van het Nederlands Vergiftigingen en Informatie Centrum ([NVIC](#)) is waterstoffluoride een zuur dat in tegenstelling tot veel andere zuren dieper in weefsels kan penetreren en daardoor ook dieper gelegen weefsel kan aantasten. Gezondheidsklachten die worden ondervonden van het inademen van waterstoffluoride bevattende rook zijn onder andere prikkelhoest, irritatie van de huid en slijmvliezen van ogen, neus, keel en luchtwegen met roodheid, tranenvloed, en keelpijn. In ernstigere gevallen kan retrosternale pijn, tachypnoe, dyspnoe, bronchospasmen, stridor, asfyxie ten gevolge van glottis- en larynxoedeem en chemische pneumonitis optreden.

In 2012 is door een bedrijfsongeval in Zuid-Korea een aantal werknemers en groot aantal omwonenden blootgesteld aan waterstoffluoride (Shin et al., 2021). Dit heeft voor de werknemers op locatie geleid tot de dood van vijf mensen en minstens 18 gewonden. Daarnaast werden ook een groot aantal omwonenden opgenomen in het ziekenhuis. Hierbij waren brandwonden en schade aan de ademhalingswegen de belangrijkste letsels.

In het REACH registratie dossier is door de aanvrager aangegeven dat voor de acute (60 minuten) inhalatoire toxiciteit een Derived No Effect Level (DNEL) van 0,03 mg/m³ is afgeleid op basis van studies met ratten. DNEL is het blootstellingsniveau waaronder een stof de menselijke gezondheid niet schaadt. Opgemerkt dient te worden dat de informatie uit de registratie is aangeleverd door de registrant en dat deze dossiers niet zijn gecontroleerd door het Europees Agentschap voor chemische stoffen (ECHA) op juistheid.

Voor waterstoffluoride is door RIVM een levensbedreigende interventiewaarde bij 10 minuten blootstelling vastgesteld van 150 mg/m³ (Mahieu et al., 2025).

Fosforpentafluoride (PF₅)

Fosforpentafluoride (CAS nr. 7647-19-0) is een gepreregistreerde stof volgens de REACH Verordening (EG) nr. 1907/2006¹⁷. De genotificeerde indeling volgens CLP

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

¹⁶ Verordening (EG) nr. 1272/2008 van het Europees Parlement en de Raad van 16 december 2008 betreffende de indeling, etikettering en verpakking van stoffen en mengsels. PB L 353, 31.12.2008, p. 1–1355.

¹⁷ Verordening (EG) nr. 1907/2006 van het Europees Parlement en de Raad van 18 december 2006 inzake de registratie en beoordeling van en de autorisatie en beperkingen ten aanzien van chemische stoffen (REACH), tot oprichting van een Europees Agentschap voor chemische stoffen, houdende wijziging van Richtlijn 1999/45/EG en houdende intrekking van Verordening (EEG) nr. 793/93 van de Raad en Verordening (EG) nr. 1488/94 van de Commissie alsmede Richtlijn 76/769/EEG van de Raad en de Richtlijnen 91/155/EEG, 93/67/EEG, 93/105/EG en 2000/21/EG van de Commissie. PB L 396, 30.12.2006, p. 1–848.

Verordening (EG) nr. 1272/2008 is dat fosforpentafluoride een bijtend en giftig gas is. Er zijn verder geen toxicologische gegevens geregistreerd bij ECHA. Ook bij [EFSA](#), [RIVM](#), [NVIC](#) en [OECD](#) is geen toxicologische data gevonden.

Volgens Maken en Saini veroorzaakt blootstelling aan fosforpentafluoride duizeligheid, hoesten, kortademigheid, misselijkheid, een blauwachtige huidskleur, longcongestie, nierschade en schade aan de slijmvliezen (Maken & Saini, 2021). Een hogere blootstelling kan vochtophoping in de longen veroorzaken en de zuurstof verdringen, wat tot verstikking kan leiden. Er zijn geen normen of gezondheidscijfers grenswaarden voor deze stof gevonden.

Fosforylfluoride (POF₃)

Fosforylfluoride (CAS nr. 13478-20-1) is een gepreregistreerde stof onder REACH. Op de internetsite van de ECHA staan geen nadere gegevens vermeld over deze stof. Volgens Guéguen en collega's is fosforylfluoride een reactief tussenproduct dat kan reageren tot waterstoffluoride genereert (Guéguen et al., 2016). Een gezondheidscijfer grenswaarde voor acute blootstelling is niet gevonden.

Koolstofmonoxide (CO)

Koolstofmonoxide (CAS nr. 630-08-0) is ingedeeld volgens bijlage VI van de CLP Verordening (EG) nr. 1272/2008 als giftig bij inademing en reprotoxisch (kan de vruchtbaarheid of het ongeboren kind schaden). Koolstofmonoxide bindt reversibel aan hemoglobine waarbij HbCO gevormd wordt, leidend tot een verminderde bindingscapaciteit van hemoglobine voor zuurstof. Als gevolg hiervan neemt het zuurstoftransport in het bloed en de afgifte van zuurstof in de weefsels af. Hypoxie kan leiden tot lokale weefschade. In organen met een hoge zuurstofbehoefte, zoals hart en hersenen, treden de eerste effecten op.

Voor kortdurende, acute blootstelling (15 minuten) geldt voor werkers een grenswaarde van 117 mg/m³ volgens Richtlijn 2004/37/EG¹⁸. Deze waarde is gebaseerd op het advies van de wetenschappelijk expertgroep inzake grenswaarden voor beroepsmatige blootstelling (Scientific Expert Group on Occupational Exposure Limits, SCOEL) over koolstofmonoxide (SCOEL, 1995). Voor incidenten heeft RIVM een levensbedreigende waarde van 2000 mg/m³ vastgesteld bij blootstelling tot 10 minuten, waarboven sterfte of levensbedreigende aandoeningen mogelijk kunnen ontstaan (Mahieu et al., 2025).

Lithiumhydroxide (LiOH) en dilithiumoxide (Li₂O)

Lithiumhydroxide (CAS nr 1310-65-2) is een sterke base en een corrosieve stof. Deze stof is geregistreerd onder de REACH Verordening (EG) nr. 1907/2006. De genotificeerde indeling van lithiumhydroxide is bijtend voor de huid en de ogen, schadelijk bij inname en huidcontact. Volgens het registratiedossier is voor inhalatoire blootstelling een LC₅₀ waarde van 3400 mg/m³ afgeleid uit een acute inhalatiestudie met ratten die gedurende 4 uur werden blootgesteld. Na 14 dagen werden de volgende klinische verschijnselen waargenomen: abdominogenitale verkleuring, alopecia op hoofd/hals, ataxie, chromodacryorroe, chromorhinorroe, verminderde ontlasting, verminderde voortbeweging, diarree, dyspneu, traanproductie, necrotische snuit, orale afscheiding, rhonchi, loensende ogen, gezwollen snuit en lusteloosheid. In het registratiedossier staat alleen een DNEL vermeld voor langdurige inhalatoire blootstelling: 6,21 mg/m³.

Dilithiumoxide (CAS nr 12057-24-8) is geregistreerd onder de REACH Verordening (EG) nr. 1907/2006. Volgens de genotificeerde indeling is deze stof geclassificeerd

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

¹⁸ Richtlijn 2004/37/EG van het Europees Parlement en de Raad van 29 april 2004 betreffende de bescherming van de werknemers tegen de risico's van blootstelling aan carcinogene of mutagene agentia op het werk (zesde bijzondere richtlijn in de zin van artikel 16, lid I, van Richtlijn 89/391/EEG van de Raad). PB L 158, 30.4.2004, p. 50-76.

als bijtend voor de huid en de ogen en giftig bij inademing. In het REACH registratiedossier staat een LC₅₀ waarde van 940 mg/m³, afgeleid uit een dierstudie met ratten. Deze werden gedurende 4 uur blootgesteld aan een aerosol met een concentratie dilithiumoxide variërend van 500 tot 1500 mg/m³. 14 dagen na deze blootstelling werden de volgende klinische effecten waargenomen: overmatige speekselvorming en neusslijmafscheiding, hoesten en stikken, ademhalingsmoeilijkheden, waaronder hoorbare mondademhaling, korstvorming van bloed en slijm rond de ogen en neus, vertraging van de oprichtreflex en algemene lethargie. Een DNEL is niet afgeleid.

Volgens de informatie van NVIC zijn lithiumhydroxide en dilithiumoxide sterke bases en de lokale effecten na inhalatie aan lithiumhydroxide-bevattende aerosolen (blus)water zijn vergelijkbaar met de effecten van waterstoffluoride. Er zijn geen studies gevonden over de hoeveelheid lithiumhydroxide en/of dilithiumoxide die vrijkomt tijdens een brand van een LIB.

Lithiumfluoride (LiF)

Lithiumfluoride (CAS nr 7789-24-4) is een gepreregistreerde stof volgens de REACH Verordening (EG) nr. 1907/2006. De genotificeerde indeling volgens CLP Verordening (EG) nr. 1272/2008 is dat lithiumfluoride een irriterende stof is voor huid, ogen en luchtwegen. Er zijn verder geen toxicologische gegevens geregistreerd bij ECHA. Ook bij EFSA, RIVM, NVIC en OECD zijn geen toxicologische gegevens gevonden.

Fosforzuur (H₃PO₄)

Fosforzuur (CAS nr 7664-38-2) heeft een geharmoniseerde indeling volgens de CLP Verordening (EG) nr. 1272/2008 als bijtend voor de huid en ogen. Deze stof is geregistreerd onder de REACH Verordening (EG) nr. 1907/2006. In dit registratie dossier staat voor lange termijn blootstelling een DNEL van 4,57 mg/m³. Deze is gebaseerd op een NOAEC 457,42 mg/m³, uit een dierstudie met ratten met als kritisch eindpunt nierverskalking.

Voor acute blootstelling (15 minuten) geldt voor werkers een grenswaarde van 2 mg/m³. Deze is gebaseerd op een SCOEL advies (SCOEL, 1991).

Voor fosforzuur heeft RIVM een levensbedreigende waarde gepubliceerd van 300 mg/m³ bij een blootstelling van 10 minuten (Mahieu et al., 2025).

Blootstellingsschatting

Voor waterstoffluoride, fosforylfluoride en koolstofmonoxide zijn in de literatuur emissie waardes gevonden voor LIB branden. Voor deze stoffen kan een blootstellingsschatting worden uitgevoerd. Voor de andere gevormde stoffen niet.

Volgens de [Consumentenbond](#) hebben LIB voor een elektrische fiets normaal gesproken een capaciteit van 300 tot 600 Wh, er zijn echter ook accu's van 720 Wh. Volgens de General Fact Sheet bedraagt het volume van een gemiddelde huiskamer in Nederland 74 m³ (Te Biesebeek et al., 2014). Dit is gemiddeld gezien de grootste ruimte in een Nederlands huis. Mogelijk wordt de LIB opgeladen in een andere ruimte in huis, zoals de (bij)keuken of de garage. Gekozen is voor de woonkamer, omdat dit een ruimte is waar mensen vaak aanwezig zijn.

Met deze parameters (capaciteit van 720 Wh en een ruimte van 74 m³) wordt de blootstellingsschatting uitgevoerd voor de stoffen waarvan emissie waardes gevonden zijn.

Waterstoffluoride (HF)

Larsson en collega's hebben gemeten dat er grote hoeveelheden waterstoffluoride vrijkomen bij de brand van een LIB, variërend van 20 tot 200 mg/Wh nominale

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

batterij-energiecapaciteit (Larsson et al., 2017). Claassen en collega's hebben een waterstoffluoride emissie van 10–81 mg/Wh gemeten (Claassen et al., 2024). Dit ligt in dezelfde orde van grootte. Bugryniec en collega's hebben een overzicht gemaakt van gerapporteerde emissies van diverse gassen die ontstaat na brand van een LIB (Bugryniec et al., 2024). Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende type anode in de LIB. De hoogste waterstoffluoride emissie werd gevonden voor LIB met een anode van lithium ijzerfosfaat (LFP), tot 150 mg/Wh.

In een worst-case scenario (720 Wh LIB, emissie van 200 mg/Wh) resulteert een brand van een LIB in een totale waterstoffluoride emissie van 144 g ($720 \times 200 = 144.000$ mg). Omgerekend is dit een concentratie van 1945 mg/m^3 waterstoffluoride.

Fosforylfluoride (POF₃)

Larsson en collega's hebben in brandtesten met een LIB 15-22 mg/Wh fosforylfluoride gemeten (Larsson et al., 2017). De berekende hoeveelheid vrijgekomen fosforylfluoride (15,8 g) resulteert in een concentratie in een gemiddelde woonkamer van 214 mg/m^3 .

Koolstofmonoxide (CO)

Bugryniec en collega's hebben een overzicht gemaakt van gerapporteerde emissies van koolstofmonoxide die ontstaan na brand van een LIB (Bugryniec et al., 2024). Voor LIB met een LFP anode werden emissies tot 90 mg/Wh gevonden. Voor LIB met een NMC anode werden veel hogere emissies gerapporteerd: afhankelijk van de laadtoestand tot bijna 400 mg/Wh.

De hoogst geschatte hoeveelheid koolstofmonoxide die door brand van een LIB vrijkomt (emissie 400 mg/Wh; capaciteit 720 Wh) bedraagt dan 288 g. Dit resulteert in een koolstofmonoxide concentratie van 3900 mg/m^3 .

Risicokarakterisatie

Een kwantitatieve risicokarakterisatie kan alleen worden uitgevoerd voor stoffen waar een blootstellingsschatting en een gezondheidskundige grenswaarde voor acute inhalatoire blootstelling bekend is.

Voor waterstoffluoride is de worst-case blootstellingsschatting 1945 mg/m^3 . Dit is ruim boven de DNEL voor acute blootstelling van $0,03 \text{ mg/m}^3$, waardoor er een acuut gezondheidsrisico kan ontstaan bij brand van een LIB. En ruim boven de levensbedreigende interventiewaarde van 150 mg/m^3 .

De worst-case blootstelling aan koolstofmonoxide is geschat op 3900 mg/m^3 . Dit is ruim boven de grenswaarde voor acute (15 minuten) kortdurende blootstelling voor werkers (117 mg/m^3), en ook bijna een factor twee hoger dan de levensbedreigende waarde van 2000 mg/m^3 die geldt voor incidenten. Dit houdt in dat een brand van een LIB in een woonkamer (of kleinere ruimte) mogelijk sterfte of levensbedreigende aandoeningen kan veroorzaken door het vrijkomen van koolstofmonoxide.

Het risico van de andere stoffen die gevormd kunnen worden tijdens een thermal runaway van een LIB kan alleen kwalitatief geschat worden. Voor de meeste van deze stoffen geldt dat ze ingedeeld zijn in de CLP gevarencategorie bijtend en giftig bij inademen. Wanneer deze stoffen in een rook aanwezig zijn, kan een mogelijk gezondheidsrisico optreden bij inademen en contact met de huid.

Conclusies

Bij ontbranding/thermal runaway van een LIB in een thuissituatie kunnen de verbrandingsgassen koolstofdioxide en koolstofmonoxide ontstaan. Daarnaast kan het lithiumzout in de elektrolyt giftige gassen vormen, waaronder waterstoffluoride. Voor een fietsbatterij (capaciteit 720Wh) in een woonkamer (74

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

m³) kunnen de hoeveelheden waterstoffluoride en koolstofmonoxide die vrijkomen een gezondheidsrisico voor de consument vormen, zelfs met dodelijke afloop tot gevolg.

Ook fosforpentafluoride, fosforylfluoride, lithiumhydroxide, lithiumoxide, lithiumfluoride en fosforzuur kunnen worden gevormd. Voor deze stoffen geldt dat er te weinig data zijn wat betreft toxicologie van de stoffen en/of blootstelling om een kwantitatieve risicobeoordeling uit te voeren. Op basis van de gevareneigenschappen van deze stoffen, kan een gezondheidsrisico niet worden uitgesloten.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

Referenties

- Bertilsson S, Larsson F, Furlani M, Albinsson I & Mellander B-E, 2017. Lithium-ion battery electrolyte emissions analyzed by coupled thermogravimetric/Fourier-transform infrared spectroscopy. *Journal of Power Sources*, 365, 446-455. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2017.08.082>
- Bugryniec PJ, Resendiz EG, Nwophoke SM, Khanna S, James C & Brown SF, 2024. Review of gas emissions from lithium-ion battery thermal runaway failure — Considering toxic and flammable compounds. *Journal of Energy Storage*, 87, 111288. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.est.2024.111288>
- Chen Y, Kang Y, Zhao Y, Wang L, Liu J, Li Y, Liang Z, He X, Li X, Tavajohi N & Li B, 2021. A review of lithium-ion battery safety concerns: The issues, strategies, and testing standards. *Journal of Energy Chemistry*, 59, 83-99. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.ijechem.2020.10.017>
- Claassen M, Bingham B, Chow JC, Watson JG, Chu P, Wang Y & Wang X, 2024. Characterization of Lithium-Ion Battery Fire Emissions—Part 2: Particle Size Distributions and Emission Factors. *Batteries*, 10 (10). Beschikbaar online: <https://doi.org/10.3390/batteries10100366>
- Guéguen A, Streich D, He M, Mendez M, Chesneau FF, Novák P & Berg EJ, 2016. Decomposition of LiPF₆ in High Energy Lithium-Ion Batteries Studied with Online Electrochemical Mass Spectrometry. *Journal of The Electrochemical Society*, 163 (6), A1095. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1149/2.0981606jes>
- Huang X-H, Chung Y-H, Guo G-S & Shu C-M, 2025. Investigating the thermal stability and explosion characteristics of electrolytes composed of different ratios of carbonate organic solvents. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 94, 105509. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2024.105509>
- Kamboj RK, Singh M & Singh A, 2024. Estimation of Safe Operating Area for EV Battery.
- Larsson F, Andersson P, Blomqvist P & Mellander BE, 2017. Toxic fluoride gas emissions from lithium-ion battery fires. *Sci Rep*, 7 (1), 10018. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09784-z>
- Li Q, Chen J, Fan L, Kong X & Lu Y, 2016. Progress in electrolytes for rechargeable Li-based batteries and beyond. *Green Energy & Environment*, 1 (1), 18-42. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.gee.2016.04.006>
- Mahieu K, Geraets L & Bos P, 2025. Interventiewaarden voor incidentbestrijding: interventiewaarden, stofdocumenten en handleiding 2025. RIVM. Beschikbaar online: <https://rvs.rivm.nl/sites/default/files/2025-03/Handleiding%20%26%20Stofdocumenten%20Interventiewaarden%202025.pdf>
- Maken S & Saini K, 2021. Chapter 27 - Phosphorus pentafluoride: Risk assessment, environmental, and health hazard. In: Singh J, Kaushik RD & Chawla M (eds.), *Hazardous Gases*. Academic Press, pp. 341-352. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89857-7.00022-0>
- Qiao Y, Wang S, Gao F, Li X, Fan M & Yang R, 2020. Toxicity analysis of second use lithium-ion battery separator and electrolyte. *Polymer Testing*, 81, 106175. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2019.106175>
- Sarkar S, Swamy D, Amin MT, El-Halwagi M & Khan F, 2024. Safer operating areas (SOA) of cylindrical lithium-ion battery – A probabilistic approach. *Process Safety and Environmental Protection*, 190, 708-725. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2024.08.056>
- SCOEL, 1991. Recommendation from Scientific Expert Group on Occupational Exposure Limits for orthophosphoric acid. SEG/SUM/14. Beschikbaar online:

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

- https://echa.europa.eu/documents/10162/35144386/013_orthophosphoric-acid_oel_en.pdf
- SCOEL, 1995. Recommendation from the Scientific Expert Group on Occupational Exposure Limits for Carbon monoxide. SEG/SUM/57. Beschikbaar online: https://echa.europa.eu/documents/10162/35144386/049_carbon_monoxide_oel_en.pdf
- SCOEL, 1998. Recommendation from Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for Fluorine, Hydrogen Fluoride and Inorganic Fluorides (not uranium hexafluoride) SCOEL/SUM/56 final. Beschikbaar online: https://echa.europa.eu/documents/10162/35144386/157_fluorine_and_fluorides_oel_en.pdf/
- Shin H, Oh SK, Lee HY, Chung H, Yoon SY & Choi SY, 2021. Comparative Analysis of Hydrogen Fluoride-Exposed Patients Based on Major Burn Criteria After the 2012 Gumi City Chemical Leak Disaster. Journal of Burn Care & Research, 43 (4), 834-840. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1093/jbcr/irab206>
- Te Biesebeek J, Nijkamp M, Bokkers B & Wijnhoven S, 2014. General Fact Sheet: General default parameters for estimating consumer exposure-Updated version 2014. RIVM rapport 090013003. Beschikbaar online: <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/090013003.pdf>
- van Veen N, van Putten E & Boshuis M, 2019. Detectiemiddelen bij brand met Li-ion-batterijen. RIVM. Beschikbaar online: <https://www.rivm.nl/sites/default/files/2019-07/Detectiemiddelen%20bij%20brand%20met%20lithium-ion%20batterijen%20%20beveiligd.pdf>

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

Bijlage 2 Literatuuronderzoek

In december 2024 is met behulp van Scopus en Google Scholar gezocht naar de onderstaande zoektermen in de titel, samenvatting en keywords. Daarbij is afgebakend tot publicaties vanaf 2020 om het zoekresultaat tot de meest recente publicaties te beperken.

Binnen de zoekresultaten is op basis van de samenvatting gericht gekeken naar welke publicaties relevant zijn voor dit onderzoek.

Resultaten bij zoektermen als 'remanufacturing' of 'refurbish' gaan meestal over hoe hergebruik of revisie kan worden gedaan en niet op het risico van gebruik van gereviseerde batterijen.

Voor de gezondheidsrisico's van stoffen gevormd tijdens lithium-ion brand, zoals beschreven in Bijlage 1, is nog naar specifieke relevante literatuur gezocht.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 juni 2025

Onze referentie
2025-010042486

Zoektermen	Aantal zoekresultaten	Opgenomen in referenties
"lithium ion battery" AND "safety"	Scopus: > 10.000 Scholar: > 10.000	(Chen et al., 2021)
"battery management system" AND "safe operati* area"	Scopus: 14 Scholar: 60	(Kamboj et al., 2024)
"safe operati* area" AND "lithium ion"	Scopus: 15 Scholar: 94	(Sarkar et al., 2024)
"thermal runaway" AND "lithium ion" AND "fire" AND "gas" AND "explosion"	Scopus: 110 Scholar: > 5.000	(Huang et al., 2025)
"thermal runaway" AND "lithium ion" AND ("risk" OR "hazard") AND "vehicle"	Scopus: 270 Scholar: >10.000	
"thermal runaway" AND "lithium ion" AND ("risk" OR "hazard") AND ("light electric vehicle" OR "bicycle" OR "bike")	Scopus: 6 Scholar: 375	
"lithium ion" AND ("refurbish*" OR "remanufacture*") AND ("safety" OR "risk" OR "hazard") AND ("light electric vehicle" OR "bicycle" OR "bike")	Scopus: 0 Scholar: 799	