

### Voorkomen van brand in een battery pack

- > Zorg voor deugdelijke compartimentering van de battery pack zelf en van de battery pack ruimte in de bus.
- > Zorg voor voldoende afstand tussen de battery pack en andere brandgevoelige onderdelen van de bus.
- > Zorg voor een deugdelijke voorziening die het voltage, spanning en temperatuur van de battery pack continu monitort.
- > Zorg voor een deugdelijke verpakking, afscherming en montage van de battery pack.
- > Zorg voor een voorziening waardoor het battery pack automatisch wordt uitgeschakeld bij een incident.
- > Zorg voor een deugdelijke bescherming tegen kortsluiten.
- > Zorg voor een deugdelijke voorziening om de temperatuur in een battery pack te monitoren.

### Beperken van de gevolgen van brand in een elektrische bus

- > Zorg voor een installatie die de chauffeur en passagiers direct waarschuwt bij een thermal runaway.
- > Zorg voor een brandwerende scheiding tussen batterijpakket en passagierscompartiment.
- > Zorg voor een deugdelijke bescherming van het passagierscompartiment tegen toxische gassen.
- > Zorg voor brandwerende scheidingen in de battery pack.

### Incidentbestrijding

- > Zorg ervoor dat hulpverleningsdiensten veilig bij en aan het voertuig kunnen werken door het voertuig bij een noodsituatie spanningsloos te maken.
- > Zorg ervoor dat het battery pack goed te bereiken is voor het blusmiddel van de brandweer.
- > Zorg voor de beschikbaarheid van voldoende bluswater.
- > Zorg voor een voorziening aan de bus waardoor deze bij incidenten uit de tunnel gesleept kan worden (bijv. een of meerdere trekogen).

Daarnaast zullen instructies aan de buschauffeurs over hoe te handelen in bepaalde situaties, gevaren en signalen vanuit de monitoringsystemen in de bus een bijdrage leveren aan de veiligheid van elektrische bussen in tunnels.

Deze factsheet is gebaseerd op de rapportage *Brandveiligheid van elektrische bussen* (IFV, september 2016). Deze is te downloaden op [bit.ly/2fk65Gs](https://bit.ly/2fk65Gs)

Voor het dossier Transportveiligheid zie [www.ifv.nl/kennisplein/transportveiligheid](http://www.ifv.nl/kennisplein/transportveiligheid)

Instituut Fysieke Veiligheid, november 2016.

# Brandveiligheid van elektrische bussen



(Personen)vervoer over de weg in Nederland moet verduurzamen. Elektrische bussen kunnen daar een bijdrage aan leveren. Wat zijn de risico's als deze bussen door wegtunnels gaan rijden en in hoeverre hebben ze belangrijke extra of andere risico's ten opzichte van dieselbussen? Welke maatregelen zijn vervolgens passend?

### Tunnelveiligheid

Tunnelveiligheid wordt bepaald door het samenhangende geheel van:

- > techniek  
De Tunnelwet -en de daaronder vallende tunnelstandaard- stelt eisen aan de veiligheid in de vorm van ontwerp-eisen, gerelateerd aan het gebruik van de tunnel. Denk hierbij bijvoorbeeld aan vluchtdeuren, hulpkasten en installaties (ventilatie, omroepsystemen, etc.).
- > organisatie  
De veiligheid van de tunnel wordt ook bepaald door de beheers-organisatie (welke afspraken zijn er gemaakt omtrent onderhoud, inspecties, hulpverlening) en het gebruiksregiem (wat mag er door de tunnel aan voertuigen, in welke mate en met welke snelheden).
- > gedrag.  
Tot slot wordt de veiligheid beïnvloed door het gedrag van mensen die gebruik maken van de tunnel zoals weggebruikers.

### Veiligheidsaspecten bij elektrische bussen

Elektrische bussen worden aangedreven door battery packs (accubatterijen). Voor toepassing bij zware voertuigen worden op dit moment het vaakst Li-ion batterijen gekozen. Deze batterijen moeten aan (internationale) standaarden voldoen.

Het meest typische en meest cruciale risico van battery packs is de zogenoemde *thermal runaway*: een falingsmechanisme dat leidt tot een stijging in temperatuur van een batterijcel wat kan resulteren in brand. Een thermal runaway kan ontstaan door:

- > brand in (onderdelen van) de bus zelf
- > aanrijding van bus met zwaar wegvoertuig
- > falen van een cel in het battery pack van de elektrische bus.

De interne faalkans op thermal runaway is klein. Met verschillende maatregelen kunnen de risico's en effecten verder beperkt worden.

Elektriciteit/spanning als speciaal risico van elektrische bussen is in redelijke mate al standaard afgedekt door hoog voltage relais die uitslaan bij contactonderbreking, veelal gekoppeld aan botsensoren. Wel blijft het gevaar op elektrocutie bestaan wanneer direct contact wordt gemaakt met spanningvoerende delen of een (beschadigd) battery pack.

Naast het gevaar van thermal runaway en elektrocutie kunnen er bij lekkage van de batterijen schadelijke en bijtende stoffen vrijkomen. Daarnaast kan er gas worden gevormd in een batterijcel, waardoor er druk wordt opgebouwd. Wanneer deze druk te hoog wordt kan dit gas onder hoge druk vrijkomen. Tenslotte kan er bij brandbestrijding vervuiling van het bluswater ontstaan.

Uit een analyse van de risico's van elektrische bussen blijkt dat elektrische bussen niet onveiliger lijken te zijn dan dieselbussen.

Vergelijkingsaspect	Bij een elektrische bus ..... dan bij een dieselbus
Scenariokans brand brandstof	kleiner
Brandontwikkeling	langzamer en geringer
Toxiciteit	groter
Elektrocutiegevaar	groter
Carcinogeniteit	geen verschil/weinig gegevens gevonden
Bestrijdbaarheid	moeilijker

### Veiligheidsmaatregelen

Om incidenten met elektrische bussen te voorkomen en te bestrijden kunnen, is de belangrijkste maatregel ervoor te zorgen dat er geen thermal runaway kan optreden of de kans hierop zo klein mogelijk te maken. Concreet gaat het om de volgende maatregelen.