

Incidentbestrijding elektrische voertuigen op schepen

NIPV-samenvatting van het ELBAS rapport



Nederlandse Academie voor
Crisisbeheersing en Brandweezorg
Postbus 7010
6801 HA Arnhem
Kemperbergerweg 783, Arnhem
www.nipv.nl
info@nipv.nl
026 355 24 00

Colofon

© Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV), 2023

| | |
|------------|--------------|
| Auteur | H. Brans |
| Datum | juni 2023 |
| Foto cover | Shutterstock |

Wij hechten veel belang aan kennisdeling. Delen uit deze publicatie mogen dan ook worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding.

Het Nederlands Instituut Publieke Veiligheid is bij wet vastgelegd onder de naam Instituut Fysieke Veiligheid.

Inhoud

| | | |
|----------|--|-----------|
| | Inleiding | 4 |
| 1 | Samenvatting van het ELBAS-rapport | 9 |
| 1.1 | Hoofdstuk 1: De menselijke factor | 9 |
| 1.2 | Hoofdstuk 2: Literatuurstudie en CFD-simulatie | 10 |
| 1.3 | Hoofdstuk 3: Brandexperimenten | 12 |
| 1.4 | Hoofdstuk 4: Brandoefeningen | 13 |
| 1.5 | Hoofdstuk 5: Conclusie | 14 |
| 2 | Discussie | 15 |
| | Literatuurlijst | 17 |

Inleiding

Het NIPV heeft als taak bij te dragen aan de professionaliteit van de functionarissen binnen de veiligheidsregio's. Dat kan op tal van manieren. Een van die manieren is door kennis die elders wordt ontwikkeld te ontsluiten en van onze eigen reflectie te voorzien. Dat is wat we met deze rapportage dan ook beogen: de stand van zaken van 'Battery Electric Vehicles' (BEV) op ferry's met betrekking tot veiligheid, met name wat betreft incidentbestrijding. Dit is een uiterst actueel onderwerp, zoals de volgende drie voorbeelden duidelijk maken. Ten eerste verbood een jaar geleden een ferry-ondernemer elektrische voertuigen aan boord van zijn ferry's^{1,2}, hetgeen veel media-aandacht opleverde, ook in Nederland. Ten tweede zonk begin 2022 autotransportschip *Felicity Ace* bij de Azoren, geladen met duizenden elektrische auto's³, en ten derde is er de zich steeds verder ontwikkelende regelgeving betreffende elektrische voertuigen aan boord van schepen.⁴

Er worden diverse studies uitgevoerd naar de veiligheid van BEV aan boord van ferry's. Het Danish Institute of Fire and Security Technology (DSI) heeft onlangs een praktijkgericht onderzoek gedaan naar de incidentbestrijding van elektrische voertuigbranden op veerboten. Het doel van dit onderzoek was om direct implementeerbare aanbevelingen te kunnen doen voor de incidentbestrijding en risicobeheersing van elektrische voertuigen op veerboten. Van dit onderzoek is een uitgebreide rapportage gepubliceerd, die is dit voorliggende document wordt samengevat. Daarnaast worden in de discussie onze reflectie op dit thema en de uitkomsten van het ELBAS-rapport toegelicht. Het volledige rapport (in het Engels) is te vinden via de link in de literatuurlijst.

Onderzochte veerboten

In de ELBAS-studie zijn drie verschillende scheepstypen bekeken die representatief zijn voor de veerboten van de Deense vloot. Enkele eigenschappen van de onderzochte schepen zijn vermeld in Tabel I.1 op de volgende pagina. Verder zijn in deze paragraaf afbeeldingen van de schepen en voertuigdekken weergegeven.

¹<https://topgear.nl/autonieuws/hybride-boten-noorwegen-geen-elektrische-auto-s-of-waterstofauto-s/> en <https://allesoverwaterstof.nl/verbod-van-elektrische-en-waterstofvoertuigen-op-noorse-veerboten/>.

² De auto's komen van de zijkant de ferry op en hebben daar geen geleidelijke hellingbaan, maar een 'afstapje' van enkele decimeters, waardoor het battery pack van de BEV mogelijk aan de onderzijde beschadigd raakt. Dit, in combinatie met de veiligheid van de passagiers, de unieke natuur waar de ferry's varen en de moeilijkheid batterijbranden te blussen heeft de rederij ertoe aan gezet te komen met dit besluit.

³ <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/transportschip-felicity-ace-bleef-maar-branden-door-de-accu-s-van-de-elektrische-auto-s-aan-boord~b1de4c5b/?referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>.

⁴ Twee richtlijnen die zijn gepubliceerd:

> ABS "Best practices for the transport of electric vehicles on board vessels", June 2022 (ABS)

> EMSA "Guidance on the carriage of AFVs (Alternatively Fueled Vehicles) in Ro-Ro spaces", 23 May 2022 (EMSA).

Tabel I.1 Eigenschappen van onderzochte schepen (bron: Ferry-site.dk)

| Veerboot en type | Bouw-jaar | Lengte | Snelheid | Passagiers | Voertuigendek | Aantal auto's |
|---|-----------|--------|---------------------------|----------------|--|---------------|
| Pearl Seaways: Overnight cruise ferry | 1989 | 177 | 21 knopen (39 km/u) | 1870 – 2200 | Volledig afgesloten en uitschuifdek | 320 – 620 |
| EXPRESS 4: High- speed ferry | 2018 | 109 | 37 knopen (69 km/u) | 1006 | Open | 425 |
| Copenhagen: Ro- pax day ferry | 2016 | 169 | 21 knopen (39 km/u) | 1300 – 1500 | halfopen | 460 |

Pearl Seaways

De Pearl Seaways is een 'overnight cruise-ferry' met een volledig afgesloten voertuigendek in combinatie met een uitschuifbaar voertuigendek. De Pearl Seaways vaart in ongeveer 19 uur de route Kopenhagen – Oslo met een tussenstop in Frederikshavn. Het schip beschikt over 703 hutten met overnachtingsfaciliteiten voor de passagiers. Op dit schip heeft in november 2010 een brand plaatsgevonden met een elektrisch voertuig dat aan boord was aangesloten aan op een oplader.



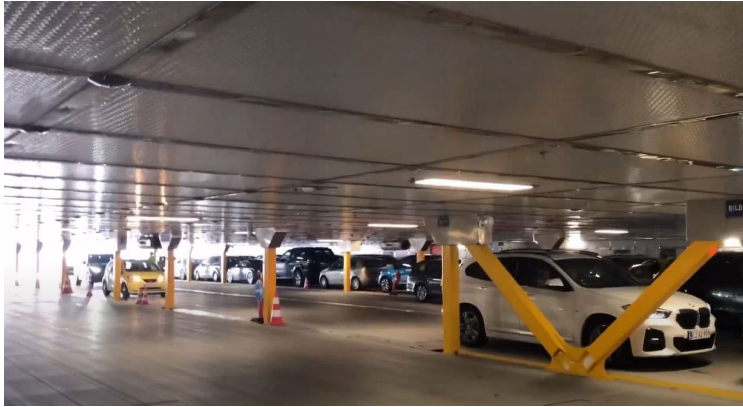


Figuur I.1 Pearl Seaways en voertuigdek Pearl Seaways (bron: <https://lashfire.eu/fire-drill-at-ms-pearl-seaways-dfds/>)

Express 4

De EXPRESS 4 is een 'highspeed ferry' en heeft een open voertuigdek. Dit schip vaart kortere routes in Denemarken en heeft geen faciliteiten voor passagiers om te overnachten. Noemenswaardig is dat dit schip als enige van de drie van aluminium is gemaakt, wat het theoretisch gezien kwetsbaarder maakt voor de effecten van brand. Evengoed voldoet dit schip volledig aan alle brandveiligheidseisen. Verder beschikt het over passagierslounges.





Figuur I.2 EXPRESS 4 en voertuigdek EXPRESS 4 (bron: <https://www.vesselfinder.com/el/vessels/details/9824564> en https://www.youtube.com/watch?v=WBF_2fxgoQs)

M/F Copenhagen

De M/F Copenhagen is een 'Ro-pax day ferry' en heeft twee voertuigdekken, namelijk een volledig afgesloten voertuigdek en een halfopen voertuigdek. Een Ro-pax day ferry is een zogeheten roll-on / roll-off schip dat gericht is op het vervoer van voertuigen. Auto's, motoren en vrachtwagens kunnen vanuit de haven direct het schip op en af rijden. Het schip beschikt over een restaurant.





Figuur 1.3 M/F Copenhagen en voertuigdek M/F Copenhagen (bron: https://da.wikipedia.org/wiki/M/F_Copenhagen en <https://www.youtube.com/watch?v=yzUUESnkJg0>)

Effecten van elektrische voertuigbranden en thermal runaway

Het NIPV heeft reeds onderzoek uitgevoerd naar de effecten van de thermal runaway van een batterijpakket en elektrische voertuigbranden. Voor achtergrondinformatie over de effecten van dit type incident kunnen de volgende documenten worden geraadpleegd:

- > Hoofdstuk 1 en 2 van het rapport [Brandveiligheid van parkeergarages met elektrisch aangedreven voertuigen](#) met een beschrijving van de fysische karakteristieken van een elektrische voertuigbrand.
- > [Scenarioboek Energietransitie Omgevingsveiligheid](#), scenariokaart 'Thuisbatterij in woning – Thermal Runaway' voor een beschrijving van de effecten (toxische dampwolk, batterijbrand en dampwolkexplosie) van een thermal runaway van het batterijpakket.

In 2023 en 2024 zal deze kennisbasis verder worden uitgebreid met een onderzoek naar de warmtestralingscontouren van elektrische voertuigbranden en een onderzoek naar effectmodellering van batterijbranden. Deze rapporten worden naar verwachting begin 2024 gepubliceerd.

1 Samenvatting van het ELBAS-rapport

In dit hoofdstuk wordt een samenvatting gegeven van het ELBAS-rapport. We volgen hierbij de hoofdstukindeling van het oorspronkelijke rapport.

1.1 Hoofdstuk 1: De menselijke factor

In dit deel van het onderzoek zijn interviews gehouden met de crew van genoemde drie schepen. Het doel van deze interviews was inzicht te verkrijgen in de invloed van menselijke factoren op de brandbestrijding. Naast deze interviews hebben de onderzoekers ook de brandoefeningen bekeken alsook de dagelijkse werkzaamheden.

Uit deze interviews bleek dat alle vaste crewleden gemotiveerd zijn om veilig te handelen in een noodsituatie en een goede basiskennis bezitten over brandbestrijding. Alleen werkstudenten of uitzendkrachten hebben mogelijk een beperkte kennis van veiligheid, maar zij doen wel mee aan de brandoefeningen. Daarnaast zijn camerabeelden van voertuigdekken op de brug van alle drie de schepen en een brandmeldsysteem aanwezig, evenals directe bediening van veiligheidsvoorzieningen zoals sprinklers en ventilatie.

De algemene procedure van een brandmelding op schepen bestaat uit de volgende stappen: 1) de rookmelder gaat af, 2) een manuele check van camerabeelden volgt, gevolgd door 3) een fysieke inspectie, 4) een melding op de brug, en 5) het nemen van een besluit over de te nemen actie. De procedure omtrent het ventilatiesysteem wisselde per schip. Op de Pearl Seaways werd de ventilatie uitgezet met als doel de brand te smoren. Bij de andere twee schepen werd de ventilatie juist aangezet en het schip zodanig gekeerd dat de rook wegwaaide.

Wat betreft het gebruik van de sprinklerinstallatie bestaat op de drie schepen een consensus: de sprinkler wordt zo snel mogelijk geactiveerd en gezien als de 'first line of defence'. Op open zee, ver verwijderd van een haven, wordt vervolgens de afweging gemaakt of men overgaat op manuele brandbestrijding. Als de brand niet beheersbaar blijkt, wordt overgegaan tot volledige evacuatie van het schip. Indien een haven snel bereikbaar is, kan worden afgewogen om alleen op de sprinkler te vertrouwen, met spoed naar de haven te varen en het voertuigdek in dat geval slechts te benaderen als evacuatie noodzakelijk is. Aangekomen in de haven wordt het incident dan met hulp van de havenbrandweer afgehandeld.

Brandbestrijding van elektrische voertuigen wordt een 'socio-technische uitdaging' genoemd. Dit betekent dat zowel met mensgerichte als techniekgerichte aspecten rekening moet worden gehouden. Vroege brandmelding speelt daarbij een rol, om de bestrijding in gang te zetten voordat kritische schade aan het schip is aangericht. Daarvoor zijn bij voorkeur alle brandbestrijdingssystemen direct inzetbaar vanaf de brug. Een risk assessment voor de beste strategie om ventilatie in te zetten kan helpen bij besluitvorming op de brug. Daarnaast

moet extra training worden geboden aan het personeel over elektrische voertuigbranden. Daarbij dient ook aandacht te zijn voor de nasleep, het risico op herontsteking en mogelijke toxische gassen die kunnen vrijkomen.

1.2 Hoofdstuk 2: Literatuurstudie en CFD-simulatie

1.2.1 Vroegtijdige detectie

Vroegtijdige detectie van de (aanloop) van een thermal runaway, in de fase voordat de rookmelders afgaan, is wenselijk, zodat er sneller kan worden ingegrepen. Het is namelijk te laat voor preventie zodra de batterij in thermal runaway is. Detectietechnieken voor vroegtijdige alarmering kunnen zijn:

- > Waterstofdetectie: detectie van de kleine hoeveelheid gasmengsel in de aanloopfase van de elektrische voertuigbrand kan ervoor zorgen dat in een zo vroeg mogelijk stadium een brandmelding van een (naderende) thermal runaway gedaan wordt. CO en CO₂ zijn al aanwezig door onder meer uitlaatgassen op een voertuigendek, zodat detectie van die stoffen in een vroeg stadium niet zinvol is.
- > Bewakingsbeelden in combinatie met een digitaal detectie-algoritme ofwel automatische beeldherkenning.
- > Voertuig-hotspot-detector: in het LASHFIRE project is geëxperimenteerd met machine learning om de passerende voertuigen op een roll-in / roll-of ferry te screenen op abnormale condities. De omstandigheden op een dergelijk schip, waar veel vocht, stof en roet aanwezig zijn, verslechtert echter de werking van dit systeem.
- > Rookmelders zijn al verplicht in alle gangen, trappenhuisen, kamers en vluchtroutes. In het rapport worden verschillende typen rookmelders kort toegelicht.

1.2.2 Literatuurstudie brandbestrijdingstechnieken

De brandbestrijding op schepen kan worden onderverdeeld in manuele operaties en operaties op afstand. Manuele brandbestrijding wordt uitgevoerd door gediplomeerde brandweerlieden, meestal met aanvullende classificatie 'smoke diver'. Zij bedienen blusslangen, zijn voorzien van ademlucht en gaan op de brandhaard af. De operaties op afstand worden uitgevoerd door crewleden die op afstand van de brandhaard de brandweerlieden ondersteunen, gereedschap voorbereiden en de sprinkler en ventilatie bedienen. Aandachtspunt bij de bestrijding van batterijbranden op zee is dat het zoute zeewater dat als blusmiddel wordt gebruikt, elektrolyse kan veroorzaken bij aanraking met het batterijpakket, waardoor waterstof en chloorgas worden gevormd. Ook kan de batterij door corrosie beschadigd raken. Dit geldt ook voor de sprinklerinstallatie: wanneer de watervoorraad op het schip is verbruikt, kan ook de sprinklerinstallatie worden gevoed met opgepompt zeewater.

Verder wordt in het ELBAS-rapport een overzicht gegeven van de literatuur over reeds bestaande interventietechnieken en gereedschap voor de bestrijding van elektrische voertuigbranden:

- > Auto-blusdekens van 6 m bij 9 m zijn bedoeld om de brand te smoren. Beperkingen bij de toepassing van de dekens zijn de krappe ruimte op een vol voertuigendek, hetgeen ook erkend wordt door de fabrikant, en de aanwezigheid van eventuele dakkoffers. Een optie is om ook nabijgelegen voertuigen van een deken te voorzien, zodat brandoverslag naar de nabijgelegen voertuigen wordt bemoeilijkt.
- > Commerciële blusmiddelen die worden aangebracht op het batterijpakket, werken koelend door verdamping van water. AVD en LithEX stoppen niet het brandproces, maar

vertragen het. Deze twee blusmiddelen moeten echter nog getest worden van buitenaf om de effectiviteit tijdens een echt incident te beoordelen. Van buitenaf wil hier zeggen op een volledige elektrisch voertuigbrand, waarbij de batterij is omhuld door het voertuigchassis, in plaats van direct op de batterijen.

- > Overtollig watergewicht is een probleempunt op schepen. Het toepassen van een mobiel watermiststelsel werkt waterbesparend. Testen met een watermistdeken langs voertuigen blijken positief te werken voor het voorkomen van branduitbreiding, maar niet voor het blussen van het in brand staande voertuig. De toepassing van dit stelsel in combinatie met een ventilatiesysteem is wenselijk, zodat de gassen en dampen tijdens het blussen kunnen worden afgevoerd.
- > In het rapport wordt vermeld dat penetratie van het batterijpakket wordt afgeraden door fabrikanten van elektrische voertuigen, maar het Zweedse RI.SE heeft in zijn onderzoek laten zien dat het vrij effectief is. Een directe injectie met een elektrisch geïsoleerde pen kan dus helpen bij het actief koelen, indien het injectiesysteem op de juiste wijze wordt toegepast. Nadelen ervan zijn dat het duur is, extra training nodig is en dat verkeerd doorboren het probleem kan verergeren.
- > Dompelen in water is gericht op het voorkomen van verdere escalatie. In dit geval gaat het niet om een dompelcontainer, maar een snel op te zetten systeem dat uit vier planken bestaat die beneden rondom het batterijpakket geplaatst kunnen worden. Het is niet gericht op doven van het vuur, maar op het tegengaan van verspreiding. Probleempunt kan zijn dat het zorgt voor veel gewicht op een kleine plek, maar op zich zou het scheepsdek stevig genoeg moeten zijn.

1.2.3 CFD-simulatie

In deze CFD-simulatie zijn verschillende scenario's gesimuleerd op de Express 4 en de Pearl Seaways. Een simulatie biedt inzicht in scenario's waarvoor geen mogelijkheid bestaat om ze door middel van een brandexperiment te testen.

In de simulatie met de aluminium Express 4 is de sprinkler buiten beschouwing gelaten. De branduitbreiding vond plaats ver onder de tien minuten, de benodigde tijd om de brandbestrijding op te zetten. Een grotere afstand tussen voertuigen resulteerde in een langere tijd tot brandoverslag. Hiermee werd 3 tot 8 minuten gewonnen. Er werden binnen vijf minuten al kritische temperaturen bereikt.

Bij de Pearl Seaways bleek dat de vlamverspreiding afhankelijk was van de locatie van het voertuig (dit kan dus een rol spelen bij het nadenken over het plaatsen van laadpalen of elektrische voertuigen op schepen). Bij afwezigheid van de sprinkler werkte de ventilatie brandbevorderend, omdat verse zuurstof werd aangevoerd naar het gesloten dek. De huidige standaardprocedure bij de Pearl Seaways is dan ook om de ventilatie handmatig uit te zetten bij een brand. In de simulatie vond brandmelding bij een scenario na 30 seconden plaats, maar bij een ander scenario pas na langer dan een minuut. Verder bleek het waarschijnlijk dat bij een sprinkleractivatie binnen 5 minuten uitbreiding kan worden voorkomen. Een snelle brandmelding is hiervoor noodzakelijk.

De algemene resultaten van de simulaties zijn als volgt:

- > Het risico van een elektrische voertuigbrand is locatieafhankelijk, dat wil zeggen dat het afhangt van de lay-out van het voertuigdek en het ventilatiesysteem.
- > De ventilatiesystemen spelen een factor in de snelheid van het initiële alarm. De detectietijd kan langer zijn als het betreffende voertuig onder het ventilatiesysteem staat.

Plaatsing van elektrische voertuigen kan daarom het beste worden gedaan terwijl rekening wordt gehouden met de ventilatiekanalen, en zodanig dat de rookdetector zo snel mogelijk wordt bereikt.

- > Delen van een niet-geïsoleerde aluminium constructie kunnen na 5 tot 18 minuten kritische temperaturen bereiken.
- > De tijd totdat branduitbreiding naar andere voertuigen plaatsvindt, varieert van 2 tot 6 minuten.
- > Vroegtijdige sprinkleractivatie is nodig om brandverspreiding tegen te houden.
- > Bij een diep gelegen en volledig gesloten voertuigdek kan ventilatie juist branduitbreiding bevorderen door een toevoer van verse zuurstof.
- > De branduitbreiding is onder meer afhankelijk van de ontstekings temperatuur, de afstand tussen voertuigen en de geometrie. Vaak zijn het de banden, polymeren of rubbers van de vensterdichting die als eerste vlam vatten. Een advies is om in ieder geval tijdens het laagseizoen de auto's zo ver mogelijk uit elkaar zetten.
- > Op een hoog gelegen of open voertuigdek kan ventilatie helpen bij rookcontrole. Op een volledig gesloten en diep gelegen voertuigdek is gebleken dat ventilatie de branduitbreiding juist kan bevorderen.

1.3 Hoofdstuk 3: Brandexperimenten

In dit deel zijn brandproeven uitgevoerd en verschillende brandbestrijdingssystemen getest. Het dicht op elkaar parkeren van voertuigen bemoeilijkt de doorgang voor brandweertieners. De afstand in dit experiment tussen voertuigen was 20cm tussen de bumpers en 40 cm tussen de portieren. De brandproeven omvatten een elektrische auto in het midden, omringd door acht conventionele voertuigen. In dit experiment werd getracht een volledig opgeladen elektrisch voertuig in thermal runaway te brengen om zo een brand te krijgen. Wanneer dit niet lukte, werd de brand gestart met benzineontsteking. Brandweertieners wachtten tien minuten na de eerste brandmelding door de rookmelders. Het blusmiddel werd getest en de test eindigde zodra de batterijtemperatuur gezakt was naar 50 °C. Uit de testen bleek dat het waterverbruik lager lag bij de brandbestrijdingssystemen gericht op directe koeling van het batterijpakket. Een lager waterverbruik is wenselijk op schepen omwille van de beperkte capaciteit die meegenomen kan worden vanwege de noodzakelijke gewichtsbepijking en de benodigde stabiliteit. Uit de testen blijkt dat elk van de geteste systemen voor- en nadelen heeft.

1.3.1 Auto-blusdeken

Auto-blusdekens zijn effectief gebleken bij branden met conventionele voertuigen. Op een schip wordt de toepassing ervan wel enigszins bemoeilijkt door de krappe ruimte. Een auto-blusdeken bleek niet te kunnen tegenhouden dat een elektrisch voertuig uitbrandde, onder meer door de vrijkomende hitte vanuit het batterijpakket. Op het moment dat de deken werd aangebracht, was de temperatuur opgelopen tot 886 °C. Na het plaatsen van de deken was een temperatuurafname waarneembaar, maar na enkele minuten steeg de temperatuur weer tot 680 °C. Van belang voor de effectiviteit van de auto-blusdeken is dat er nog geen branduitbreiding of vlamoverslag is geweest. In dit geval was dat binnen 10 minuten echter al gebeurd en kwamen er na aanbrengen van de deken nog vlammen door de deken heen. Wel had de deken een gunstige uitwerking op de omgevingstemperatuur; zo daalde de temperatuur aan het plafond aanzienlijk.

1.3.2 Bluslans met sledgehammer

Het werken in een krappe ruimte bemoeilijkt het toepassen van de sledgehammer enigszins; bovendien moet men weten waar de batterij zich bevindt. Het kostte enige tijd, in dit geval 4 minuten, om het batterijpakket te bereiken en alles te installeren. Directe batterijkoeling bleek efficiënt te koelen, maar was niet in staat de vlammen in het voertuig te blussen. Het oorspronkelijke doel van dit instrument was overigens ook na-koeling van de batterij nadat de vlammen waren gedoofd.

1.3.3 Rosenbauer penetratiepen

Voordeel van dit instrument is dat voor het inzetten ervan slechts een minimale tijd rondom het brandende voertuig nodig is. Bij één type voertuig was de hoogte van de pen echter niet toereikend om het pakket te doorboren, waarna de banden zijn lek geprikt. Een directe temperatuurafname was zichtbaar na activatie van het water door de pen, maar na 4,5 minuut steeg de temperatuur weer. De temperatuur steeg zelfs tot boven de temperatuur bij activatie. Dit falen kan veroorzaakt zijn door scheuren van het batterijpakket, waardoor het geïnjecteerde water wegliep. Hieruit blijkt dat voor een correcte werking van dit systeem de behuizing van het batterijpakket in tact moet blijven. Dit systeem werkt verder alleen met een vast enkel batterijpakket onder het voertuig en niet of minder goed als er meerdere afzonderlijke batterijpakketten zijn.

1.3.4 Watermistgordijn evenwijdig aan portieren

Een mistgordijn op wieltjes is bedoeld om de directe omgeving te koelen. Het was dan ook onwaarschijnlijk dat dit systeem de batterij zou koelen, en dat bleek ook in de test. Temperaturen boven 500 °C waren al bereikt voordat het mistgordijn werd geplaatst. Op de 'blinde vlekken' van het systeem werd geen water gespoten. Hoewel binnen drie minuten het hele voertuig onder de watermist zat, bleef het vuur zich uitbreiden. Verder kan inzet van dit instrument behoorlijk lastig zijn op een krappe plek.

1.3.5 Watersproeier op stang

Dit systeem maakt ook een watermist, maar dan vanaf een stang op de grond die naast het voertuig wordt gelegd. De watersproeier slaagde erin om na enkele minuten de omgevings-temperatuur te laten zakken. In dit experiment was het niet gelukt om het batterijpakket in thermal runaway te brengen en daarom kon het koelend effect op het batterijpakket niet goed worden vastgesteld. Men vermoedt echter dat dit systeem ook niet in staat zou zijn geweest om de batterij actief te koelen.

1.3.6 Lagedruk watermiststelsysteem

Een lagedruk watermiststelsysteem met zes sproeikoppen is boven de auto's geplaatst. Het is 7,5 minuut na het eerste alarmsignaal geactiveerd. Na activatie van het systeem werd een temperatuurafname in batterijpakket waargenomen. Men vermoedt echter dat dit vooral te danken was aan gunstige – niet representatieve – omstandigheden ten tijde van het experiment. In ieder geval bleek het systeem wel effectief in het afschermen van de omgeving.

1.4 Hoofdstuk 4: Brandoefeningen

Doel van dit deel was het beoordelen van huidige brandoefeningen en het identificeren van ontwikkelpunten voor aanvullende trainingen voor het omgaan met branden van elektrische voertuigbranden.

Richtlijnen voor maritieme brandbestrijding staan in de “Safety of Life at Sea” Convention (SOLAS) van de International Maritime Organization (IMO) en trainingscertificaten staan in de “Seafarers' Training, Certification and Watchkeeping” (STCW).

In dit hoofdstuk wordt geadviseerd om realistische trainingsoefeningen aan de crew te bieden om het verschil te ervaren tussen een conventionele en elektrische voertuigbrand. Zowel menselijke als technische aspecten moeten hierin naar voren komen. De locatie van de brand is in de eerste fase van brandbestrijding minder van belang. Aanbevolen wordt aandacht te hebben voor detectie en verificatie van de hand van bewakingsbeelden, het omgaan met sprinklers en met de rook.

1.5 Hoofdstuk 5: Conclusie

In dit hoofdstuk worden de uitkomsten van hoofdstuk 1 tot en met 4 nog een keer samengevat. Verder worden drie uitspraken gedaan:

- > Er is geen verhoogd risico op elektrocutie door het metalen scheepsdek, hetgeen is gebaseerd op het ontbreken van signalen in die richting en het ontbreken van bekende casussen.
- > Hoewel de temperatuur door het batterijpakket hoger wordt, is de hitte is niet zo groot dat de vloer smelt.
- > Met de juiste procedures, training en gereedschap is een voertuigbrand beheersbaar.

Verder worden de volgende aandachtspunten genoemd met betrekking tot de bestrijding van een elektrische voertuigbrand opzichte van conventionele voertuigbrand:

- > Investeer in aanvullende specialistische training voor crewleden.
- > Ontwikkel post-fire procedures met het oog op risico op herontsteking van het batterijpakket en beperking van blootstelling aan gevaarlijke stoffen.
- > Implementeer de mogelijke inzet van (nieuwe) brandbestrijdings- en detectietechnieken ook in de procedures van het laden en lossen van voertuigen en het ontwerp van het voertuigendek.

De eindconclusie van het rapport is als volgt:

Alle elektrische voertuigbranden binnen het project bleken beheersbaar. Met de juiste technieken, training en instrumenten kan het risico beheersbaar blijven en hoeft er geen angst of belemmering te zijn om elektrische voertuigen te vervoeren.

2 Discussie

In het ELBAS-rapport wordt geconcludeerd dat elke elektrische voertuigbrand in het onderzoek beheersbaar was en dat er daarom geen angst hoeft te zijn voor dit type incident. Beheersbaar in dezen wil zeggen dat het voertuig kon worden geblust met de geteste interventietechnieken, waardoor verdere escalatie kon worden voorkomen. Er wordt beweerd dat het niet gevaarlijker is om met elektrische voertuigen te varen dan met conventionele voertuigen, maar tegelijkertijd wordt benadrukt dat met name de effecten van een elektrische voertuigbrand ernstiger zijn en dat daarom aanvullende mitigerende maatregelen en brandbestrijdingsprocedures nodig zijn. Hiertoe wordt in het rapport een opsomming van maatregelen gegeven die meer vragen van de brandbestrijders en crew op het schip. Het ontbreekt op dit moment echter nog aan een goed gestructureerde argumentatie of een eenduidige en duidelijke optimale inzetstrategie, waarmee bereikt moet worden dat er inderdaad niets te vrezen is. Daarnaast werken de geteste blussystemen niet onder alle omstandigheden, wat betekent dat er altijd een combinatie van meerdere systemen voorhanden moet zijn. In het rapport wordt dit ook zo vermeld, namelijk dat een combinatie van instrumenten, sprinkler en brandweertactieken effectief is bij de bestrijding.

De voorgestelde maatregelen in het rapport zijn ons inziens een eerste aanzet en nog niet perfect uitgewerkt, hetgeen ook door de auteurs wordt aangegeven. Wat duidelijk naar voren komt is dat het scheepspersoneel en de brandweer razendsnel moeten kunnen optreden en daarbij ook nog over specialistische vaardigheden en gereedschap moeten beschikken. Dit vergt waarschijnlijk veel organisatorische maatregelen en investeringen. Het pakket aan maatregelen dat in het ELBAS-rapport wordt geadviseerd is fors. In dat geval zou al het boordpersoneel extra geschoold moeten worden en op alle schepen brandveiligheidsvoorzieningen moeten worden ingebouwd voor een incident dat relatief weinig voorkomt.

Verder ligt de nadruk op het voorkomen van branduitbreiding en verdere escalatie. Als men hierin slaagt, dan is het schip gered. Voor het scenario waarin branduitbreiding echter al heeft plaatsgevonden, blijft alleen complete evacuatie van het schip nog over. De primaire voorwaarde voor het slagen van de brandweerinzet is dus een snelle melding. Het scenario begint namelijk klein, maar kan zich snel uitbreiden. Bij een snelle melding is het nog mogelijk om een brandweerinzet te doen. Zodra het incident zich heeft uitgebreid en is geëscaleerd, zijn er op open zee geen repressieve mogelijkheden meer. Dit maakt dat het moment van ingrijpen cruciaal is bij een elektrische voertuigbrand op een veerboot.

Het is in principe niet wenselijk om de veiligheidsproblematiek die intrinsiek is aan een systeem af te schuiven op de repressieve dienst (de brandweer). Dit geldt zeker wanneer hieruit een moeizaam beheersbare situatie voortvloeit, zoals het geval is bij de thermal runaway van een elektrisch voertuig in een beperkte ruimte. De repressieve dienst fungeert namelijk als een vangnet en niet als primaire 'line of defence'. Hoewel de brandweer bij elk incident op zal treden, moet men zich realiseren dat er beperkingen zijn aan scholing, materieel en oefening voor brandweermensen. De brandweer heeft weliswaar een inspanningsverplichting, maar geen resultaatverplichting.

Tijdens een thermal runaway worden hitte en een grote hoeveelheid brandbare en toxische gassen geproduceerd. Kenmerkend voor dit intrinsieke veiligheidsprobleem is dat een thermal runaway zichzelf in stand houdt, onder meer doordat de hitteproductie zichzelf versterkt. Tegelijkertijd zijn de batterijcellen verpakt door een stevige behuizing, waardoor koelwater amper bij de cellen in de buurt kan komen, wat koeling van buitenaf zeer moeizaam maakt. Op dit moment speelt dit probleem bij de repressieve dienst, omdat er nog geen effectieve preventieve maatregelen in elektrische voertuigen bestaan die altijd een thermal runaway kunnen voorkomen of de effecten daarvan kunnen beperken. Wel zijn er nieuwe batterijtypen in ontwikkeling die de kans op en effecten van een thermal runaway moeten beperken; met name van de zogeheten solid-state batterij zijn de verwachtingen hoog. Uit onze (nog niet gepubliceerde) studie naar nieuwe batterijtypen blijkt echter dat een thermal runaway niet volledig kan worden uitgesloten (Brans, 2023). Het zal bovendien nog lang duren voordat de meerderheid van de elektrische voertuigen van nieuwe batterijtypen is voorzien.

Een direct implementeerbare brandpreventieve maatregel aan de risicobron is vooralsnog het varen met minder elektrische voertuigen, waardoor de onderlinge afstand groter is en de kans op verdere escalatie wordt verlaagd. Ook is er meer ruimte om een eventuele brand te bestrijden; er staan dan immers minder auto's op het dek. Standaard varen met grotere tussenafstanden tussen elektrische voertuigen betekent echter wel een capaciteitsverlies van de ferry voor wat betreft het aantal voertuigen. Deze maatregel wordt daarom in het ELBAS-rapport geadviseerd voor rustige perioden wanneer het goed mogelijk is om minder auto's te vervoeren.

Literatuurlijst

Brans, H. (2023). NIPV. *Toekomstverkenning Batterijtypen en Veiligheid*. Nog niet gepubliceerd.

IFV (2021). [Brandveiligheid van parkeergarages met elektrisch aangedreven voertuigen](#).

Kleiman, A.B., Koch, N.S., Flecknoe-Brown, K.W. et al. (2023). [Electric Vehicle fires at sea: New technologies and methods for suppression, containment, and extinguishing for battery car fire on board ships \(ELBAS\)](#). Danish Institute of Fire and Security Technology (DSI)..

NIPV (2023). [Scenarioboek Energietransitie Omgevingsveiligheid](#), scenariokaart 'Thuisbatterij in woning'.

Uitlegvideo IMO, SOLAS richtlijn <https://www.youtube.com/watch?v=Oylj-OaD02o>.