

TNO-rapport**TNO 2020 R10134****Risico's in parkeergarages ten gevolge van
elektrisch en waterstof aangedreven
personenauto's - Internationale Inventarisatie****Buildings, Infrastructure &
Maritime**Stieltjesweg 1
2628 CK DELFT
Postbus 155
2600 AD DELFTwww.tno.nl

T +31 88 866 20 00

Datum 6 februari 2020

Auteur(s) Dr. ir. Y.J. van Straalen

Exemplaarnummer

Oplage

Aantal pagina's 35 (incl. bijlagen)

Aantal bijlagen

Opdrachtgever

Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
Directie Bouwen & Energie
Postbus 20011

2500 EA DEN HAAG

Projectnaam

Brandveiligheid parkeergarages

Projectnummer

060.41500

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2020 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Nadere analyse van belang zijnde risico's bij brand in een parkeergarage in geval van elektrisch en waterstof aangedreven personenauto's	4
2.1	Toelichting op risico's in geval van een brand in een parkeergarage	4
2.2	Elektrisch aangedreven personenauto's	5
2.3	Waterstof aangedreven personenauto's.....	6
3	Ontwikkeling in de bouwregelgeving van andere landen rekening houdend met veranderende risico's in parkeergarages	8
3.1	Vaststellen van huidige stand van zaken	8
3.2	Samenvatting belangrijkste observaties per land	8
3.3	Belangrijkste observaties.....	11
4	Conclusies en aanbevelingen	12
4.1	Veranderende risico's	12
4.2	Elektrisch aangedreven personenauto's	12
4.3	4.3_Waterstof aangedreven personenauto's	13
5	Literatuur	14
6	Ondertekening	15
7	BIJLAGE A - INQUIRY FROM NETHERLANDS ON FIRES WITHIN PARKING GARAGES BY VEHICLES POWERED BY ELECTRICITY AND HYDROGEN (27 SEP 2019)	16

1 Inleiding

In verband met de verduurzaming van de energievoorziening treedt er een verschuiving op van fossiele brandstof aangedreven personenauto's¹ naar elektrisch en waterstof aangedreven personenauto's. Dit kan gevolgen hebben voor de wijze waarop de brandveiligheid in parkeergarages in de nabije toekomst gegarandeerd zal worden. Dit, omdat de brandscenario's en de daarbij behorende risico's voor elektrisch en waterstof aangedreven personenauto's afwijkt van die van op fossiele brandstof aangedreven personenauto's. In dit kader heeft het ministerie van BZK aan TNO de opdracht gegeven om na te gaan wat uit de literatuur bekend is over deze risico's en hoe in de bouwregelgeving van andere landen rekening is gehouden met deze veranderende risico's in parkeergarages. In hoofdstuk 2 is op basis van resultaten van in de literatuur beschikbare onderzoeken een nadere analyse gegeven van de van belang zijnde risico's. In hoofdstuk 3 zijn de resultaten gegeven van een onderzoek op basis van een vragenlijst voorgelegd aan de leden van de Inter-jurisdictional Regulatory Collaboration Committee (IRCC), waarin is nagegaan hoe in de bouwregelgeving van de landen die de leden vertegenwoordigen, rekening wordt gehouden met deze veranderende risico's in parkeergarages. Omdat deze risico's nog maar beperkt of niet zijn meegenomen in de bestaande bouwregelgeving, is tevens nagegaan of en welke acties in deze landen voorzien zijn om tot een inventarisatie van risico's te komen.

Tenslotte zijn in hoofdstuk 4 de conclusies getrokken en zijn aanbevelingen gedaan hoe om te gaan met de doorontwikkeling van de regelgeving voor brandveiligheid in parkeergarages, rekening houdend met de toenamen van elektrisch en waterstof aangedreven personenauto's. Deze aanpak kan als input dienen voor de NEN-werkgroep 3510070016 'Integrale brandveiligheid P-garages'.

Opgemerkt wordt dat in dit rapport alleen wordt ingegaan op de risico's die verband houden met de veiligheid van aanwezige personen in de parkeergarage en eventueel bovenliggende gebouw en niet op de risico's die verband houden met het optreden voor hulpdiensten. Daarnaast wordt er in dit rapport geen nadere aandacht besteedt aan personenauto's die door LPG (liquid petroleum gas) of CNG (compressed natural gas) worden aangedreven.

¹ In voorliggend rapport wordt consequent gesproken over personenauto's, maar daarmee is impliciet verondersteld dat dit ook het beperktere aantal bestelbusjes betreft die in parkeergarages staan.

2 Nadere analyse van belang zijnde risico's bij brand in een parkeergarage in geval van elektrisch en waterstof aangedreven personenauto's

2.1 Toelichting op risico's in geval van een brand in een parkeergarage

De inzichten in de risico's die optreden in parkeergarages voor de fossiel aangedreven personenauto's zijn nader onderzocht door Van der Leur (2015). Op basis van verschillende onderzoeken uitgevoerd in de voorafgaande decennia, komt hij tot de conclusie dat in de loop van de tijd de risico's in parkeergarages ten gevolge van brand zijn toegenomen en nog altijd toe nemen, met name vanwege de toepassing van meer kunststoffen in personenauto's. Vanwege de snellere ontwikkeling van een brand in een personenauto met een hoger vrijkomend vermogen, een grotere totale verbrandingsenergie en het effect van een "travelling fire", neemt de kans op grote, langdurige branden in een parkeergarage toe. Dit blijkt zowel uit de statistiek van branden in parkeergarages in de afgelopen decennia, als uit brandtesten op verschillende type personenauto's. Daarnaast geeft Van der Leur (2015) ook aan dat er een onderscheid is te maken tussen open en gesloten parkeergarages, maar dat er een toename van risico's voor beide type garages is. Van der Leur (2015) concludeert dat in de literatuur een groeiende toepassing wordt gesignaleerd van op alternatieve energie aangedreven personenauto's, maar zonder de risico's concreet te onderzoeken en conclusies te trekken of dit aanleiding moet geven tot aanpassing van de ontwerpvoorschriften of gebruiksbependingen.

De Rijksoverheid en TNO (2014) hebben op basis van de kennis van die tijd een factsheet met relevante informatie over de veiligheid van elektrisch aangedreven voertuigen opgesteld. Een aantal feiten heeft betrekking op de brandveiligheid van elektrisch aangedreven auto's en laadpalen. In de afgelopen jaren heeft het IFV verschillende literatuuronderzoeken uitgevoerd naar de risico's die horen bij de verschuiving van fossiele brandstof aangedreven auto's naar elektrisch en waterstof aangedreven auto's. Zie met name Rosmuller en Vogel (2016), en Flohr en Rosmuller (2018). Daarnaast geven Rosmuller e.a. (2019) een samenvatting van de risico's specifiek in parkeergarages en een nadere discussie over de mogelijke gevolgen voor de brandveiligheid in parkeergarages.

In dezelfde periode zijn door RIZE Fire Research (Noorwegen en Zweden) nadere studies uitgevoerd naar de risico's van personenauto's aangedreven door alternatieve energiedragers op de brandveiligheid van parkeergarages. In opdracht van de Noorse overheid, Direktorat for byggkvalitet (DiBK), zijn in de afgelopen jaren de volgende rapporten opgesteld: Reitan e.a. (2016), Bøe (2017), Bøe (2018), Bøe en Reitan (2018), en Brandt en Glansberg (2019). Deze rapporten zijn in het Noors en bevatten een korte Engelse samenvatting. In dezelfde periode is door RIZE Fire Research ook een onderzoek uitgevoerd voor de Nordic Road Association (NVF), dat geheel in het Engels is gerapporteerd (Gehandler e.a., 2017) met een vergelijkbare strekking als de onderzoeken uitgevoerd voor de Noorse overheid.

Op basis van de informatie uit deze rapporten ontstaat een beeld over wat de huidige kennis van zaken is aangaande de risico's bij brand in parkeergarages ten gevolge van de verschuiving van op fossiele brandstof aangedreven personenauto's naar elektrisch en waterstof aangedreven personenauto's. In het

vervolg van dit hoofdstuk is daar een uiteenzetting over gegeven. Daarbij is het risico gedefinieerd als de kans dat een brand optreedt maal het effect van de brand, waarbij de mogelijke scenario's waarop de brand zich kan ontwikkelen in beschouwing zijn genomen.

2.2 Elektrisch aangedreven personenauto's

Elektrisch aangedreven personenauto's zijn te onderscheiden in hybride (elektrisch en fossiele brandstof) en volledig elektrisch aangedreven personenauto's. In totaal zijn er in Nederlands 8,5 miljoen personenpersonenauto's (jaar 2019) waarvan 94 duizend hybride aangedreven personenauto's en 45 duizend volledig elektrisch aangedreven personenauto's. De toegepaste accu's zijn over het algemeen lithium-ion accu's. Naar verwachting zal het totale aantal elektrisch aangedreven personenauto's de komende decennia significant toenemen.

Er zijn meerdere oorzaken te onderscheiden bij het ontstaan van een brand in een personenauto in een parkeergarage. Deze kan veroorzaakt worden ten gevolge van een mankement in de personenauto, door brandstichting of door ontsteking door een nabij gelegen brandende personenauto of deel van het gebouw. Over de kans dat een elektrisch aangedreven personenauto ontbrandt door een mankement in de personenauto is geen statistische data beschikbaar. Rosmuller en Vogel (2016) stellen op basis van literatuur dat de kans dat de accu zelf tot ontbranding komt uiterst klein is. Dat een accu kan ontbranden na een botsing waarbij de accu beschadigd, speelt geen rol in een parkeergarage waar de snelheden van een personenauto beperkt zijn. Wel is duidelijk dat het opladen van de accu een kritiek moment is voor de kans op ontbranding van de auto en vandaar dat er in zowel de personenauto als de oplaadinstallatie verschillende maatregelen zijn genomen om deze kans te beperken. De Rijksoverheid en TNO (2014) geven reeds aan dat de procedure van het opladen van een elektrisch aangedreven personenauto dusdanig is dat de brandveiligheid voldoende is geborgd. Wel is aangegeven dat er nog vragen zijn omtrent de veiligheid bij het omrijden van een laadpaal. Brandt en Glansberg (2019) hebben nader onderzoek gedaan naar de brandveiligheid bij opladen in parkeergarages. Op basis van statistische analyse van data en literatuuronderzoek komen zij tot de conclusie dat het opladen van een elektrisch aangedreven personenauto in een parkeergarage niet leidt tot een grotere kans op brand. Blijkbaar zijn de eisen die worden gesteld aan oplaadpunten adequaat genoeg, mist de richtlijnen van autofabrikanten en producenten van laadstations worden opgevolgd. Hoewel de onderzoeken van RIZE Fire Research het niet aangeven, ligt het in de lijn der verwachting dat de kans dat een elektrische personenauto tot ontbranding komt ten gevolge van een brandstichting of door een ontsteking door een nabij gelegen brandende personenauto vergelijkbaar is met die voor een door fossiele brandstof aangedreven personenauto. Dit vanwege de vergelijkbare samenstelling van toegepaste materialen in de auto.

Aangaande de gevolgen van een brand van een elektrisch aangedreven personenauto, komt Gehandler e.a. (2017) tot de conclusie dat de ontwikkeling van een brand in een elektrisch aangedreven personenauto niet slechter is dan van een fossiel aangedreven personenauto. In haar onderzoeken komt het IFV tot een vergelijkbare conclusie. Wel moet er rekening mee worden gehouden dat een brand van een accu langdurig is, moeilijk te blussen en na blussing mogelijk opnieuw kan ontstaan. Bij een brand van een accu kunnen giftige en brandbare stoffen vrijkomen. Verder geven Reitan e.a. (2016) en Bøe, A.G. (2018) aan dat actieve

blusmiddelen naar verwachting wel een positief effect hebben op het beperken van de ontwikkeling van de brand.

2.3 Waterstof aangedreven personenauto's

Waterstof aangedreven personenauto's hebben een brandstofcel in combinatie met een accu. De toepassing van een verbrandingsmotor wordt niet langer gezien als een optie, omdat deze energetisch inefficiënt is. De waterstof is opgeslagen in een gastank. Het aantal waterstof aangedreven personenauto's in Nederland is vooralsnog zeer beperkt (ca. 150 personenauto's medio 2019) en het is nog onduidelijk welke aantallen in de toekomst te verwachten zijn.

Gezien het beperkte aantal waterstof aangedreven personenauto's zijn er geen conclusies te trekken over de kans bij het ontstaan van een brand in een personenauto in een parkeergarage. Wel gaan Gehandler e.a. (2017), Bøe en Reitan (2018), en Flohr en Rosmuller (2018) nader in op de mogelijkheid dat waterstofgas uit de tank kan lekken en in een gesloten ruimte vervolgens gemakkelijk kan ontbranden of exploderen. In geval een ventiel bezwijkt zal in korte tijd de gehele inhoud van de tank vrijkomen en zich mengen met de lucht.

Vervolgens is er maar een enkele ontstekingsbron nodig om de mengsel te laten exploderen. Dit speelt vooral in afgesloten parkeergarages. Afhankelijk van omstandigheden zoals de grootte van de ruimte, kan een dergelijke explosie tot schade aan de constructie leiden en slachtoffers (gewonden en/of doden) tot gevolg hebben. Daarnaast is er nog de mogelijkheid dat slechts kleine hoeveelheden waterstofgas uit de tank lekken. In dat geval zal het waterstofgas bijvoorbeeld door het ventilatiesysteem worden afgevoerd, maar het waterstofgas kan zich ook mengen met lucht en zich ophopen in bijvoorbeeld delen van een auto. Ook daarbij kan zich een (bescheidener) explosie voordoen.

Verwijzend naar de publicatie FM Global (2012) suggereren Gehandler e.a. (2017) daarbij dat waterstofgas niet in een ruimte mag zijn opgesloten. Of dit dan ook betekent dat waterstof aangedreven personenauto's geweerd moeten worden uit parkeergarages, laten zij in het midden.

Over de gevolgen van een brand geven Gehandler e.a. (2017), Bøe en Reitan (2018), en Flohr en Rosmuller (2018) eveneens een nadere uiteenzetting. Indien bij een brand de gastank verhit wordt, zijn er twee scenario's te onderscheiden. Bij het gewenste scenario zal een veiligheidsventiel (twee zijn aanwezig per gastank) bij een bepaalde verhoogde temperatuur zich openen waardoor het in de tank aanwezige gas vrijkomt. Daarbij ontstaat een grote steekvlam. Deze kan gevaarlijk zijn voor eventueel aanwezige personen en kan nabij gelegen personenauto's tot ontbranding brengen, mede afhankelijk van de richting van de steekvlam (verticaal of in een horizontaal vlak). Wat voor gevolg dit heeft voor het verloop van de brand in een parkeergarage is onduidelijk. Bij het ongewenste scenario functioneren de veiligheidsventielen niet en zal bij toenemende temperatuur de gascilinder exploderen waarvan de omvang bepaald is door de in de gascilinder aanwezige druk en resulteren in een vuurbol. Een explosie van het waterstofgas wordt niet verwacht, omdat het waterstofgas niet de tijd heeft zich te mengen met lucht. De explosie heeft tot gevolg dat de constructie beschadigd en kan mogelijk slachtoffers tot gevolg hebben. Fabrikanten van waterstof aangedreven auto's streven ernaar de kans op het tweede scenario voldoende klein te krijgen.

In geval van een explosie zal de constructie van een parkeergarage voldoende weerstand moeten bieden. In de huidige Eurocode NEN-EN 1991-1-7 (2006) is in

hoofdstuk 5 alleen de eis gesteld in geval explosieve gassen ontploffingen kunnen veroorzaken in een gebouw. Er is echter geen nadere bepalingsmethode opgenomen. Daarvoor wordt momenteel wel een aanzet uitgewerkt in ISO-verband door Work Group 4 van de Technical Committee ISO/TC 98, "Basis for design of structures, Subcommittee SC 3, Loads, forces and other actions", dat moet leiden tot de norm ISO 10352 "Basis for design of structures — Accidental actions". Specifieke rekenregels voor explosies in een parkeergarage ten gevolge van waterstof aangedreven personenauto zullen op basis van deze norm verder uitgewerkt moeten worden. (Deze informatie is aangereikt door prof.ir. A. Vrouwenfelder, voorzitter van Work Group 4.)

Verder geven Reitan e.a. (2016) en Bøe, A.G. (2018) aan dat gasdetectie een mogelijkheid is om tijdig uitstromend gas te detecteren. Daarnaast suggereren zij dat er ook aanvullende maatregelen genomen kunnen worden om te voorkomen dat de aanwezige elektrische installatie een ontstekingsbron zijn. En zij geven aan dat actieve blusmiddelen naar verwachting een positief effect hebben op het beperken van de ontwikkeling van de brand.

3 Ontwikkeling in de bouwregelgeving van andere landen rekening houdend met veranderende risico's in parkeergarages

3.1 Vaststellen van huidige stand van zaken

Om een beeld te krijgen hoe in de bouwregelgeving van andere landen met veranderende risico's in parkeergarages wordt omgegaan, is een vragenlijst opgesteld en rondgestuurd naar de leden van de Inter-jurisdictional Regulatory Collaboration Committee (IRCC, www.ircc.info). Zij zijn betrokken bij het tot stand komen van de bouwregelgeving in de landen Australië, Canada, China, Duitsland, Engeland, Japan, Nederland, Nieuw Zeeland, Noorwegen, Oostenrijk, Scotland, Singapore, Spanje, Verenigde Staten en Zweden. Van deze landen hebben alleen China en Engeland niet gereageerd.

De vragen hebben betrekking op de huidige bouwregelgeving voor parkeergarages, hoe de landen omgaan met het vraagstuk van de veranderende risico's en welke onderzoeken bekend zijn die ingaan op deze risico's. Zowel de vragen als de antwoorden zijn in bijlage A per land opgenomen. De belangrijkste observaties zijn in het vervolg van dit hoofdstuk per land samengevat.

3.2 Samenvatting belangrijkste observaties per land

3.2.1 *Australië (ABCB, Australian Building Code Board)*

De brandveiligheid van parkeergarages moet voldoen aan de eisen volgens de bouwcode (NCC 2019, National Construction Code) waarin specifieke eisen zijn uitgewerkt voor parkeergarages. De code maakt geen nader onderscheid naar verschillende type brandstof en elektrisch aangedreven personenauto's, maar de omvang van de brandlast moet wel worden vastgesteld. Aangaande herziening van de regelgeving voor brandveiligheid van parkeergarages geeft ABCB aan dat zij momenteel kijkt naar de eisen te stellen aan laadstations. Vanwege een heroverweging van de eisen aangaande brandveiligheid in bredere zin, zou de ABCB kunnen overwegen om de brandlast van een elektrische personenauto nader uit te werken.

3.2.2 *Canada (NRC, National Research Council)*

De brandveiligheid van parkeergarages moet voldoen aan de eisen volgens de nationale bouw en brand codes (National Building Code (NBC) en de National Fire Safety Code (NFC)), die met of zonder aanpassing onderdeel vormen van de lokale regelgeving die van kracht is. In de NBC 2015 Division B Part 3 zijn de eisen vastgelegd voor grotere parkeergarages (> 600 m²) en in Part 9 voor kleinere gebouwen. Aan parkeergarages wordt wel een eis gesteld aan de omvang van de maximale brandlast (50 kg/m² of 1.200 MJ/m² vloeroppervlakte), maar er is geen nader onderscheid gemaakt naar verschillende type brandstof en elektrisch aangedreven personenauto's. Verder zijn er geen initiatieven om de regelgeving voor brandveiligheid van parkeergarages te herzien.

3.2.3 *Duitsland (DIBt, Deutsche Institut für Bautechnik)*

De brandveiligheid van parkeergarages moet voldoen aan de eisen volgens de Muster-Garagenverordnung. Daarbij is geen nader onderscheid gemaakt naar verschillende type brandstof en elektrisch aangedreven personenauto's. Wel wordt de verordening aangepast, maar er kan nog niet worden aangegeven wat de inhoudelijke aanpassingen worden en wanneer de verordening beschikbaar komt.

3.2.4 *Japan (MLIT, Ministry of Land, Infrastructure and Tourism)*

De brandveiligheid van parkeergarages moet voldoen aan de eisen volgens de bouwwet (Building Standards Law), waarbij voor bepaalde situaties moet worden voldaan aan specifieke eisen gesteld in een ministeriële regeling voor brandweerstand (Cabinet Ordere concering resistive performance). Daarbij is geen nader onderscheid gemaakt naar verschillende type brandstof en elektrisch aangedreven personenauto's. Er zijn geen initiatieven om de regelgeving voor brandveiligheid van parkeergarages te herzien.

3.2.5 *Nederland (TNO)*

De brandveiligheid van parkeergarages moet voldoen aan de eisen volgens het Bouwbesluit 2012. Daarbij is geen nader onderscheid gemaakt naar verschillende type brandstof en elektrisch aangedreven personenauto's. Momenteel is een norm in ontwikkeling voor het beoordelen van de brandveiligheid in parkeergarages.

3.2.6 *Nieuw Zeeland (MBIE, Ministry of Business, Innovation & Employment)*

De brandveiligheid van parkeergarages moet voldoen aan de eisen volgens de Nieuw Zeelandse bouwcode (New Zealand Building Code). Het is toegestaan om gebruik te maken van de geaccepteerde oplossingen waarin een aantal specifieke regels zijn opgenomen voor parkeergarages. Daarbij is geen nader onderscheid gemaakt naar verschillende type brandstof en elektrisch aangedreven personenauto's. Er zijn geen initiatieven om de regelgeving voor brandveiligheid van parkeergarages te herzien. Wel zal er vanaf maart 2020 een onderzoek starten in Nieuw Zeeland naar de effecten van elektrisch aangedreven personenauto's.

3.2.7 *Noorwegen (DIBK, Direktoratet for byggkvalitet)*

De brandveiligheid van parkeergarages moet voldoen aan de functionele eisen volgens de planning- en bouwwet, die voor parkeergarages zijn nader zijn uitgewerkt in de technische eisen voor bouwwerken (Byggteknisk forskrift – TEK10, 2010). Daarbij is geen nader onderscheid gemaakt naar verschillende type brandstof en elektrisch aangedreven personenauto's. DiBK houdt er rekening dat zij de regelgeving voor brandveiligheid van parkeergarages zal herzien indien een onderzoek dat momenteel door RIZE Fire Research wordt uitgevoerd (Brandt en Glansberg, 2019) daartoe aanleiding geeft.

3.2.8 *Oostenrijk (OIB, Österreichisches Institut für Bautechnik)*

De brandveiligheid van parkeergarages moet voldoen aan de eisen volgens de OIB richtlijn (OIB Guideline 2.2 Brandschutz bei Garagen, überdachten Stellplätzen und Parkdecks, 2019). Voor waterstof aangedreven personenauto's is expliciet aangegeven dat deze niet toelaatbaar zijn in situaties met bovenliggende ruimten met een andere functie en in geval van ondergrondse parkeergarages. Tevens moet een nader beschreven brandveiligheidsconcept worden gevolgd. Voor elektrisch aangedreven personenauto's zijn geen aanvullende eisen gesteld. OIB geeft aan dat de huidige regelgeving voor brandveiligheid van parkeergarages

rekening houdt met de effecten van elektrisch en waterstof aangedreven personenauto's in geval van brand. In aanvulling op de beantwoording van de vragen van bijlage A, heeft OIB de volgende motivatie gegeven voor de invulling van de OIB richtlijn. Er is de politieke afweging gemaakt tussen de wens voor CO2 neutrale mobiliteit en de noodzaak van een brandveilige omgeving. Aangaande elektrisch aangedreven personenauto's is men tot de conclusie gekomen dat er in vergelijking met fossiel aangedreven personenauto's (1) geen toenemend aantal branden is geconstateerd, (2) de brandlast niet hoger is, (3) het risico voor de brandweer bij het blussen van de brand niet hoger is en (4) de brandweer in staat is om een brand te blussen (bijvoorbeeld door onderdompeling van de accu in een bak met water). Aangaande waterstof aangedreven auto's stelt men dat vrijkomend waterstofgas weliswaar gemakkelijk zal worden afgevoerd door de ventilatie, maar dat de kans op ontsteking van vrijkomend waterstofgas dusdanig hoog is en de gevolgen dusdanig groot zijn, dat het in de huidige situatie niet gewenst is dat waterstof aangedreven personenauto's in situaties met bovenliggende ruimten met een andere functie en in geval van ondergrondse parkeergarages aanwezig zijn.

3.2.9 *Schotland*

De brandveiligheid van parkeergarages moet voldoen aan de eisen volgens de bouwregelgeving (Building regulations, 2004) die nader zijn uitgewerkt in het technische handboek voor gebouwen niet voor bewoning bedoeld (Building standards technical handbook, 2019: non-domestic). Daarin wordt onderscheid gemaakt tussen open parkeergarages en gebouwen voor opslag. Het technische handboek maakt geen nader onderscheid naar verschillende type brandstof en elektrisch aangedreven personenauto's, maar stelt wel dat de eisen alleen van toepassing zijn voor parkeergarages bedoeld voor personenauto's of bestelauto's lichter dan 2.500 kg. Er zijn geen initiatieven om de regelgeving voor brandveiligheid van parkeergarages te herzien.

3.2.10 *Singapore (SCDF, Singapore Civil Defence Force)*

De brandveiligheid van parkeergarages moet voldoen aan de eisen van de brandvoorschriften (Fire Code 2018) voor de categorie gebouwen voor opslag. Daarbij is geen nader onderscheid gemaakt naar verschillende type brandstof en elektrisch aangedreven personenauto's. Vooralsnog zijn er geen initiatieven om de regelgeving voor brandveiligheid van parkeergarages te herzien.

3.2.11 *Spanje (Ministerio de Fomento)*

De brandveiligheid van parkeergarages moet voldoen aan de eisen volgens de Spaanse bouwvoorschriften, waarin geaccepteerde oplossingen voor parkeergarages zijn opgenomen (<https://www.codigotecnico.org/>). Daarbij is geen nader onderscheid gemaakt naar verschillende type brandstof en elektrisch aangedreven personenauto's. Vooralsnog zijn er geen initiatieven om de regelgeving voor brandveiligheid van parkeergarages te herzien.

3.2.12 *Verenigde Staten (ICC, International Code Council)*

De brandveiligheid van parkeergarages moet voldoen aan de eisen volgens de bouwcode (Building Code 2018), waarbij onderscheid is gemaakt tussen open en gesloten garages. De code maakt geen nader onderscheid gemaakt naar verschillende type brandstof en elektrisch aangedreven personenauto's. In de nieuwe bouwcode versie 2021 worden overigens wel eisen gesteld aan elektrische

laadstations door te verwijzen naar de elektrische installatie voorschriften (NFPA 70, UL 2202, UL 2594). Daarnaast zijn in de bouwcode versie 2021 sprinklers verplicht gesteld voor open garages met grotere afmetingen, mede vanwege de hogere vuurlast van moderne personenauto's. Mogelijk zal de Fire Code Action Committee van de ICC zich in de nabije toekomst nader buigen over de effecten van personenauto's met verschillende type brandstof en elektrisch aangedreven personenauto's.

In de Verenigde Staten loopt er momenteel ook nog het onderzoek "Modern Vehicle Hazards in Parking Garages and Vehicle Carriers" binnen de kaders van een NFPA Research Foundation project gestart in 2019. De betrokken research project manager heeft aangegeven dat dit project naar verwachting in mei 2020 zal zijn afgerond en dat de projectresultaten tegen die tijd openbaar beschikbaar zullen komen op de website www.nfpa.org/foundation.

3.2.13 Zweden (Boverket)

De brandveiligheid van parkeergarages moet voldoen aan de eisen volgens de bouwregelgeving Boverket Building Regulations) waarin ook specifieke eisen aan garages worden gesteld. Daarbij is geen nader onderscheid gemaakt naar verschillende type brandstof en elektrisch aangedreven personenauto's. Er zijn geen initiatieven om de regelgeving voor brandveiligheid van parkeergarages te herzien.

3.3 Belangrijkste observaties

In de Verenigde Staten zijn ten behoeve van de brandveiligheid aanvullende eisen gesteld aan laadstations in parkeergarages. Australië overweegt dit te doen. Als enige van de ondervraagde landen eist Oostenrijk dat waterstof aangedreven personenauto's niet toelaatbaar zijn in situaties met bovenliggende ruimten met een andere functie en in geval van ondergrondse parkeergarages.

Tenslotte wordt momenteel in de volgende landen de eisen te stellen aan de brandveiligheid in parkeergarages heroverwogen:

- In Duitsland wordt de verordening aangepast; hiervan is momenteel geen informatie beschikbaar.
- Vanaf maart 2020 wordt in Nieuw Zeeland een onderzoek gestart naar de effecten van elektrisch aangedreven personenauto's.
- Begin 2020 zijn de resultaten van een nieuw onderzoek uitgevoerd door RIZE Fire Research beschikbaar. Mogelijk zal Noorwegen de eisen herzien.
- In de Verenigde Staten buigt een commissie van de ICC zich in de nabije toekomst mogelijk over de effecten van personenauto's met verschillende typeaandrijving.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Veranderende risico's

Het maatschappelijk belang van de verduurzaming van de energievoorziening is groot. Daarmee treedt er een verschuiving op van fossiel aangedreven personenauto's naar elektrisch en waterstof aangedreven personenauto's. Verschillende onderzoeken laten zien dat daarmee de risico's die betrekking hebben op de brandveiligheid in parkeergarage veranderen. Dit heeft betrekking op zowel de kans dat een brand ontstaat als op de gevolgen (scenario's) van een brand. Dit kan invloed hebben op de wijze waarop de brandveiligheidsrisico's in parkeergarages moeten worden gemitigeerd. Daarin speelt brandveiligheidsconcept voor parkeergarages een belangrijke rol. In het huidige concept wordt ervan uitgegaan dat na het ontstaan van een brand deze beperkt blijft tot één of enkele personenauto's, omdat de brand daarna dooft of wordt geblust door de brandweer. Het scenario dat een explosie optreedt, wordt in het huidige concept niet beschouwd.

In de volgende paragrafen zijn de conclusies en aanbevelingen aangaande de risico's bij elektrisch aangedreven personenauto's en waterstof aangedreven personenauto's, separaat beschouwd.

4.2 Elektrisch aangedreven personenauto's

4.2.1 *Conclusies*

De beschouwde onderzoeken van RIZE Fire Research en het IFV geven aan dat naar verwachting de risico's aangaande de brandontwikkeling in geval van elektrisch aangedreven personenauto's vergelijkbaar zijn met die van op fossiele brandstof aangedreven personenauto's. Daarbij is het overigens nog onvoldoende duidelijk of de kans op brand afwijkend is, omdat statistische data van branden in parkeergarages met elektrisch aangedreven personen auto's nog beperkt voor handen is. Wel is duidelijk dat er rekening mee moeten worden gehouden dat een accu langdurig kan blijven branden en na blussing eventueel opnieuw tot ontbranding kan komen, en dat daarbij giftige en brandbare gassen bij vrij kunnen komen.

Het opladen van een elektrisch aangedreven personenauto in een parkeergarage leidt niet tot een grotere kans op brand, mist de richtlijnen van autofabrikanten en producenten van laadstations worden opgevolgd.

In met name Duitsland, Nieuw Zeeland en Noorwegen wordt momenteel aandacht besteed aan de mogelijke aanpassing van de eisen aan de brandveiligheid van parkeergarages ten gevolge van het toenemend aantal elektrisch aangedreven personenauto's. In de huidige regelgeving van Australië en de Verenigde Staten zijn ten behoeve van de brandveiligheid aanvullende eisen gesteld aan laadstations in parkeergarages.

4.2.2 *Aanbevelingen*

Aanbevolen wordt om bij het opstellen van eisen die rekening houden met de aanwezigheid van elektrisch aangedreven personenauto's in parkeergarages, op basis van de huidige inzichten een inschatting te maken van de aan te houden brandvermogens, de tijdsduur van een brand en optreden van een "travelling fire" (overslag van de brand naar meerdere auto's) Daarbij zal ook een inschatting

moeten worden gemaakt van de mogelijkheid of onmogelijkheid om een accubrand te blussen in de praktijk. Tevens wordt aanbevolen om na te gaan in welke mate actieve blusmiddelen kunnen bijdragen tot het beperken van de risico's. Aanbevolen wordt om bij het maken van de nodige afwegingen gebruik te maken van een risicoanalyse. Dit zal moeten resulteren in een aanpassing van het brandveiligheidsconcept voor parkeergarages. Op termijn zal moeten worden nagegaan of de kans op brand in parkeergarages inderdaad niet toeneemt ten gevolge van het groter wordende aantal elektrisch aangedreven personenauto's.

4.3 4.3_Waterstof aangedreven personenauto's

4.3.1 Conclusies

De risico's in parkeergarages in geval van op waterstof aangedreven personenauto's wijkt af van de gangbare risico's in geval van op fossiele brandstof aangedreven personenauto's. Niet alleen de wijze waarop een brand ontstaat kan afwijken, maar ook de ontwikkeling van de brand in verschillende situaties. Er is een mogelijkheid dat een steekvlam ontstaat die andere auto's kan doen ontbranden of er kan een explosie optreden met als gevolg beschadiging van de constructie en een aanvullend risico voor personen. Dit maakt dat de brandveiligheid van parkeergarages waarin waterstof aangedreven personen auto's staan, nader in beschouwing moet worden genomen. Uit de internationale verkenning volgt dat alleen de Oostenrijkse regelgeving voor brandveiligheid van parkeergarages rekening houdt met de aanwezigheid van waterstof aangedreven personenauto's. Deze geeft expliciet aan dat waterstof aangedreven personenauto's niet toelaatbaar zijn in situaties met bovenliggende ruimten met een andere functie en in geval van ondergrondse parkeergarages.

4.3.2 Aanbevelingen

Op basis van de afwijkende ontwikkeling van een brand in een parkeergarage waarin waterstof aangedreven personenauto's aanwezig zijn en de kans dat er sprake kan zijn van een explosie, wordt aanbevolen om een standpunt in te nemen hoe hiermee op de korte en op de langere termijn mee om te gaan. Middels een risicoanalyse kan worden nagegaan in hoeverre risico's acceptabel zijn bij een huidige zeer beperkte aantal waterstof aangedreven personenauto's en wat de consequenties zijn als het aantal gaat toenemen. Belangrijk is om daarbij na te gaan wat de effecten zijn van mogelijke mitigerende maatregelen, zoals het toepassen van een ventilatiesysteem, gasdetectors en automatische blussystemen in een parkeergarage. Maar ook het al dan niet inzetten van de brandweer moet daarbij mee in beschouwing worden genomen. Uiteindelijk zal dit moeten resulteren in een aanpassing van het brandveiligheidsconcept voor parkeergarages. Tevens wordt aanbevolen om rekening te houden met de effecten van een explosie. Aangaande het ontwikkelen van bepalingsmethodes om de schade aan de constructie ten gevolge van een explosie te beperken, wordt aanbevolen om aan te sluiten bij de in ontwikkeling zijnde nieuwe ISO norm die momenteel wordt opgesteld door ISO TC 98/SC3. De nieuwe inzichten kunnen vervolgens worden meegenomen in de toekomstige ontwikkeling van regelgeving en normen voor zowel nieuwbouw als bestaande bouw.

5 Literatuur

- Bøe, A.G. (2017), *Fullskala branntest av elbil*, SPFR-rapport A17 20096:03-01, 20 februari 2017
- Bøe, A.G. (2018), *Brannsikkerhet og alternative energibærere: Gasskjøretøy i tunneler og parkeringskjellere*, SPFR-rapport A 17 20096-04:01, 12 maart 2018
- Bøe, A.G., Reitan, N.K. (2018), *Brannsikkerhet og alternative energibærere: Hydrogenkjøretøy i parkeringskjellere*, RISE-rapport A18 20319:1, 12 maart 2018
- Brandt, A.W., Glansberg, K. (2019), *Lading av elbil i parkeringsgarasje*, RISE-rapport 2019:123, 2019
- Flohr, R., en Rosmuller, N., *Waterstof als brandstof voor voertuigen: aandachtspunten voor incidentbestrijding*, IFV-rapport, 12 juni 2018
- FM Global (2012), *Property Loss Prevention Data Sheets 7-91 – Hydrogen*, January 2012.
- Gehandler, J., Karlsson, P., Vylund, L. (2017), *Risks associated with alternative fuels in road tunnels and underground garages*, SP Report 2017:4, 2017
- NEN-EN 1991-1-7 (2011), *Eurocode 1: Belastingen op constructies - Deel 1-7: Algemene belastingen - Buitengewone belastingen: stootbelastingen en ontploffingen (inclusief C1:2010)*, NEN, december 2011
- Reitan, N.K., Bøe, A.G., Stensaas, J.P. (2016), *Brannsikkerhet og alternative energibærere: El- og gasskjøretøy i innelukkede rom*, SPFR-rapport A16 20096-1:1, 23 februari 2016
- Rijksoverheid en TNO (2014), *Factsheet feitenmateriaal Elektrische voertuigen en veiligheid*, Oktober 2014
- Rosmuller, N., Vogel, T. (2016), *Brandveiligheid van elektrische bussen*, IFV-rapport, 30 september 2016
- Van der Leur, P.H.E. (2015), *Onderzoek richtlijnbrandveiligheid parkeergarages*, rapport F.2013.0591.01.R002, DGMR BV, 20 november 2015.
- Rosmuller, N., Weewer, R., Hagen, R. (2019), *Brandveiligheid van parkeergarages en duurzame brandstoffen*, Vexpansie, maart 2019

6 Ondertekening

Delft, 6 februari 2020

TNO



Dr. ir. Y.J. van Straalen
Project Manager



Dr. P.C. Rasker
Research Manager Structural Reliability

7 BIJLAGE A - INQUIRY FROM NETHERLANDS ON FIRES WITHIN PARKING GARAGES BY VEHICLES POWERED BY ELECTRICITY AND HYDROGEN (27 SEP 2019)

Background:

The climate change policies to reduce emissions of carbon dioxide (CO₂) stimulate the transition of vehicles powered by fossil fuels towards vehicles powered by alternatives fuels like electricity and hydrogen. This transition causes various discussions within the public domain about the change in risks for vehicles powered by those alternative fuels. These risks deals with the probability of ignition of fire, development and duration of the fire, jet flames, pressure vessel explosions, boiling liquid expanding vapour explosion (BLEVE) or fire ball, and release of toxic gases (e.g. hydrogen fluoride released by Li-ion batteries undergoing thermal runaway).

One of those discussions deals with the fire safety of parking garages and the change in fire safety measures needed to fulfill the required fire safety level of the fire safety code. To facilitate decisions within the Netherlands, the Dutch Ministry of Internal Affairs and Kingdom Relations wants get a better understanding of the risk associated with Battery Electric Vehicles (BEVs) and Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs). This inquiry aims to get an overview of the developments related to this topic within the members of the IRCC.

Questions for IRCC members:

1. Current regulations for fire safety in parking garages
 - a) Do you have specific fire safety regulations for parking garages?
 - b) Are vehicles powered by alternative fuels allowed with parking garages?
 - c) Where can we find those regulations and/or can you summarize the essences of those regulations?
 - d) Do these safety regulations takes the risk of vehicles powered by alternative fuels into account?
2. Risks associated with Battery Electric Vehicles (BEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of BEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
3. Risks associated with Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of FCEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
4. Developments within policy making and adaptation of fire safety code
 - a) Is the fire safety code revised or will it be revised within the coming years, because of this topic?
 - b) Regarding the fire safety requirements and measures, are changes in preparation or under discussion? If this is the case, please give a short overview.

Answers by Members

1	Australia	1. a) Yes b) Yes c) The Performance Requirements are outlined in Section C Fire resistance (NCC Volume One) and Part 2.3 Fire safety (NCC Volume Two). The main Performance Requirements are CP1, CP2, CP5 and P2.3.1. For commercial buildings (including
---	-----------	--

Questions for IRCC members:

1. Current regulations for fire safety in parking garages
 - a) Do you have specific fire safety regulations for parking garages?
 - b) Are vehicles powered by alternative fuels allowed with parking garages?
 - c) Where can we find those regulations and/or can you summarize the essences of those regulations?
 - d) Do these safety regulations takes the risk of vehicles powered by alternative fuels into account?
2. Risks associated with Battery Electric Vehicles (BEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of BEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
3. Risks associated with Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of FCEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
4. Developments within policy making and adaptation of fire safety code
 - a) Is the fire safety code revised or will it be revised within the coming years, because of this topic?
 - b) Regarding the fire safety requirements and measures, are changes in preparation or under discussion? If this is the case, please give a short overview.

		commercial carparks), these require structural stability during a fire appropriate to the building scale and fire hazard, avoiding the spread of fire to exits and sole-occupancy units, and ensuring concrete members collapse inwards. For residential buildings, spread of fire is the only concern. There are a number of ways to demonstrate compliance with the Performance Requirements, including various Verification Methods and Deemed-to-Satisfy Provisions. These compliance pathways result in levels of fire resisting construction and fire safety systems (e.g. sprinklers) commensurate with the characteristics of the carpark and the building in which it is situated. d) Indirectly. CP1 requires consideration of the fire load. 2. a) Not that the ABCB is aware of. b) No c) Not that the ABCB is aware of. 3. a) Not that the ABCB is aware of. b) The ABCB is unaware of any special risk. c) Not that the ABCB is aware of. 4. a) The ABCB is investigating provisions that would ensure buildings have the capability of accommodating the future installation of EV charging in certain building classifications. This is likely to include an investigation into issues relating to fire safety. b) The ABCB is currently working towards quantifying the overarching Performance Requirements relating to fire safety. This work is not intended to change the stringency of current requirements, but may identify the fire load associated with EVs.
2	Canada	1. a) Yes b) Yes, they are allowed; however, vehicles powered by alternative fuels are not specifically addressed in the National Model Codes.

Questions for IRCC members:

1. Current regulations for fire safety in parking garages
 - a) Do you have specific fire safety regulations for parking garages?
 - b) Are vehicles powered by alternative fuels allowed with parking garages?
 - c) Where can we find those regulations and/or can you summarize the essences of those regulations?
 - d) Do these safety regulations takes the risk of vehicles powered by alternative fuels into account?
2. Risks associated with Battery Electric Vehicles (BEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of BEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
3. Risks associated with Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of FCEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
4. Developments within policy making and adaptation of fire safety code
 - a) Is the fire safety code revised or will it be revised within the coming years, because of this topic?
 - b) Regarding the fire safety requirements and measures, are changes in preparation or under discussion? If this is the case, please give a short overview.

		c) NBC 2015 Division B Part 3 contains provisions for storage garages (> 600 m²). NBC 2015 Division B Part 9 contains provisions for smaller buildings. (Provisions include construction type, sprinkler protection, separation from other occupancies, fire-resistance ratings of floor assemblies and loadbearing elements, permitted unprotected openings, spatial separation, ventilation, material durability and limitations on activities.) The NBC and NFC are national model codes, therefore the interpretation of the requirements for a specific application are the jurisdiction of the Authority Having Jurisdiction for the location of each project. NBC and NFC provisions may limit types of vehicles (indirectly): Storage garages are classed as a low-hazard industrial occupancies, where the combustible content is not more than 50 kg/m² or 1 200 MJ/m² of floor area. d) No. Vehicles powered by alternative fuels in storage garages are not specifically referenced within the NBC nor NFC provisions and were not incorporated into the considerations at the time the requirements were developed. Emerging incident information and research are considered as they arise.
		2. a) Yes. The National Research Council is undertaking various projects for BEV and plug-in hybrid electric vehicle (PHEV) full-car and component fire safety research [1-5] and product testing [5] that contribute to understanding of the risks associated with EVs within parking garages and informs policy. This research is on-going. b) Full-vehicle and component fire testing and research provides insight into the potential heat release rates vs time curves, time to involvement, events during a BEV fire and preliminary suppression tactics. The research so far has not supported a proposed change in the NBC or NFC provisions. As the impact of likelihood changes over time or additional knowledge is developed, this may change. Canadian context influencing the current risk profile: Individual fire incidents have been reported, however statistically significant BEV reported fire data (either related to individual vehicle fires or related to storage garage fire incidents) is lacking. This is currently reasonable, considering the

Questions for IRCC members:

1. Current regulations for fire safety in parking garages
 - a) Do you have specific fire safety regulations for parking garages?
 - b) Are vehicles powered by alternative fuels allowed with parking garages?
 - c) Where can we find those regulations and/or can you summarize the essences of those regulations?
 - d) Do these safety regulations takes the risk of vehicles powered by alternative fuels into account?
2. Risks associated with Battery Electric Vehicles (BEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of BEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
3. Risks associated with Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of FCEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
4. Developments within policy making and adaptation of fire safety code
 - a) Is the fire safety code revised or will it be revised within the coming years, because of this topic?
 - b) Regarding the fire safety requirements and measures, are changes in preparation or under discussion? If this is the case, please give a short overview.

number of BEVs and PHEVs registered in 2017 in Canada represents < 0.5% [6] of the total 22.7 million light-motor vehicles (less than 4,500 kilograms) representing 92% of registered motor vehicles [7] compared to 6,056 vehicle fires reported in 2014 [8].

- c) NRC is currently funding research that is adding to the body of knowledge on full-car and component fire safety of BEVs. This research is not anticipated to directly impact the NBC provisions in the near future. Instead the research is supported to consciously develop an understanding of the changing risk profile to inform future changes to the National Model Codes. As part of this on-going research a review of international development is also conducted.

3. a) A limited amount of research and testing is being conducted at NRC in this area currently. [5]
- b) Canadian context influencing the current risk profile:
FCEVs have become available in Canada in the last year, therefore the vehicle stock and experience is statistically insignificant at the current time. [9]
- c) As part of the broader NRC research involving EVs, FCEVs are included.

4. a) Changes to the NBC or NFC are not planned in the near future in relation to storage garage requirements for alternative energy cars. However, a request to change the code may come at any time from anyone.
- b) Not currently for the NBC or NFC.
However, fire safety regulations, standardized test methods, policy and suppression strategies related to batteries and electric vehicles from a transportation perspective are being developed by Transport Canada and NRC [3, 4]. The broader reach of these developments will inform potential future considerations for the NBC and NFC.

References:

Questions for IRCC members:

1. Current regulations for fire safety in parking garages
 - a) Do you have specific fire safety regulations for parking garages?
 - b) Are vehicles powered by alternative fuels allowed with parking garages?
 - c) Where can we find those regulations and/or can you summarize the essences of those regulations?
 - d) Do these safety regulations takes the risk of vehicles powered by alternative fuels into account?
2. Risks associated with Battery Electric Vehicles (BEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of BEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
3. Risks associated with Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of FCEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
4. Developments within policy making and adaptation of fire safety code
 - a) Is the fire safety code revised or will it be revised within the coming years, because of this topic?
 - b) Regarding the fire safety requirements and measures, are changes in preparation or under discussion? If this is the case, please give a short overview.

- | | | |
|--|--|--|
| | | <p>[1] Lam, C., MacNeil, D.D., Kroeker, R., Loughheed, G. and Lalime, G. 2016. Full-Scale Testing of Electric and Internal Combustion Engine Vehicles. Fourth International Conference on Fire in Vehicles, October 5-6, Baltimore, USA.</p> <p>[2] MacNeil, D.D., Lam, C., Loughheed, G., Kroeker, R., Charbonneau, G. and Lalime, G. 2016. Fire Testing of Electric Vehicle Battery Packs and Vehicles as Compared to ICE Vehicles. 29th International Electric Vehicle Symposium (EVS29). Montréal, Canada.</p> <p>[3] MacNeil, D.D., Loughheed, G., Lam, C., Carbonneau, G., Kroeker, R., Edwards, D., Tompkins, J. and Lalime, G. 2015. NRC Electric Vehicle Fire Testing. Presentation at the United Nations Economic Commission for Europe, 8th EVS-GTR Meeting, 1-5 June, Washington USA.
https://wiki.unece.org/download/attachments/25270993/EVSTF-03-29e.pdf?api=v2</p> <p>[4] MacNeil, D.D., Recoskie, S, Kondra, O., Torlone, G., Kroeker, R. and Lalime, G. 2016. NRC EV Battery Pack Burn using Gasoline. Presentation at the United Nations Economic Commission for Europe, 10th EVS-GTR Meeting, 2 March, Tokyo, Japan. https://wiki.unece.org/download/attachments/25270993/EVSTF-03-29e.pdf?api=v2</p> <p>[5] National Research Council, examples of research centres with roles to support business innovation, federal policy mandates and advancing knowledge: Automotive & Surface Transportation (AST) for road transport, and Energy, Mining and Environment (EME) for battery development.</p> <p>[6] Electric Mobility Canada. 2019. Electric Vehicle Sales in Canada in 2018. https://emc-mec.ca/new/electric-vehicle-sales-in-canada-in-2018/</p> <p>[7] Statistics Canada. 2018. Vehicle registrations, 2017. https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/180615/dq180615e-eng.htm</p> <p>[8] Statistics Canada. 2019. Incident-based fire statistics, by type of fire incident and type of structure, Table: 35-10-0192-01 (formerly CANSIM 260-0001). https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=3510019201</p> <p>[9] Chong, J. 2018. Background Paper, Electric Vehicles in Canada and Selected Countries, Publication No. 2017-27-E. Economics, Resources and international</p> |
|--|--|--|

Questions for IRCC members:

1. Current regulations for fire safety in parking garages
 - a) Do you have specific fire safety regulations for parking garages?
 - b) Are vehicles powered by alternative fuels allowed with parking garages?
 - c) Where can we find those regulations and/or can you summarize the essences of those regulations?
 - d) Do these safety regulations takes the risk of vehicles powered by alternative fuels into account?
2. Risks associated with Battery Electric Vehicles (BEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of BEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
3. Risks associated with Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of FCEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
4. Developments within policy making and adaptation of fire safety code
 - a) Is the fire safety code revised or will it be revised within the coming years, because of this topic?
 - b) Regarding the fire safety requirements and measures, are changes in preparation or under discussion? If this is the case, please give a short overview.

		Affairs Division, Parliamentary Information and Research Service. Ottawa, Canada.
3	Germany	1. a) Yes, there exist regulations for all German Länder: the so-called "Muster-Garagenverordnung". It is implemented in the individual federal states. These regulations date from 2008 and are currently being revised and updated. b) According to public law these vehicles are currently allowed. c) Regulations can be found at www.is-argebau.de -> Öffentlicher Bereich -> Mustervorschriften -> Bauaufsicht. d) It is currently assumed that there is no particular risk. 2. a) No, not in the public sector. Research about the risk of BEVs is currently done only by industry and/or insurances. See also answer 2(b). b) There are recommendations of the Association of fire brigades concerning risk assessment of Li-battery systems: http://agbf.de/downloads-fachausschuss-vorbeugender-brand-und-gefahrenschutz/category/28-fa-vbg-oeffentlich-empfehlungen.html. This document has been prepared in consultation with science, industry and insurers. c) Currently there are only general discussions. 3. a) No, not in the public sector. b) - c) Currently there are only general discussions. 4. a) Yes, see answer 1a). It is to be expected that these issues will also play a role in the revision of the regulatory framework. b) Unfortunately, there are currently no specific information available.
4	Japan	1. a) Yes we have. In Japan, by the Building Standards Law, when building a car garage on the 3rd floor or higher, it must be made a Fire-resistive building. A Fire-resistive buildings is a building that meets the standards such as the main structure being fire-resistive construction. *

Questions for IRCC members:

1. Current regulations for fire safety in parking garages
 - a) Do you have specific fire safety regulations for parking garages?
 - b) Are vehicles powered by alternative fuels allowed with parking garages?
 - c) Where can we find those regulations and/or can you summarize the essences of those regulations?
 - d) Do these safety regulations takes the risk of vehicles powered by alternative fuels into account?
2. Risks associated with Battery Electric Vehicles (BEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of BEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
3. Risks associated with Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of FCEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
4. Developments within policy making and adaptation of fire safety code
 - a) Is the fire safety code revised or will it be revised within the coming years, because of this topic?
 - b) Regarding the fire safety requirements and measures, are changes in preparation or under discussion? If this is the case, please give a short overview.

		*Fire-resistive construction: The type of construction for walls, columns, floors and other parts of a building which conforms to technical criteria specified by Cabinet Order concerning fire-resistive performance, such as reinforced concrete structure and brick structure and which uses construction methods established by the Minister of Land, Infrastructure, Transport and Tourism or which is approved by the Minister. b) Yes they are. The distinction of cars by fuel type is not specified. c) The English text of the Building Standard Law is not posted online. Related clauses will be posted at the end of this mail. You can refer to the Japanese site at https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=325AC0000000201 https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=325CO0000000338 (sorry Japanese only) d) Currently we are not aware of any special risks. 2. a) There is currently no research on BEV risk in the building administration sector. b) As above c) As above 3. a) There is currently no research on FCEV risk in the building administration sector. b) As above c) As above 4. a) In the building administration sector, there is currently no legal revision preparation on this topic. [The following are the relevant articles of the Japanese Building Standards Law]
--	--	---

Questions for IRCC members:

1. Current regulations for fire safety in parking garages
 - a) Do you have specific fire safety regulations for parking garages?
 - b) Are vehicles powered by alternative fuels allowed with parking garages?
 - c) Where can we find those regulations and/or can you summarize the essences of those regulations?
 - d) Do these safety regulations takes the risk of vehicles powered by alternative fuels into account?
2. Risks associated with Battery Electric Vehicles (BEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of BEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
3. Risks associated with Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of FCEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
4. Developments within policy making and adaptation of fire safety code
 - a) Is the fire safety code revised or will it be revised within the coming years, because of this topic?
 - b) Regarding the fire safety requirements and measures, are changes in preparation or under discussion? If this is the case, please give a short overview.

		<u>Article 27.</u> 2. Special buildings coming under any of the following items shall be fire-resistive buildings. (1) Buildings whose floors as mentioned in column (B) of Annexed Table 1 are offered for use as mentioned in the corresponding paragraph of column (A) of the said Table. Annexed Table 1 (A) Automobile garages, automobile repair shops or others similar thereto as specified by Cabinet Order. (B) Third or higher floors Article 2 (9-2) Fire-resistive buildings: Buildings that conform to the following criteria: (a) Buildings whose principal building parts come under either (1) or (2) below. (1) Those which are of fire-resistive construction. (2) Those which conform to technical criteria specified by Cabinet Order concerning the performances mentioned below (in the case of principal building parts other than exterior walls, only the performance mentioned in (i)): (i) Those which can withstand the heat of a fire predicted to occur inside the building according to the construction, building equipment, and use of the said building until the end of the said fire. (ii) Those which can withstand the heat of a normal fire occurring in the area surrounding the said building until the end of the said fire. Article 2 (7) Fire-resistive construction: The type of construction for walls, columns, floors and other parts of a building which conforms to technical criteria specified by Cabinet Order concerning fire-resistive performance*, such as reinforced concrete structure and brick structure and which uses construction methods established by
--	--	--

Questions for IRCC members:

1. Current regulations for fire safety in parking garages
 - a) Do you have specific fire safety regulations for parking garages?
 - b) Are vehicles powered by alternative fuels allowed with parking garages?
 - c) Where can we find those regulations and/or can you summarize the essences of those regulations?
 - d) Do these safety regulations takes the risk of vehicles powered by alternative fuels into account?
2. Risks associated with Battery Electric Vehicles (BEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of BEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
3. Risks associated with Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of FCEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
4. Developments within policy making and adaptation of fire safety code
 - a) Is the fire safety code revised or will it be revised within the coming years, because of this topic?
 - b) Regarding the fire safety requirements and measures, are changes in preparation or under discussion? If this is the case, please give a short overview.

		the Minister of Land, Infrastructure, Transport and Tourism or which is approved by the Minister. *(performance required for the said building parts to prevent a normal fire from causing both the collapse of the building and the spread of fire until the end of the said normal fire) b) -
5	Netherlands	1. a) No. According to the Building Decree a parking garage has to be considered as "other functional use" with its own specific level of requirements for fire safety according to the relevant sections of chapter 2, 6 and 7. b) There is no general prohibition on a car, but owners of parking garages might prohibit cars with alternative fuels. c) Building Decree. Requirements for fire safety are given in chapter 2, 6 and 7. d) No 2. a) No, only literature research performed by IFV (see https://www.ifv.nl/kennisplein/veilig-optreden-bij-moderne-voertuigen). b) No c) No 3. a) No, only literature research performed by IFV (see https://www.ifv.nl/kennisplein/veilig-optreden-bij-moderne-voertuigen). b) No c) No 4. a) Yes, a new Dutch standard for fire safety of parking garages is under preparation (no draft version available). b) Yes.
6	New Zealand	1. a) The New Zealand Building Code has three compliance pathways to achieve compliance with fire safety requirements: • Verification Method (which does not specifically mention parking garages),

Questions for IRCC members:

1. Current regulations for fire safety in parking garages
 - a) Do you have specific fire safety regulations for parking garages?
 - b) Are vehicles powered by alternative fuels allowed with parking garages?
 - c) Where can we find those regulations and/or can you summarize the essences of those regulations?
 - d) Do these safety regulations takes the risk of vehicles powered by alternative fuels into account?
2. Risks associated with Battery Electric Vehicles (BEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of BEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
3. Risks associated with Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of FCEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
4. Developments within policy making and adaptation of fire safety code
 - a) Is the fire safety code revised or will it be revised within the coming years, because of this topic?
 - b) Regarding the fire safety requirements and measures, are changes in preparation or under discussion? If this is the case, please give a short overview.

		• Alternative solution (the designer must demonstrate compliance with the Code Clauses), and • Acceptable Solution (C/AS2). The C/AS2 does have some requirements that are specific to vehicle parking buildings, under a separate risk group (VP). b) There are currently no restrictions on fuel types or any vehicles in parking garages. c) https://www.building.govt.nz/assets/Uploads/building-code-compliance/c-protection-from-fire/asvm/cas2-protection-from-fire-1st-edition-2019.pdf d) No, there is no mention of alternative fuels. 2. a) There is no research available yet. A New Zealand research facility will be researching this topic for the New Zealand fire service starting around March 2020, with the main focus on BEVs . There are no statistics on fire incidents with either type of electrical cars available in New Zealand. There are an estimated 50.000 BEV's but only 1 (probably a demo) FCEV. b) - c) - 3. a) There is no research available yet. A New Zealand research facility will be researching this topic for the New Zealand fire service starting around March 2020, with the main focus on BEVs. There are no statistics on fire incidents with either type of electrical cars available in New Zealand. There are an estimated 50.000 BEV's but only 1 (probably a demo) FCEV. b) - c) - 4. a) If new research identifies unacceptable risks or consequences, the relevant compliance documents will be reviewed and amended as needed. b) -
7	Norway	1. a) General functional requirements apply. The acceptable solutions ("deemed to satisfy") include solutions for parking garages. b) Yes. The acceptable solutions do not distinguish between different fuel types.

Questions for IRCC members:

1. Current regulations for fire safety in parking garages
 - a) Do you have specific fire safety regulations for parking garages?
 - b) Are vehicles powered by alternative fuels allowed with parking garages?
 - c) Where can we find those regulations and/or can you summarize the essences of those regulations?
 - d) Do these safety regulations takes the risk of vehicles powered by alternative fuels into account?
2. Risks associated with Battery Electric Vehicles (BEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of BEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
3. Risks associated with Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of FCEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
4. Developments within policy making and adaptation of fire safety code
 - a) Is the fire safety code revised or will it be revised within the coming years, because of this topic?
 - b) Regarding the fire safety requirements and measures, are changes in preparation or under discussion? If this is the case, please give a short overview.

		c) The acceptable solutions are only available in Norwegian (https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/). Short summary: • Automatic fire alarm system or sprinkler system must be installed if the gross area is more than 1200 m2 (exception: well ventilated garages < 16 meter high) • Normal (climate) ventilation is accepted if a sprinkler system is installed or the gross area is less than 400 m2 • Smoke ventilation system must be installed if a sprinkler system is not installed or the gross area is more than 400 m2 d) See question 1b. 2. a) Yes, RISE Fire Research has published a report, see https://risefr.com/publications, report no. A16 20096 (summary in English). b) See RISE report (question 2a). There are no statistics available. c) RISE Fire Research will publish a new report this year. 3. a) Yes, RISE Fire Research has published several reports, see https://risefr.com/publications, report A16 20096, A17 20096 and A18 20319 (summaries in English). b) See RISE reports (question 3a). There are no statistics available. c) No. 4. a) This is being considered. We await the new RISE report. b) In RISE report A16 20096, sprinkler systems are recommended in all parking garages in order to allow BEVs and FCEVs. However, this conclusion may be revised/changed.
8	Austria	1. a) Yes, there exist common regulations for all Austrian Länder b) Compressed Natural Gas vehicles are allowed without restrictions with parking garages. For liquefied natural gas and hydrogen vehicles it is not allowed that the parking garage are below the ground c) Regulations can be found in OIB guideline 2.2 (https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_2.2_12.04.19_0.pdf)

Questions for IRCC members:

1. Current regulations for fire safety in parking garages
 - a) Do you have specific fire safety regulations for parking garages?
 - b) Are vehicles powered by alternative fuels allowed with parking garages?
 - c) Where can we find those regulations and/or can you summarize the essences of those regulations?
 - d) Do these safety regulations takes the risk of vehicles powered by alternative fuels into account?
2. Risks associated with Battery Electric Vehicles (BEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of BEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
3. Risks associated with Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of FCEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
4. Developments within policy making and adaptation of fire safety code
 - a) Is the fire safety code revised or will it be revised within the coming years, because of this topic?
 - b) Regarding the fire safety requirements and measures, are changes in preparation or under discussion? If this is the case, please give a short overview.

		d) Yes, see answer (b) 2. a) Risk research of BEVs is done by industry (e.g AVL List https://www.avl.com/electrification?hs=9999230 or Magna Austria https://www.magna.com/products/engineering-services/product/complete-vehicle-engineering-and-integration) b) The identified risk of Li-battery systems is that they cannot be extinguished easily c) RISE Fire Research is working in that area 3. a) Due to the limited number of vehicles no specific risk evaluation is available b) The risk of FCEVs are seen to be comparable to liquefied natural gas vehicles c) Risk research of BEVs is done by industry (e.g AVL List https://www.avl.com/electrification?hs=9999230 or Magna Austria https://www.magna.com/products/engineering-services/product/complete-vehicle-engineering-and-integration) 4. a) Yes, see OIB guideline 2.2 edition 2019 (https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_2.2_12.04.19_0.pdf) b) Modifications are already included in the latest OIB fire safety guideline 2.2 (https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_2.2_12.04.19_0.pdf)
9	Scotland	1. a) Yes b) Yes c) For new build https://www.gov.scot/policies/building-standards/monitoring-improving-building-regulations/ and for existing parking garages https://www.gov.scot/policies/fire-and-rescue/non-domestic-fire-safety/ d) No 2. a) https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20120919204054/http://www.communities.gov.uk/documents/planningandbuilding/pdf/1795610.pdf b) See research in link above

Questions for IRCC members:

1. Current regulations for fire safety in parking garages
 - a) Do you have specific fire safety regulations for parking garages?
 - b) Are vehicles powered by alternative fuels allowed with parking garages?
 - c) Where can we find those regulations and/or can you summarize the essences of those regulations?
 - d) Do these safety regulations takes the risk of vehicles powered by alternative fuels into account?
2. Risks associated with Battery Electric Vehicles (BEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of BEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
3. Risks associated with Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of FCEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
4. Developments within policy making and adaptation of fire safety code
 - a) Is the fire safety code revised or will it be revised within the coming years, because of this topic?
 - b) Regarding the fire safety requirements and measures, are changes in preparation or under discussion? If this is the case, please give a short overview.

		c) No 3. a) https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20120919204054/http://www.communities.gov.uk/documents/planningandbuilding/pdf/1795610.pdf b) See research in link above c) No 4. a) No immediate plans b) No immediate plans
10	Singapore	1. a) The Fire Code 2018 contains fire safety requirements for car parks. b) The Fire Code does not regulate the types of vehicles. c) The Fire Code 2018 can be downloaded from SCDF's website www.scdf.gov.sg (Fire Safety > Downloads > Acts, Codes and Regulations). Requirements applicable to Purpose Groups VIII are generally applicable to car parks unless specifically referring to other usages under Purpose Group VIII such as warehouses. d) See responses to s/n 4 below. 2. a) No formal research done locally about the risk of BEVs within parking garages. b) Besides the usual hazards associated with conventional petrol or diesel driven vehicle, electric vehicles have additional points of attention focused on electrical shock hazard (i.e. electrocution to emergency personnel), and water submersion which may cause electrical leakages and microbubbling - release flammable gases, and chemical hazards since the electrolytes are often toxic, corrosive and/or flammable. There is currently no fire data available, and our source of information is mainly based on online literature reviews. c) No. 3. a) As above reply for Q2. b) As above reply for Q2. c) As above reply for Q2.

Questions for IRCC members:

1. Current regulations for fire safety in parking garages
 - a) Do you have specific fire safety regulations for parking garages?
 - b) Are vehicles powered by alternative fuels allowed with parking garages?
 - c) Where can we find those regulations and/or can you summarize the essences of those regulations?
 - d) Do these safety regulations takes the risk of vehicles powered by alternative fuels into account?
2. Risks associated with Battery Electric Vehicles (BEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of BEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
3. Risks associated with Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of FCEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
4. Developments within policy making and adaptation of fire safety code
 - a) Is the fire safety code revised or will it be revised within the coming years, because of this topic?
 - b) Regarding the fire safety requirements and measures, are changes in preparation or under discussion? If this is the case, please give a short overview.

		4. a) There is no intention currently to revise the Fire Code currently because of this topic. b) The situation will be monitored to determine if there is a need to amend the Fire Code.
11	Spain	1. a) No. The Spanish Building Code applies, with acceptable solutions for parking garages. b) Different fuel types are not distinguished. c) https://www.codigotecnico.org/ Summary: Fire compartmentation EI 120 Fire resistant structure R 120 Fire detection and fire hose for parkings over 500 m2 Smoke ventilation d) No 2. a) No, as far as we know. b) No c) No 3. a) No b) No c) No 4. a) No b) No
12	USA ICC	1. a) Yes but they are not specifically focused upon what types of vehicles are found in such garages. We have two types or regulations • Enclosed parking garages (not defined but essentially parking garages that don't meet the definition of open parking garages) • Open parking garages (defined below)

Questions for IRCC members:

1. Current regulations for fire safety in parking garages
 - a) Do you have specific fire safety regulations for parking garages?
 - b) Are vehicles powered by alternative fuels allowed with parking garages?
 - c) Where can we find those regulations and/or can you summarize the essences of those regulations?
 - d) Do these safety regulations takes the risk of vehicles powered by alternative fuels into account?
2. Risks associated with Battery Electric Vehicles (BEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of BEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
3. Risks associated with Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of FCEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
4. Developments within policy making and adaptation of fire safety code
 - a) Is the fire safety code revised or will it be revised within the coming years, because of this topic?
 - b) Regarding the fire safety requirements and measures, are changes in preparation or under discussion? If this is the case, please give a short overview.

		OPEN PARKING GARAGE. A structure or portion of a structure with the openings as described in Section 406.5.2 on two or more sides that is used for the parking or storage of private motor vehicles as described in Section 406.5.3. b) Yes c) There are a number of different requirements specific to parking garages. Section 406 of the building code and Chapter 9 of the building code have a variety of requirements that likely work together to reduce the risk to the occupants, building and fire fighters. Ignition sources need to be at least 18 inches (46 cm) from the floor) unless designed as flammable vapor ignition resistant. This is a legacy requirement that predates the use of lighter-than-air fuels and has not been updated to consider the presence of such fuels, which are still rarely used in the U.S. Recent modeling of worst case scenario hydrogen release has shown there is no ignition hazard beyond several inches from the leak source due to the tendency for hydrogen to rapidly disperse. There are limits on construction type and size of buildings which tend to provide more credit to more fire resistance rated type construction., Means of egress and fire separation distance from adjacent structures are also addressed. A certain level of ventilation is required. Enclosed parking garages require more ventilation than open parking garages. Enclosed parking garages are required to have mechanical ventilation. <u>Standpipe protection</u> Required as follows for all buildings including parking garages 1. Four or more stories are above or below grade plane. 2. The floor level of the highest story is located more than 30 feet (9144 mm) above the lowest level of fire department vehicle access. 3. The floor level of the lowest story is located more than 30 feet (9144 mm) below the highest level of fire department vehicle access. <u>Sprinkler protection</u>
--	--	--

Questions for IRCC members:

1. Current regulations for fire safety in parking garages
 - a) Do you have specific fire safety regulations for parking garages?
 - b) Are vehicles powered by alternative fuels allowed with parking garages?
 - c) Where can we find those regulations and/or can you summarize the essences of those regulations?
 - d) Do these safety regulations takes the risk of vehicles powered by alternative fuels into account?
2. Risks associated with Battery Electric Vehicles (BEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of BEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
3. Risks associated with Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of FCEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
4. Developments within policy making and adaptation of fire safety code
 - a) Is the fire safety code revised or will it be revised within the coming years, because of this topic?
 - b) Regarding the fire safety requirements and measures, are changes in preparation or under discussion? If this is the case, please give a short overview.

The 2018 the code only required sprinklers in enclosed parking garages but the 2021 has added sprinkler requirements for some open parking garages as well. This change was stimulated by the recent catastrophic garage fire loss in the UK.

When reviewing the text below, note that commercial parking garages are associated with large vehicles such as buses.

2018 IBC

[F] 903.2.10 Group S-2 enclosed parking garages. An automatic sprinkler system shall be provided throughout buildings classified as enclosed parking garages in accordance with Section 406.6 where either of the following conditions exists:

1. Where the fire area of the enclosed parking garage exceeds 12,000 square feet (1115 m²).
2. Where the enclosed parking garage is located beneath other groups.
Exception: Enclosed parking garages located beneath Group R-3 occupancies.

[F] 903.2.10.1 Commercial parking garages. An automatic sprinkler system shall be provided throughout buildings used for storage of commercial motor

COMMERCIAL MOTOR VEHICLE. A motor vehicle used to transport passengers or property where the motor vehicle meets one of the following:

1. Has a gross vehicle weight rating of 10,000 pounds (4540 kg) or more.
2. Is designed to transport 16 or more passengers, including the driver.

2021 IBC

903.2.10 Group S-2 parking garages. An automatic sprinkler system shall be provided throughout buildings classified as parking garages where any of the following conditions exists:

- i. Where the fire area of the enclosed parking garage in accordance with Section 406.6 of the International Building Code exceeds 12,000 square feet (1115 m²).

Questions for IRCC members:

1. Current regulations for fire safety in parking garages
 - a) Do you have specific fire safety regulations for parking garages?
 - b) Are vehicles powered by alternative fuels allowed with parking garages?
 - c) Where can we find those regulations and/or can you summarize the essences of those regulations?
 - d) Do these safety regulations takes the risk of vehicles powered by alternative fuels into account?
2. Risks associated with Battery Electric Vehicles (BEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of BEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
3. Risks associated with Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of FCEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
4. Developments within policy making and adaptation of fire safety code
 - a) Is the fire safety code revised or will it be revised within the coming years, because of this topic?
 - b) Regarding the fire safety requirements and measures, are changes in preparation or under discussion? If this is the case, please give a short overview.

ii. Where the enclosed parking garage in accordance with Section 406.6 of the International Building Code is located beneath other groups.

Exception: Enclosed parking garages located beneath Group R-3 occupancies.

3. Where the fire area of the open parking garage in accordance with Section 406.5 of the International Building Code exceeds 48,000 square feet (4460 m2).

Also note for the 2021 IBC that the height of the parking garage may also drive the need for sprinklers. See the following section which essentially removed an exception for parking garages. This revision was a result of the same proposal focused upon the fire in the UK. Note that requirement for an automatic sprinkler system is applicable before the more restrictive package of high rise requirements apply.

903.2.11.3 Buildings 55 feet or more in height. An automatic sprinkler system shall be installed throughout buildings that have one or more stories with an occupant load of 30 or more located 55 feet (16 764 mm) or more above the lowest level of fire department vehicle access, measured to the finished floor.

Exception:

1. Occupancies in Group F-2.

d) Not for parking garages but the provisions for dispensing facilities and repair garages do take these concerns into account. Gas detection is required in repair garages in some cases which is typically interlocked or associated with running the ventilation system.

Note that there are some requirements for electric vehicle charging stations that essentially ask for compliance with the electric code and several listings. The provision is as follows:

406.2.7 Electric vehicle charging stations. Where provided, electric vehicle charging stations shall be installed in accordance with NFPA 70. Electric vehicle charging system equipment shall be listed and labeled in accordance with UL

Questions for IRCC members:

1. Current regulations for fire safety in parking garages
 - a) Do you have specific fire safety regulations for parking garages?
 - b) Are vehicles powered by alternative fuels allowed with parking garages?
 - c) Where can we find those regulations and/or can you summarize the essences of those regulations?
 - d) Do these safety regulations takes the risk of vehicles powered by alternative fuels into account?
2. Risks associated with Battery Electric Vehicles (BEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of BEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
3. Risks associated with Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of FCEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
4. Developments within policy making and adaptation of fire safety code
 - a) Is the fire safety code revised or will it be revised within the coming years, because of this topic?
 - b) Regarding the fire safety requirements and measures, are changes in preparation or under discussion? If this is the case, please give a short overview.

		2202. Electric vehicle supply equipment shall be listed and labeled in accordance with UL 2594. Accessibility to electric vehicle charging stations shall be provided in accordance with Chapter 11. "Accessibility" in this section is addressing those with disabilities. Fueling of vehicles (without an alternative design - as I know some airports have specifically designed rental car facilities that allow fueling in parking garages - modeling and many other issues are addressed (additional fire protection potentially) in those situations and I believe they may be primarily related to flammable liquids) 2. a) No testing has not been undertaken specifically to look at this issue. b) Not applicable c) Not at this time. 3. a) There is research which is focused upon the release of hydrogen. We have not specifically integrated into the I-Codes with reference to parking garages but will likely review for the future. If links to this researched is desired this can be provided. b) See response to (a). The focus is on the release of hydrogen. c) Not that I am aware of. 4. a) See sprinkler requirements above. In the 2021 IBC we will begin to require sprinklers in open parking garages over certain sizes which is directly related to the concerns of modern vehicles in general but specific testing has not been undertaken. Below is the reason statement from the proposal that placed the sprinkler requirements in the 2021 IBC. Historically, open parking garages have been considered to have a very low fire risk, which has led to dozens of special allowances for reduced code requirements
--	--	--

Questions for IRCC members:

1. Current regulations for fire safety in parking garages
 - a) Do you have specific fire safety regulations for parking garages?
 - b) Are vehicles powered by alternative fuels allowed with parking garages?
 - c) Where can we find those regulations and/or can you summarize the essences of those regulations?
 - d) Do these safety regulations takes the risk of vehicles powered by alternative fuels into account?
2. Risks associated with Battery Electric Vehicles (BEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of BEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
3. Risks associated with Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of FCEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
4. Developments within policy making and adaptation of fire safety code
 - a) Is the fire safety code revised or will it be revised within the coming years, because of this topic?
 - b) Regarding the fire safety requirements and measures, are changes in preparation or under discussion? If this is the case, please give a short overview.

in these occupancies. Fire tests run decades ago offered some support for this perspective. However, it is common knowledge that much of what makes up a vehicle today is combustible, and bodies and interior components that may previously have been of steel are now primarily plastic, rubber, fiberglass and lightweight metals, facilitating vehicle-to-vehicle fire spread and production of dense combustible smoke layers. Stored energy systems in electric vehicles also increase the fuel load. Nevertheless, the wisdom of exempting open parking garages from many code requirements that would otherwise apply has tended to go unchallenged, lacking sufficient evidence to demonstrate the existence of a problem. That has now changed.

An open parking garage fire in Liverpool UK on January 1, 2018 demonstrated the fire risk associated with the new world order of vehicle construction. The concrete building and 1,400 cars were destroyed by a fire that reportedly started in a single vehicle's engine compartment.

The thought that allowing smoke to escape from an open parking garage perimeter will entirely mitigate fire risk is certainly debunked by this incident, and this proposal seeks to recognize that these structures and their contents can present significant challenges to the fire service and result in catastrophic fire losses. The recommended sprinkler threshold based on building height is consistent with the threshold that was established years ago for most occupancies, and the reason for exempting open parking garages is no longer evident. The proposal also provides for an area based threshold, which is very generous compared to other occupancies that might be argued as having similar, or even lesser, fire loads. The recommended value is four times larger than what is applicable to enclosed garages, recognizing that, while there may be some benefit to perimeter openings, the fire service will ultimately be relied on to control these fires if sprinklers are not provided. Therefore, it is appropriate to limit the size of a fire area in these building so that there is a reasonable ability of the fire service to access and extinguish a fire before it becomes uncontrollable.

Questions for IRCC members:

1. Current regulations for fire safety in parking garages
 - a) Do you have specific fire safety regulations for parking garages?
 - b) Are vehicles powered by alternative fuels allowed with parking garages?
 - c) Where can we find those regulations and/or can you summarize the essences of those regulations?
 - d) Do these safety regulations takes the risk of vehicles powered by alternative fuels into account?
2. Risks associated with Battery Electric Vehicles (BEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of BEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
3. Risks associated with Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)
 - a) Is research available in your country about the risk of FCEVs within parking garages?
 - b) Are relevant risks identified? If this is the case, which risks are identified? Is fire data available (e.g. probability of ignition, number of cars effected by the fire)?
 - c) Are you aware of initiatives of new research?
4. Developments within policy making and adaptation of fire safety code
 - a) Is the fire safety code revised or will it be revised within the coming years, because of this topic?
 - b) Regarding the fire safety requirements and measures, are changes in preparation or under discussion? If this is the case, please give a short overview.

		b) There are definitely discussions to better understand the different types of vehicles. The fueling aspect is fairly well covered in U.S. codes and standards, and further details on that can be provided if more information is needed. However the parking of such vehicles will likely continue to be an issue of discussion. Also note, even traditionally fueled vehicles have become more dangerous with the increased use of plastic fuel tanks, which will melt and release fuel when exposed to fire. One of our committees that reviews a variety of topics related to fire is focused upon a more detailed correlation of the building and fire code requirements with the type of fuel the vehicle utilizes. This work has already been done for repair garages.
--	--	---