

Onderzoek sprinkler- installatie parkeergarage



Instituut Fysieke Veiligheid
Afdeling
Postbus 7010
6801 HA Arnhem
Kemperbergerweg 783, Arnhem
www.ifv.nl
info@ifv.nl
026 355 24 00

Colofon

Instituut Fysieke Veiligheid (2021). *Onderzoek sprinklerinstallatie parkeergarage*.
Arnhem: IFV.

Opdrachtgever:	Ministerie van BZK
Contactpersoon:	Marcel Balk
Titel:	Onderzoek sprinklerinstallatie parkeergarage
Datum:	26 maart 2021
Status:	Definitief
Versie:	1.0
Auteurs:	ing. L. de Witte en ing. P.J. van der Graaf
Projectleider:	ing. P.J. van der Graaf
Review:	ing. R. Hagen MPA
Eindverantwoordelijk:	ing. R. Hagen MPA

Samenvatting

Het Ministerie van BZK heeft aan het Overlegplatform Bouwregelgeving een aantal conceptvoorschriften voorgesteld voor de toepassing van een automatische blusinstallatie in parkeergarages. De intentie van het Ministerie is om deze vanaf 2022 op te nemen in het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl). Het OPB heeft gevraagd om een nadere onderbouwing van dat voorstel. Het Ministerie van BZK heeft het IFV gevraagd om deze onderbouwing op te stellen. In dit onderzoek worden op basis van een literatuurstudie, deskresearch en een beknopt veldonderzoek bij een aantal veiligheidsregio's de volgende vragen beantwoord:

1. Wat zijn de brandveiligheidsrisico's van parkeergarages onder gebouwen?
2. Waarom is een automatische blusinstallatie een betere manier om deze brandveiligheidsrisico's te beheersen dan:
 - a. het toepassen van brandventilatie met een verbeterde brandweerinzet
 - b. het toepassen van een uitbrandscenario?
3. Geef een inhoudelijke onderbouwing voor de keuze om de eis voor een automatische blusinstallatie van toepassing te laten zijn bij gebouwen waarin kan worden overnacht ('slaapgebouwen') en waarvan een vloer van een verblijfsgebied > 13 meter boven het meetniveau is gelegen. Idem bij parkeergarages > 1.000 m².

Brandveiligheidsrisico's

De kans op een travelling fire is toegenomen door groeiend gebruik van kunststoffen in voertuigen en mogelijk ook als gevolg van een toename van elektrisch aangedreven voertuigen en andere voertuigen met een alternatieve energievoorziening in parkeergarages. Daardoor is het risico op een langdurige thermische belasting van de constructie toegenomen ten opzichte van de uitgangspunten die ten grondslag liggen aan de voorschriften voor parkeergarages. Hierdoor neemt het risico op branddoorslag, bezwijken van (draag)constructies en slachtoffers toe. Daarnaast is ook de rookproductie van branden in parkeergarages toegenomen: al bij een beperkte brandomvang wordt een grote hoeveelheid rook geproduceerd die zich snel door de garage verspreidt. Ook al voldoen de brandwerende scheidingsconstructies aan de prestatie-eisen van Bouwbesluit 2012, dan nog bestaat de kans dat rook zich via openingen verder verspreid naar de bovenliggende bebouwing (belemmering van vluchtroutes) en de omgeving (restrisico's als gevolg van: openen van deuren, kieren en naden, doorvoeringen, openingen in de gevel en ventilatiekanalen). Als gevolg daarvan lopen slapende personen, verminderd zelfredzamen of grote aantallen personen boven, naast, onder of in de omgeving van parkeergarages extra risico's. Tenslotte is de kans op een snelle brandbestrijding van een brand in de parkeergarage sterk afgenomen. Het basis uitgangspunt voor parkeergarages is dat een offensieve brandweerinzet in de parkeergarage op voorhand niet mogelijk is. De hulpvraag voor de brandweer neemt echter toe: naast de toegenomen risico's bij een brandweerinzet gericht op blussing (onder andere voor het brandweerpersoneel), nemen ook de risico's van een brandweerinzet gericht op redding toe (zowel voor de gebruikers als het brandweerpersoneel).

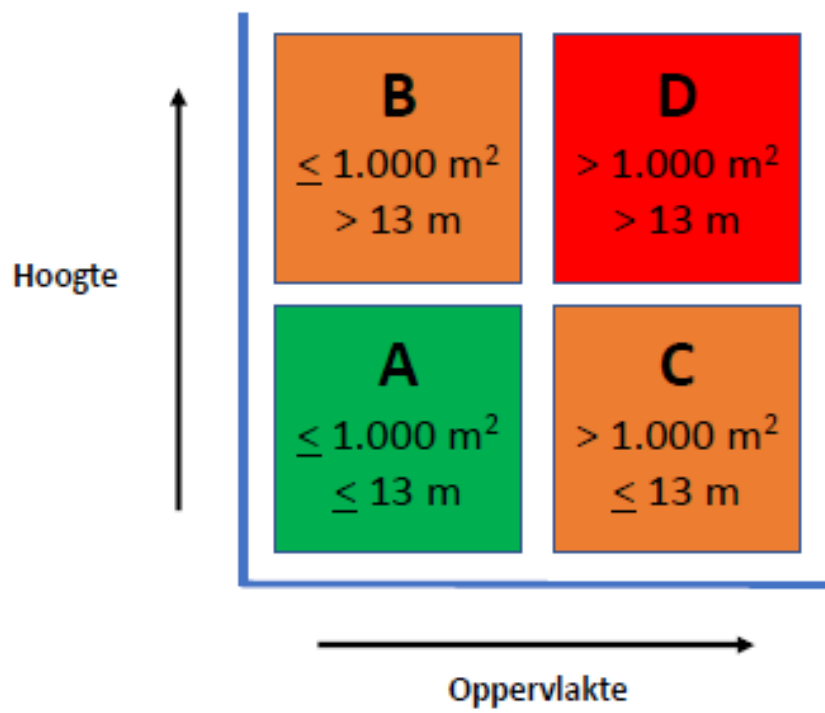
Automatische blusinstallatie

Met een automatische blusinstallatie blijft een brand (langdurig) zelfstandig beperkt tot een klein aantal auto's, zodat een travelling fire wordt voorkomen. Een lokale brand heeft een kortdurende (lokale) beperkte thermische belasting op de draagconstructie van de garage tot gevolg. De kans dat aanwezige personen zelfstandig kunnen vluchten wordt groter en de hulpvraag voor de brandweer (blussing en redding) neemt af. Bovendien wordt de kans groter dat de brandweer een effectieve binneninzet kan doen en de situatie beheersbaar kan houden. Met een automatische blusinstallatie worden vrijwel alle genoemde risico's (sterk) beperkt, in tegenstelling tot de twee andere concepten die zijn gebaseerd op een combinatie van effectbeperkende voorzieningen. Dergelijke maatregelen wegen niet op tegen een bronbeperkende voorziening in de vorm van een automatische blusinstallatie.

Inhoudelijke onderbouwing

In de onderstaande opsomming is de inhoudelijke onderbouwing van de eis voor de automatische blusinstallatie per categorie weergegeven:

- > Criterium: slaapgebouw > 13 m (categorie B en D): hoe hoger het gebouw, hoe groter de effecten van een brand kunnen zijn (onder andere toename kans op slachtoffers). De grenswaarde van 13 m sluit aan bij een in het Bouwbesluit 2012 gebruikte grenswaarde.
- > Criterium: parkeergarage > 1.000 m² (categorie C en D): hoe groter de gebruiksoppervlakte van de parkeergarage, hoe groter de kans op het ontstaan van langdurige brand (travelling fire), en hoe groter de kans op een langdurige hoge thermische belasting op de draag- en scheidingsconstructies van de parkeergarage. Het oppervlaktecriterium van 1.000 m² sluit aan bij de maximale oppervlakte die een brandcompartiment in een parkeergarage mag hebben.
- > Combinatiecriterium parkeergarage ≤ 1.000 m² en slaapgebouw > 13 m (categorie B): de effecten van een brand in een parkeergarage ≤ 1.000 m² zijn voor slaapgebouwen > 13 m vergelijkbaar met die van een parkeergarage > 1.000 m², in combinatie met het gegeven dat de effecten van een brand toenemen naarmate de gebouwhoogte toeneemt.
- > Combinatiecriterium parkeergarage > 1.000 m² en slaapgebouw ≤ 13 m: uit het onderzoek zijn twee specifieke situaties naar voren gekomen. De meest urgente categorie is de situatie waarbij het slaapgebouw slechts over één vluchtroute beschikt die voert door een ruimte die bereikbaar is vanuit de parkeergarage. In dat geval is de kans het grootst dat deze enige vluchtroute als gevolg van een brand in de parkeergarage onder de rook komt te staan en zijn de risico's groter ten opzichte van de situatie waarin er twee vluchtroutes zijn die voeren door een ruimte die bereikbaar is vanuit de parkeergarage.



Inhoud

	Samenvatting	3
	Inleiding	7
1	Brandveiligheidsrisico's	11
1.1	De brand	11
1.2	Het gebouw	15
1.3	De interventie	18
1.4	De mens	20
1.5	De omgeving	20
1.6	Conclusie op basis van de beschreven risico's	20
2	Automatische blusinstallatie	22
2.1	Voorkomen risicovolle situatie (definitie)	22
2.2	Doel en subdoelen	23
2.3	Invloed automatische blusinstallatie en vergelijking met andere voorzieningen	23
2.4	Samenvattende tabel	28
3	Onderbouwing criteria 'slaapgebouwen'	30
3.1	Huidige annotatie	31
3.2	Veldonderzoek	32
3.3	Analyse	34
4	Conclusies	38
4.1	Beantwoording onderzoeksvraag 1	38
4.2	Beantwoording onderzoeksvraag 2	39
4.3	Beantwoording onderzoeksvraag 3	39
5	Aanbevelingen	41
	Literatuurlijst	42
	Bijlage 1: Resultaten van het veldonderzoek	43

Inleiding

Aanleiding

Het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) heeft aan het Overlegplatform Bouwregelgeving (OPB) een aantal concept-voorschriften voorgesteld voor de toepassing van automatische blusinstallaties in parkeergarages. De intentie van het Ministerie is om de voorschriften vanaf 2022 op te nemen in het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl). Het OPB heeft gevraagd om een nadere onderbouwing van deze voorschriften. Het Ministerie van BZK heeft het IFV gevraagd om deze onderbouwing op te stellen.

De brandveiligheid van parkeergarages is reeds langere tijd onderwerp van overleg. In opdracht van het Ministerie van BZK heeft DGMR in 2015 het rapport *Onderzoek richtlijn brandveiligheid parkeergarages* opgesteld (DGMR, 2015). Begin 2020 heeft TNO, eveneens in opdracht van het Ministerie van BZK, het rapport *Risico's in parkeergarages ten gevolge van elektrisch en waterstof aangedreven personenauto's - Internationale Inventarisatie* (TNO, 2020) gepubliceerd. In juli 2020 heeft het Instituut Fysieke Veiligheid samen met Brandweer NL de uitgave *Brandveiligheid van parkeergarages met elektrisch aangedreven voertuigen* (IFV, 2020a) verzorgd. Tenslotte heeft CE Delft in november 2020 de publicatie *Veiligheid en elektrische personenauto's* opgesteld (CE Delft, 2020).

Daarnaast werkt NEN momenteel aan een norm voor de integrale beoordeling van de brandveiligheid van parkeergarages. Deze norm zal een bepalingsmethode bevatten waarmee een pakket kan worden gekozen van veiligheidsmaatregelen voor een brandveilige parkeergarage. Naast bouwtechnische voorzieningen is ook een automatische blusinstallatie een optie. Brandweer Nederland heeft het Ministerie van BZK echter verzocht om voor de meest risicovolle parkeergarages (zoals bijvoorbeeld parkeergarages onder woongebouwen) een automatische blusinstallatie rechtstreeks in de bouwregelgeving voor te schrijven. Dit zou moeten voorkomen dat toepassing van de NEN-norm in bepaalde situaties leidt tot maatregelen die (te veel) uitgaan van de inzet van de brandweer.

Context

De laatste jaren wordt de brandweer steeds vaker geconfronteerd met relatief grote branden in parkeergarages. Voorbeelden van dergelijke branden zijn overal te vinden, internationaal (Parijs, Liverpool en Stavanger) én nationaal (Oosterhout en Alkmaar). Uit een analyse blijkt dat de standaard ontwerpuitsgangspunten van parkeergarages steeds verder achter lopen op de realiteit van de branden (IFV 2020a).

De ontwerpuitingangspunten van regelgeving, normen en richtlijnen zijn veelal gebaseerd op:

- > oudere voertuigen rijdend op fossiele brandstoffen en vormgegeven met geringe hoeveelheid kunststoffen
- > een lokaal brandscenario (enkele auto's)
- > een niet realistisch ingeschatte brandweerinzet.

Moderne voertuigen hebben, mede door het gebruik van veel kunststoffen, een hogere vuurlast en een groter brandvermogen dan oudere modellen. Parkeergarages zijn relatief grote ruimtes met een beperkte hoogte, en dit alles samen maakt dat brand in moderne voertuigen in parkeergarages resulteert in zeer hoge temperaturen en dichte zwarte rook. Door de hitte, het verlies van zicht, de grote inzetdieptes en de moeilijke oriëntatie in parkeergarages zijn verkenning en bestrijding door de brandweer lastige en riskante taken. Met de toegenomen branduitbreidingsnelheid en het toegenomen brandvermogen van moderne auto's is – zowel in gesloten als in open parkeergarages en zelfs op open parkeerterreinen – de kans toegenomen dat een autobrand zich ontwikkelt tot een langdurige, intense brand waarbij uiteindelijk een groot aantal voertuigen betrokken raakt.

Een andere ontwikkeling is dat het aantal voertuigen op alternatieve brandstoffen als gevolg van de energietransitie significant toeneemt. Deze toename heeft naast bovengenoemde problematiek uiteraard ook gevolgen voor de parkeergarages, waar bijvoorbeeld elektrisch aangedreven voertuigen in steeds grotere mate te vinden zijn, net als speciale laadvoorzieningen. Elektrisch aangedreven voertuigen gebruiken veelal lithium-ion battery packs als energieopslag. Deze ontwikkeling vormt een aanvullend risico op de bestaande activiteit van parkeergarages.

Branden in dergelijke battery packs wijken af in met name het brandverloop en de brandduur. Dat geldt overigens ook voor waterstofbrandstofcellen. Daarnaast wijkt de samenstelling van de zeer giftige en bijtende stoffen die vrijkomen bij een brand in een elektrisch aangedreven voertuig af van de stoffen die vrijkomen bij brand in een conventioneel voertuig. Deze risico's boven op bovengenoemde problematiek zorgen ervoor dat brandbestrijding, zeker in parkeergarages, maar beperkt of helemaal niet kan plaatsvinden. In de publicatie *Parkeergarages met elektrisch aangedreven voertuigen* (IFV 2020a) is een set van mogelijke maatregelen geformuleerd waarmee de brandveiligheid van parkeergarages kan worden vergroot. Een daarvan is het toepassen van een automatische brandblusinstallatie, zoals een sprinkler- of watermistinstallatie – en daarop heeft dit onderzoek betrekking.

Probleemstelling

Het Ministerie van BZK heeft in het OPB een voorstel gedaan om in parkeergarages onder bepaalde gebouwen een automatische blusinstallatie in de bouwregelgeving voor te schrijven. Het OPB heeft gevraagd aan het Ministerie van BZK om daarvoor een nadere onderbouwing op te stellen.

Onderzoeksvragen

Het Ministerie van BZK heeft de volgende onderzoeksvragen gesteld:

1. Wat zijn de brandveiligheidsrisico's van parkeergarages onder gebouwen? Betrek daarbij de verschillende gebruiksfuncties, de brandveiligheidsdoelen (beperking van slachtoffers, beperking van branduitbreiding), de repressieve inzet van de brandweer en de relevante voorschriften van het Bbl waarin de brandveiligheidsdoelen nader zijn uitgewerkt in concrete prestatie-eisen (brandcompartimenten met grenswaarden en dergelijke).
2. Waarom is een automatische blusinstallatie de juiste oplossing om deze brandveiligheidsrisico's te beheersen in vergelijking met andere mogelijke oplossingen, die kunnen volgen uit de ontwerp-NEN-norm voor parkeergarages? Beantwoord deze vraag door een inhoudelijke risicovergelijking te maken ten opzichte van de volgende twee andere mogelijke oplossingen:
 - a. het toepassen van brandventilatie met een verbeterde brandweerinzet, verder aangeduid als 'een verbeterde brandweerinzet',
 - b. het toepassen van een uitbrandscenario (bijvoorbeeld: 'constructie met hogere brandwerendheid met betrekking tot bezwijken'), verder aangeduid als 'opwaardering van de scheidings- en draagconstructies'.
3. Geef een inhoudelijke onderbouwing voor de keuze om de eis voor een automatische blusinstallatie van toepassing te laten zijn bij gebouwen waarin kan worden geslapen / overnacht (verder aangeduid als 'slaapgebouwen') en waarvan een vloer van een verblijfsgebied > 13 meter boven het meetniveau is gelegen. Idem bij parkeergarages > 1.000 m². Betrek daarbij ook andere mogelijke verschillen tussen gebouwen als het gaat om brandveiligheid, zoals de aanwezigheid van een enkele of tweede vluchtroute. Voer voor de beantwoording van deze vraag een beknopt veldonderzoek uit (door middel van een navraag bij een aantal veiligheidsregio's) naar concrete voorbeelden van projecten. Dit geldt met name voor de categorie waarbij de hoogste vloer van een 'slaapgebouw' ≤ 13 m boven het meetniveau ligt, maar waarbij de gebruiksoppervlakte van de daaronder gelegen parkeergarage > 1.000 m² is.

Een korte duiding van 'risicovolle' situaties

Dit onderzoek richt zich op de meest 'risicovolle' parkeergarages. We bedoelen hiermee in dit onderzoek 'risicovolle situaties'. Van belang is om eerst te bepalen wat we verstaan onder een 'risicovolle situatie'. Onder andere de volgende factoren spelen hierbij een rol:

- > het type voertuigen (bijvoorbeeld: elektrisch aangedreven voertuigen)
- > het te verwachten brandscenario (bijvoorbeeld: is een uitbrand- of afbrandscenario acceptabel?)
- > de omvang, geometrie en ligging (bijvoorbeeld: ondergronds of bovengronds)
- > de wijze van parkeren (bijvoorbeeld: automatisch of semiautomaatich)
- > kans op bezwijken / instortingsgevaar van bouwconstructies
- > bovenliggende / belendende bebouwing en de bestemming daarvan (bijvoorbeeld: slapen / niet slapen)
- > de impact van een brand op de omgeving
- > de inzetmogelijkheden van de brandweer.

In het vervolg van dit onderzoek geven we een beschrijving van de 'risicovolle situaties' waarin bovenstaande factoren direct of indirect terugkomen.

Afbakening

Het onderzoek gaat alleen in op 'risicovolle' parkeergarages, hoewel ook in andere gebouwen automatische blusinstallaties van meerwaarde zijn voor de brandveiligheid. Denk bijvoorbeeld aan gebouwen met kwetsbare groepen personen, waar deze installaties in combinatie met andere voorzieningen de persoonlijke veiligheid van de aanwezigen aanzienlijk kunnen vergroten. Hierop richt dit onderzoek zich echter niet.

Onderzoeksmethode

Allereerst is een literatuurstudie uitgevoerd. Daarbij is uitgegaan van een aantal recent gepubliceerde onderzoeken door DGMR, TNO, IFV en CE Delft (zie ook pagina 6). Daarbij zijn de brandveiligheidsdoelen en prestatie-eisen van het vigerende Bouwbesluit 2012 en het toekomstige Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) betrokken. Op basis hiervan zijn de brandveiligheidsrisico's van parkeergarages onder gebouwen beschreven (onderzoeksvraag 1). Ter beantwoording van onderzoeksvraag 2 is vervolgens per brandveiligheidsrisico het brandveiligheidsconcept met een automatische blusinstallatie kwalitatief vergeleken met twee andere brandveiligheidsconcepten ('verbeterde brandinzet' en 'opwaardering van scheidings- en draagconstructies'). Op basis van de onderzoeksresultaten wordt tenslotte een onderbouwing gegeven voor de keuze om de eis voor een automatische blusinstallatie van toepassing te laten zijn bij 'slaapgebouwen' > 13 meter of parkeergarages > 1.000 m² (onderzoeksvraag 3).

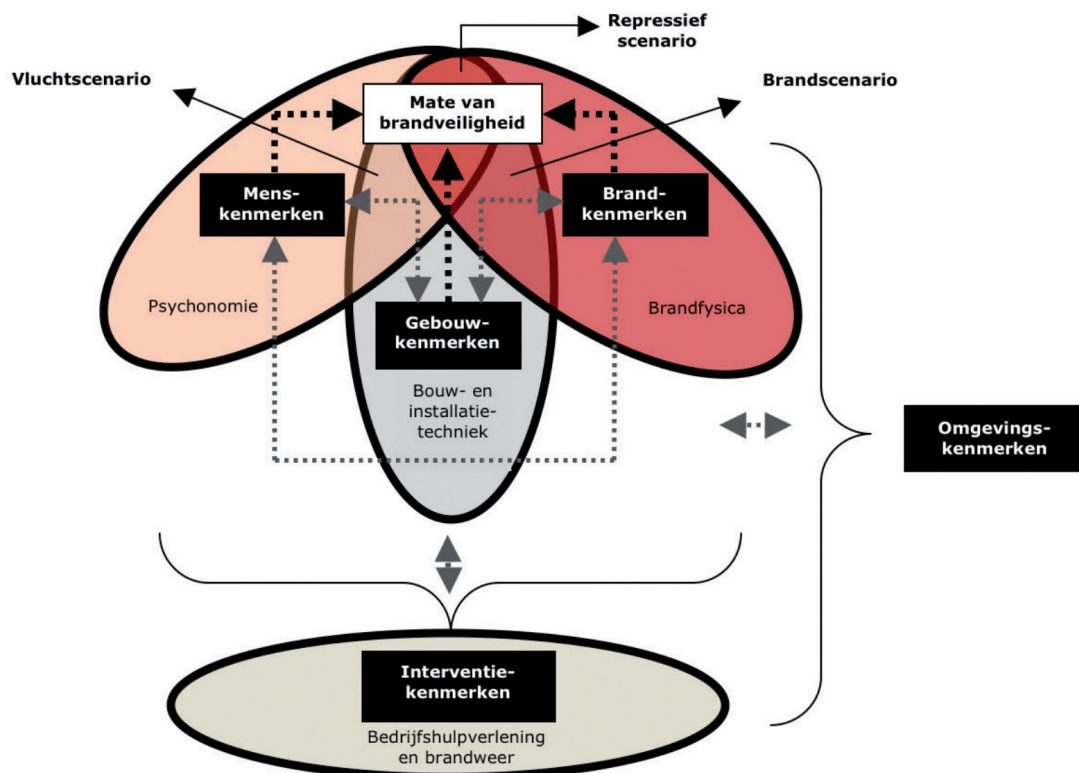
Voor een specifieke combinatie van een parkeergarage met andere gebouwen is een beknopt veldonderzoek uitgevoerd. Op verzoek van de opdrachtgever betreft dat met name de categorie waarbij de hoogste vloer van een gebouw > 13 m boven het meetniveau ligt, maar waarbij de gebruiksoppervlakte van de daaronder gelegen parkeergarage ≤ 1.000 m² is. De veronderstelling daarbij is, dat dergelijke situaties in de praktijk niet vaak voorkomen.

Leeswijzer

In hoofdstuk 1 worden brandveiligheidsrisico's met betrekking tot parkeergarages besproken. In hoofdstuk 2 wordt per brandveiligheidsrisico beoordeeld wat de invloed van een automatische blusinstallatie is. Daarbij wordt een vergelijking gemaakt met twee andere opties, bestaande uit voorzieningen gebaseerd op een 'verbeterde brandweerinzet in de parkeergarage' en een 'opwaardering van de scheidings- en draagconstructies' van de parkeergarage. In hoofdstuk 3 wordt de inhoudelijke onderbouwing gegeven voor de keuze van het Ministerie van BZK om de eis voor een automatische blusinstallatie van toepassing te laten zijn bij nieuw te bouwen slaapgebouwen > 13 meter en bij parkeergarages > 1.000 m². Hoofdstuk 4 bevat de conclusies met de beantwoording van de onderzoeksvragen en in het afsluitende hoofdstuk 5 worden enkele aanbevelingen gedaan.

1 Brandveiligheidsrisico's

In dit hoofdstuk worden brandveiligheidsrisico's met betrekking tot parkeergarages besproken. De verschillende risico's zijn gerangschikt op basis van de vijf disciplines uit het kenmerkenschema (Brandweeracademie, 2017), zie figuur 1.1. De samenhang tussen deze vijf disciplines bepaalt de uiteindelijke brandveiligheid. De risico's en samenhang dienen als onderbouwing voor de beoordeling van voorzieningen.



Figuur 1.1 Het kenmerkenschema

1.1 De brand

De volgende brandkenmerken zijn van belang bij het bepalen van de brandveiligheidsrisico's:

1. de kans op ontstaan van brand
2. het brandverloop (algemeen en met specifieke risico's per type voertuig)
3. de verbrandingsproducten.

Voertuigen zijn veelal het object van ontstaan en vormen de brandstof van branden in parkeergarages. Als gevolg van de energietransitie neemt het aantal voertuigen op alternatieve brandstoffen toe.¹ Deze toename heeft uiteraard ook gevolgen voor parkeergarages, waar dergelijke voertuigen in steeds grotere mate te vinden zullen zijn. Om verschillen tussen typen aangedreven voertuigen inzichtelijk te maken, wordt de volgende onderverdeling aangehouden:

1. conventionele voertuigen (CV)²
2. elektrisch aangedreven voertuigen (EV)³
3. voertuigen met een alternatieve energievoorziening (VAE)⁴, zoals waterstof, CNG en LPG.

In de onderstaande paragrafen worden de brandkenmerken in een parkeergarage nader toegelicht.

1.1.1 Kans op het ontstaan van brand

Branden in parkeergarages kunnen door meerdere oorzaken ontstaan. Hierbij kan gedacht worden aan bijvoorbeeld brandstichting, een mankement in een voertuig of door brand in een (ander) object in de nabijheid van een voertuig. Statistische gegevens van branden in parkeergarages zijn niet of nauwelijks beschikbaar, waardoor de daadwerkelijke kans op het ontstaan van brand in parkeergarages onbekend is (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a; Van Straalen, 2020). De kans op het ontstaan van brand wordt echter als gering ingeschat. Zo waren er in de periode tussen 2006 en 2015 bijvoorbeeld slechts gemiddeld ongeveer vijf geregistreerde branden in parkeergarages per jaar (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, BZK, 2020). De oorzaak van deze branden is niet altijd bekend.

De kans op ontstaan van brand door oorzaken behoudens de aandrijving (zoals brandstichting) lijken voor EV en VAE niet anders te zijn dan voor CV (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020b; Hilster, 2020; Van Straalen, 2020). Bij oorzaken gerelateerd aan de *aandrijving* is die kans echter mogelijk anders. Hoewel diverse onderzoeken aangeven dat er op basis van de huidige gegevens geen redenen zijn om aan te nemen dat de kans op brand bij EV hoger is dan bij CV, is dit nog altijd niet zeker (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a; Hilster, 2020). Er ontbreken statistische gegevens of deze zijn slechts zeer beperkt. Daarnaast lijkt een deel van de bovenstaande aannames te berusten op enkel het *opladen* van EV in parkeergarages (Hilster, 2020; Van Straalen, 2020). Additionele brandoorzaken als gevolg van het parkeren, laden en verouderen van elektrisch aangedreven voertuigen kunnen tot een hogere kans op ontstaan leiden (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a).

Voor VAE kunnen nog geen conclusies worden getrokken over de kans op ontstaan van brand in parkeergarages, vanwege het beperkte aantal VAE in Nederland (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020b; Van Straalen, 2020). In een eerste verzameling van gegevens lijkt de kans op een interne brand in waterstofauto's echter kleiner of gelijk te zijn dan de kans op brand in CV. Nader onderzoek en het opbouwen van voldoende statistische gegevens over langere termijn zijn nodig om meer inzicht te krijgen in de kans op het ontstaan van brand in parkeergarages en de mogelijke verschillen tussen de diverse typen voertuigen.

¹ De verwachting is dat vanaf 2030 ca. 1,9 miljoen elektrische auto's en ca. 70.000 auto's op waterstof rondrijden.

² Dit zijn voertuigen met een verbrandingsmotor op fossiele brandstoffen.

³ Dit zijn zowel elektrische voertuigen met batterij als 'plug in' hybride voertuigen.

⁴ Dit zijn zowel verbrandingsmotoren op CNG en waterstof, als elektrische auto's met waterstof.

1.1.2 Brandverloop

Het brandverloop van autobranden in een parkeergarage is veelal afhankelijk van de wijze en plaats van ontsteking, het brandvermogenscenario en specifieke voertuigparameters. Branden in parkeergarages zijn in veel gevallen lokaal van aard. Een brand in een auto kan beperkt blijven tot die auto, maar ook overslaan naar omliggende auto's. Hierdoor kan een travelling fire⁵ (een zich verplaatsende brand) ontstaan, die lokaal een hoog brandvermogen heeft en een hoge thermische belasting op constructies levert (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a; Van Straalen, 2020; Van de Leur, 2015). Door hun lokale karakter zijn dergelijke branden veelal brandstofgecontroleerd. In relatief kleine garages bestaat overigens een risico op een flashover, waardoor *alle* auto's bij de brand betrokken raken. De kans op een dergelijk brandverloop is echter klein (Van de Leur, 2015).

Bij lokale branden in parkeergarages is het brandvermogenscenario (de heat release rate) van belang. Het brandvermogen in de tijd bepaalt de thermische belasting op constructieonderdelen in de omgeving van de brand. Daarnaast geeft het brandvermogenscenario de branduitbreiding weer en bepaalt het de rookproductie (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a; Van de Leur, 2015). In het brandvermogenscenario van auto's is veelal sprake van een vermogenspiek, bijvoorbeeld door het gelijktijdig betrokken raken van meerdere auto's bij de brand.

De laatste decennia zijn er diverse brandproeven uitgevoerd om het vermogenscenario van auto's te bepalen (Van de Leur, 2015). Uit deze onderzoeken blijkt dat het vermogenscenario erg divers is en van veel factoren afhankelijk, zoals de plaats in de auto waar de brand ontstaat en het moment van overslag naar omliggende auto's. Piekvermogens per auto van 4 – 10 Megawatt binnen 5 tot 10 minuten en piekvermogens boven de 16 MW bij twee of meerdere auto's zijn niet ongebruikelijk. De brandontwikkeling kan echter enorm verschillen. Door het toenemende gebruik van kunststoffen is er een toename van de totale vrijkomende energie en daardoor een stijging van de duur van autobranden. Moderne voertuigen (van alle typen) hebben daardoor een hoger (piek) brandvermogen dan oudere modellen, met intensere en langduriger branden als gevolg (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a; Van Straalen, 2020; Van de Leur, 2015).

Bovenstaande ontwikkelingen gelden voor alle voertuigtypen. In basis (behoudens de aandrijving) is totale aanwezige energie in de verschillende voertuigen vergelijkbaar. Per type voertuig zijn er echter wel enkele specifieke factoren die het brandverloop en het brandvermogen(scenario) van een autobrand in een parkeergarage beïnvloeden. Zo kunnen bij CV brandstoflekkages en het mee gaan branden van de kunststof brandstoftank zorgen voor een piek in het brandvermogen. Daarnaast bestaat er het risico van een plasbrand, die tot een snelle overslag naar omliggende auto's kan leiden (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a; Instituut Fysieke Veiligheid, 2020b; Van de Leur, 2015). Het brandgedrag van EV kan afwijken van CV, doordat dit gepaard kan gaan met (herhaaldelijke) kleine explosies, rondvliegende delen en steekvlammen bij brand in het accupakket (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a).

⁵ Een brand die zich in meerdere richtingen verplaatst door de parkeergarage waarbij steeds een aantal auto's gelijktijdig in brand staat. Er kunnen meerdere branden gelijktijdig aanwezig zijn naarmate de tijdsduur en het aantal uitgebrande auto's toenemen.

Op basis van een tweetal rapporten lijkt geconcludeerd te kunnen worden dat bij de huidige EV de brandontwikkeling niet sneller verloopt en niet tot hogere (piek)brandvermogens leidt (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a; Hilster, 2020). Naarmate echter de energieopslagcapaciteit van EV toeneemt, zal ook het piek brandvermogen toenemen (bij 100 kWh tot circa 8 MW) (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a). Branden in de accu's van EV ontwikkelen zich in het begin trager dan branden in CV en kunnen daarnaast langer duren (tot wel 90 minuten). Ook bestaat de kans op herontsteking (na het blussen) door de aanwezige energie in de accu (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a; Hilster, 2020; Van Straalen, 2020; Van de Leur, 2015). Samen met het afwijkende brandgedrag verhoogt dit naar verwachting de kans op een travelling fire (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a).

Specifieke risico's bij VAE zijn het lekken van gassen en het affakkelen / exploderen van deze gassen. Deze twee risico's kunnen van invloed zijn op de brandontwikkeling. Net als bij CV kan de brandstoftank door verhitting scheuren, wat kan leiden tot een explosie. Om dit te voorkomen, zijn de brandstoftanks voorzien van een temperatuurgestuurd drukventiel (TPRD), dat ervoor zorgt dat de tank in korte tijd leegloopt. Bij waterstof kan hierdoor een fakkelbrand ontstaan. Uitstroomcondities zoals de hoeveelheid waterstof die vrijkomt, de waterstofdruk, de grootte van de uitstroomopening en de uitstroomrichting bepalen in grote mate de grootte en de richting van de fakkel c.q. de omvang van de waterstofwolk en de waterstofconcentratie in die wolk. In hoeverre een waterstofauto betrokken raakt bij een brand, wordt onder andere bepaald door de warmte-intensiteit (MW/m^2) van de brand in de richting van de waterstofauto. Hoe hoger de warmte-intensiteit, hoe eerder de TPRD geactiveerd wordt. Het is niet uit te sluiten dat de fakkel die ontstaat bij het openen van de TPRD, in een parkeergarage leidt tot brandoverslag naar naastgelegen auto's (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020b).

1.1.3 Verbrandingsproducten

Door de toename van het gebruik van kunststoffen is ook de rookproductie van branden in parkeergarages toegenomen. Al bij een beperkte brandomvang wordt een grote hoeveelheid rook geproduceerd die zich snel door de garage verspreidt. Ook al voldoen de brandwerende scheidingsconstructies aan de prestatie-eisen van Bouwbesluit 2012, dan nog bestaat de kans dat de rook zich via openingen (restrisico's als gevolg van: openen van deuren, kieren en naden, doorvoeringen, openingen in de gevel en ventilatiekanalen) verder verspreid. De grote hoeveelheid rook en de verspreiding vormen een risico voor de bovenliggende bebouwing en de omgeving (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a).

Deze rook bevat giftige gassen; deze zijn voor de verschillende voertuig typen vergelijkbaar. Wel is er sprake van een grotere rookproductie bij brand in moderne voertuigen, waarmee ook de hoeveelheid brandbare en giftige gassen toeneemt. Ook is de samenstelling van de gassen die vrijkomen bij brand in EV anders dan die bij brand in CV: door brandende EV wordt meer waterstoffluoride (HF) geproduceerd (tot wel 1,8 tot 2,5 keer zoveel) (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a; Hilster, 2020). Deze HF wordt echter mogelijk over een veel langere tijdsduur afgegeven – ook na herontsteking van de accu – zodat er mogelijk niet direct sprake is van hogere concentraties, maar wel van een langere periode dat giftige en brandbare gassen vrijkomen (Van Straalen, 2020).

1.2 Het gebouw

De volgende gebouwkenmerken zijn van belang bij het bepalen van de brandveiligheidsrisico's:

1. omvang / geometrie
2. constructies
3. ligging
4. voorzieningen.

1.2.1 Omvang en geometrie

Een toenemende omvang (oppervlak) van een parkeergarage verhoogt de kans op ontstaan van brand en daarmee ook de kans op een travelling fire (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a), zie ook paragraaf 1.1.2. Een dergelijke travelling fire kan leiden tot een zeer langdurige (lokale) zich verplaatsende brand (tot wel 10 uur) (Van de Leur, 2015). De kans op een langdurige brand neemt toe naarmate de omvang van de garage toeneemt. Anderzijds komt uit casuïstiek naar voren dat branden in garages zich meestal niet uitbreiden tot de gehele omvang van die garage, maar beperkt blijven tot een (groot) gedeelte daarvan (Van de Leur, 2015). De omvang van de garage staat dus niet direct gelijk aan de te verwachten brandomvang, maar geldt als een risicoverhogende factor voor de kans op ontstaan van een brand en de kans op een langdurige de brand. De travelling fire en brandduur zijn bepalend voor de thermische belasting op de constructie, zie hiervoor paragraaf 1.2.2.

Een toenemende omvang van een parkeergarage verhoogt ook de kans op slachtoffers: er kunnen immers meer personen aanwezig zijn (Van de Leur, 2015). Dit is zeker het geval bij parkeergarages met piekmomenten in het gebruik (onder winkelcentra, stadions en evenementenhallen). Ons zijn geen gevallen bekend waarbij er als gevolg van een brand in een parkeergarage slachtoffers zijn gevallen.

Een ander gebouwkenmerk dat van invloed is op het brandscenario is de openheid van de parkeergarage. Met openheid worden permanente openingen in de gevels (en/of het dak) van de parkeergarage bedoeld. Afhankelijk van de openheid en aanwezigheid in de gevels kunnen warmte en rook de garage uitstromen en kan tegelijkertijd zuurstof instromen. In open parkeergarages worden het brandverloop en de rookverspreiding dan ook beïnvloed door weersinvloeden (temperatuur en winddruk). Zeker in parkeergarages van grote omvang en/of met meerdere bouwlagen die verticaal met elkaar in verbinding staan (bijvoorbeeld door hellingbanen en vides) kan er sprake zijn van snelle branduitbreiding.⁶ Bij open parkeergarages kan er ook sprake zijn van brandoverslag naar bovenliggende bouwdelen. De afvoer van warmte en rook kan echter ook een gunstig effect hebben op de warmteopbouw in de garage (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a; Van de Leur, 2015).

In gesloten parkeergarages worden het brandverloop en de rookverspreiding niet of nauwelijks beïnvloed door weersinvloeden. Hierdoor kan er (lokaal) sprake zijn van een snellere warmteontwikkeling. Daarnaast verspreidt de rook van een lokale brand zich snel over de volledige garage bij afwezigheid van voorzieningen die dit kunnen helpen voorkomen (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a). Deze voorzieningen worden toegelicht in paragraaf 1.2.4. De mate van openheid is ook van invloed op de brandbestrijding, zie hiervoor paragraaf 1.3.

⁶ Voorbeelden van dergelijke branden: Liverpool en Stavanger.

De vorm en de inwendige hoogte van de parkeergarage zijn eveneens gebouwenkenmerken die van invloed zijn. De vorm van de parkeergarage kan de snelheid van een travelling fire en van de rookverspreiding beïnvloeden, bijvoorbeeld door de situering van wanden en andere constructies (zoals scheidings- en draagconstructies), rijbanen en parkeerplaatsen. Deze onderdelen kunnen de branduitbreiding en rookverspreiding vertragen of juist in meerdere richtingen mogelijk maken. Daarnaast kan de vorm van invloed zijn op de toepassingsmogelijkheden en effectiviteit van voorzieningen zoals (brand)ventilatie. Brandventilatie (verdringingsventilatie) is bijvoorbeeld eenvoudiger toepasbaar in smalle, langwerpige (tunnelvormige) garages dan in vierkante garages, zie ook paragraaf 1.2.4. Het risico van branduitbreiding via de rooklaag neemt in principe toe naarmate de inwendige hoogte van de garage afneemt. Daarnaast is de lokale thermische belasting op de constructie hoger en kan de hoogte beperkend zijn voor het toepassen van voorzieningen onder het plafond (zoals het aanbrengen van ventilatievoorzieningen of een automatisch blussysteem). Bovendien: hoe lager de parkeergarage, hoe eerder deze met rook gevuld raakt, en hoe korter de beschikbare ontvluchtingstijd wordt.

Een specifieke categorie garages zijn (semi) automatische parkeergarages. In (semi) automatische parkeergarages worden auto's door het parkeersysteem dichter naast of boven elkaar geparkeerd dan in niet automatische parkeergarages. In deze garages is er een groter risico op een snellere branduitbreiding en opwarming van constructies (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a).

1.2.2 Constructies

Bij een toenemende kans op een travelling fire neemt ook de kans toe dat de constructie van de parkeergarage (de omhulling) lokaal wordt belast met veel warmte (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a). De constructie wordt anders belast dan waarop deze is berekend of getest. Brandwerende constructies worden getest op basis van een post-flashover brand.⁷ Hierbij loopt de temperatuur in de eerste paar minuten sterk op, waarna sprake is van hoge temperaturen die geleidelijk toenemen (tot bijvoorbeeld 1050 °C na 120 minuten). In werkelijkheid is er echter sprake van een lokale hoge tot zeer hoge thermische belasting (door een combinatie van convectieve en stralingswarmte) die lokaal hoger kan zijn dan de voorgeschreven temperatuur-tijdcurve voor testen. Daarentegen is deze belasting zeer lokaal en verplaatst zich bij een travelling fire door de garage in meerdere richtingen.

Onduidelijk is of de thermische belasting volgens een post-flashover brand vergelijkbaar is met de thermische belasting van een travelling fire (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a; Van de Leur, 2015). Mogelijk is een vergelijking niet te maken, omdat de (zeer) hoge lokale thermische belasting tot een andere thermische en mechanische respons van constructies leidt – en dus een ander bezwijkgedrag van de constructies tot gevolg kan hebben. De lange brandduur (tot wel 10 uur) met de daarbij behorende langdurige belasting in combinatie met de lokale (zeer) hoge thermische belasting door een brand in meerdere voertuigen, zorgt voor een toenemend risico op schade of bezwijken van constructies. Dit is ook het geval als deze constructies een brandwerendheid met betrekking tot de scheidende functie en/of dragende functie bezitten (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a; Van de Leur, 2015).

⁷ Gebaseerd op een cellulose-achtige brandstof.

Bij langdurige branden is er daarom veelal sprake van behoorlijke schade. Voorbeelden zijn spatschade van beton, gedeeltelijk of lokaal bezwijken van constructies en rookschade in zowel de garage, de bovenliggende en aangrenzende bebouwing als in de omgeving (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a; Van de Leur, 2015).

1.2.3 Ligging en bovenliggende bebouwing

De ligging van een parkeergarage (bovengronds of ondergronds) is met name van invloed op de bestrijdbaarheid van de brand (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a), zie paragraaf 1.3. Daarnaast kan een ligging naast andere gebouwdelen in de omgeving een risicofactor zijn. Zie voor de omgeving verder paragraaf 1.5.

Een brand in een parkeergarage vormt ook een bedreiging voor bovenliggende bebouwing. In gebouwen waar wordt geslapen is er een verhoogde kans op slachtoffers. Dat geldt ook voor gebouwen waarin personen verblijven die verminderd zelfredzaam zijn, en in bepaalde gevallen ook voor gebouwen waarin een groot aantal personen aanwezig kunnen zijn en waarbij is sprake van een relatief lange ontruimingstijd (bijvoorbeeld stadions) (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a).

Het aantal bouwlagen van de gebouwen boven de parkeergarage is mede bepalend voor de tijd die aanwezigen in die gebouwen nodig hebben om te kunnen ontvluchten. Met andere woorden: hoe meer bouwlagen, des te langer de vluchttijd is en des te groter de effecten van een eventuele brand kunnen zijn. Bovendien is er het risico van rookverspreiding naar de vluchtroutes, wat leidt tot een toenemende kans op slachtoffers en een toenemend risico voor de constructie (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a).

1.2.4 Voorzieningen

Afhankelijk van de omvang van de parkeergarage kunnen er verschillende brandveiligheidsvoorzieningen aanwezig zijn. Parkeergarages met een beperkte omvang (kleiner dan 1.000 m² voor nieuwbouw) zijn veelal ontworpen volgens de minimale prestatie-eisen van het Bouwbesluit 2012 en hebben veelal alleen effectbeperkende voorzieningen zoals brandwerende draag- en scheidingsconstructies. Parkeergarages met een grotere omvang moeten zijn voorzien van voorzieningen met een gelijkwaardige mate van brandveiligheid zoals beoogd met de voorschriften van het Bouwbesluit 2012. Veelal wordt er vanwege veiligheidsrisico's (onder andere voor brandbestrijding) niet gekozen voor het opdelen van een garage met een grote omvang in meerdere kleine compartimenten (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a; Van de Leur, 2015). Ventilatie of rookbeheersing is wel een veel toegepaste voorziening en kent allerlei verschijningsvormen, zoals bijvoorbeeld:

- > natuurlijke ventilatie via gevels en/of dakopeningen
- > mechanische ventilatie (RWA) voor het rookvrij maken van de garage na blussing
- > mechanische ventilatie voor het creëren van zicht op de brand tijdens een brandweerinzet.

Rookbeheersing heeft veelal als doel om een effectieve brandweerinzet in de parkeergarage mogelijk te maken. Rookbeheersing is een effectbeperkende voorziening: de voorziening blust de brand niet, maar zorgt enkel voor de afvoer van rook en warmte. De voorziening is veelal ontworpen op een brand van maximaal 3 auto's en blussing door de brandweer. Bij een snellere branduitbreiding en geen blussing (grotere brand), is rookbeheersing meestal niet meer effectief: ze is onvoldoende om zicht op de brand te creëren en opwarming van constructies te beperken (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a; Van de Leur, 2015).

Daarnaast is effectieve rookbeheersing door bijvoorbeeld de *vorm* van de parkeergarage lang niet altijd haalbaar. Door voorzieningen ten behoeve van rookbeheersing, kan rook zich in sommige gevallen juist sneller verspreiden in de garage, de bovenliggende bebouwing en de omgeving. Door rookbeheersing wordt rook immers geforceerd door de garage getrokken of (mechanisch) afgevoerd naar het aansluitende terrein.⁸ De vraag is dan ook, of met rookbeheersing alleen een gelijkwaardige mate van veiligheid kan worden behaald (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a) (Van de Leur, 2015).

Automatische blusinstallaties zijn in parkeergarages een veel minder vaak toegepaste voorziening. Een dergelijke installatie is bronbepkend, omdat ze de brand aanpakt en/of branduitbreiding voorkomt. In hoofdstuk 2 wordt hier nader op ingegaan. Verder kunnen er nog diverse andere voorzieningen aanwezig zijn, zoals bijvoorbeeld droge blusleidingen, rooksluizen voor trappenhuizen, brandwerende schermen, brandmeld- en ontruimingsalarminstallaties, et cetera. Deze voorzieningen kunnen in een pakket van maatregelen elk afzonderlijk de brandveiligheid (positief) beïnvloeden. Zij vormen veelal een aanvulling op de basis van brandwerende scheiding- en draagconstructies, rookbeheersing en automatische blusinstallaties. Op deze aanvullende voorzieningen wordt niet nader ingegaan.

1.3 De interventie

Tot voor kort was de brandveiligheid van parkeergarages voor een groot deel gebaseerd op een offensieve binneninzet van de brandweer in de parkeergarage, (eventueel) ondersteund door rookbeheersingsmaatregelen. Ook in het beleid van de brandweer was dit de standaard brandbestrijdingsmethode zolang deze veilig kon worden uitgevoerd. Het laatste decennium echter, is dit principe steeds meer onder druk komen te staan onder andere door praktijkgevallen,⁹ waarbij een effectieve offensieve binneninzet niet mogelijk bleek. Zoals in paragraaf 1.1.2 beschreven, is er sprake van een toenemend gebruik van kunststoffen in voertuigen, wat leidt tot snellere branduitbreiding en hogere brandvermogens bij branden in parkeergarages, waardoor deze moeilijker te bestrijden zijn (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a; Van de Leur, 2015).

1.3.1 Geen offensieve binneninzet

Daarnaast zijn er binnen de brandweer ook ontwikkelingen op het gebied van brandbestrijding; niet langer is de offensieve binneninzet het uitgangspunt. De brandweer hanteert een aantal basisprincipes waarbij de tactiek en doelstelling worden geordend volgens het kwadrantenmodel (Brandweeracademie, 2020). Het standaard uitgangspunt van de basisprincipes is een offensieve buiteninzet, dus brandbestrijding van buitenaf. Dat geldt dus ook voor de bestrijding van branden in parkeergarages, temeer daar een offensieve binneninzet in een parkeergarage in het algemeen niet veilig mogelijk is. De exacte locatie van de brand is namelijk veelal niet bekend en/of de brandhaard kan niet veilig worden bereikt en/of het aanwezige koelend vermogen is onvoldoende om de brand effectief te kunnen bestrijden. Bovendien is de brand door de rookontwikkeling niet of nauwelijks zichtbaar met een warmtebeeldcamera.

⁸ Dit is uiteraard afhankelijk van de uitvoering van het rookbeheersingssysteem.

⁹ Voorbeelden zijn De Appelaar (2010) in Haarlem, Markenhoven in Amsterdam (2013), Singelgarage Alkmaar (2020) en Residentie Stadhouders Veste Oosterhout (2020).

Dit betekent niet dat er helemaal geen brandweerinzet kan plaatsvinden, maar deze zal veelal beperkt blijven tot een inzet van buitenaf of defensieve inzet waarbij de nadruk ligt op het beperken van branduitbreiding en rookverspreiding naar omliggende en bovenliggende bebouwing (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a).

De bovenstaande ontwikkelingen staan nog los van andersoortige/additionele risico's voor de brandweer met betrekking tot het bestrijden van branden waarbij voertuigen die rijden op alternatieve brandstoffen zijn betrokken. Deze risico's zijn onder andere (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a; Van de Leur, 2015):

- > de kans op explosies en fakkelbranden en het effect daarvan op brandweermensen
- > het risico op een ander brandverloop en een langere brandduur.
- > de impact van specifieke toxische gassen, zoals HF
- > risico's op herontsteking en langdurig koelen van battery packs
- > de gevaren van hoogspanning.¹⁰

Deze risico's zetten het principe van een offensieve binneninzet nog verder onder druk. Tegelijkertijd neemt de hulpvraag voor de brandweer toe, wat betekent dat niet alleen de risico's van een brandweerinzet gericht op *blussing* toenemen (onder andere voor het brandweerpersoneel), maar ook de risico's van een brandweerinzet gericht op *redding*, bijvoorbeeld van personen die zich in boven de parkeergarage gelegen gebouwen bevinden.

Op basis van de hierboven genoemde factoren moet dan ook geconcludeerd worden dat het uitgangspunt moet zijn dat een offensieve binneninzet in de parkeergarage op voorhand niet mogelijk is – zeker met het oog op de toekomst, waarin er nog veel meer voertuigen zijn die rijden op alternatieve brandstoffen. Oftewel: de brandveiligheid van parkeergarages moet niet langer afhankelijk zijn van de inzet van de brandweer.

1.3.2 Overige factoren van invloed op de brandweerinzet

Er zijn gebouwenmerken die een gunstig effect kunnen hebben op het optreden van de brandweer.

- > Zo is een open bovengrondse garage overzichtelijker dan een ondergrondse parkeergarage en kan daardoor de bereikbaarheid van de brand voor de brandbestrijding vergroten. Ook de afvoer van rook en warmte door openingen kan hieraan bijdragen (hoewel dit ook ongunstige effecten met zich mee kan brengen, zie paragraaf 1.2.1).
- > Ondergrondse garages worden meestal mechanisch geventileerd. Afhankelijk van het type en ontwerp van de ventilatie (rookbeheersing) kan een brandweerinzet hierdoor beïnvloed worden. Zoals in paragraaf 1.2.4 aangegeven, is de betrouwbaarheid van deze voorziening door snellere branduitbreiding en geen blussing (grotere brand) echter (sterk) afgenomen.

Daarnaast zorgen voertuigen op alternatieve brandstoffen op zichzelf ook voor een andere werkwijze tijdens de brandbestrijding. Het document *Brandveiligheid van parkeergarages met elektrisch aangedreven voertuigen* (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a) biedt hiervoor praktische handvatten.

¹⁰ Bij blussing op afstand zijn deze gevaren beperkt

Specifieke aandacht dient er te zijn voor (semi) automatische parkeergarages. Gezien de uitvoering en de risico's (zie paragraaf 1.2.1) lijkt een automatisch blussysteem de enige logische voorziening. Zie hiervoor ook hoofdstuk 2.

1.4 De mens

Het risico van slachtoffers in parkeergarages lijkt beperkt, omdat er veelal geen sprake zal zijn van een hoge (langdurige) bezetting. Dit laat onverlet, dat er wel degelijk situaties denkbaar zijn waarin wél een hogere kans is op slachtoffers, bijvoorbeeld veroorzaakt door piekmomenten in het gebruik (winkelcentra, stadions en evenementen) of door de aanwezigheid van verminderd zelfredzame personen (ziekenhuizen).

De vorm en geometrie van een parkeergarage kunnen daarnaast een negatieve invloed hebben op de vindbaarheid en bekendheid met vluchtroutes, zeker als deze vluchtroutes niet hetzelfde zijn als de gebruikelijke ontsluitingsroutes.

Daarnaast kunnen gebruiksfuncties in bovenliggende of naastliggende bebouwing risico verhogend zijn. In gebouwen waar wordt geslapen (met name in woongebouwen) is er een verhoogde kans op slachtoffers door het bezwijken van constructies en/of door rookverspreiding. Dit geldt ook voor gebouwen waarin zich personen bevinden met een verminderde zelfredzaamheid en voor gebouwen waarin een groot aantal personen tegelijkertijd aanwezig kunnen zijn en waarbij is sprake van een relatief lange evacuatie-tijd (bijvoorbeeld stadions). Het risico van slachtoffers in parkeergebouwen zonder bovenliggende en naastliggende bebouwing is daarentegen laag.

1.5 De omgeving

Bij een brand in een parkeergarage bestaat het risico op branduitbreiding en rookverspreiding naar de omgeving. Met name de kans op een langdurige brand en veel rookontwikkeling kan leiden tot onaanvaardbare impact op de omgeving (Brandweeracademie, 2018). Deze impact kan bijvoorbeeld leiden tot een ontruiming van omliggende gebouwen.

Hoewel vooral open parkeergarages bij brand een grote impact kunnen hebben op de omgeving, is dit risico ook bij mechanisch geventileerde parkeergarages aan de orde als bijvoorbeeld de rookafvoer op maaiveldniveau gerealiseerd is (binnen tuin, pleinen, et cetera). Door de geschetste risico's in de andere kenmerken kan er sprake zijn van langdurige branden die moeilijk te blussen zijn, waardoor het risico van impact op de omgeving toeneemt.

1.6 Conclusie op basis van de beschreven risico's

Op basis van de voorgaande paragrafen wordt geconcludeerd dat de risico's bij branden in parkeergarages is toegenomen en dat daardoor de brandveiligheid van parkeergarages is afgenomen. Hierbij gaat om het volgende:

- > Los van het type aandrijving, is het risico op een travelling fire met daardoor een langdurige thermische belasting op de constructie toegenomen door een toenemend gebruik van kunststoffen in moderne voertuigen.
- > De verandering in aandrijving van voertuigen (EV en VAE) brengt andere risico's met zich mee. De kans op ontstaan van brand in EV en VAE lijkt voor een groot deel vergelijkbaar met CV. Additionele brandoorzaken kunnen echter risicoverhogend zijn.
- > Daarnaast zorgt het afwijkende brandgedrag van EV en VAE ten opzichte van CV voor andersoortige / additionele risico's, zoals bijvoorbeeld explosies¹¹, steekvlammen, fakkelbranden, het lekken van gassen, herontsteking en een andere samenstelling van vrijkomende gassen. Ook de toename van de energieopslagcapaciteit van EV in de toekomst zal hieraan bijdragen.
- > De toegenomen kans op langdurige branden, grotere rookproductie en het afwijkende brandverloop van EV en VAE kunnen invloed hebben op het risico op branduitbreiding tussen voertuigen, op branddoorslag, het bezwijken van (draag)constructies en slachtoffers (o.a. belemmeren van vluchtroutes door rook).
- > Door de toename van het gebruik van kunststoffen in moderne voertuigen en alternatieve energievoorzieningen is de kans op een snelle brandbestrijding van een brand in de parkeergarage (offensieve brandweerinzet) sterk afgenomen. Dit komt ook door ontwikkelingen op het gebied van brandbestrijding (basisprincipes voor brandbestrijding): niet langer is de offensieve binneninzet het uitgangspunt. Vandaar dat er op voorhand van moet worden uitgegaan dat een offensieve brandweerinzet in parkeergarages niet mogelijk is. Hierdoor wordt de bestrijding van brand in parkeergarages vergelijkbaar met die van brand in compartimenten van dezelfde omvang in gebouwen met andere gebruiksfuncties, waarbij een offensieve binneninzet ook niet (langer) het uitgangspunt is.
- > De hulpvraag voor de brandweer neemt toe: naast de toegenomen risico's van een brandweerinzet gericht op blussing (onder andere voor het brandweerpersoneel), nemen ook de risico's van een brandweerinzet gericht op redding toe (zowel voor gebruikers als brandweerpersoneel).

Naast deze toegenomen brandveiligheidsrisico's in parkeergarages geldt in algemene zin:

- > Specifieke gebouwkenmerken zoals de omvang en geometrie, ligging en bovenliggende bebouwing en voorzieningen kunnen brandveiligheidsrisico's in parkeergarages verhogen of verlagen.
- > Slappende personen, verminderd zelfredzame personen of grote aantallen personen boven, naast, onder of in de omgeving van parkeergarages lopen extra risico's (o.a. belemmering van vluchtroutes door rook) bij een (langdurige) brand in deze garages.

Duidelijk is dat de brandveiligheid van parkeergarages de laatste jaren is afgenomen. Op basis van de bovenstaande punten en gezien de toekomstige ontwikkeling waarin het aantal alternatief aangedreven voertuigen zal toenemen,¹² zijn daarom aanvullende voorzieningen noodzakelijk om de brandveiligheid van parkeergarages weer terug te brengen naar het minimumniveau en te borgen voor de toekomst.

¹¹ Toename van explosiegevoeligheid

¹² De verwachting is dat er vanaf 2030 ca. 1,9 miljoen elektrische auto's en ca. 70.000 auto's op waterstof rondrijden.

2 Automatische blusinstallatie

In hoofdstuk 1 is een aantal brandveiligheidsrisico's in parkeergarages behandeld. Hieruit blijkt dat aanvullende voorzieningen noodzakelijk zijn om de brandveiligheid op peil te krijgen en te houden. Deze risico's zijn vertaald naar een omschrijving van de risicovolle situatie die moet worden voorkomen, zie hiervoor paragraaf 2.1. Vervolgens is deze omschrijving vertaald naar een doel en subdoelen om te beoordelen of met een automatische blusinstallatie hieraan voldaan kan worden (paragraaf 2.2). In paragraaf 2.3 wordt per brandveiligheidsrisico beoordeeld wat de invloed van het toepassen van een automatische blusinstallatie is. Daarnaast wordt een vergelijking gemaakt met twee andere maatregelen, gebaseerd op:

1. een verbeterde brandweerinzet in de parkeergarage
 2. een opwaardering van de scheidings- en draagconstructies van de parkeergarage.
- In paragraaf 2.4 wordt een samenvatting in tabelvorm van de vergelijking weergegeven.

2.1 Voorkomen van een risicovolle situatie

In dit onderzoek wordt de te voorkomen risicovolle situatie als volgt gedefinieerd:

Een parkeergarage waarin een onbeheersbare brand kan ontstaan die leidt tot onaanvaardbare risico's op instorting, branduitbreiding en/of rookverspreiding, en daardoor op slachtoffers (burgers en hulpverleners).

Een onbeheersbare brand in een parkeergarage is een langdurige, intense, moeilijk bestrijdbare brand (travelling fire) die zich over een groot oppervlak (groot aantal auto's) kan uitbreiden. Deze travelling fire heeft een langdurige (lokale) thermische belasting op de draag- en scheidingsconstructie van de garage tot gevolg. Hoewel de thermische belasting steeds lokaal plaatsvindt, worden grote delen van de constructie met deze mogelijk zeer hoge thermische belasting geconfronteerd door het langdurige brandscenario. Naarmate de omvang (m²) van de thermisch belaste constructie toeneemt, neemt ook het risico toe op instorting, branduitbreiding, rookverspreiding en slachtoffers. Instortingsgevaar, branduitbreiding en rookverspreiding naar andere en omliggende bouwdelen vormen een bedreiging voor vlucht- en aanvalsroutes. Aanwezige personen kunnen vast komen te zitten in bovenliggende bebouwing en moeten daardoor gered worden. Hierdoor neemt de hulpvraag voor de brandweer flink toe. Naast de toegenomen risico's van een brandweerinzet gericht op blussing (onder andere voor het brandweerpersoneel) nemen dus ook de risico's van een brandweerinzet gericht op redding toe (zowel voor gebruikers als brandweerpersoneel). De risico's van een dergelijk scenario zijn onaanvaardbaar en moeten zoveel mogelijk voorkomen worden.

2.2 Doel en subdoelen

Om een risicovolle situatie te voorkomen, zijn aanvullende voorzieningen noodzakelijk. Immers: met de huidige voorzieningen wordt een dergelijke situatie onvoldoende voorkomen. Het doel moet dus zijn te streven naar een beheersbare brand oftewel een situatie waarin sprake is van acceptabele risico's die ook toekomstbestendig zijn. Onder een 'beheersbare brand' in een parkeergarage wordt een niet-intense brand verstaan, die een acceptabel risico vormt voor bovenliggende bebouwing, omgeving en hulpdiensten. Gezien de omschreven risico's dient de brand beperkt te blijven tot een klein oppervlak.

Concreet betekent dit dat een beheersbare brand (langdurig) zelfstandig beperkt blijft tot een klein aantal auto's (lokale brand); een travelling fire wordt dus voorkomen. Een dergelijke lokale brand heeft een kortdurende (lokale) beperkte thermische belasting op de draag- en scheidingsconstructie van de garage tot gevolg. Doordat de omvang (m²) van de constructie die wordt belast beperkt blijft, neemt ook het risico op instorting, branduitbreiding en rookverspreiding naar andere bouwdelen en de omgeving af. Hiermee wordt ook het risico op slachtoffers beperkt. Het voorkomen van instortingsgevaar, beperken van het risico op branduitbreiding en rookverspreiding naar omliggende bouwdelen en de omgeving vergroten de kans dat vlucht- en aanvalsroutes intact blijven. De kans dat aanwezige personen zelfstandig kunnen vluchten wordt groter en de hulpvraag voor de brandweer (blussing en redding) neemt af. Bovendien wordt de kans groter dat de brandweer een effectieve inzet kan doen en de situatie beheersbaar kan houden.

Bovengenoemde omschrijving van een beheersbare situatie leidt tot de volgende subdoelen:

- > beperken van het risico op instorting
- > beperken van het risico op branduitbreiding en rookverspreiding naar andere bouwdelen en de omgeving
- > beperken van het risico op slachtoffers.

Zoals omschreven, moeten aanvullende voorzieningen gericht zijn op het voorkomen van een travelling fire, oftewel: de brand moet beperkt blijven tot een klein oppervlak. Dit betekent dat de focus van voorzieningen verschuift van effectbeperkende voorzieningen naar bronbeperkende voorzieningen. Een automatische blusinstallatie die vooral de bron aanpakt en daarmee ook de effecten beperkt, is een logische voorziening, mede omdat de andere bronbeperkende maatregelen (het beperken van kans op ontstaan van rook en het beperken van de rookproductie) in het ontwerp van de auto gezocht moeten worden en we daar geen invloed op hebben.

2.3 De invloed van een automatische blusinstallatie en een vergelijking met andere voorzieningen

Een automatische blusinstallatie is een bronbeperkende voorzieningen die zich richt op het beperkt houden van de brand. De brand wordt veelal niet direct geblust, maar lokaal beheerst tot één of enkele auto's. Daarnaast richt de voorziening zich op het voorkomen van branduitbreiding naar omliggende auto's.

Omdat sprinklerinstallaties in parkeergarages het meest gangbaar zijn en een hoge betrouwbaarheid hebben, wordt in de vergelijkingen die we maken met andere concepten de term 'sprinklerinstallatie' gebruikt in plaats van 'automatische blusinstallatie'. De sprinklerinstallatie is een aanvullende voorziening bovenop de minimaal vereiste voorzieningen uit het Bouwbesluit 2012 (BB 2012).

In deze paragraaf wordt deze voorziening (inclusief de minimale eisen) vergeleken met twee andere concepten met voorzieningen. Omdat de variatie aan voorzieningen in deze concepten groot kan zijn, richt de vergelijking zich op de meest essentiële onderdelen met betrekking tot parkeergarages. In de concepten wordt daarom uitgegaan van de volgende onderdelen:

Opwaardering van de scheidings- en draagconstructies:

- > hogere weerstand tegen branddoorslag en - overslag (WBDBO) (30/60 minuten hoger) dan vereist volgens het Bouwbesluit 2012
- > hogere weerstand (30/60 minuten hoger) met betrekking tot bezwijken dan vereist volgens het Bouwbesluit 2012
- > brandwerende scheidings- en draagconstructies zonder installatietechnische doorvoeringen
- > brandwerende scheiding tussen parkeergarage en bovenbouw (extra brandscheiding in het trappenhuis)
- > bij activering van de brandmeldinstallatie in parkeergarage zorgen voor goede alarmopvolging in aan-, naast- of boven de parkeergarage gelegen gebruiksfuncties. Bij het ontbreken van een ontruimingsorganisatie (bijvoorbeeld in een woongebouw) activeren van de ontruimingsalarminstallatie met signaalgevers in gemeenschappelijke verkeersruimten.

Een verbeterde brandweerinzet:

- > hogere weerstand (30/60 minuten hoger) met betrekking tot bezwijken dan vereist volgens het Bouwbesluit 2012
- > brandwerende scheidings- en draagconstructies zonder installatietechnische doorvoeringen
- > brandwerende scheiding tussen de parkeergarage en bovenbouw (extra brandscheiding in het trappenhuis)
- > trappenhuisen voorzien van voorportalen en droge blusleiding
- > rookbeheersingsinstallatie volgens NEN 6098:2012 met zicht op de brand
- > bij activering van de brandmeldinstallatie in de parkeergarage zorgen voor goede alarmopvolging in aan-, naast- of boven de parkeergarage gelegen gebruiksfuncties. Bij het ontbreken van een ontruimingsorganisatie (bijvoorbeeld in een woongebouw) activeren van de ontruimingsalarminstallatie met signaalgevers in gemeenschappelijke verkeersruimten.

2.3.1 Travelling fire

Korte weergave van de risico's

Als gevolg van brandoverslag tussen voertuigen kan een travelling fire ontstaan, die lokaal een hoog brandvermogen heeft en een hoge thermische belasting op constructie-onderdelen levert (zoals kolommen, liggers, wanden en vloerconstructies). De kans op een travelling fire is groter geworden door een toenemend gebruik van kunststoffen in voertuigen en mogelijk ook als gevolg van een toename van EV's en VAE's in parkeergarages.

Tegelijkertijd is de mogelijkheid van een snelle bestrijding van een brand in een parkeergarage (offensieve brandweerinzet) sterk afgenomen. Het uitgangspunt voor parkeergarages is dat een offensieve brandweerinzet in de parkeergarage niet mogelijk is.

De invloed van een sprinklerinstallatie

Met de toepassing van een sprinklerinstallatie worden de risico's bij de bron bestreden, waardoor de kans op een 'beheersbare brand' groter wordt. Bij aanwezigheid van een sprinklerinstallatie is de kans groot dat de brand beperkt blijft tot één auto. De sprinklerinstallatie koelt de aangrenzende auto's, zodat de kans op uitbreiding naar deze auto's wordt beperkt. Naar verwachting geldt dit voor alle voertuigtypen:

- > EV: de sprinklerinstallatie zal de batterijbrand niet blussen, maar zorgt er wel voor dat het risico van branduitbreiding van de batterij naar andere voertuigen wordt beperkt, zolang de sprinkler werkt.
- > VAE: ook van VAE wordt verwacht dat bij aanwezigheid van een sprinklerinstallatie het risico van branduitbreiding naar naastgelegen voertuigen kleiner is dan in een situatie zonder sprinklerinstallatie.

Vergelijking met andere brandconcepten

Door toepassing van een sprinklerinstallatie is de kans groot dat de brand beperkt blijft tot één auto (of mogelijk enkele auto's in geval van een fakkelflam die leidt tot brandoverslag naar een andere auto). De beide andere brandconcepten ('verbeterde brandweerinzet' en 'opwaardering van de scheidings- en draagconstructie') beperken daarentegen de mogelijkheid van een travelling car fire niet of slechts zeer beperkt. Deze concepten zijn met name gericht op het beperken van de gevolgen van een brand. Toepassing van het concept 'verbeterde brandweerinzet' beoogt de kans op een offensieve brandweerinzet te vergroten, waardoor de brandweer kan ingrijpen bij een travelling fire. Vanwege de faalkans van rookbeheersing in dit concept moet er echter in de praktijk rekening mee gehouden worden dat het effect ervan beperkt is. Daarnaast wijkt dit concept af van het basis uitgangspunt voor een brandweerinzet, namelijk dat de brandweer in het algemeen geen offensieve binneninzet zal doen. Het brandconcept 'opwaarderen van de scheidings- en draagconstructie' richt zich alleen op het beperken van de effecten van een travelling fire.

2.3.2 Thermische belasting van de constructie

Korte weergave van de risico's

Een travelling fire in de parkeergarage heeft een langdurige (lokale) thermische belasting op de draag- en scheidingsconstructie van de garage tot gevolg. Hoewel de thermische belasting steeds lokaal plaatsvindt, worden grote delen van de constructie met deze mogelijk zeer hoge thermische belasting geconfronteerd door het langdurende brandscenario.

De invloed van een sprinklerinstallatie

Uit paragraaf 2.3.1 blijkt dat met toepassing van een sprinklerinstallatie de kans groot is dat de brand beperkt blijft tot één of enkele auto's. Dit betekent dat de thermische belasting op de draag- en scheidingsconstructies ook lokaal en beperkt blijft. Daarmee neemt het risico op schade of bezwijken van constructies sterk af.

Vergelijking met andere brandconcepten

Ook hier geldt dat beide andere concepten ('verbeterde brandweerinzet' en 'opwaardering van de scheidings- en draagconstructie') gericht zijn op het beperken van de effecten van de thermische belasting. Zoals in paragraaf 2.3.1 aangegeven, is bij de toepassing van rookbeheersing in het concept van 'verbeterde brandweerinzet' sprake van een (hoge) faalkans. De kans is daarbij reëel dat de brandweer niet kan ingrijpen bij een travelling fire, waardoor de draag- en scheidingconstructies langdurig thermisch belast worden. In het concept wordt daarnaast uitgegaan van een hogere weerstand tegen bezwijken dan minimaal vereist. Dit verhoogt in principe de betrouwbaarheid van draagconstructies en verkleint daarmee het risico op bezwijken. Onduidelijk is echter wat de waarde van deze verhoging is, omdat het niet bekend is in welke mate de thermische belasting van een post-flashover brand vergelijkbaar is met die van een travelling fire.

Voor het concept 'opwaarderen van de scheidings- en draagconstructie' geldt hetzelfde. De hogere weerstand met betrekking tot bezwijken en hogere WBDBO dan minimaal vereist, verhogen de betrouwbaarheid van scheidings- en draagconstructies en verkleinen daarmee het risico op bezwijken. Ook hier is echter onduidelijk wat de waarde van deze verhoging is.

2.3.3 Beperking van de rookverspreiding binnen het gebouw

Korte weergave van de risico's

Bij een langdurige brand in een parkeergarage kan rookverspreiding naar andere bouwdelen optreden. Dit kan als gevolg hebben dat vluchtroutes en aanvalsroutes worden belemmerd. Hoe langer een brand duurt, hoe groter de kans op rookverspreiding en slachtoffers elders in het gebouw.

De invloed van een sprinklerinstallatie

Door vroegtijdig ingrijpen van een sprinklerinstallatie, worden indirect ook de rookproductie en rookverspreiding beperkt (hoewel er nog steeds sprake zal zijn van rook). De rookproductie en daarmee de kans op rookverspreiding naar bovenliggende bebouwing zal sterk afnemen in vergelijking met een travelling fire. Hierdoor wordt de kans dat aanwezige personen zelfstandig kunnen vluchten groter en de hulpvraag voor de brandweer met betrekking tot redding en evacuatie kleiner. Het risico op slachtoffers neemt dus sterk af.

Vergelijking met andere brandconcepten

Met beide andere concepten ('verbeterde brandweerinzet' en 'opwaarderen van de scheidings- en draagconstructie') wordt de rookproductie niet beperkt. Met beide concepten wordt beoogd om de rookverspreiding tegen te gaan en dus het effect te beperken. In het concept 'verbeterde brandweerinzet' wordt rookverspreiding naar bovenliggende bebouwing beperkt door de rook af te voeren, doorvoeringen te beperken, vluchtroutes af te scheiden en trappenhuisen te voorzien van rooksluizen. Deze maatregelen verkleinen het risico op rookverspreiding naar bovenliggende bebouwing sterk.

In het concept 'opwaarderen van de scheidings- en draagconstructie' wordt rookverspreiding naar bovenliggende bebouwing beperkt door doorvoeringen te beperken en vluchtroutes af te scheiden. Deze maatregelen verkleinen het risico op rookverspreiding naar bovenliggende bebouwing. De betrouwbaarheid hiervan is echter minder hoog dan bij het concept 'verbeterde brandweerinzet'.

Voor beide concepten geldt het volgende: wanneer aan, naast of boven de parkeergarage gebruiksfuncties aanwezig zijn die ook zijn voorzien van een ontruimingsalarminstallatie, dan moet bij activering van de brandmeldinstallatie in de parkeergarage worden gezorgd voor een goede alarmopvolging in die aangrenzende gebruiksfuncties. Bij een goede alarmopvolging wordt de kans groter dat personen vanuit de aangrenzende gebruiksfunctie kunnen vluchten. Een bedrijfshulpverleningsorganisatie kan zorgen voor een goede alarmopvolging, maar in een standaard woongebouw is geen bedrijfshulpverleningsorganisatie aanwezig. In de concepten wordt in dit geval volstaan met een ontruimingsalarminstallatie met signaalgevers in de gemeenschappelijke verkeersruimten van het woongebouw. Een snelle alarmering zorgt echter niet automatisch voor een goede alarmopvolging. Of er daadwerkelijk gevlucht wordt, hangt onder andere af van de mate van zelfredzaamheid van aanwezige personen.

2.3.4 Rookverspreiding naar de omgeving

Korte weergave van de risico's

Bij een langdurige brand in een parkeergarage kan rookverspreiding naar de omgeving optreden. Dergelijke rookverspreiding kan maatschappelijke impact hebben en (rook)overlast geven in de omgeving en andere gebouwen in de nabijheid van de parkeergarage. Dit kan weer leiden tot een grotere hulpvraag met betrekking tot redding en evacuatie voor de brandweer.

De invloed van een sprinklerinstallatie

Uit paragraaf 2.3.3 blijkt dat de rookproductie en daarmee de rookverspreiding naar de bovenliggende bebouwing wordt beperkt door toepassing van een sprinklerinstallatie. Daarmee wordt ook het risico op rookverspreiding naar de omgeving beperkt.

Vergelijking met andere brandconcepten

Bij het concept 'verbeterde brandweerinzet' wordt de rook door een rookbeheersingsinstallatie afgevoerd. Dit kan een positief of negatief effect hebben op de rookverspreiding in de omgeving, afhankelijk van de positie en uitvoering van de uitblaasvoorziening(en).

Toepassing van het concept 'opwaarderen van de scheidings- en draagconstructie' heeft geen positief op de rookverspreiding naar de omgeving.

2.3.5 De inzetmogelijkheden van de brandweer

Korte weergave van de risico's

Door recente en toekomstige ontwikkelingen op het gebied van voertuigen en ontwikkelingen binnen de brandweer zijn de mogelijkheden voor een snelle brandbestrijding van een brand in de parkeergarage (offensieve brandweerinzet) sterk afgenomen. Het uitgangspunt voor parkeergarages moet zijn dat een offensieve brandweerinzet op voorhand niet mogelijk is. Ook de mogelijkheden voor een offensieve buiteninzet zijn zeer beperkt, vanwege de locatie en bereikbaarheid van de brandhaard en het benodigde koelend vermogen om de brand te kunnen blussen.

De invloed van een sprinklerinstallatie

Met toepassing van een sprinklerinstallatie wordt de brand 'bij de bron' aangepakt en wordt de brand klein gehouden. Daarmee wordt de kans op een effectieve (binnen)inzet door de brandweer groter. De sprinklerinstallatie geeft de brandweer daarnaast meer tijd om de situatie onder controle te krijgen en indien nodig hulp te bieden aan personen in of in de omgeving van de parkeergarage. Hoewel er nog steeds risico's zijn die van invloed kunnen zijn op de brandbestrijding (fakkelbranden, explosies en beperkt zicht) worden de mogelijkheden voor een effectieve (binnen)inzet vergroot.

Vergelijking met andere brandconcepten

Het concept 'verbeterde brandweerinzet' beoogt, zoals de naam aangeeft, de kans op een brandweerinzet in de garage te vergroten. De faalkans op het gebied van rookbeheersing in dit concept is echter hoog¹³, omdat deze uitgaat van een beperkte brand. Daarnaast wijkt dit concept af van het uitgangspunt voor een brandweerinzet. Daardoor lijkt dit concept vooral in theorie een verbetering voor de brandweerinzet op te leveren.

Met een toepassing van het concept 'opwaarderen van de scheidings- en draagconstructie' wordt de kans op een brandweerinzet niet (direct) vergroot. Voor beide concepten geldt wel dat de voorzieningen die gericht zijn op het beperken van het bezwijken van constructies en het beperken van rookverspreiding wel een positief effect op de brandweerinzet kunnen hebben. Het gaat hierbij echter met name om de hulpvraag met betrekking tot redding en evacuatie uit bovenliggende bebouwen en de omgeving en niet om de brandweerinzet in de garage zelf.

2.4 Samenvattende tabel

In de onderstaande tabel 2.1 is een samenvatting opgenomen van de vergelijking uit paragraaf 2.3. De linker kolom geeft de risico's weer die in paragraaf 2.3.1 tot en met 2.3.5 zijn besproken. In de bovenste rij zijn de drie concepten weergegeven. Vervolgens is in de tabel bij elk risico het effect van deze maatregel gewaardeerd door middel van de volgende schaalverdeling:

- > ++: zeer groot effect
- > +: groot effect
- > +/-: beperkt effect
- > -: nauwelijks effect
- > --: geen effect

¹³ Gezien de ontwikkelingen op het gebied van voertuigen zal de faalkans bij gelijkblijvende invulling mogelijk alleen maar toenemen.

Tabel 2.1 Samenvattende tabel

	Verbeterde brandweerinzet	Opwaardering constructie	Automatische blusinstallatie (sprinkler)
2.3.1 Travelling fire	-	--	++
2.3.2 Thermische belasting constructie	+/-	+	++
2.3.3 Rookverspreiding binnen	+	+/-	+
2.3.4 Rookverspreiding omgeving	+/-	--	+
2.3.5 Inzetmogelijkheden brandweer	+/-	--	+

Uit de vergelijking en de tabel blijkt dat een sprinklerinstallatie de brandveiligheidsrisico's en daarmee ook de kans op slachtoffers het meest beperkt. Met deze voorziening worden vrijwel alle risico's (sterk) beperkt, in tegenstelling tot de andere concepten die slechts enkele specifieke risico's beperken. De beperking van een aantal risico's wordt echter als 'beperkt', 'nauwelijks' of 'geen' beoordeeld. De reden hiervoor is, dat in de beoordeelde concepten uitgegaan wordt van een *combinatie* van effectbeperkende maatregelen die vergeleken wordt met een bronbeperkende voorziening in de vorm van een sprinklerinstallatie, waarmee een travelling fire zoveel mogelijk wordt voorkomen.

In beide andere concepten speelt een goede alarmopvolging een rol in aan-, naast- of bovengelegen gebruiksfuncties. Hierdoor neemt de kans op slachtoffers af als er daadwerkelijk sprake is van alarmopvolging. In gebouwen zonder ontruimingsorganisatie is alarmopvolging na alarmering niet gegarandeerd, omdat dit onder andere afhankelijk is van de zelfredzaamheid van personen. Ook hier geldt dat deze voorzieningen zich niet richten op het beperken van de bron.

Gezien de toekomstige ontwikkelingen van de voertuigen en alle genoemde onzekerheden, kan overwogen worden om naast een automatische blusinstallatie nog meer voorzieningen te treffen. De in dit rapport beoordeelde concepten bevatten zinvolle voorzieningen die als aanvulling kunnen dienen op een sprinklerinstallatie.

3 Onderbouwing criteria 'slaapgebouwen'

Uit hoofdstuk 1 en 2 blijkt dat met een sprinklerinstallatie:

- > een brand in een parkeergarage 'beheersbaar' kan blijven
- > de volgende risico's beperkt blijven:
 - het risico op schade en bezwijken van de constructie
 - het risico op branduitbreiding tussen de voertuigen en naar de constructie
 - het risico op rookverspreiding naar andere bouwdelen en de omgeving
 - het risico op slachtoffers
- > de kans dat de brandweer een effectieve inzet kan doen, groter wordt.

Gezien de in hoofdstuk 1 beschouwde brandveiligheidsrisico's en de in hoofdstuk 2 gegeven vergelijking van een sprinklerinstallatie met twee andere brandveiligheidsconcepten, ligt toepassing van een sprinklerinstallatie in alle bestaande en nieuwe parkeergarages voor de hand.

In dit hoofdstuk wordt een inhoudelijke onderbouwing gegeven voor de keuze van het Ministerie van BZK om een sprinklerinstallatie te eisen bij nieuw te bouwen slaapgebouwen > 13 meter en bij parkeergarages > 1.000 m². De toepassing van een sprinklerinstallatie is verplicht indien één van deze grenswaarden wordt overschreden. Bij de onderbouwing worden ook andere mogelijke verschillen tussen gebouwen betrokken als gaat om brandveiligheid, zoals de aanwezigheid van een enkele of tweede vluchtroute.

Voor de onderbouwing is een beknopt veldonderzoek gehouden (bestaande uit het inwinnen van informatie bij een aantal veiligheidsregio's), zodat er concrete voorbeelden gegeven kunnen worden over concrete projecten. Dit geldt met name voor de categorie waarbij de hoogste vloer van een 'slaapgebouw' ≤ 13 m boven het meetniveau ligt, maar waarbij de gebruiksoppervlakte van de daaronder gelegen parkeergarage > 1.000 m² is.

In paragraaf 3.1 is de tekst van de annotatie opgenomen die het Ministerie van BZK heeft gegeven aan het Overlegplatform Bouwregelgeving (OPB). Paragraaf 3.2 toont de resultaten van het gehouden veldonderzoek, en paragraaf 3.3 biedt de inhoudelijke analyse.

3.1 Huidige annotatie

Het Ministerie van BZK heeft aan het OPB het volgende voorstel gedaan voor conceptvoorschriften voor de toepassing van een sprinklerinstallatie in parkeergarages.

Concept voorschrift

Een overige gebruiksfunctie voor het stallen van motorvoertuigen is voorzien van een vast opgesteld brandblus- of beheersingssysteem dat voldoet aan NEN-EN 12845 en NEN 1073, indien deze gebruiksfunctie is gelegen onder een woonfunctie, een bijeenkomstfunctie voor kinderen jonger dan 4 jaar, celfunctie, logiesfunctie, of gezondheidszorgfunctie met bedgebied, en:

1. de bovengelegen gebruiksfunctie een voor personen bestemde vloer heeft die ten minste 13 m boven het meetniveau ligt, of
2. de overige gebruiksfunctie voor het stallen van motorvoertuigen een gebruiksoppervlakte heeft van meer dan 1.000 m².

Toelichting

Het artikel 4.223a is van toepassing op (nieuwbouw) parkeergarages onder een woonfunctie, bijeenkomstfunctie voor kinderen jonger dan 4 jaar, celfunctie, logiesfunctie of gezondheidszorgfunctie met bedgebied.

De parkeergarage moet voorzien zijn van een vast opgestelde brandblus- of beheersingssysteem die voldoet aan NEN-EN 12845 en NEN 1073. Het gaat hierbij om een sprinkler of een watermiststelsel. Deze eis geldt als de bovengelegen gebruiksfunctie een voor personen bestemde vloer heeft die ten minste 13 m boven het meetniveau ligt. Dit geldt dan ongeacht de grootte van de gebruiksoppervlakte van de parkeergarage. Ook bij een gebruiksoppervlakte kleiner dan 1.000 m² geldt dus deze eis. Bij minder hoge gebouwen geldt de eis pas vanaf een gebruiksoppervlakte van meer dan 1.000 m².

Brandcompartimenten met een gebruiksoppervlakte van meer dan 1.000 m² voldoen niet aan de prestatie-eis van artikel 4.51 (brandcompartiment: omvang) en men zal bij deze grote brandcompartimenten op basis van gelijkwaardigheid maatregelen moeten nemen om te voldoen aan artikel 4.51. Op grond van artikel 4.223a zal hierbij dan altijd sprake zijn van een brandblus- of beheersingssysteem, tenzij men ook voor dit artikel kiest voor een gelijkwaardige oplossing.

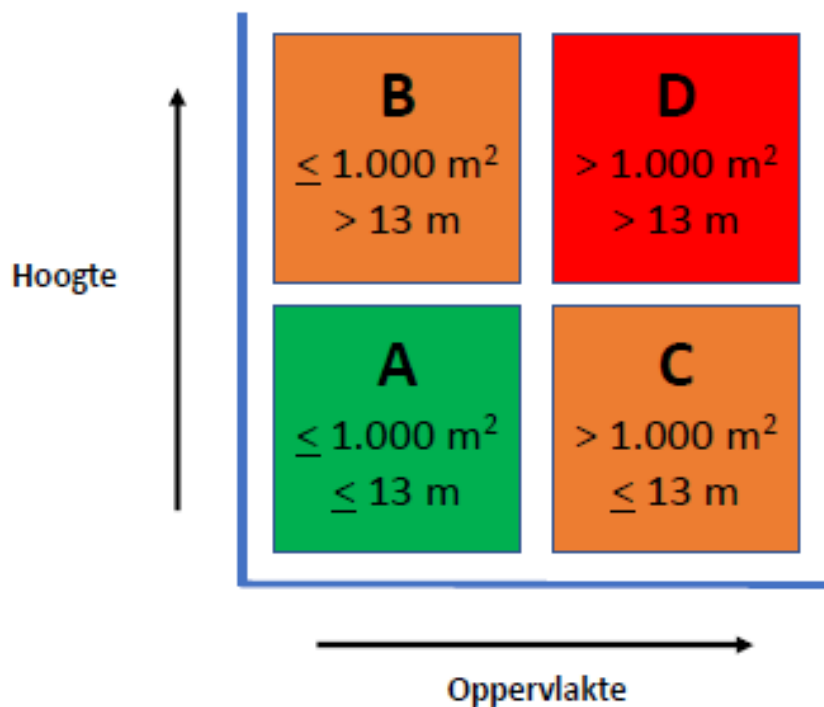
Artikel 6.36 is van toepassing op de in artikel 4.223a genoemde installaties. Dit betekent dat deze installaties moeten zijn voorzien van een geldig inspectiecertificaat dat is afgegeven op grond van het CCV-inspectieschema Brandbeveiliging.

Praktisch gezien komt het er op neer dat een automatische blusinstallatie in de volgende gevallen verplicht wordt, zie tabel 3.1:

Tabel 3.1 Verplichting tot een sprinkler bij verschillende categorieën

Categorie	Oppervlakte parkeergarage (m ²)	Hoogste vloer verblijfsgebied gebouw (m)	Sprinkler?
A	≤ 1.000	≤ 13	Nee
B	≤ 1.000	> 13	Ja
C	> 1.000	≤ 13	Ja
D	> 1.000	> 13	Ja

Schematisch ziet deze tabel er uit als weergegeven in figuur 3.1.



Figuur 3.1 Sprinkler verplicht in categorie B, C en D

3.2 Veldonderzoek

Ter beantwoording van onderzoeksvraag 3 is een beknopt veldonderzoek gehouden onder een aantal veiligheidsregio's. Hierbij is op verzoek van het ministerie van BZK bij veiligheidsregio's navraag gedaan naar concrete projecten waarbij de hoogste vloer van een 'slaapgebouw' $\leq 13 \text{ m}$ boven het meetniveau ligt, maar waarbij de gebruiksoppervlakte van de daaronder gelegen parkeergarage $> 1.000 \text{ m}^2$ is (categorie C). In bijlage 1 zijn daarvan de resultaten opgenomen. Het veldonderzoek heeft vijf voor dit onderzoek bruikbare projecten opgeleverd, waarvan in de bijlage project 1 en 2 zijn opgenomen. Deze zijn afkomstig van de brandweer Amsterdam Amstelland en Veiligheidsregio Midden- en West-Brabant.

3.2.1 Categorie C

Door meerdere respondenten uit het veldonderzoek is aangegeven dat deze combinatie in de praktijk niet vaak voorkomt. Slechts twee van de aangedragen projecten (project 1 en 2) vallen dan ook binnen de gevraagde criteria: 'slaapgebouw $\leq 13 \text{ m}$ boven het meetniveau in combinatie met een parkeergarage $> 1.000 \text{ m}^2$ '. De veronderstelling is dat bij dergelijke relatief kleine gebouwen over het algemeen sprake zal zijn van een parkeergarage $\leq 1.000 \text{ m}^2$. In dat geval is een sprinklerinstallatie volgens de annotatie van het Ministerie van BZK niet verplicht.

In project 1 is er sprake van meerdere 'slaapgebouwen' (twee woongebouwen) boven een parkeergarage. Vanuit elke woning kan via twee trappenhuizen naar het aansluitende terrein worden gevlucht. Eén van beide trappenhuizen van elk woongebouw loopt door tot in de kelder. Bij project 2 is er sprake van één woongebouw boven de parkeergarage. Dit woongebouw is onderverdeeld in meerdere aan elkaar gekoppelde blokken; de bewoners kunnen slechts via één vluchtroute naar het aansluitende terrein vluchten. Hierbij staat de lift(schacht) van het woongedeelte in verbinding met de parkeergarage.

3.2.2 Overige aangedragen projecten

De overige door de veiligheidsregio's aangedragen projecten zijn naar voren gekomen vanwege de aanwezigheid van een (half)automatisch parkeersysteem:

- > project 3: hoogste vloer slaapgebouw > 13 m, gebruiksoppervlakte parkeergarage < 1.000 m²
- > project 4: hoogste vloer slaapgebouw < 13 m, gebruiksoppervlakte parkeergarage < 1.000 m²
- > project 5: hoogste vloer slaapgebouw > 13 m, gebruiksoppervlakte parkeergarage > 1.000 m².

De respondenten van Veiligheidsregio Haaglanden en Brandweer Amsterdam-Amstelland geven aan dat het in de praktijk steeds vaker voorkomt dat parkeergarages worden voorzien van een (half)automatisch parkeersysteem. Dit lijkt in het verlengde te liggen van de tendens om autogebruik te ontmoedigen. Tegelijkertijd is met deze oplossing minder oppervlakte voor een parkeergarage nodig, omdat er meer auto's in passen. Parkeergarages met een (half)automatisch parkeersysteem komen ook voor in combinatie met een slaapgebouw waarvan de hoogste vloer > 13 m boven het meetniveau ligt.

In een automatische parkeergarage zit een volautomatisch parkeersysteem verwerkt. Middels dit systeem parkeert de gebruiker de auto in een entreeruimte, die hij/zij vervolgens verlaat. De gebruiker scant zijn pasje buiten, waarna de auto geheel automatisch in de parkeergarage geplaatst wordt.

Een semi- of halfautomatisch parkeersysteem maakt het mogelijk om meerdere auto's boven of naast elkaar te parkeren. Hierdoor wordt meer parkeercapaciteit gecreëerd. Gebruikers parkeren hun auto zelf in en uit: een eerste bestuurder rijdt zijn/haar auto op een platform, de volgende laat het systeem stijgen en parkeert zijn/haar auto daaronder (Instituut Fysieke Veiligheid, 2020a).

De respondenten van Veiligheidsregio Haaglanden en Brandweer Amsterdam-Amstelland geven aan dat dergelijke parkeersystemen vanuit brandveiligheidsoogpunt de volgende risico's met zich meebrengen:

- > De aanwezigheid van meer auto's door 'gestapeld' parkeren in vergelijking met parkeergarages zonder een (half)automatisch parkeersysteem. Auto's staan dicht op elkaar met als gevolg een snellere branduitbreiding en de kans dat meerdere auto's tegelijk in brand komen te staan.
- > Vanwege val- en klemgevaar beperktere mogelijkheden voor de brandweer om repressief op te treden in vergelijking met parkeergarages zonder (half)automatisch parkeersysteem. Bovendien: bij een defect aan het parkeersysteem kunnen de voertuigen niet naar buiten worden gehaald.

Om deze reden worden dergelijke parkeergarages (mede op advies van de brandweer) regelmatig voorzien van een automatische blusinstallatie (in de vorm van een watermiststelsel), maar dat is volgens het Bouwbesluit 2012 niet verplicht.

3.3 Analyse

3.3.1 Vertaling van de doelen in meetbare grenswaarden

Op basis van de in hoofdstuk 1 en 2 beschouwde brandveiligheidsrisico's kunnen risicovolle parkeergarages als volgt worden omschreven:

- > Parkeergarages waarboven andere gebouwen liggen (met name risicovol vanwege de gevaren voor de daarin aanwezige personen: rookverspreiding, belemmering van vluchtroutes en de mogelijkheid van het bezwijken van de constructie).
- > Parkeergarages waarin alternatief aangedreven auto's (elektrisch, waterstof, CNG) worden geladen en geparkeerd (met name risicovol vanwege de andersoortige risico's op branduitbreiding tussen de voertuigen onderling en naar de constructie). De verwachting is dat alternatief aangedreven voertuigen in de toekomst (2030) in alle parkeergarages aanwezig zullen zijn.
- > Parkeergarages waarin sprake is van (half)automatisch parkeren (met name risicovol vanwege de dicht op elkaar staande voertuigen (snellere branduitbreiding en lokaal hoger brandvermogen), alsmede de beperkte mogelijkheden voor brandweeroptreden (locatie, bereikbaarheid, koelend vermogen).

Gelet op deze risico's en met het oog op toekomstbestendige voorschriften, leidt deze analyse tot de logische conclusie om voor parkeergarages in het Bouwbesluit 2012 een algemene verplichting voor het toepassen van een sprinklerinstallatie op te nemen. De toepassing van een sprinklerinstallatie beperkt zich in de voorgestelde annotatie echter tot 'slaapgebouwen > 13 meter' en 'parkeergarages > 1.000 m²'. In de volgende paragrafen worden deze criteria nader onderbouwd.

3.3.2 Slaapgebouwen > 13 m

Criterium 'slaapgebouwen'

Het is denkbaar dat een brand in een parkeergarage gelegen onder een 'slaapgebouw' pas na enige tijd wordt ontdekt door personen die in dat gebouw aanwezig zijn. Het gevolg is dat het ook enige tijd duurt voordat er op de brand wordt gereageerd en er wordt gevlucht. Een sprinklerinstallatie zorgt ervoor dat een brand in de parkeergarage beheersbaar blijft, waardoor de kans op een onveilige situatie voor slapende personen in bovenliggende bebouwing beperkt blijft. Gebouwen waarin wordt geslapen hebben de volgende gebruiksfuncties volgens het Bouwbesluit 2012:

- > woonfunctie
- > celfunctie
- > logiesfunctie
- > gezondheidszorgfunctie met bedgebied
- > bijeenkomstfunctie voor kinderopvang met kinderen < 4 jaar.

Het beperken van de kans op een onveilige situatie in een gebouw geldt uiteraard ook voor alle andere soorten gebouwen boven een parkeergarage. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan gebouwen met verminderd zelfredzame personen, of gebouwen waarin een groot aantal personen aanwezig kan zijn en waarbij sprake is van een relatief lange ontruimingstijd (bijvoorbeeld stadions). In dergelijke gebouwen verkeren de aanwezige personen over het algemeen in niet-slapende toestand en/of is er sprake van een ontruimingsorganisatie (bijvoorbeeld de bedrijfshulpverlening) die een eventuele ontruiming begeleidt.

Bij niet-slapende personen is de kans groter dat een brand in een parkeergarage reeds in een vroegtijdig stadium wordt ontdekt. In geval van een ontruimingsorganisatie is er hulp beschikbaar om de ontruiming / evacuatie voorspoedig te laten plaatsvinden.

Kortom: de voorgestelde categorie 'slaapgebouwen' waar geen ontruimingsorganisatie aanwezig is en waarbij sprake is van een verminderd zelfredzame personen is vanuit veiligheidsoogpunt de meest urgente categorie. Bovendien past deze categorie binnen de in het Bouwbesluit 2012 gedefinieerde gebruiksfuncties, zodat die niet hoeven worden aangepast of uitgebreid.

criterium > 13 m boven het meetniveau

Hoe hoger het gebouw, hoe groter de effecten van een brand zijn. Naarmate het gebouw hoger is:

- > neemt de vluchttijd toe
- > kunnen de effecten van een brand op het gebouw groter zijn
- > kunnen de gevolgen van rookverspreiding naar de vluchtroutes groter zijn
- > neemt de kans op slachtoffers toe
- > neemt de kans toe op schade aan de constructie door de brand, voordat personen gevlucht zijn.

De loopafstand in een trappenhuis neemt toe naarmate de gebouwhoogte toeneemt. Daarmee stijgt ook de ontvluchtingstijd uit een gebouw. De gekozen grenswaarde van 13 m sluit bovendien aan bij de grenswaarde die in het Bouwbesluit 2012 is gegeven voor de brandwerendheid met betrekking tot bezwijken van een bouwconstructie. Deze brandwerendheid met betrekking tot bezwijken dient in 'slaapgebouwen' tenminste 120 minuten te bedragen in het geval een vloer van een verblijfsgebied > 13 m boven het meetniveau ligt.

3.3.3 Parkeergarages > 1.000 m²

Het oppervlaktecriterium van de parkeergarages betreft de gebruiksoppervlakte van de parkeergarage als geheel, dus niet de gebruiksoppervlakte van een brandcompartiment daarin. Dit betekent dus dat, indien in de parkeergarage brandcompartimenten met een gebruiksoppervlakte $\leq 1.000 \text{ m}^2$ worden gerealiseerd, de verplichting voor een automatische blusinstallatie in een parkeergarage nog steeds geldt.

Hoe groter de gebruiksoppervlakte van de parkeergarage:

- > hoe groter de kans op ontstaan van brand
- > hoe groter is de kans op een langdurige brand (travelling fire)
- > hoe groter de kans op een langdurige hoge thermische belasting op de draag- en scheidingsconstructies van de parkeergarage.

Een sprinklerinstallatie beperkt de kans op het ontstaan van een travelling fire en daarmee de kans op een langdurige hoge thermische belasting op de constructie in de garage. Het oppervlaktecriterium van 1.000 m^2 sluit aan bij de maximale oppervlakte die een brandcompartiment in een parkeergarage mag hebben (artikel 2.83, eerste lid, van het Bouwbesluit 2012). Bij de kwantificering van deze oppervlakte gaat het niet zozeer om de oppervlakte van de brand, maar op de grotere kans op het ontstaan van brand, met een grotere kans op een travelling fire met het beschreven effect als gevolg.

3.3.4 Combinaties van oppervlakte en hoogte

Volgens de concept-voorschriften in de annotatie is de toepassing van een automatische blusinstallatie verplicht bij een combinatie van de volgende oppervlakten van een parkeergarage en de hoogste vloer van een verblijfsgebied van een daarboven gelegen slaapgebouw:

Categorie B: $\leq 1.000 \text{ m}^2$ en $> 13 \text{ m}$

In deze situatie is er sprake van een parkeergarage $\leq 1.000 \text{ m}^2$ met daarboven een 'slaapgebouw', waarvan de hoogste vloer van een verblijfsgebied $> 13 \text{ m}$ boven het meetniveau ligt. De risico's die zijn verbonden aan een grotere gebouwhoogte (grotere vluchttijd, grotere effecten van een brand) zijn reeds eerder toegelicht. Bij parkeergarages $\leq 1.000 \text{ m}^2$ is er weliswaar sprake van een kleinere kans op het ontstaan van brand (minder auto's), maar de effecten daarvan zijn voor hogere 'slaapgebouwen' ten minste vergelijkbaar. Daarom is er vanuit brandveiligheidsoogpunt en ook vanuit het oogpunt van consistentie voldoende reden om in een parkeergarage $\leq 1.000 \text{ m}^2$ een automatische blusinstallatie toe te passen in het geval zich boven de parkeergarage een 'slaapgebouw' bevindt waarvan de hoogste vloer van een verblijfsgebied $> 13 \text{ m}$ boven het meetniveau ligt.

Uit het veldonderzoek blijkt dat in parkeergarages steeds vaker wordt gekozen voor (half) automatisch parkeren. In dat geval is sprake van meerdere auto's die dicht op elkaar staan en zijn de mogelijkheden voor brandbestrijding door de brandweer beperkter. Deze parkeergarages blijken in de praktijk reeds vaak gesprinklerd te worden op advies van de brandweer. Daaruit blijkt dat zij een risicovolle, urgente categorie vormen. Respondenten van de Veiligheidsregio Haaglanden hebben overigens wel aangegeven dat de combinatie van een parkeergarage $> 1.000 \text{ m}^2$ in combinatie met (half)automatisch parkeren in de praktijk vanwege kostenoverwegingen niet vaak voorkomt.

Categorie C: $> 1.000 \text{ m}^2$ en $\leq 13 \text{ m}$

In deze situatie is er sprake van een parkeergarage $> 1.000 \text{ m}^2$ met daarboven een 'slaapgebouw', waarvan de hoogste vloer van een verblijfsgebied $\leq 13 \text{ m}$ boven het meetniveau ligt. Uit het veldonderzoek zijn twee specifieke situaties naar voren gekomen:

- > De situatie waarbij het 'slaapgebouw' dat boven de parkeergarage ligt de beschikking heeft over slechts één vluchtroute. Voor woongebouwen betreft dit de zogenaamde 'portiek'. In dat geval kunnen de effecten van rookverspreiding naar de enkele vluchtroute groter zijn in vergelijking met de situatie waarin meerdere vluchtroutes aanwezig zijn, net zoals de kans op slachtoffers.
- > De situatie waarbij boven de parkeergarage sprake is van meerdere afzonderlijke 'slaapgebouwen'. In dat geval worden meerdere 'slaapgebouwen' alsmede meerdere personen tegelijkertijd bedreigd door rookverspreiding vanuit de parkeergarage, waardoor de kans op slachtoffers eveneens groter wordt.

De meest urgente categorie is de situatie waarbij het 'slaapgebouw' slechts over één vluchtroute beschikt die voert door een ruimte die bereikbaar is vanuit de parkeergarage. In dat geval is de kans zeer groot dat deze enige vluchtroute als gevolg van een brand in de parkeergarage door rook wordt geblokkeerd en zijn de risico's groter ten opzichte van de situatie waarin er twee vluchtroutes zijn die voeren door een ruimte die bereikbaar is vanuit de parkeergarage.

Categorie D: > 1.000 m² en > 13 m

In deze situatie is er sprake van een parkeergarage > 1.000 m² met daarboven een 'slaapgebouw', waarvan de hoogste vloer van een verblijfsgebied > 13 m boven het meetniveau ligt. Deze categorie behoeft geen nadere toelichting: de onderbouwing hiervan is reeds gegeven bij de andere situaties.

4 Conclusies

4.1 Het antwoord op onderzoeksvraag 1

4.1.1 Onderzoeksvraag 1

Wat zijn de brandveiligheidsrisico's van parkeergarages onder gebouwen? Betrek daarbij de verschillende gebruiksfuncties, de brandveiligheidsdoelen (beperking van slachtoffers, beperking van branduitbreiding), de repressieve inzet van de brandweer en de relevante voorschriften van het Bbl waarin de brandveiligheidsdoelen nader zijn uitgewerkt in concrete prestatie-eisen (brandcompartimenten met grenswaarden en dergelijke).

4.1.2 Antwoord

Uit het onderzoek kan het volgende worden geconcludeerd:

- > Door het toenemend gebruik van kunststoffen in moderne voertuigen is het risico op een travelling fire met daardoor een langdurige thermische belasting op de constructie toegenomen ten opzichte van de uitgangspunten die ten grondslag liggen aan de voorschriften voor parkeergarages. Daarnaast is ook de rookproductie van branden in parkeergarages toegenomen: al bij een beperkte brandomvang wordt een grote hoeveelheid rook geproduceerd waarbij de kans bestaat dat deze zich snel door de garage en bovenliggende bebouwing en omgeving verspreid. Als gevolg daarvan:
 - neemt het risico op branddoorslag, op het bezwijken van (draag)constructies en op slachtoffers toe
 - lopen slapende personen, verminderd zelfredzame personen of grote aantallen personen boven, naast, onder of in de omgeving van parkeergarages extra risico's (o.a. belemmering van vluchtroutes door rook).
- > Daarnaast zorgt het afwijkende brandgedrag van EV en VAE ten opzichte van CV voor andersoortige / additionele risico's, zoals bijvoorbeeld explosies, steekvlammen, fakkelbranden, het lekken van gassen, herontsteking en een andere samenstelling van vrijkomende gassen.
- > Door de toename van het gebruik van kunststoffen in moderne voertuigen en alternatieve energievoorzieningen is de kans op een snelle brandbestrijding van een brand in de parkeergarage (een offensieve brandweerinzet) sterk afgenomen.
- > Specifieke gebouwenkenmerken, zoals de omvang en geometrie, ligging en bovenliggende bebouwing en voorzieningen, kunnen het risico vergroten of verkleinen.

4.2 Het antwoord op onderzoeksvraag 2

4.2.1 Onderzoeksvraag 2

Waarom is een automatische blusinstallatie de juiste oplossing om deze brandveiligheidsrisico's te beheersen in vergelijking met andere mogelijke oplossingen, die kunnen volgen uit de ontwerp NEN-norm voor parkeergarages? Beantwoord deze vraag door een inhoudelijke risicovergelijking te maken ten opzichte van de volgende twee andere mogelijke oplossingen:

1. het toepassen van brandventilatie met verbeterde brandweerinzet
2. Het toepassen van een uitbrandscenario (bijvoorbeeld: 'constructie met hogere brandwerendheid met betrekking tot bezwijken').

4.2.2 Antwoord

Met een automatische blusinstallatie blijft een brand (langdurig) zelfstandig beperkt tot een klein aantal auto's (lokale brand), waarmee een travelling fire wordt voorkomen. Deze lokale brand heeft een kortdurende (lokale) beperkte thermische belasting op de draagconstructie van de garage tot gevolg. Als gevolg hiervan:

- > neemt het risico van instorting, branduitbreiding en rookverspreiding naar andere bouwdelen en de omgeving af.
- > wordt het risico op slachtoffers beperkt
- > neemt de kans toe dat aanwezige personen zelfstandig kunnen vluchten
- > neemt de kans toe dat vlucht- en aanvalsroutes intact blijven.
- > neemt de hulpvraag voor de brandweer (blussing en redding) af
- > neemt de kans toe dat de brandweer een effectieve inzet kan doen en de situatie beheersbaar kan houden.

Met een automatische blusinstallatie worden vrijwel alle besproken risico's (sterk) beperkt. Dit in tegenstelling tot de andere concepten die zijn gebaseerd op een combinatie van effect beperkende voorzieningen die niet opwegen tegen een bron beperkende voorziening in de vorm van een automatische blusinstallatie. De basis hiervoor ligt in het feit dat, in tegenstelling tot de beide andere concepten, bij toepassing van een automatische blusinstallatie een travelling fire zoveel mogelijk wordt voorkomen.

4.3 Het antwoord op onderzoeksvraag 3

4.3.1 Onderzoeksvraag 3

Geef een inhoudelijke onderbouwing voor de keuze om de eis voor een automatische blusinstallatie van toepassing te laten zijn bij 'slaapgebouwen' waarvan een vloer van een verblijfsgebied > 13 meter boven het meetniveau is gelegen. Idem bij parkeergarages > 1.000 m². Betrek daarbij ook andere mogelijke verschillen tussen gebouwen als gaat om brandveiligheid, zoals de aanwezigheid van een enkele of tweede vluchtroute.

4.3.2 Antwoord

Categorie B en D: 'slaapgebouw > 13 m'

De voorgestelde categorie 'slaapgebouwen' boven parkeergarages waar geen sprake is van een ontruimingsorganisatie en/of waar verminderd zelfredzame personen aanwezig zijn, betreft vanuit veiligheidsoogpunt de meest urgente categorie. Immers: het is denkbaar dat een brand in een parkeergarage gelegen onder een 'slaapgebouw' pas na enige tijd wordt ontdekt door personen die in dat gebouw aanwezig zijn. Het gevolg is dat het ook enige tijd duurt voordat er op de brand wordt gereageerd en er wordt gevlucht. De loopafstand in een trappenhuis neemt toe naarmate de gebouwhoogte toeneemt. Daarmee neemt ook de ontvluchtingstijd uit het gebouw toe. Hoe hoger het gebouw, hoe groter de effecten van een brand zijn (onder andere een toename van de kans op slachtoffers). De grenswaarde van 13 m sluit aan bij de grenswaarde die in het Bouwbesluit 2012 is gegeven voor de brandwerendheid met betrekking tot bezwijken van een bouwconstructie.

Categorie C en D: 'parkeergarage > 1.000 m²'

Hoe groter de gebruiksoppervlakte van de parkeergarage, hoe groter de kans op het ontstaan van brand, hoe groter de kans op een langdurige brand (travelling fire) en hoe groter de kans op een langdurige hoge thermische belasting op de draag- en scheidingsconstructies van de parkeergarage. Het oppervlaktecriterium van 1.000 m² sluit aan bij de maximale oppervlakte die een brandcompartiment in een parkeergarage mag hebben (artikel 2.83, eerste lid, van Bouwbesluit 2012).

Categorie B: combinatie parkeergarage ≤ 1.000 m² en slaapgebouw > 13 m

De effecten van een brand in een parkeergarage ≤ 1.000 m² zijn voor 'slaapgebouwen' > 13 m vergelijkbaar met de effecten van een brand in een parkeergarage > 1.000 m². De effecten van een brand nemen echter toe naarmate de gebouwhoogte toeneemt (langere vluchttijd, grotere kans op slachtoffers).

Categorie C: combinatie parkeergarage > 1.000 m² en slaapgebouw ≤ 13 m

Uit het veldonderzoek zijn twee specifieke situaties naar voren gekomen:

- > Een 'slaapgebouw' boven een parkeergarage met één vluchtroute: er is sprake van een grotere kans op slachtoffers door het onbruikbaar worden van de enkele vluchtroute (die bedreigd kan worden door rook).
- > Boven de parkeergarage liggen meerdere afzonderlijke 'slaapgebouwen': er is sprake van een grotere kans op slachtoffers in meerdere 'slaapgebouwen'.

De meest urgente categorie is de situatie waarbij het 'slaapgebouw' slechts over één vluchtroute beschikt die voert door een ruimte die bereikbaar is vanuit de parkeergarage. In dat geval is de kans het grootst dat deze enige vluchtroute als gevolg van een brand in de parkeergarage onder de rook komt te staan en zijn de risico's groter ten opzichte van de situatie waarin er twee vluchtroutes zijn die voeren door een ruimte die bereikbaar is vanuit de parkeergarage.

(Half) automatische parkeergarages

Uit het veldonderzoek blijkt dat bij de bouw van parkeergarages steeds vaker wordt gekozen voor het aanleggen van een systeem voor (half) automatisch parkeren. In dat geval is sprake van meerdere auto's die dicht op elkaar staan, zodat de mogelijkheden voor brandbestrijding door de brandweer beperkt zijn. Deze parkeergarages blijken in de praktijk echter reeds vaak gesprinklerd te worden op advies van de brandweer. Daaruit blijkt dat zij een risicovolle, urgente categorie vormen.

5 Aanbevelingen

Op basis van dit onderzoek kunnen de volgende aanbevelingen worden gedaan:

- > Aanbevolen wordt om in de toelichting bij de artikeltekst in het Bbl de te bereiken doelen van de sprinklerinstallatie op te nemen, zoals weergegeven in paragraaf 2.2 van dit rapport.
- > Voor wat betreft categorie B ($> 1.000 \text{ m}^2$ en $\leq 13 \text{ m}$): om te voorkomen dat een sprinklerinstallatie voor elke parkeergarage in deze categorie wordt verplicht, kan overwogen worden om deze alleen voor te schrijven voor de in het onderzoek beschreven meest urgente categorie: een 'slaapgebouw' met een enkele vluchtroute die voert door een ruimte die bereikbaar is vanuit de parkeergarage.
- > De voorgestelde sprinklerinstallatie voor de categorieën C tot en met D geldt ook voor parkeergarages met een (half) automatisch parkeersysteem. Aanbevolen wordt de verplichting voor een sprinklerinstallatie uit te breiden naar alle categorieën parkeergarages waarbij sprake is van een (half) automatisch parkeersysteem én waarboven zich een 'slaapgebouw' bevindt.

Literatuurlijst

- Brandweeracademie. (2017). *Basis voor brandveiligheid. De onderbouwing van brandbeveiliging in gebouwen*. Arnhem: IFV.
- Brandweeracademie. (2020). *Basisprincipes van brandbestrijding*. Arnhem: IFV.
- Brandweeracademie. (2018). *Maatschappelijke impact van branden*. Arnhem: IFV.
- Hilster, D. L. (2020). *Veiligheid en elektrische personenauto's. Actualisatie factsheet 2020*. Delft: CE Delft.
- Instituut Fysieke Veiligheid. (2020a). *Brandveiligheid van parkeergarages met elektrisch aangedreven voertuigen*. Arnhem: IFV.
- Instituut Fysieke Veiligheid. (2020b). *Veiligheidsaspecten van waterstofauto's in parkeergarages - Deel 1*. Arnhem: IFV.
- Li, Y. (2018). *Fire and explosion hazards of alternative fuel vehicles in tunnels*. RISE.
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (BZK, 2020). *Beantwoording vragen van de leden Beckerman en Laçin (beiden SP) over brandgevaar in parkeergarages en onder woningen*. Opgehaald van Kamerbrief 2020-0000138658: <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/kamerstukken/2020/03/24/beantwoording-vragen-over-brandgevaar-in-parkeergarages-en-onder-woningen/beantwoording-vragen-over-brandgevaar-in-parkeergarages-en-onder-wonin-gen.pdf>.
- Van de Leur, P. (2015). *Onderzoek richtlijn brandveiligheid parkeergarages*. Den Haag: DGMR.
- Van de Leur, P. J. (2020). *Fase 1 literatuuronderzoek, onderzoeksvoorstellen; status: preliminary*. DGMR, LBPSight & Royal HaskoningDHV.
- Van Straalen, Y. (2020). *Risico's in parkeergarages ten gevolge van elektrisch en waterstof aangedreven personenauto's - Internationale Inventarisatie*. Delft: TNO.

Bijlage 1: Resultaten van het veldonderzoek

Ter beantwoording van onderzoeksvraag 3 is een beknopt veldonderzoek gehouden onder een aantal veiligheidsregio's. Hierbij is bij een aantal veiligheidsregio's navraag gedaan naar concrete projecten waarbij de hoogste vloer van een 'slaapgebouw' ≤ 13 m boven het meetniveau ligt, maar waarbij de gebruiksoppervlakte van de daaronder gelegen parkeergarage > 1.000 m² is.

De tekst van het verzoek, dat via René Schage en Marcel Koene van Brandweer Nederland per mail aan de veiligheidsregio's is verzonden, luidt als volgt:

In opdracht van het ministerie van BZK voeren wij momenteel een onderzoek uit naar de toepassing van een automatische blusinstallatie bij bepaalde typen parkeergarages. Het gaat daarbij met name om parkeergarages die zijn gelegen onder gebouwen waar slapende personen aanwezig kunnen zijn. Voor een bepaalde categorie parkeergarages zoeken wij praktijkvoorbeelden ter illustratie bij het onderzoek. Specifiek gaat het dan om parkeergarages met een gebruiksoppervlakte > 1.000 m², met daarboven een gebouw (c.q. gebouwen) waarvan de hoogste vloer van een verblijfsgebied ≤ 13 m boven het meetniveau ligt. Het gaat dan om een parkeergarage in combinatie met een daarboven gelegen woongebouw(en), gezondheidszorgfunctie, logiesfunctie of bijeenkomstfunctie voor kinderopvang of combinaties daarvan.

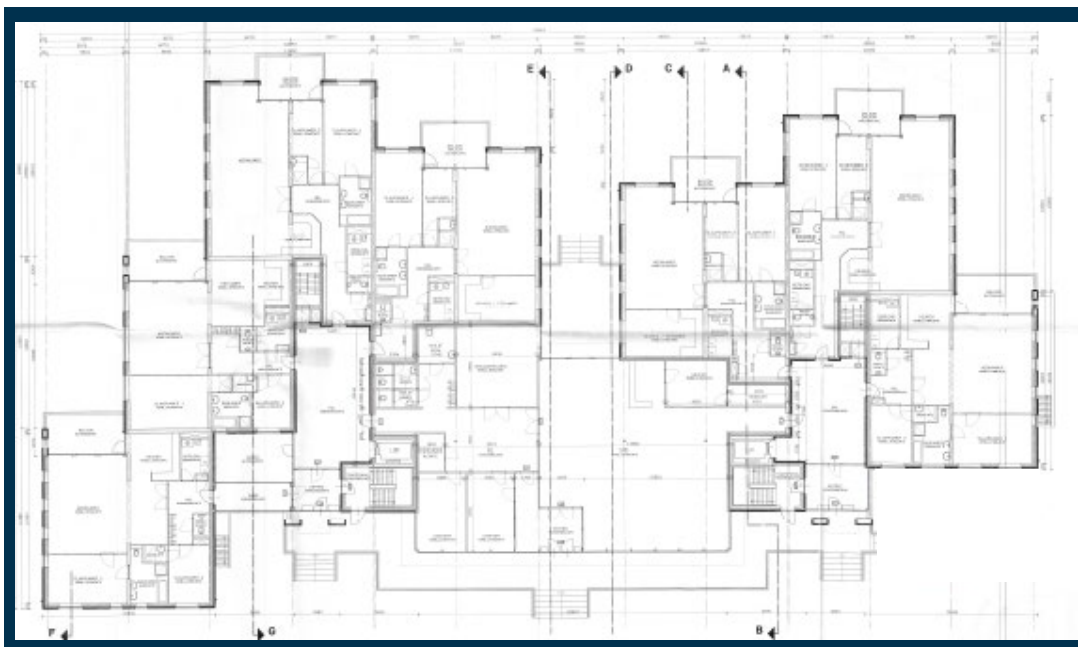
Zou jij deze vraag aan de vakgroep willen voorleggen? Als input is een plattegrond van de parkeergarage en een doorsnede over het totale gebouw voldoende. Doel is om te achterhalen of en in welke vormen de genoemde combinatie (> 1.000 m² / ≤ 13 m) in de praktijk voorkomt.

Project 1: 'Woongebouw met parkeergarage VR Midden- en West-Brabant'

Het project betreft een parkeergarage met een gebruiksoppervlakte van ca. 1.200 m² waarboven twee woongebouwen liggen met in totaal 28 appartementen. De hoogste vloer van de verblijfsgebieden van de woongebouwen ligt < 13 m boven het meetniveau. Vanuit elke woning kan via twee trappenhuizen naar het aansluitende terrein worden gevluht. Eén van beide trappenhuizen van elk woongebouw loopt door tot in de kelder. Volgens de concept-voorschriften (conform annotatie OPB) is voor deze parkeergarage een automatische blusinstallatie verplicht (categorie C: ≤ 13 m; > 1.000 m²).



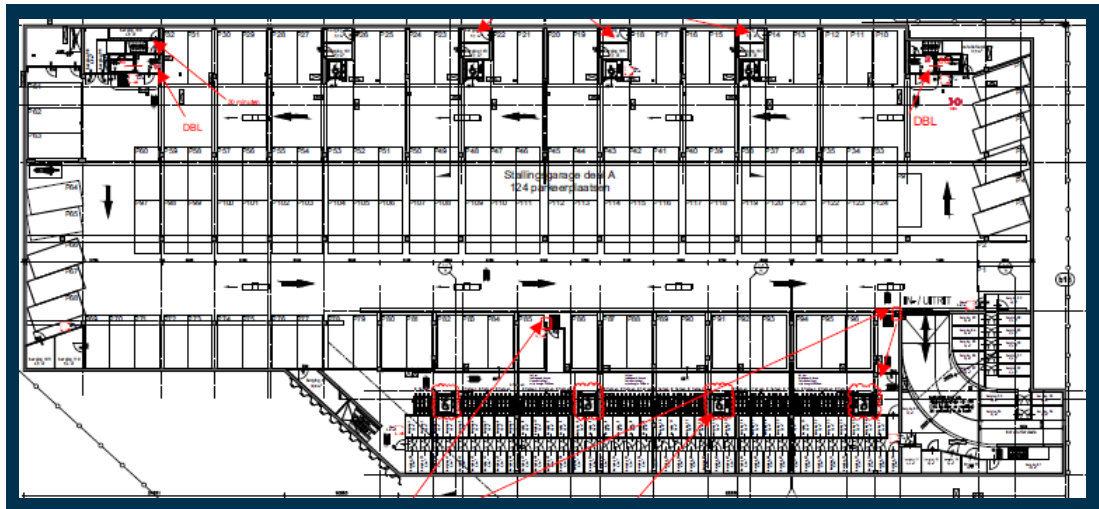
Figuur B1.1 Plattegrond parkeergarage



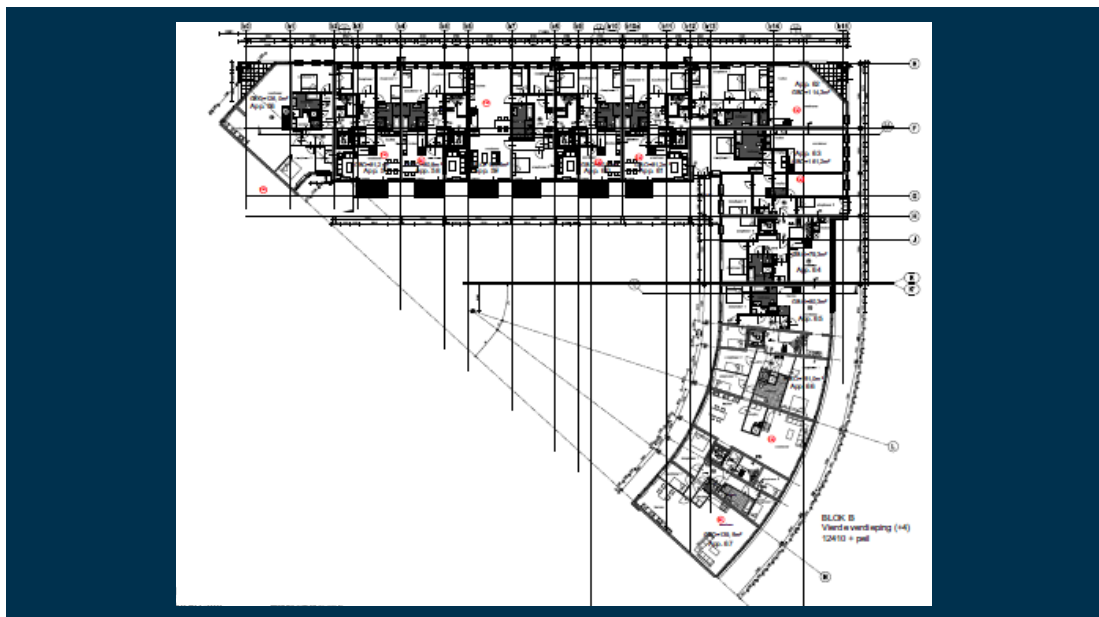
Figuur B1.2 Plattegrond begane grond

Project 2: 'Woongebouw brandweer Amsterdam Amstelland'

Het project betreft een parkeergarage met een gebruiksoppervlakte van ca. 3.105 m² waarboven een woongebouw ligt. De hoogste vloer van de verblijfsgebieden van de woongebouwen ligt op 12,4 m boven het meetniveau. Volgens de concept-voorschriften (conform annotatie OPB) is voor de parkeergarage een automatische blusinstallatie verplicht (categorie C: ≤ 13 m; > 1.000 m²).



Figuur B1.3 Plattegrond parkeergarage



Plattegrond 4e verdieping