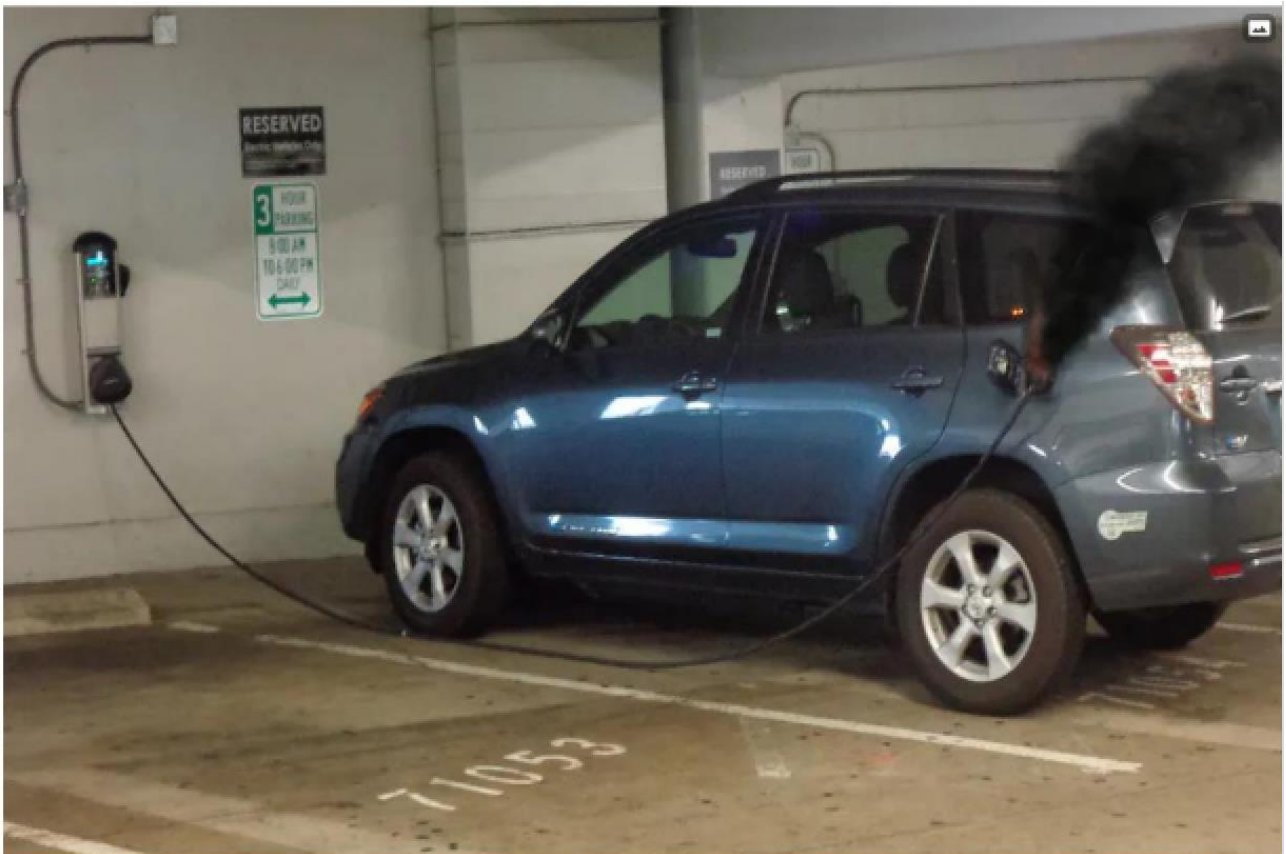


Gemeente Amsterdam

# Toekomstbestendige parkeergarages



## **Colofon**

Gemeente Amsterdam, Ruimte en Duurzaamheid

Postbus 1900, Postbus 1000 BX Amsterdam

[www.amsterdam.nl](http://www.amsterdam.nl)

Opgesteld in opdracht van gemeente Amsterdam

November 2023

## Inhoud

---

1.	<b>Inleiding</b>	1
2.	<b>Achtergronden</b>	2
2.1	Inleiding	2
2.2	Het onderzoeksproject	2
3.	<b>Huidige regelgeving</b>	4
3.1	Wettelijk kader	4
3.2	Publiekrechtelijke doelen	4
3.3	Rol van verzekeraars	7
4.	<b>Ontwikkelingen in brandveilig gebruik</b>	8
4.1	Inleiding	8
4.2	Andere vuurbelasting in moderne auto's	8
4.3	Toename elektrische voertuigen	9
4.4	Ontwikkelingen en risico's LEVs	11
4.5	Ontwikkelingen en risico's brandstofcellen (waterstof)	11
4.6	Ontwikkelingen en risico's energieopslagsystemen (accu/batterijen)	12
5.	<b>Risicoanalyse</b>	13
5.1	Inleiding	13
5.2	Risicomatrix	13
5.3	Risicoanalyse - stap 1: Omschrijven kenmerken en brandveiligheidsniveau	13
5.4	Risicoanalyse - stap 2: Categoriseren van kenmerken huidig en toekomstig gebruik	14
5.5	Risicoanalyse - stap 3: uitvoering	14
5.6	Mitigerende maatregelen	15
5.7	Samenvatting methode	15
6.	<b>Maatregelen</b>	17
6.1	Impact van mitigerende maatregelen	17
6.2	Overzicht mogelijke mitigerende maatregelen	17
6.3	Kwalificatie van de impact van mitigerende maatregelen	18
6.4	Maatregelenpakketten	19
7.	<b>Casestudies</b>	20
7.1	Inleiding	20
7.2	Casestudie 1: West	20
7.3	Casestudie 2: Autolift	25
7.4	Casestudie 3: Hoog	29
7.5	Casestudie 4: West nieuw	33

## Tabellen

Tabel 1: Overzicht relevante prestatie-eisen voor parkeergarages conform het Bouwbesluit 2012.	6
Tabel 2: Afmetingen en gewicht enkele typen elektrische en conventionele (ICE) voertuigen van Volkswagen (bron: Carsized.com).	9
Tabel 3: overzicht kans- en effect reducerende maatregelen.	17
Tabel 4: Brandveiligheidsniveau Case 1	21
Tabel 5: Kenmerken parkeergarage Case 1.	22
Tabel 6: Resultaten risico analyse verwacht toekomstig gebruik Case 1.	23
Tabel 7: Brandveiligheidsniveau Case 2	26
Tabel 8: Kenmerken parkeergarage Case 2	27
Tabel 9: Resultaten risico analyse verwacht toekomstig gebruik Case 2	27
Tabel 10: Brandveiligheidsniveau parkeergarage Case 3.	30
Tabel 11: Kenmerken parkeergarage Case 3	31
Tabel 12: Resultaten risicoanalyse verwacht toekomstig gebruik Case 3.	32
Tabel 13: Brandveiligheidsniveau parkeergarage Case 4.	34
Tabel 14: Kenmerken parkeergarage Case 4	35
Tabel 15: Resultaten risicoanalyse verwacht toekomstig gebruik Case 4.	36

## Figuren

Figuur 1: Een voorbeeld van de ontwikkeling van afmetingen en gewicht van een Volkswagen Golf hatchback (bron: <a href="http://www.zuto.com/car-size-evolution/">www.zuto.com/car-size-evolution/</a> ).	8
Figuur 2: Voorbeeld van branduitbreiding tussen personenauto's	9
Figuur 3: Oorzaken toename temperatuur en thermal runaway in een accupakket [3].	10
Figuur 4: Gehanteerde risicomatrix.	13
Figuur 5: Indeling waarschijnlijkheidscategorieën.	15
Figuur 6: Indeling gevolgcategorieën.	15
Figuur 7: Plattegrond begane grond parkeergarage Case 1.	20
Figuur 8: Plattegrond parkeergarage Case 2.	25
Figuur 9: Plattegrond parkeergarage Case 3.	29
Figuur 10: Plattegronden parkeergarage Case 4 (boven: bouwlaag -1, onder: bouwlaag -2).	33

## Appendices

<b>Appendix A</b>	<b>A-1</b>
Afkortingen en definities	A-1
<b>Appendix B</b>	<b>B-1</b>
Literatuurlijst	B-1
<b>Appendix C</b>	<b>C-2</b>
Beoordeling effectiviteit, uitvoerbaarheid en kosten mitigerende maatregelen	C-2
<b>Appendix D</b>	<b>D-6</b>
Flowsheet risico analyse methode	D-6
	<b>D-7</b>

# 1. Inleiding

In opdracht van de Gemeente Amsterdam en in samenwerking met de Veiligheidsregio Amsterdam Amstelland, heeft ARUP deze handreiking opgesteld ten behoeve van het onderzoeksproject Toekomstbestendige Parkeergarages. In deze handreiking wordt een risicoanalyse methodiek voorgesteld en ontwikkeld waarmee de brandveiligheid van het toekomstig gebruik van bestaande parkeergarages onder woongebouwen beoordeeld kan worden. Met behulp van deze methodiek kunnen project-specifieke maatregelen worden voorgesteld om het brandveiligheidsniveau te verhogen zodat deze parkeergarages meer toekomstbestendig worden. Deze methodiek wordt als pilot gebruikt op vier bestaande parkeergarages onder woongebouwen in Amsterdam.

Deze handreiking wordt op hoofdlijnen als volgt opgebouwd:

- Hoofdstuk 2. Achtergronden
- Hoofdstuk 3. Regelgeving, richtlijnen en best practices
- Hoofdstuk 4. Waarom toekomstbestendig?
- Hoofdstuk 5. Risicoanalyse methode
- Hoofdstuk 6. Bepalingsmethode mitigerende maatregelenpakketten
- Hoofdstuk 7. Vier casestudies
- Hoofdstuk 8. Conclusies en aanbevelingen

Grondslag voor deze rapportage zijn:

- De resultaten van de workshops gehouden op 19 januari 2023 en 20 februari 2023 ten kantore van ... om kennis te delen met elkaar. Bij deze workshops waren diverse partijen uitgenodigd, waaronder de Vereniging(en) van Eigenaars, Verzekeraars.nl, RVO, NIPV, VVEL en Elaad.
- Literatuuronderzoek van Arup naar de risico's van personenauto's voorzien van li-ion accupakketten en oplaadpunten [1].
- Onderzoek naar de brandveiligheid van parkeergarages met elektrisch aangedreven voertuigen [2].

## 2. Achtergronden

### 2.1 Inleiding

Bestaande parkeergarages zijn uitgevoerd met brandveiligheidsvoorzieningen gebaseerd op regelgeving die ten tijde van de aanvraag van de vergunning van kracht was. De regelgeving is gebaseerd op de risico's van voertuigen van toen. In het algemeen zijn moderne voertuigen groter, bevatten meer kunststof onderdelen in het interieur en zijn steeds vaker voorzien van elektrische of hybride aandrijfsystemen met omvangrijke li-ion accupakketten. De verwachting is dat elektrisch aangedreven voertuigen de komende jaren in aantallen zullen blijven groeien<sup>1</sup>. Ook komen er voertuigen op de markt waarbij de accupakketten voor een deel vervangen zijn door een waterstof brandstofcel of waarbij carrosseriedelen vervaardigd zullen zijn van koolstofvezel (kunststof) in plaats van staal of aluminium.

Het brandverloop en de rookproductie van moderne voertuigen wijken door de ontwikkelingen af van oudere voertuigen. De aanvullende risico's hiervan op het oorspronkelijke brandveiligheidsconcept van een bestaande parkeergarage kunnen aanzienlijk zijn. Hier komt bij dat de methode van brandbestrijding van elektrische, hybride en waterstof voertuigen anders kan zijn en meer bluswater vergt [1] en [2]. Door de toename van de belasting van het elektriciteitsnet mag verwacht worden dat omvangrijke energieopslagsystemen (EOSen) binnen afzienbare tijd, ook in parkeergarages, gerealiseerd zullen worden, hetgeen ook leidt tot aanvullende risico's waarmee in verleden nog geen rekening is gehouden. Onderdeel van dit onderzoeksproject is om te bepalen of en op welke wijze het benodigd is om de brandveiligheidsmaatregelen in bestaande parkeergarages onder woongebouwen te herijken.

### 2.2 Het onderzoeksproject

Het onderzoeksproject kijkt naar de ontwikkelingen van personenauto's van de afgelopen 40 jaar en de verwachte ontwikkelingen tot 2030 en verder, alsmede de impact van deze ontwikkelingen op de brandveiligheid van bestaande parkeergarages onder woongebouwen. In het Bouwbesluit worden de doelstellingen in het kader van brandveiligheid kwalitatief gedefinieerd door functionele eisen. Deze doelstellingen, waaronder bijvoorbeeld *“Een bouwwerk is zodanig dat de kans op een snelle uitbreiding van brand voldoende wordt beperkt”*, bieden de mogelijkheid om middels een risicoanalyse een kwalitatief oordeel te geven of er, gezien de ontwikkelingen en de aanwezige passieve en actieve voorzieningen, nog voldaan wordt aan deze doelstellingen, eventueel met behulp van aanvullende maatregelen. Een voorstel voor een dergelijke methode zal in dit onderzoek worden uitgewerkt.

Voor het onderzoek zijn door de gemeente Amsterdam vier Verenigingen van Eigenaars (hierna: vve's) betrokken die behoefte hadden aan een analyse hoe zij hun parkeergarages toekomstbestendig kunnen maken. En wiens parkeergarages mogelijk meer toekomstbestendig worden gemaakt (casestudies). In de casestudies worden de aanvullende risico's inzichtelijk gemaakt en mogelijke maatregelen worden onderzocht door ..., met advies van de brandweer en (opstal)verzekeraar, onder begeleiding en facilitering van de gemeente. Het is de bedoeling dat de casestudies voor de vier parkeergarages worden gepubliceerd en openbaar gemaakt. Ook wordt per garage een informatieve film gemaakt over de herijking van de brandveiligheid en genomen beheersmaatregelen, samen met de brandweer, gemeente en vve's.

De resultaten worden vervolgens gepubliceerd en openbaar gemaakt door de gemeente Amsterdam met als doel om ook voor andere vve's een voorbeeld te zijn om ook hun een parkeergarage meer toekomstbestendig te maken, hoe de laadinfrastructuur kan worden geregeld en welke maatregelen overwogen kunnen worden. Ook de bijbehorende kosten zijn hier van invloed.

Aan het einde van het project ontstaat er een informatiepakket voor vve's met de volgende elementen:

- Welke brandveiligheidsmaatregelen getroffen kunnen worden vanwege veranderd gebruik.
- Hoe en waar de laadvoorzieningen gerealiseerd kunnen worden.

---

<sup>1</sup> [https://open.overheid.nl/repository/ronl-cebc19e4-75ba-4dc5-8315-26e00d4f932d/1/pdf/bijlage-2-trendrapport-nederlandse-markt-personenauto-s-  
editie-2021.pdf](https://open.overheid.nl/repository/ronl-cebc19e4-75ba-4dc5-8315-26e00d4f932d/1/pdf/bijlage-2-trendrapport-nederlandse-markt-personenauto-s-editie-2021.pdf)

- Hoe en waar een ondersteunende elektriciteitsopslag kan worden gerealiseerd.
- Adviezen die door een installateur verwerkt moeten worden.

De resultaten van het project worden ook verspreid naar andere veiligheidsregio's en omgevingsdiensten.

## 3. Huidige regelgeving

### 3.1 Wettelijk kader

Voor bestaande gebouwen zijn de benodigde voorzieningen en maatregelen voor brandveiligheid vastgelegd in de vigerende vergunning. Deze vergunning geldt als het rechtens verkregen niveau, waarbij minimaal aan niveau bestaande bouw uit het Bouwbesluit 2012 moet worden voldaan.

Op 1 januari 2024 wordt de Omgevingswet van kracht. Het rapport voorhanden is eerder geschreven en vastgesteld. Met de Omgevingswet en de aandacht welke elektrische auto's en parkeergarages hebben in wetgeving, is de verwachting dat de wetgeving de komende jaren op punten verder zal wijzigen. Dit maakt dat het essentieel is om te evalueren of de informatie nog steeds up-to-date is.

Voor de meest actuele wetgeving wordt verwezen naar het Besluit Bouwwerken Leefomgeving welke online te vinden is.

Om inzicht te blijven geven in hoe de brandveiligheid voor parkeergarages (en andere onderdelen van bouwwerken) gecontroleerd kan worden, wordt verwezen naar het document "Essentiele Controlepunten Brandveiligheid" dat elk jaar wordt geüpdatet en opnieuw wordt uitgebracht, inmiddels voor het 16<sup>e</sup> jaar. Dit document wordt samengesteld door Brandweer Nederland, Vereniging Bouw- en Woningtoezicht Nederland (BWT) en BBN Brandveilig Bouwen Nederland en is online te vinden op de website van BBN. Deze partijen zijn de grote spelers die werkzaam zijn op het gebied van Handhaving en Toezicht van woningbouw. BWT is de beroepsvereniging voor gemeenten, organisaties en personen die actief zijn in of betrokken zijn bij het bouw- en woningtoezicht door gemeenten. Door deze controlepunten te volgen wordt aangesloten bij waar de Bouw en Woning Toezicht van een gemeente op controleert. Doordat het document periodiek wordt vernieuwd, blijven de aanbevelingen uit dit rapport actueel.<sup>2</sup>

Per 1 juli 2023 zijn er een aantal wijzigingen met betrekking tot nieuwe oplaadpunten van elektrische voertuigen opgenomen in het Bouwbesluit 2012 en overgenomen in deze handreiking. Het betreft:

- Oplaadpunten in een parkeergarage moeten voldoen aan mode 3 of mode 4 als bedoeld in de norm NEN 1010<sup>3</sup>.
- Oplaadpunten in een parkeergarage die geïnstalleerd zijn na 1 juli 2023 moeten tegelijkertijd uitgeschakeld kunnen worden.
- De oplaadpunten en de uitschakelvoorziening moeten bij de toegang van de parkeergarage worden aangegeven (middels een kaart).

### 3.2 Publiekrechtelijke doelen

De overheidsdoelen die ten grondslag liggen aan de brandveiligheidsvoorschriften van het Bouwbesluit 2012 zijn conform de nota van toelichting:

- Beperken van slachtoffers bij brand (gebruikers, hulpverleningsdiensten).
- Beperking van schade aan derden (buurpercelen).

Daarnaast zijn er privaatrechtelijke doelen ter beperking van schade bij brand en het beperken van de impact op bedrijfscontinuïteit. Het beperken van schade en de impact op de bedrijfscontinuïteit wordt doorgaans echter aanvullend gewaarborgd door richtlijnen en randvoorwaarden vanuit verzekeraars.

---

<sup>2</sup> <https://www.bbn.nu/essentiele-controlepunten/informatie/> hier vindt u de meest actuele versie.

<sup>3</sup> Mode 3 laden vindt plaats met wisselspanning via een laadstation. Dit station communiceert met het accumanagementsysteem (BMS) van het voertuig en zorgt dat het juiste vermogen geleverd wordt. De omvormer in het voertuig zet de wisselspanning om in gelijkspanning. Mode 4 laden is gecontroleerd laden waarbij het laadstation de wisselspanning omzet in gelijkspanning. Ook hier communiceert het voertuig accumanagementsysteem met het laadstation zodat alleen het vermogen wordt geleverd dat het accupakket aankan.



### 3.2.1 Overzicht functionele eisen

De bouwregelgeving kent een verzameling van functionele- en prestatie eisen om aan de overheidsdoelen zoals hierboven benoemd te kunnen voldoen. De voornaamste functionele eisen in het kader van dit onderzoek zijn:

- Afdeling 2.2, sterkte bij brand: *Een bouwwerk kan gedurende redelijke tijd worden verlaten en doorzocht, zonder dat er gevaar voor instorting is.*
- Afdeling 2.8, beperking van het ontstaan van een brandgevaarlijke situatie: *Een bouwwerk is zodanig dat het ontstaan van een brandgevaarlijke situatie voldoende wordt beperkt.*
- Afdeling 2.9, beperking van het ontwikkelen van brand en rook: *Een bouwwerk is zodanig dat brand en rook zich niet snel kunnen ontwikkelen.*
- Afdeling 2.10, beperking van branduitbreiding: *Een bouwwerk is zodanig dat de kans op een snelle uitbreiding van brand voldoende wordt beperkt.*
- Afdeling 2.11, verdere beperking van uitbreiding van brand en beperking van verspreiding van rook: *Een bouwwerk is zodanig dat uitbreiding van brand in verdergaande mate wordt beperkt en dat veilig kan worden gevlucht.*
- Afdeling 2.12, vluchtroutes: *Een bouwwerk heeft zodanig vluchtroutes dat bij brand een veilige plaats kan worden bereikt.*
- Afdeling 2.13, hulpverlening bij brand: *Een bouwwerk is zodanig dat hulpverleningsdiensten binnen redelijke tijd personen kunnen redden en brand kan bestrijden.*
- Afdeling 6.5, tijdig vaststellen van brand: *Een bouwwerk heeft zodanige voorzieningen dat brand tijdig kan worden ontdekt zodat veilig kan worden gevlucht.*
- Afdeling 6.6, vluchten bij brand: *Een bouwwerk heeft zodanige voorzieningen dat het ontvluchten goed kan verlopen.*
- Afdeling 6.7, bestrijden van brand: *Een bouwwerk heeft zodanige voorzieningen voor de bestrijding van brand, dat brand binnen redelijke tijd kan worden bestreden.*
- Afdeling 6.8, bereikbaarheid voor hulpverleningsdiensten: *Een bouwwerk is zodanig bereikbaar voor hulpverleningsdiensten dat tijdig bluswerkzaamheden kunnen worden uitgevoerd en hulpverlening kan worden geboden.*

### 3.2.2 Overzicht prestatie-eisen

Voor de meeste functionele eisen definieert het Bouwbesluit 2012 een set prestatie eisen waarmee invulling wordt gegeven aan de functionele eisen. In de prestatie eisen wordt de benodigde minimale grenswaarde aangegeven voor bestaande en nieuwe gebouwen alsmede een verwijzing naar relevante bepalingmethoden in normen. De onderstaande tabel geeft een aantal relevante prestatie eisen die van toepassing zijn op parkeergarages onder woongebouwen.

Prestatie-eisen:	Eisen niveau bestaande bouw:	Eisen niveau nieuwbouw:
Afdeling 2.2	Geen eis: $\leq 7$ m R30: $> 7$ m - $\leq 13$ m R60: $> 13$ m	R60: $\leq 7$ m R90: $> 7$ m - $\leq 13$ m R120: $> 13$ m
Afdeling 2.8	Geen prestatie-eisen	Materiaal binnenzijde schacht/koker/kanaal: brandklasse A2
Afdeling 2.9	Geen prestatie-eisen	Binnenoppervlak brandklasse D Vloer brandklasse: D <sub>fl</sub>
Afdeling 2.10	Omvang brandcompartiment: $\leq 3.000$ m <sup>2</sup>	Omvang brandcompartiment: $\leq 1.000$ m <sup>2</sup>

Prestatie-eisen:	Eisen niveau bestaande bouw:	Eisen niveau nieuwbouw:
	Brandwerendheid scheidings: EI20	Brandwerendheid scheidings: EI30, < 5m EI60, ≥ 5m
Afdeling 2.11	WRD scheidingsconstructies 20 minuten	R <sub>a</sub> : scheidingsconstructies met beschermde vluchtroutes R <sub>200</sub> : scheidingsconstructies met beschermde subbrandcompartimenten, liftschachten, extra beschermde vluchtroutes
Afdeling 2.12	Loopafstand: ≤ 75 m	Gecorrigeerde loopafstand: ≤ 60 m
Afdeling 2.13	Geen prestatie-eisen	Geen prestatie-eisen
Afdeling 6.5	Handbrandmelders: > 1.5 m en ≤ 1000 m <sup>2</sup> Volledige bewaking: > 1000 m <sup>2</sup>	Handmelders, > 1.5m en ≤ 1000 m <sup>2</sup> Volledige bewaking, > 1000 m <sup>2</sup>
Afdeling 6.6	Type B indien brandmeldinstallatie is vereist	Type B indien brandmeldinstallatie is vereist
Afdeling 6.7	Toereikende bluswatervoorzieningen Draagbare blustoestellen	Toereikende bluswatervoorzieningen Draagbare blustoestellen

**Tabel 1: Overzicht relevante prestatie-eisen voor parkeergarages conform het Bouwbesluit 2012.**

### 3.2.3 Invulling op basis van gelijkwaardigheid

Conform artikel 1.3 uit het Bouwbesluit 2012 kan ook met een gelijkwaardig alternatief aan de functionele eisen worden voldaan. In de praktijk wordt dit geregeld toegepast bij parkeergarages met een gebruiksoppervlakte groter dan 1.000 m<sup>2</sup>. Een dergelijke gelijkwaardigheid moet door de aanvrager onderbouwd worden. De volgende normen en richtlijnen zijn in dit kader in het verleden toegepast:

- NEN 6098 "Rookbeheersingssystemen voor mechanisch geventileerde parkeergarages".
- NEN 2443 "Parkeren en stallen van personenauto's op terreinen en in garages".
- Richtlijn van het Landelijk Netwerk Brandpreventie (LNB), met aanvullingen van diverse gemeenten (waaronder Amsterdam).

Deze normen en richtlijnen worden niet aangewezen door het Bouwbesluit en zijn niet recentelijk geactualiseerd voor moderne voertuigen. In de norm NEN 6098 wordt de door TNO bepaalde ontwerpbrand voorgeschreven als conservatief brandscenario met een piekvermogen van circa 9 MW<sup>4</sup>. Deze brandcurve is bepaald op basis van brandproeven waarbij niet meer dan drie personenvoertuigen bij de brand betrokken raken. Het lijkt er op dat dit geen realistisch scenario meer is voor het toekomstig gebruik in parkeergarages en zonder aanvullende maatregelen mogelijk ook onvoldoende veiligheidswaarborgen biedt in bestaande parkeergarages.

De richtlijn van het LNB hanteert hetzelfde brandscenario van TNO. Deze richtlijn is sinds 2012 ingetrokken door het NVBR naar aanleiding van het onderzoek naar de brand in parkeergarage De Appelaar in Haarlem.

Gelijkwaardige oplossingen dienen ter goedkeuring van het bevoegd gezag en op project specifieke basis te worden ingevuld.

### 3.2.4 Restrisico brandgevaar en ontwikkeling van brand

Indien het gebruik van een parkeergarage zodanig is dat het een dusdanig brandgevaar oplevert waarin niet is voorzien door het Bouwbesluit, dan heeft het bevoegd gezag op basis van artikel 7.10 van het Bouwbesluit een

<sup>4</sup> TNO rapport met kenmerk 1999-CvB-R1442.

kapstok om in een specifiek geval in te grijpen wanneer het (gewijzigde) brandveilig gebruik onvoldoende gewaarborgd is.

*Het artikel 7.10 van het Bouwbesluit stelt:*

*Onverminderd het bij of krachtens dit besluit bepaalde is het verboden in, op, aan of nabij een bouwwerk voorwerpen of stoffen te plaatsen, te werpen of te hebben, handelingen te verrichten of na te laten, werktuigen, middelen of voorzieningen te gebruiken of niet te gebruiken of anderszins belemmeringen op te werpen of hinder te veroorzaken waardoor:*

- a. brandgevaar wordt veroorzaakt, of*
- b. bij brand een gevaarlijke situatie wordt veroorzaakt.*

In de toelichting staat het volgende:

*Deze algemene verbodsbepaling heeft betrekking op brandveilig gebruik waarin niet is voorzien door de andere voorschriften van dit besluit. Hiermee heeft het bevoegd gezag een «kapstok» om in een specifiek geval in te grijpen wanneer het brandveilig gebruik onvoldoende gewaarborgd is (ook indien het gebruik op zich voldoet aan de voorschriften van dit besluit). Het gaat hier om een geclausuleerde bevoegdheid die uitsluitend kan worden toegepast in de in dit artikel genoemde omstandigheden.*

*Het is nadrukkelijk niet de bedoeling dat de gemeente algemene aanvullende of nadere eisen stelt. Voorts moeten de geëiste maatregelen altijd in verhouding staan tot het te bestrijden risico. De gemeente zal de noodzaak hiervan in het concrete geval moeten kunnen aantonen.*

*Enkele voorbeelden van situaties waarin een beroep op dit kapstokartikel gerechtvaardigd kan zijn:*

*(...)*

*... indien in een ruimte bijvoorbeeld een zodanig grote vuurbelasting aanwezig is en/of een zodanig snel brandverloop kan optreden, dat de beheersbaarheid van brand zoals beoogd met de brand- of subbrandcompartimentering, niet is gewaarborgd en als gevolg daarvan de brand zou kunnen overslaan naar bijvoorbeeld een aangrenzende of nabijgelegen woning ... of andere kwetsbare gebruiksfunctie.*

Bij een acuut onveilige situatie kan artikel 7.10 het bevoegd gezag een kapstok bieden om, eventueel als gevolg van bijvoorbeeld toegenomen risico's door moderne personenauto's, aanvullende eisen te stellen indien een brand kan overslaan naar een naburige woning of indien de veiligheid van de bewoners en de veiligheid van de hulpverleningsdiensten niet kan worden geborgd. Eventuele aanvullende beheersmaatregelen of wijzigingen in het brandveilig gebruik zullen dan per specifieke situatie moeten worden beoordeeld.

### **3.3 Rol van verzekeraars**

Ook verzekeraars kunnen randvoorwaarden stellen aan de brandveiligheid. Deze randvoorwaarden zijn dan met name gerelateerd aan het beperken van schade door brand en rook; alsmede het beperken van de impact van een brand op de bedrijfscontinuïteit, woonbaarheid en herstel na een brand. Verzekeraars kunnen hun premie's en de limieten aan de verzekeraarbaarheid dan ook laten afhangen van de voorziene risico's voor brand. Hiermee kunnen zij invloed uitoefenen op de brandveiligheid van gebouwen en zijn ook verzekeraars een belangrijke partij voor de Vereniging van Eigenaars en het beoogde brandveilig gebruik.

Hierbij zijn belangrijke uitgangspunten (net als bij de bouwregelgeving):

- Beheersbaar houden van de brand;
- Beperken van schade aan de bouwconstructie.

## 4. Ontwikkelingen in brandveilig gebruik

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de technologische ontwikkelingen van personenauto's over de afgelopen 40 jaar in kaart gebracht. De gevolgen hiervan zijn dat er nieuwe risico's worden geïntroduceerd en dat de brandveiligheidsconcepten van bestaande parkeergarages onder woongebouwen mogelijk herzien moeten worden. Dit is mede afhankelijk van de aard en omvang van de nieuwe risico's ten opzichte van de uitgangspunten van het oorspronkelijk brandveiligheidsconcept.

De nieuwe risico's zijn uitgebreid onderzocht door onder andere Arup, het NIPV en ook andere partijen voorafgaand aan dit rapport. De resultaten van deze onderzoeken zullen in dit hoofdstuk worden samengevat en vormen de basis voor de risicoanalyses omtrent het brandveilig gebruik en het bepalen van eventuele beheersmaatregelen om bestaande parkeergarages onder woningen toekomstbestendig te maken.

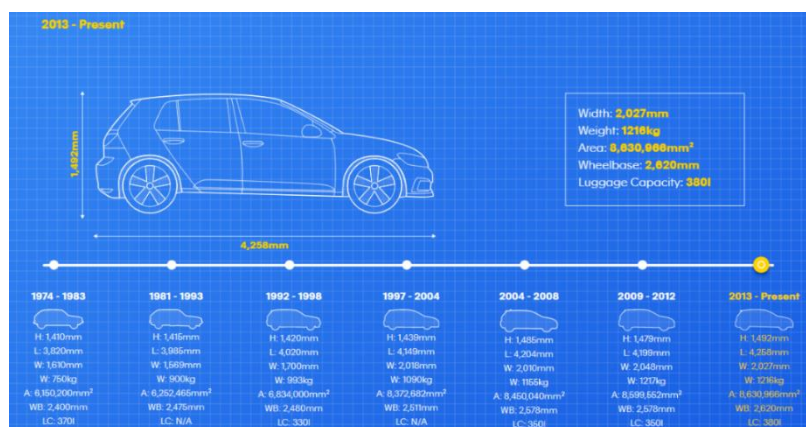
### 4.2 Andere vuurbelasting in moderne auto's

In de laatste 40 jaar zijn personenauto's groter en zwaarder geworden. De toename in omvang is duidelijk zichtbaar in het straatbeeld en gaat gepaard met een toename van brandbare kunststoffen in het interieur. De toename in massa komt voornamelijk doordat moderne personenauto's groter en zwaarder worden met meer brandbare onderdelen. Daarnaast worden elektrische auto's veelal voorzien zijn van zware li-ion accupakketten met wisselend vermogen en samenstelling<sup>5</sup>, waardoor de massa verder toeneemt.

Koolstofvezel- en glasvezel composieten worden steeds vaker toegepast in chassis- en carrosseriedelen van personenauto's maar zijn voornamelijk niet geschikt voor massaproductie<sup>6</sup>. Het grote voordeel van deze materialen is dat ze veel lichter zijn dan staal waardoor het energieverbruik (en de benodigde energieopslag) afneemt. Het is niet onaannemelijk dat soortgelijke materialen in de toekomst steeds vaker zullen worden toegepast in modale personenauto's. Nadeel is dat koolstofvezel composieten bijdragen aan de vuurlast.

Naast veranderingen in de voertuigen zijn er in parkeergarages ook steeds meer oplaadpunten en is in stedelijke gebieden ook een toename zichtbaar van automatische en semi-automatische parkeersystemen. Hierdoor staan personenauto's nog dichter op elkaar wat de kans op uitbreiding van brand verhoogd.

De toename in omvang en gewicht in de tijd is in figuur 1 geïllustreerd voor een doorsnee gezinsauto met verbrandingsmotor (toename lengte: 11.5%; toename breedte: 25%).

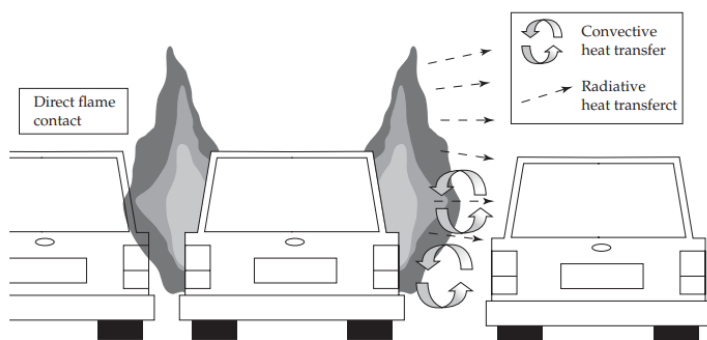


Figuur 1: Een voorbeeld van de ontwikkeling van afmetingen en gewicht van een Volkswagen Golf hatchback (bron: [www.zuto.com/car-size-evolution/](http://www.zuto.com/car-size-evolution/)).

<sup>5</sup> Er zijn veel soorten li-ion accu's en deze verschillen in vermogen, spanning, stroomsterkte, capaciteit en andere kenmerken. De li-ion accu's in telefoons en laptops hebben een andere samenstelling dan die in elektrische personenauto's. Ook tussen merken personenauto's zijn er verschillen in de samenstelling van li-ion accu's. Bijkomend aspect is de snelle technologische ontwikkeling van dit type batterijen.

<sup>6</sup> Weiqi Pian, Yue Zhou, Tianmu Xiao, A review of the feasibility of aluminum alloys, carbon fiber composites and glass fiber composites for vehicle weight reduction in the automotive industry, Journal of Physics: Conference Series, 2608 (2023) 012005.

In tabel 2 zijn de toename in afmetingen en gewicht geïllustreerd van een doorsnee gezinsauto met verbrandingsmotor en een vergelijkbaar model met elektrische aandrijving. Het is een trend in de markt dat steeds meer mensen een SUV of cross-over model rijden. De toename van het gewicht is grotendeels toe te schrijven aan het accupakket en de aandrijflijn. In figuur 2 is geïllustreerd is de wijze van branduitbreiding tussen personenauto's geïllustreerd.



**Figuur 2: Voorbeeld van branduitbreiding tussen personenauto's<sup>7</sup>**

Type	Volkswagen Golf 5-deurs hatchback			Volkswagen ID.3
Bouwjaar	1983	1997	2019	2019
Lengte (cm)	405.3	414.9	428.4	426.2
Breedte (cm)	170	173.5	178.9	180.9
Hoogte (cm)	141.5	144.4	149.1	155.2
Gewicht (kg)	865	1113	1260	1772

**Tabel 2: Afmetingen en gewicht enkele typen elektrische en conventionele (ICE) voertuigen van Volkswagen (bron: Carsized.com).**

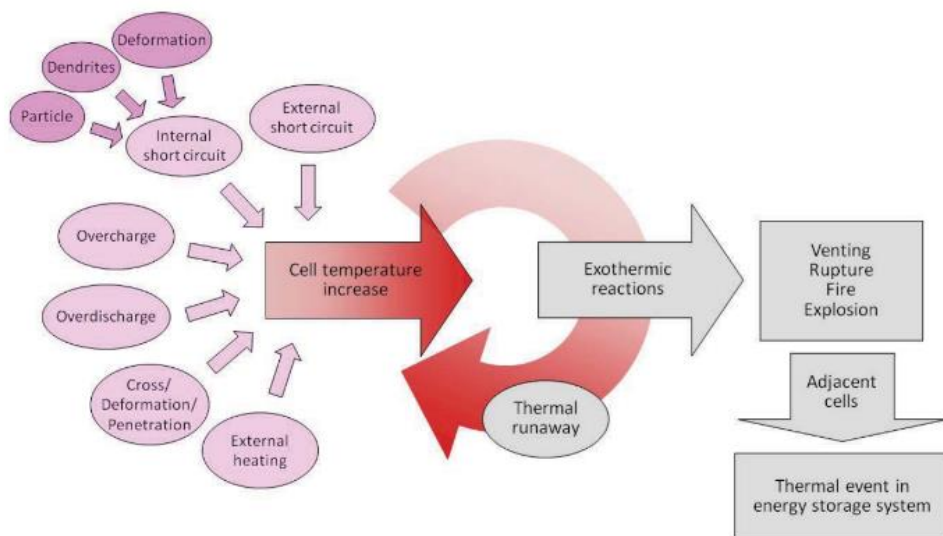
### 4.3 Toename elektrische voertuigen

De energietransitie zorgt voor een toename in voertuigen voorzien van accupakketten op basis van li-ion technologie. Naast volledig elektrische, hybride en brandstofcel personenauto's, zijn er vooral in stedelijke gebieden inmiddels ook steeds meer 'light electric vehicles' (LEVs), waaronder e-steps, e-bikes en e-scooters. De accupakketten in deze voertuigen brengen brandveiligheidsrisico's met zich mee die terug te voeren zijn op het risico op 'thermal runaway', een cascade reactie in het accupakket tussen verschillende onderdelen waarbij de reactiesnelheid en de warmteproductie snel toenemen bij toename van de temperatuur. De hoofdoorzaken van een thermal runaway in een accupakket zijn weergegeven in figuur 3 en als volgt [3]:

- Mechanische schade aan het accupakket tijdens gebruik;
- Kortsluiting binnen het accupakket;
- Overladen of (te) diep ontladen van de accu's;
- Externe verhitting (bijvoorbeeld door brand in een naastgelegen voertuig);
- Fabricage fouten;
- Falen of storingen in het BMS systeem (batterijmanagementsysteem);

<sup>7</sup> Noordijk, Lemaire, Modelling of fire spread in car parks, TNO Centre for Fire Research, Delft, The Netherlands.

- Het gebruik van beschadigde kabels, connectoren en oplaadpunten.



**Figuur 3: Oorzaken toename temperatuur en thermal runaway in een accupakket [3].**

Het optreden van thermal runaway in een accupakket is onomkeerbaar. De vrijkomende gassen zijn brandbaar en ontsteking vindt meestal snel plaats. In kleine afgesloten ruimten kunnen deze gassen accumuleren en bij ontsteking leiden tot een wolkeexplosie (VCE). Op basis van uitgebreid literatuuronderzoek volgt dat [1]:

- Statistisch gezien de kans op brand bij elektrisch aangedreven personenauto's momenteel niet hoger is dan bij personenauto's aangedreven door conventionele brandstoffen (diesel, benzine). Dit beeld kan veranderen naarmate het percentage elektrische personenauto's op de weg alsmede de ouderdom van dit soort voertuigen toenemen. Opgemerkt wordt dat technologische ontwikkelingen van li-ion accupakketten dit beeld mogelijk in positieve zin kunnen veranderen.
- Laden een activiteit is die de kans op het ontstaan van brand verhoogd.
- De kans op uitbreiding van brand naar een naastgelegen voertuig hoger is, door de toegenomen omvang van personenauto's waardoor de onderlinge afstand tussen de geparkeerde auto's kleiner wordt.
- Het brandvermogen (HRR) van een moderne elektrische personenauto is van dezelfde orde van grootte als het brandvermogen van een moderne personenauto aangedreven door conventionele brandstoffen (diesel, benzine). De verbrandingswaarde van een huidige elektrische personenauto bedraagt circa 8500 MJ/EV<sup>8</sup>.
- De brandduur van een elektrische personenauto waar de accu bij betrokken is, is vaak langer dan de brandduur van een vergelijkbare personenauto aangedreven door conventionele brandstoffen. Het accupakket kan langdurig blijven doorbranden maar met een lager vermogen omdat de rest van de auto al is opgebrand. Het kost gemiddeld ook aanzienlijk meer tijd om een elektrische personenauto te blussen.
- Meer onderzoek nodig is naar de benodigde ventilatiehoeveelheden ter beperking van het risico op een wolkeexplosie in besloten parkeergarages. Deze ventilatiehoeveelheden zijn uiteraard afhankelijk van het aantal EV's en de omvang en uitvoering van de garage. Voor omvangrijkere parkeergarages kan mogelijk volstaan worden met de basisventilatie. Nader onderzoek in dit kader moet nog worden uitgevoerd.
- Het brandvermogen van een elektrische aangedreven personenauto heeft veelal twee pieken (t.o.v. één voor een soortgelijk voertuig aangedreven door conventionele brandstoffen). De tweede piek ontstaat wanneer het accupakket betrokken raakt bij de brand.

<sup>8</sup> Sungwook Kang et al., Full-scale fire testing of battery electric vehicles, Applied Energy, Volume 332, 15 February 2023.

- De reddingswerkzaamheden worden bemoeilijkt doordat onder andere de benodigde hoeveelheid water voor brandbestrijding groter is door de langere brandduur en door (her)ontsteking van de accu. Ook de benodigde hoeveelheid ademlucht voor de brandweer is hoger en de gassen die vrijkomen bij een li-ion brand kunnen schadelijk zijn voor de hulpverleningsdiensten, in het bijzonder waterstoffluoride (HF).
- Voor het blussen van een brandende elektrisch voertuig is conform onderzoek circa 10.000 liter water nodig. Een brand van een conventioneel voertuig behoeft circa 4000 liter bluswater. De veel grotere hoeveelheid bluswater voor een elektrisch voertuig heeft te maken met het blussen van het accupakket [1].

#### 4.4 Ontwikkelingen en risico's LEVs

Light electric vehicles (LEVs) zijn voorzien van een al dan niet demontabele li-ion accu. De populariteit van deze voertuigen groeit snel, vooral in stedelijke gebieden. In de laatste jaren is ook een toename in het aantal branden zichtbaar. Belangrijke oorzaken hiervan zijn brandstichting en technische defecten [6]. Ook het gebruik van laders met verkeerde spanningen en overladen zijn vaak de oorzaken van thermal runaway en brand<sup>9</sup>.

In het onderzoek naar de brandveiligheid van LEVs, uitgevoerd in opdracht van de gemeente Amsterdam, wordt het belang benadrukt van de plek van het stallen en laden van LEVs op het brandverloop en de kans op escalatie. Zo wordt er bijvoorbeeld aanbevolen om het stallen en laden in woongedeelten van woningen krachtig te ontmoedigen [6]. Samen met het grote aantal branden van de afgelopen jaren in binnen- en buitenland duidt dit erop dat het vooralsnog verstandig is om LEVs tijdens stallen en laden te isoleren, gescheiden van mensen of andere brandbare inventaris<sup>10</sup>. Waar LEVs in parkeergarages worden gestald wordt voorgesteld om hiertoe een separaat brandcompartiment te realiseren met detectie en voldoende ventilatie.

#### 4.5 Ontwikkelingen en risico's brandstofcellen (waterstof)

De productie, opslag, transport en toepassing van groene en blauwe waterstof is een veelbesproken onderwerp binnen de Europese Unie. Toepassing als brandstof voor personenauto's wordt daarbij gezien als een mogelijke toekomstige ontwikkeling. Voorlopig is het onduidelijk wat het exacte groeipotentieel is van waterstof voor personenauto's en loopt de ontwikkeling voorlopig nog achter op elektrificatie.

Voor het gebruik van waterstof in een personenauto is een brandstofcel wenselijk (verbranden in een verbrandingsmotor produceert namelijk NO<sub>x</sub> en is minder efficiënt dan een brandstofcel). Deze brandstofcel zet waterstof om in water en produceert daarbij elektriciteit. Met die stroom wordt een elektromotor aangedreven en een klein accupakket zorgt voor tijdelijke opslag van teveel opgewekte elektriciteit. Deze accu helpt ook bij het versnellen van het voertuig. In de brandstofcelauto zit een waterstoftank waarin waterstof bij 350-700 bar wordt opgeslagen. Onder hoge druk opslaan van brandbaar gas introduceert andere risico's. Bij een lekkage zou een explosieve atmosfeer kunnen ontstaan in een afgesloten ruimte zoals een parkeergarage. Tevens is opwarming van de tank door brand in het voertuig of een naastgelegen personenauto een risico op explosie. Dit explosierisico kan verlaagd worden door realisatie van TPRD ventielen.

---

<sup>9</sup> [Examining the Fire Safety Hazards of Lithium-Ion Battery Powered e-Mobility Devices in Homes | UL's FSRI – Fire Safety Research Institute](#)

<sup>10</sup> [How E-Bike Battery Fires Became a Deadly Crisis in New York City - The New York Times \(nytimes.com\)](#)

## 4.6 Ontwikkelingen en risico's energieopslagsystemen (accu/batterijen)

Een andere ontwikkeling is het gebruik van lokale energie opslagsystemen. Door het overvolle energienet worden lokale energieopslagsystemen interessanter en meer rendabel. Op dit moment worden li-ion accupakketten vooral gebruikt voor dit doel. De verwachting is dat in de nabije toekomst veel vaker gebruik zal worden gemaakt van flow batterijen of mogelijk natrium-ion batterijen. Een flow batterij hanteert speciale vloeistoffen (elektrolyten) als medium om energie in op te slaan. Deze vloeistoffen zitten in separate tanks en kunnen lading uitwisselen door ze direct of via een membraan met elkaar in contact te brengen.

Voordeel van flow batterijen is de lange levensduur en laag brandrisico (nauwelijks brandbare materialen). Nadelen zijn de omvang (benodigde ruimte), lagere energiedichtheid en toxiciteit van de vloeibare elektrolyten, vanadium (V) oxide opgelost in zwavelzuur of zink bromide opgelost in water.

Na-ion batterijen worden ontworpen middels hetzelfde principe als li-ion, maar met een andere batterijchemie. De voorspelling is dat na-ion batterijen stabielere zijn en minder brandbaar dan li-ion, met minder kans op thermal runaway.

Zodra er in bestaande gebouwen gekozen gaat worden voor lokale energieopslagsystemen zullen de risico's daarvan moeten worden meegenomen en waar nodig gemitigeerd.



## 5. Risicoanalyse

### 5.1 Inleiding

De hierboven omschreven technologische ontwikkelingen kunnen invloed hebben op de brandveiligheid van bestaande parkeergarages onder woongebouwen. Als hulpmiddel om dit te kunnen beoordelen wordt in dit hoofdstuk een risicoanalyse methode geïntroduceerd. Hiermee kunnen zowel de toekomstige risico's en de effectiviteit van mogelijke maatregelen op kwalitatieve wijze worden afgewogen en gemitigeerd.

### 5.2 Risicomatrix

Risico is in het kader van dit onderzoek gedefinieerd als de waarschijnlijkheid van een ongewenste gebeurtenis vermenigvuldigd met de consequentie of het gevolg van diezelfde ongewenste gebeurtenis. Een veel gehanteerde en praktische tool om het risico van een ongewenste gebeurtenis inzichtelijk te maken is een risicomatrix. Een voorbeeld van een risicomatrix is weergegeven in figuur 4. Op de horizontale as staat de waarschijnlijkheid van een brand, in dit geval opgedeeld in drie waarschijnlijkheidscategorieën. Op de verticale as staat de consequentie of gevolg van diezelfde brand opgedeeld in drie gevolgcategorieën. De vetgedrukte zwarte lijn wordt gebruikt om een acceptabel veiligheidsniveau te omschrijven dat aansluit op de functionele eisen uit het Bouwbesluit. Uitgangspunt hierbij is dat dit veiligheidsniveau gedefinieerd wordt op basis van de prestatie-eisen uit het Bouwbesluit (voor bestaande gebouwen, nieuwe gebouwen of daar tussenin). Als de situatie uitkomt boven de vetgedrukte zwarte lijn (kleur: oranje) betekent dat dat de brandrisico's groter worden geacht dan beoogd met de betreffende prestatie-eisen van het Bouwbesluit. In dat geval worden er mitigerende maatregelen voorgesteld. Als de situatie uitkomt onder de vetgedrukte zwarte lijn (kleur: geel en groen) wordt ervanuit gegaan dat deze vallen binnen de prestatie-eisen uit het Bouwbesluit.

Gevolgcategorie (severity/impact)	Hoog	substantieel	Hoog	hoog
	Gemiddeld	laag	Substantieel	hoog
	Laag	laag	Laag	substantieel
		Laag	Gemiddeld	Hoog
<b>Waarschijnlijkheidscategorie (likelihood)</b>				

Figuur 4: Gehanteerde risicomatrix.

### 5.3 Risicoanalyse - stap 1: Omschrijven kenmerken en brandveiligheidsniveau

De impact van de ontwikkelingen in het brandveilig gebruik is afhankelijk van meerdere factoren. Zodoende worden als startpunt voor de risicoanalyses allereerst de relevante kenmerken van de bestaande situatie in kaart gebracht. Onderdeel hiervan is het omschrijven van het reeds verkregen brandveiligheidsniveau van passieve en actieve maatregelen op basis van de vergunningsstukken en bijbehorende prestatie-eisen.

De volgende kenmerken van de parkeergarage en aangrenzende bebouwing zijn onder andere relevant:

- Bouwkundig: brandwerende scheidingswanden, brandwerende deurconstructies, brandwerende doorvoeringen, brandwerendheid van de bouwconstructie, indeling en hoogte van de parkeergarage en het aangrenzende gebouw, en diverse andere kenmerken.
- Installatietechnisch: brandmeldinstallatie, ontruimingsinstallatie, noodverlichting, vastopgestelde brandbeheersingsinstallaties (zoals sprinklers), brandweerliften, rook- en warmteafvoerinstallatie, stuwdrukventilatie, CO/LPG ventilatie, etc.

- Organisatorisch: afspraken met betrekking tot ‘good house keeping’ en de naleving hiervan. Belangrijke vragen zijn: worden vluchtroutes van het gebouw vrijgehouden, wordt afval op de juiste wijze opgeslagen, wordt het onderhoud aan bestaande voorzieningen adequaat uitgevoerd, zijn de aanvalsroutes voor de brandweer duidelijke en vrij van obstakels en worden gebruikers door de vve’s met regelmaat bewust gemaakt van het belang van organisatorische maatregelen en de naleving daarvan.

## **5.4 Risicoanalyse - stap 2: Categoriseren van kenmerken huidig en toekomstig gebruik**

In deze stap worden de kenmerken van de bestaande situatie gecategoriseerd op basis van de functionele eisen uit het Bouwbesluit. Ook wordt bij elke functionele eis aangegeven welke kenmerken van het toekomstige gebruik, zoals omschreven in hoofdstuk 4, bijdragen aan de risico beoordeling in stap 3.

In de risicoanalyse wordt de waarschijnlijkheidscategorie en de gevolgcategorie bepaald die de ontwikkelingen in gebruik van bestaande parkeergarages naar verwachting opleveren. Waar dit risico als ‘te hoog’ wordt beoordeeld kunnen passende mitigerende maatregelen genomen te worden.

## **5.5 Risicoanalyse - stap 3: uitvoering**

In de voorgestelde risicoanalyse wordt er met behulp van de risicomatrix uit figuur 4 voor een vijftal criteria uit de bouwregelgeving: bezwijken, branddoorslag, brandoverslag, rookverspreiding en belasting hulpverleningsdiensten een vergelijking gemaakt tussen de impact van brand in toekomstige parkeergarages onder woongebouwen, en de beoogde doelstellingen en prestaties uit het Bouwbesluit en het rechte verkregen niveau.

De analyse wordt als volgt uitgevoerd:

- De functionele doelstelling en de bijbehorende prestatie-eisen (bestaande bouw, nieuwbouw of daartussenin) uit het Bouwbesluit wordt toegelicht.
- Per criterium wordt de waarschijnlijkheid en het gevolg van het toekomstige gebruik van de bestaande parkeergarage kwalitatief beoordeeld met behulp van de risicomatrix (zie paragrafen 5.5.1 en 5.5.2.).
- Op basis van een inschatting wordt bepaald of het risico valt in de categorie hoog (oranje) en daarmee niet meer voldaan wordt aan de functionele eisen uit het Bouwbesluit; of binnen de categorieën substantieel of laag (respectievelijk geel of groen) en daarmee nog geacht wordt te vallen binnen de functionele eisen.
- Indien de risico’s vallen in de categorie ‘hoog’ worden maatregelen (of maatregelenpakketten) voorgesteld waarmee het risico van het toekomstige gebruik kunnen worden verlaagd tot een niveau waarmee voldaan kan worden aan de functionele eisen uit het Bouwbesluit.

### **5.5.1 Bepalen waarschijnlijkheidscategorieën**

Om te bepalen wat de waarschijnlijkheidscategorie is per criterium dient voor het verwachte toekomstige gebruik een inschatting te worden gemaakt van de kansen op het ontstaan van een brand en op het doorgroeien van deze brand ten opzicht van de prestatie-eisen. Indien deze kansen zijn verhoogd zijn de bestaande brandveiligheidsmaatregelen mogelijk niet meer toereikend.

De mate van waarschijnlijk wordt kwalitatief beoordeeld met behulp van de risicomatrix en ingedeeld in de categorieën ‘laag’, ‘gemiddeld’ of ‘hoog’, zoals weergegeven in figuur 5.

Waarschijnlijkheidscategorie (likelijkheid)		
<i>Laag</i>	<i>Gemiddeld</i>	<i>Hoog</i>

**Figuur 5: Indeling waarschijnlijkheidscategorieën.**

### 5.5.2 Bepalen gevolgcategorieën

De gevolgen van het toekomstige gebruik worden op kwalitatieve wijze vergeleken met het vergunde niveau en de bestaande brandveiligheidsmaatregelen. Ook ten aanzien van de gevolgen worden er kwalitatieve afwegingen gemaakt in de categorieën ‘laag’, ‘gemiddeld’ of ‘hoog’, zoals weergegeven in figuur 6. Hierbij moet worden gedacht aan de gevolgen ten aanzien van de criteria bezwijken, branddoorslag, brandoverslag, rookverspreiding en belasting hulpverleningsdiensten.

Gevolgcategorie (severity/impact)		
<i>Laag</i>	<i>Gemiddeld</i>	<i>Hoog</i>

**Figuur 6: Indeling gevolgcategorieën.**

## 5.6 Mitigerende maatregelen

Indien uit de risicomatrix blijkt dat de risico's van het toekomstige gebruik als ‘hoog’ worden gekwalificeerd, dan worden mitigerende maatregelen voorgesteld om de betreffende risico's te verlagen, zodanig dat deze weer aan de functionele eisen van het Bouwbesluit kunnen voldoen<sup>11</sup>.

Indien uit de risicoanalyse geconcludeerd wordt dat het risico acceptabel is, zodanig dat het brandveiligheidsniveau nog steeds voldoet middels de prestatie-eisen uit het Bouwbesluit, dan worden geen aanvullende maatregelen geadviseerd vanuit de kwalitatieve risicoanalyse.

Een overzicht van mogelijke mitigerende maatregelen worden verder toegelicht in hoofdstuk 6.

## 5.7 Samenvatting methode

Samenvattend wordt voor iedere bestaande parkeergarage het volgende algemene stappenplan doorlopen:

1. Vastleggen bestaande situatie. Basis hiervoor zijn vergunningen waarmee de kenmerken van de parkeergarage, bovenliggend woongebouw en eventueel naastgelegen woongebouwen in kaart kunnen worden gebracht. Mochten de vergunningsstukken niet beschikbaar zijn dan wordt het brandveiligheidsconcept bepaald op basis van een inspectie ter plaatse en vergeleken met niveau nieuwbouw van de destijds van kracht zijnde bouwregelgeving (en minimaal aan de eisen van niveau bestaande bouw).
2. Bepalen met welke aanvullende brandrisico's rekening moet worden gehouden in het toekomstige gebruik als gevolg van huidige en verwachte technologische ontwikkelingen.
3. Risicoanalyse uitvoeren ter bepaling van eventueel benodigde mitigerende maatregelen middels het:

<sup>11</sup> Dit kan bijvoorbeeld betekenen dat geadviseerd wordt om de prestatie-eis aan een passieve brandveiligheidsvoorziening te verhogen (bijvoorbeeld: brandwerendheid delen bouwconstructie), wat op zijn beurt ingrijpt op de functionele eis. Het kan ook betekenen dat een aanvullende voorzieningen wordt voorgesteld waarvoor in het Bouwbesluit geen specifieke prestatie-eisen van toepassing zijn maar die wel ingrijpen op functionele eisen van meerdere afdelingen (bijvoorbeeld brandwerende wanden tussen parkeerplaatsen of groepen parkeerplaatsen).

- a. Bepalen van de waarschijnlijkheidscategorie;
- b. Bepalen van de gevolgcategorie; en
- c. Bepalen van het risico.

Voorstellen van optimale pakket mitigerende maatregelen om de risico's voldoende te verkleinen/beperken.

## 6. Maatregelen

### 6.1 Impact van mitigerende maatregelen

Mitigerende maatregelen kunnen bestaan uit maatregelen die ingrijpen bij de bron van het risico (de kans op het ontstaan van brand), maatregelen die de ontwikkeling van brand moeten voorkomen en maatregelen die het effect van een brand proberen te beperken. Onderstaande tabel 3 geeft een overzicht van de verschillende typen maatregelen om de brandrisico's van het toekomstige gebruik in parkeergarages te mitigeren.

### 6.2 Overzicht mogelijke mitigerende maatregelen

De eventueel benodigde maatregelen worden voor iedere garage afzonderlijk ingeschat op basis van de uitkomsten van de risicoanalyse. Een overzicht van de geïdentificeerde mitigerende maatregelen is weergegeven in tabel 3. In deze tabel staan ook aangegeven op welk(e) Bouwbesluit afdeling(en) de maatregel betrekking heeft, dus het onderwerp dat in de desbetreffende bouwbesluit-afdeling wordt geregeld.

Sommige maatregelen kunnen zowel ingrijpen op de waarschijnlijkheid als op de gevolgen. Een sprinklerinstallatie verlaagd bijvoorbeeld de kans op doorgroeien van brand maar kan ook het effect van een brand op de bouwconstructie en brandscheidingen reduceren. Hetzelfde geldt voor een automatische uitschakeling van de oplaadpunten, enerzijds wordt de kans op brand verlaagd en anderzijds wordt hierdoor de veiligheid van de hulpverleningsdiensten verhoogd. Dit zorgt dat een maatregel voor het mitigeren van meerdere risico's ingezet kan worden (zie bijlage C).

**Tabel 3: overzicht kans- en effect reducerende maatregelen.**

Bouwkundig	Installatietechnisch	Organisatorische maatregelen (inclusief gedrag en brandweerinzet)
Brandwerendheid bouwconstructie verhogen (afdeling 2.2)	Brandwerende rolschermen realiseren tussen individuele parkeerplaatsen, om de omvang van de brand tijdelijk te beheersen (afdeling 2.10)	Vergroten onderlinge afstand tussen parkeerplaatsen. (afdeling 2.9)
Verhogen brandwerendheid bestaande verticale brandwerende scheidingsconstructies met aansluitende ruimten en vluchtroutes (afdeling 2.10)	Brandwerende rolschermen realiseren tussen groepen van 3-5 parkeerplaatsen, om de omvang van de brand tijdelijk te beheersen. (afdeling 2.10)	Toezien en handhaving goed functioneren vergunde brandveiligheidsmaatregelen (afdeling 2.8)
Verhogen brandwerendheid horizontale scheidingsconstructie met woongebouw. (afdeling 2.10)	Automatische brandmeldinstallatie parkeergarage met doormelding RAC/PAC. (afdeling 6.5)	Strategisch plaatsen van oplaadpunten, uit de buurt van vluchtroutes en instroompunten buitenlucht. (afdeling 2.12, afdeling 6.7)
Brandbare materialen plafond parkeergarage vervangen met onbrandbare materialen (isolatie, beplating). (afdeling 2.9)	Ontruimingsalarmsysteem bewoners (conventioneel of via een Android en IOS app). (afdeling 6.6)	Plan voor de brandweer om uitgebrande EV uit de parkeergarage te verwijderen. (afdeling 2.9)
Brandwerende wanden realiseren tussen individuele parkeerplaatsen, om de omvang van de brand tijdelijk te beheersen. (afdeling 2.10)	VBB systeem (sprinklerinstallatie, watermistinstallatie). (afdeling 2.9, afdeling 2.10, afdeling 6.7)	Duidelijke signalering zodat brandweer precies weet waar de EV laadplekken zijn (verplicht vanaf 1 juli 2023).* (afdeling 6.7)
Brandwerende wanden realiseren tussen groepen van 3-5 parkeerplaatsen, om de omvang van de brand tijdelijk te beheersen. (afdeling 2.10)	Dynamische barrières voor bluswateropvang (alleen in combinatie met brandwerende wanden tussen parkeer-plaatsen of groepen parkeerplaatsen). (afdeling 2.9)	Tactische plaatsing oplaadpunten zodat kabels niet in de weg liggen (struikelen, overrijden), ook ten behoeve van de sociale veiligheid. (afdeling 2.8)

Bouwkundig	Installatietechnisch	Organisatorische maatregelen (inclusief gedrag en brandweerinzet)
Brandbare materialen in (onderste gedeelte van) de gevel vervangen met onbrandbare materialen (isolatie, panelen). (afdeling 2.9)	Verhogen capaciteit aanwezige bluswatervoorzieningen. (afdeling 6.7)	Periodieke visuele inspectie oplaadpunten (+bekabeling) door deskundige partij. Beschadigde oplaadpunten meteen buiten gebruik. (afdeling 2.8)
Aanrijd beveiliging oplaadpunten. (afdeling 2.8)	Verhogen ventilatiecapaciteit t.b.v. inzet brandweer (ter ondersteuning van een offensieve of een defensieve brandweerinzet) (afdeling 2.9, afdeling 6.7)	Bijwerken vve beleidsstukken zodat gezamenlijke functies (vluchtroutes, trappenhuizen) niet mogen worden gebruikt voor opslag. (afdeling 2.12, afdeling 6.7)
Rookwerende scheidingen realiseren of aanpassen. (afdeling 2.11)	Afschakeling oplaadpunten, automatisch gestuurd en/of handmatig door de brandweer (verplicht vanaf 1 juli 2023). (afdeling 6.7)	Bijwerken vve beleidsstukken zodat parkeergarage niet mag worden gebruikt voor opslag van allerhande niet bestemde goederen, inclusief LEVs. (afdeling 2.12, afdeling 6.7)
Een separaat brandcompartiment realiseren voor LEVs. (afdeling 2.8, afdeling 2.9)	Nieuwe oplaadpunten moeten aantoonbaar voldoen aan de relevante delen uit de normserie IEC 61851 (of vergelijkbaar). (afdeling 2.8)	Installeren oplaadpunten door deskundige installateur. (afdeling 2.8)
Een separaat brandcompartiment realiseren voor EOS. (afdeling 2.8, afdeling 2.9)	Uitsluitend gebruik van Mode 3 of Mode 4 oplaadpunten (verplicht vanaf 1 juli 2023). (afdeling 2.8)	Restrictie op maximale snelheid in parkeergarage. (afdeling 2.8)
Brandwerend afschermen trappenhuizen parkeergarage en daarboven gelegen functies. (afdeling 2.12)	Gasdetectiesysteem om brandbare gassen te detecteren die als gevolg van thermische ontleding van het elektrolyt vrijkomen. (afdeling 6.5)	Auto's met storing (in BMS) of aanrijdingsschade mogen niet in de garage geparkeerd worden. Waarschuwbord: Bij storing in uw auto, buiten parkeren. Ook bij aanrijdingsschade verzoeken wij u buiten te parkeren. (afdeling 2.8)
	E en W installaties bovengelegen functie niet door parkeergarage (herstel na brand kost veel tijd, waardoor lange tijd onbruikbaar). (beperken schade)	Instellen van een whatsapp buurtpreventie: zie je wat vreemds? Maar geen spoed? Meld het in de app, met nummerbord. Zie je rommel/troep of oneigenlijk gebruik. Meld het.
		Zie je beschadigingen aan een oplaadsysteem ook die van burens? Meld het bij de VVE organisatie en eigenaar zodat reparatie of vervanging plaatsvindt.

\*Opgemerkt wordt dat voor nieuwe oplaadpunten standaard wordt uitgegaan van de maatregelen zoals deze per 1 juli verplicht zijn.

### 6.3 Kwalificatie van de impact van mitigerende maatregelen

Voor elke mitigerende maatregel zijn de effectiviteit, praktische uitvoerbaarheid en kosten kwalitatief ingeschat, de uitwerking is te vinden in Appendix C. De kosten worden gesplitst in eenmalige kosten en periodieke kosten. Met periodieke kosten wordt in dit rapport de kosten voor inspectie, onderhoud en eventuele (her-)certificering bedoeld.

Belangrijk om te vermelden is dat individuele voorzieningen ook indirect kunnen ingrijpen op andere risico's waarbij het uiteindelijke effect invloed heeft op meerdere doelen van brandveiligheid. Een aantal voorbeelden zijn:

1. Het verhogen van de brandwerendheid van de bouwconstructie zal bijvoorbeeld ook indirect effect hebben op de veiligheid van de hulpverleningsdiensten, die langer kunnen werken zonder gevaar voor bezwijken door brand.
2. Een ontruimingsalarminstallatie kan bij omvangrijke woongebouwen een positief effect hebben op de snelheid van de ontruiming en zorgt daarmee voor een verlaging van de belasting van de hulpverleningsdiensten.
3. De belasting verlagen van de hulpverleningsdiensten heeft ook een positief indirect effect op het van buitenaf kunnen koelen van onderdelen van de bouwconstructie en brandwerende scheidingsconstructies.

## **6.4 Maatregelenpakketten**

De uitkomst van de risicoanalyse zal gebruikt worden om de effectieve maatregelen te identificeren. Om de meest pragmatische inpasbare maatregelen te identificeren zijn binnen het project vier casestudies gedaan. De gemeenschappelijke kenmerken van deze garages en de adviezen zullen worden gebruikt om een aantal maatregelenpakketten op te stellen.

Hiervoor dient de kwalitatieve risicoanalyses zoals die in dit rapport is uitgelegd als onderlegger zodanig dat in overleg met het bevoegd gezag op gebouw niveau passende maatregelen kunnen worden genomen en door de repressieve dienst van de brandweer kan worden gebruikt bij het maken van een aanvalsplan.

Het is belangrijk dat de voorgestelde kwalitatieve risico analyse wordt beoordeeld door de gemeente, brandweer en andere belanghebbenden. Tevens moet er ervaring worden opgedaan met het werken met de risicoanalyse en zullen er steeds nieuwe mitigerende maatregelen beschikbaar komen.

Het is daarbij en derhalve niet uitgesloten dat delen van de risicoanalyse nog verder moeten worden aangepast op basis van de opmerkingen en ervaringen; alsmede periodiek moeten worden geactualiseerd indien nieuwe technieken en beheersmaatregelen beschikbaar komen.

## 7. Casestudies

### 7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de kwalitatieve methode voor de risicoanalyse gebruikt om risico's inzichtelijk te maken voor het toekomst bestendig maken van bestaande parkeergarages onder woongebouwen. De kwalitatieve analyse geeft inzichten aan het bevoegd gezag, de veiligheidsregio en de vve's waarmee passende mitigerende maatregelen kunnen worden genomen en wat gebruikt kan worden bij het opstellen van een aanvalsplan voor de repressieve dienst van de brandweer.

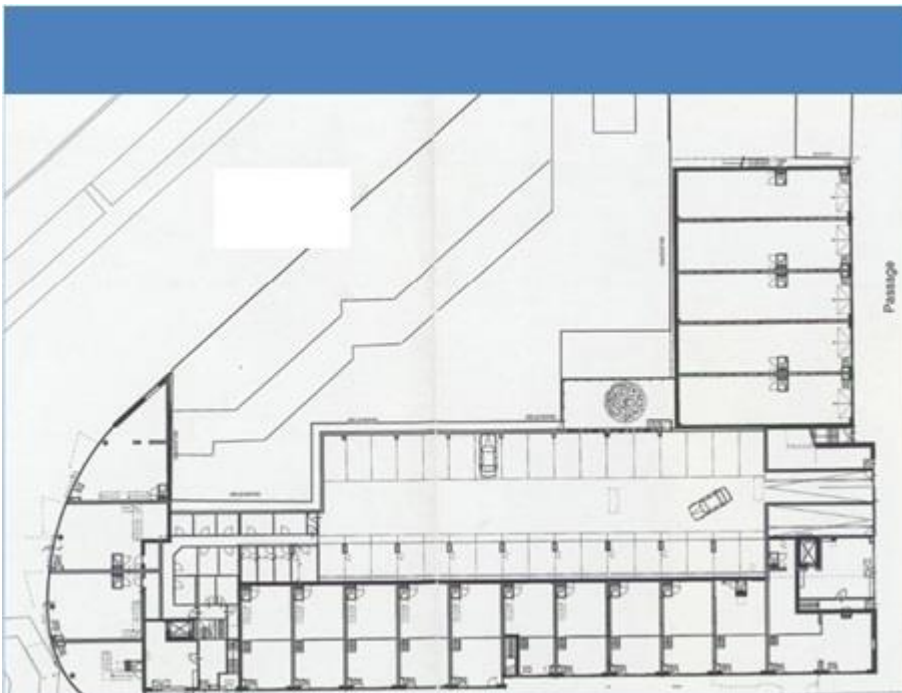
In dit hoofdstuk worden de resultaten van de risicoanalyses van vier bestaande parkeergarages gepresenteerd. In alle gevallen betreft het parkeergarages die onderdeel zijn van woongebouwen en waarvan de vve's zich vrijwillig hebben aangemeld bij de gemeente Amsterdam. De voorgestelde maatregelen kunnen in overleg met de brandweer en de gemeente (afdeling Bouw en Woningtoezicht) nader worden uitgewerkt eventueel als onderdeel van een meerjarenplan.

### 7.2 Casestudie 1: Case 1

#### 7.2.1 Omschrijving woongebouw en parkeergarage

De Case 1 is een woongebouw, gebouwd in 2002 en ontworpen door Van der Waals / Zeinstra Architecten te Amsterdam. Het gebouw bestaat uit eengezinswoningen met aan weerszijden een woontoren. De woontoren aan de zuidwestzijde heeft een hoogte van circa 29 m, die aan de noordoostzijde is circa 23 m hoog. Beide woontorens zijn voorzien van een draagconstructie bestaande uit betonnen liggers en kolommen met kanaalplaatvloeren. De parkeergarage bestaat uit twee bouwlagen, elk circa 800 m<sup>2</sup> met een eigen inrit voor personenauto's. Per bouwlaag zijn er 34 parkeerplaatsen. Een plattegrond is weergegeven in figuur 6.

De parkeergarage ligt voor een klein deel onder de eengezinswoningen en de woontoren aan de zuidwestzijde. Het dak van de parkeergarage doet grotendeels dienst als tuin voor de eengezinswoningen en is tevens één van de twee vluchtroutes voor de bewoners van beide woontorens. De ontsluiting van beide torens gaat via een veiligheidstrappenhuis (een enkele trap/vluchtroute die uitsluitend via de buitenlucht te bereiken is). Voor de woontoren aan de zuidwestzijde voert deze voor een deel over het dak van de parkeergarage (boven de hellingbaan) om leidt vervolgens via een trap naar de openbare weg.



Figuur 7: Plattegrond begane grond parkeergarage Case 1.



Ten tijde van de inspectie waren er nog geen oplaadpunten voor EVs. Door de vve is toegelicht dat het de bedoeling is om in beide garages de basis infrastructuur voor oplaadpunten aan te gaan leggen voor in principe alle parkeerplaatsen. Hiervoor zijn reeds een aantal offertes opgevraagd en gesprekken gevoerd met de netbeheerder Liander. Daarna is het de bedoeling dat op een aantal parkeerplaatsen ook fysieke laadpalen worden gerealiseerd.

### 7.2.2 Vaststellen brandveiligheidsniveau

Voor het vaststellen van het brandveiligheidsniveau wordt gebruik gemaakt van de documentatie van de vve en het archief van de gemeente Amsterdam. Concreet betreft dit:

1. Bouwvergunning met kenmerk BWT 2000 d.d. 5 september 2000;
2. Bouwkundige tekeningen vervaardigd door Van der Waals / Zeinstra Architecten, beoordeeld en goedgekeurd door de brandweer Amsterdam d.d. 7 april 2000 onder voorwaarde dat de geadviseerde opmerkingen verwerkt worden.

Op basis van deze documentatie volgt dat het brandveiligheidsniveau in grote lijnen overeenkomt met het niveau nieuwbouw uit het Bouwbesluit 2012 (zie tabel hieronder).

Bouwbesluit 2012 afdeling:	Eisen conform bouwvergunning en opmerkingen brandweer:
2.2	De draagconstructie moet een brandwerendheid m.b.t. bezwijken hebben van 120 minuten.
2.8	Geen prestatie eisen voor beperken van het ontstaan van een brandgevaarlijke situatie.
2.9	Brandvoortplantingsklasse en rookproductie conform prestatie eisen Bouwbesluit 1992 (NEN 6065, NEN 6066).
2.10	Elke parkeerlaag een separaat brandcompartiment van 800 m <sup>2</sup> (< 1.000 m <sup>2</sup> ). 60 minuten brandwerende scheidingsconstructies. Bij toegang bergingen 2x 30 minuten (sluisconstructie).
2.11	Rookwerendheid conform prestatie eisen Bouwbesluit 1992.
2.12	Loopafstanden moeten kleiner zijn 60 m
2.13	Een bouwwerk is zodanig dat hulpverleningsdiensten binnen redelijke tijd personen kunnen redden en brand kan bestrijden. Geen specifieke prestatie eisen
6.5	Geen brandmeldinstallatie vereist
6.6	Geen ontruimingsalarminstallatie vereist
6.7	Toereikende bluswatervoorziening, brandslanghaspels conform advies brandweer.

Tabel 4: Brandveiligheidsniveau Case 1.

### 7.2.3 Uitgangspunten risicoanalyse (stap 1)

In de onderstaande tabel zijn de kenmerken weergegeven die de basis vormen voor de aansluitende risicoanalyse. Door de vve zijn offertes uitgevraagd op basis van het Bouwbesluit 2012 zoals deze geldt vanaf 1 juli 2023 voor nieuwe laadinfrastructuur. In de risicoanalyse wordt er derhalve vanuit gegaan dat deze voorzieningen worden geïmplementeerd zodra er nieuwe laadpalen worden aangebracht.

Kenmerk:	Resultaat:
Aantal parkeerplaatsen	68 (34 per bouwlaag)
Vuurbelasting bij volledig gebruik EVs (kg vheq/m <sup>2</sup> ) (8750 MJ/BEV)	19,6
Afmetingen parkeerplaatsen	2,57 m x 4,8 m

Kenmerk:	Resultaat:
Inwendige hoogte parkeergarage	2,2 m
Aantal aanwezige oplaadpunten	0
Verwacht aantal oplaadpunten in de toekomst	68
Brandbare materialen plafond parkeergarage	EPS isolatie onder woongebouw. Fabrikant niet bekend waardoor brandklasse niet bekend is.
Brandwerendheid scheidingsconstructie parkeergarage/woongedeelte	n.v.t. (parkeergarage grenst niet aan woningen)
Brandwerendheid verticale scheidingsconstructies parkeergarage (aansluitende ruimten)	60 min conform rechtens verkregen niveau
Kwaliteit voorzieningen rechtens verkregen niveau	Diverse mankementen, met name op het gebied van brandveilig afwerken doorvoeringen kunststof leidingen, eenvoudig te repareren
Ventilatie parkeergarage	Basis ventilatie, conform bouwregelgeving
Gevelopeningen	Zijn aanwezig, de brandweer kan via deze openingen de garage mogelijk ventileren en de brand bestrijden
Primaire bluswatervoorzieningen	Binnen 40 m aanwezig, capaciteit is niet bekend.
VBB-systeem	Niet aanwezig
Brandmeldinstallatie	Niet aanwezig
Ontruimingsalarminstallatie	Niet aanwezig
Brandslanghaspels	Niet aanwezig, wel geadviseerd door de brandweer t.b.v. vergunning
Noodverlichting	Niet aanwezig, wel geadviseerd door de brandweer t.b.v. vergunning
Hoogte woongebouw	29 m
Brandwerendheid bouwconstructie woongebouw	120 min conform rechtens verkregen niveau
Brandbare materialen in de gevel woongebouw (isolatie, beplating)	EPS isolatie conform rechtens verkregen niveau
Staat vluchtroutes woongebouw	Geen obstructies aangetroffen in vluchtroutes
Aandachtspunten vluchtroutes woongebouw	Ontvluchting woongebouw via veiligheidstrappenhuis. Vluchtroute voert over dak parkeergarage.
LEV's aanwezig in parkeergarage?	Nee
EOS aanwezig in parkeergarage?	Nee

**Tabel 5: Kenmerken parkeergarage Case 1.**

#### 7.2.4 Risicoanalyse verwacht toekomstig gebruik (stap 2 en 3)

Op basis van bovenstaande gegevens is de risicoanalyse voor het verwachte toekomstige gebruik uitgevoerd aan de hand van de criteria bezwijken, brandoverslag, branddoorslag, rookverspreiding en hoge belasting hulpverleningsdiensten.

De volledige analyse met toelichting is terug te vinden in appendix E. De resultaten zijn terug te vinden in tabel 6.

Criterium:	Resultaat:		
	Waarschijnlijkheidscategorie	Gevolgcategorie	Risico
Bezwijken	Gemiddeld tot Hoog	Hoog	Hoog
Branddoorslag	Gemiddeld	Gemiddeld	Substantieel
Brandoverslag	Gemiddeld	Gemiddeld	Substantieel
Rookverspreiding	Hoog	Gemiddeld	Hoog
Belasting hulpverleningsdiensten	Hoog	Hoog	Hoog

**Tabel 6: Resultaten risico analyse verwacht toekomstig gebruik Case 1.**

Uit de bovenstaande tabel en appendix E volgt dat voor de Case 1 de risico's voor de criteria 'bezwijken', 'rookverspreiding' en 'belasting hulpverleningsdiensten' hoger zijn dan beoogd met de functionele eisen uit de bouwregelgeving. Op basis van de risicoanalyse worden derhalve mitigerende maatregelen voorgesteld om de risico's te verlagen.

De volgende maatregelen en adviezen worden voorgesteld:

1. Overleg met de repressieve dienst brandweer over de mogelijkheden om de brand in de parkeergarage te bestrijden van buiten of van binnen. Hierbij dient besproken te worden of er mogelijkheden zijn om vanuit de bergingen de garage te ventileren en rook af te voeren richting de hellingbanen en het hekwerk. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de benodigde hoeveelheid bluswater voor conventionele en elektrische voertuigen.
2. Uit de analyse blijkt dat de sterkte bij brand van de bouwconstructie een verhoogd risico is. Dit heeft een directe relatie met de bouwconstructie van de eengezinswoningen en de woontoren ook onderdeel zijn van de parkeergarage. Het verwachte brandverloop en de brandduur zijn direct afhankelijk van de mogelijkheden die de brandweer heeft om de brand te bestrijden. Vooralsnog wordt voorgesteld om de bouwconstructie in de parkeergarage aanvullend te beschermen met brandwerende voorzieningen. Indien uit nader constructief onderzoek blijkt dat het eventueel vroegtijdig bezwijken van de parkeergarage geen invloed heeft op de veiligheid in de eengezinswoningen en de woontoren dan kunnen deze brandwerende voorzieningen mogelijk komen te vervallen.
3. Een alternatief op de maatregel uit punt 2 is om de gevolgen van het ontstaan en ontwikkelen van brand te verlagen door installatietechnische en organisatorische maatregelen om de brandweer sneller te alarmeren. Deze maatregel kan bestaan uit het aanbrengen van een automatisch detectiesysteem in de parkeergarage met een koppeling naar een alarmcentrale waardoor de hulpdiensten versneld worden gealarmeerd. Eventueel kunnen extra maatregelen worden genomen om de brandweer te helpen bij de evacuatie en ontruiming van de woningen boven de parkeergarage en in de woontoren. Dit kan mogelijk uitgevoerd worden door het aanbrengen van signaalgevers in de woningen die door de brandweer kunnen worden geactiveerd. De exacte technische uitwerking dient bij voorkeur in overleg met de brandweer.
4. Om de mate van uitbreiding van brand en de groeisnelheid van de brand te beperken en om de kansen voor een brandweerinzet te vergroten wordt voorgesteld om brandwerende constructie (als een lage wand) tussen groepen van 3 tot 5 parkeerplaatsen te realiseren.
5. Het toepassen van de overige maatregelen en voorzieningen zoals tevens opgenomen in bijlage C:
  - Nieuwe oplaadpunten voorzien van aanrijdbeveiliging of deze zo hoog ophangen dat aanrijden niet mogelijk is.

- Nieuwe oplaadpunten moeten aantoonbaar voldoen aan de relevante delen uit de normserie IEC 61851 (of vergelijkbaar)<sup>12</sup>.
- Installatie van oplaadpunten uitsluitend door erkende installateurs.
- In de parkeergarage mag alleen gebruik worden gemaakt van gecertificeerde kabels, conform de relevante delen uit de normserie IEC 61851 (of vergelijkbaar)<sup>13</sup>.
- Voorkomen van beschadiging laadkabels door oplaadpunten zodanig te plaatsen dat deze niet in de weg liggen (struikelen, overrijden).
- Personenauto's met storingen (in bijvoorbeeld het BMS) en/of aanrijdingsschade mogen de parkeergarage niet in. Het BMS dient de gebruiker van auto te waarschuwen voor storingen en waar mogelijk dit tevens via Bluetooth of WIFI te communiceren met de gebruiker. Waarschuwbord: Bij storing in je auto, buiten parkeren. Ook bij aanrijdingsschade verzoeken wij u te buiten parkeren.
- Periodieke visuele inspectie oplaadpunten (+bekabeling) door een deskundige partij. Beschadigde oplaadpunten meteen buiten gebruik nemen en repareren.
- Gezamenlijke functies mogen niet gebruikt worden voor opslag.
- Zorgen voor bewustwording en onderlinge communicatie bewoners om te zorgen dat maatregelen ook werken zoals voorzien.
- Instellen van een whatsapp buurtpreventie: zie je wat vreemds? Maar geen spoed? Meld het in de app, met nummerbord. Zie je rommel/troep of oneigenlijk gebruik. Meld het.
- Zie je beschadigingen aan een oplaadsysteem ook die van burenen? Meld het bij de vve organisatie en eigenaar zodat reparatie of vervanging plaatsvindt.

Een groot deel van voornoemde organisatorische maatregelen zijn uitsluitend effectief als de bewoners zich daaraan houden en er actief op wordt toegezien (gedrag). Het is aan te bevelen om deze maatregelen te verwerken in de beleidsstukken van de vve.

---

<sup>12</sup> [Electric Vehicle \(EV\) Charging Infrastructure Services | UL Solutions](#)

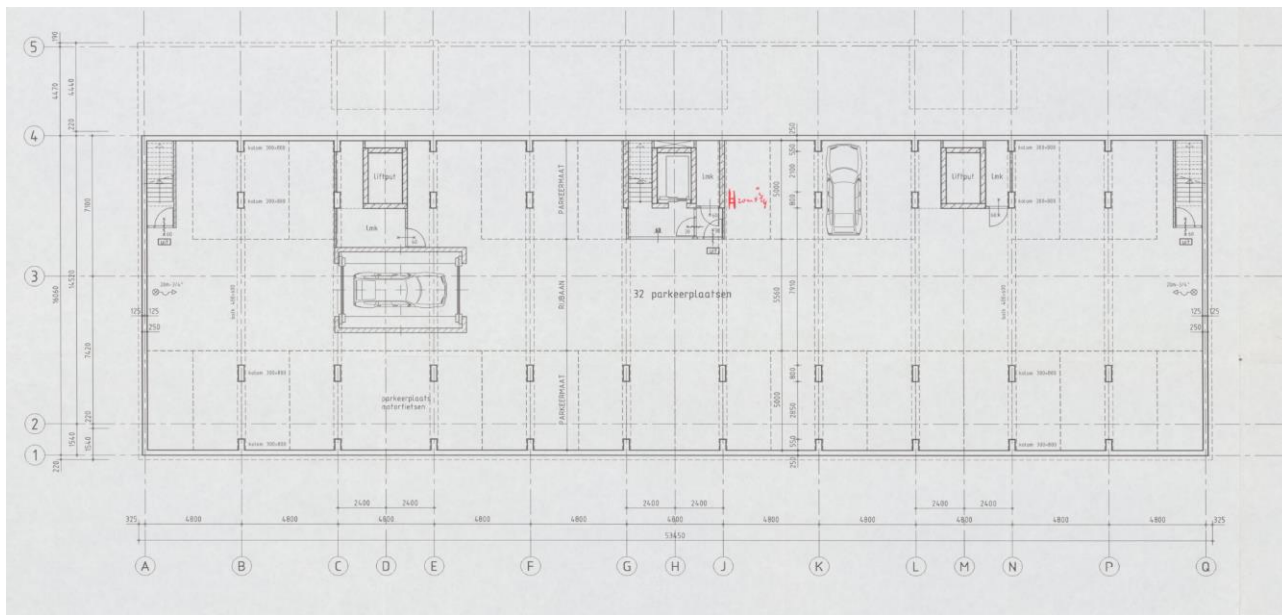
<sup>13</sup> [Basisset AC-laadinfrastructuur - NKL Nederland](#)

## 7.3 Casestudie 2: Case 2

### 7.3.1 Omschrijving woongebouw en parkeergarage

De Case 2 is een woongebouw uit 1996 (bouwvergunning) ontworpen door ZZ+P architecten te Amstelveen. Het gebouw bestaat uit een woontoren van circa 28 m hoog met op maaiveldniveau bergingen, gezamenlijke functies en bedrijfsruimten. De parkeergarage bevindt zich onder het maaiveld en is volledig besloten. De toegang voor personenauto's gaat via een autolift (bereikbaar via de gevel). De inwendige hoogte bedraagt circa 2,5 m, de oppervlakte is 750 m<sup>2</sup> en er zijn 32 parkeerplaatsen. De bouwconstructie bestaat volledig uit beton (kolommen, liggers en vloeren). In de onderstaande figuur is een plattegrond van de parkeergarage weergegeven. Opgemerkt wordt dat de autolift is verplaatst naar stramien A.

Er zijn tijdens de inspectie slechts enkele kleine mankementen geconstateerd (ontbrekende brandmanchetten). De staat van onderhoud op het gebied van brandveiligheid is uitstekend. De garage is voorzien van CO/LPG ventilatie.



Figuur 8: Plattegrond parkeergarage Case 2.

Ten tijde van de inspectie waren er nog geen oplaadpunten voor EV's. Door de vve is nog geen strakke planning maar de verwachting is dat nieuwe laadinfrastructuur binnen afzienbare tijd gerealiseerd zal worden. Dit onderzoek gaat ervan uit dat na 2030 alle parkeerplekken geschikt zullen zijn voor EV's.

### 7.3.2 Vaststellen brandveiligheidsniveau

Voor het vaststellen van het brandveiligheidsniveau wordt gebruik gemaakt van de documentatie uit het archief van de gemeente Amsterdam. Concreet betreft het:

1. Bouwkundige tekeningen vervaardigd door ZZ+P architecten d.d. 12 augustus 1996, beoordeeld en goedgekeurd door de brandweer Amsterdam d.d. 29 augustus 1996 onder voorwaarde dat de geadviseerde opmerkingen verwerkt worden.
2. Aanvraag bouwvergunning verbouwing (plaatsen van buitenunits airco op de zuidgevel, dossier, d.d. 16 oktober 2008.

Op basis van deze tekeningen en de schouw volgt dat het rechtens verkregen niveau in grote lijnen voldoet aan niveau nieuwbouw uit het Bouwbesluit 2012. Zie tabel 7.

Bouwbesluit 2012 afdeling:	Eisen conform bouwvergunning en opmerkingen brandweer:
2.2	Draagconstructie 120 min brandwerend
2.8	Geen prestatie-eisen
2.9	Binnenoppervlak en vloer beton. Plafond eveneens van beton (geen isolatie aangetroffen)
2.10	Brandcompartiment van 750 m <sup>2</sup> 60 minuten brandwerende scheidingsconstructies met aansluitende ruimten
2.11	Scheidingsconstructies voldoen naar verwachting aan rookwerendheidseisen maar hier is geen bewijs voor
2.12	Loopafstanden < 60 m
2.13	Geen prestatie-eisen
6.5	Geen brandmeldinstallatie
6.7	Toereikende bluswatervoorziening, brandslanghaspels en noodverlichting conform advies brandweer.

**Tabel 7: Brandveiligheidsniveau Case 2**

### 7.3.3 Uitgangspunten risicoanalyse (stap 1)

In tabel 8 zijn de kenmerken weergegeven die de basis vormen voor de aansluitende risicoanalyse.

Kenmerk:	Resultaat:
Aantal parkeerplaatsen	32
Vuurbelasting bij volledig gebruik EVs (kg vheq/m <sup>2</sup> ) (8750 MJ/BEV)	18,4
Afmetingen parkeerplaatsen	2,31 m x 4,91 m
Inwendige hoogte parkeergarage	2,5 m
Aantal aanwezige oplaadpunten	0
Verwacht aantal oplaadpunten in de toekomst	32
Brandbare materialen plafond parkeergarage	Niet aanwezig
Brandwerendheid scheidingsconstructie parkeergarage/woongedeelte	n.v.t. (parkeergarage grenst niet aan woningen)
Brandwerendheid verticale scheidingsconstructies parkeergarage (aansluitende ruimten)	60 min conform rechtens verkregen niveau
Kwaliteit voorzieningen rechtens verkregen niveau	Enkele mankementen, met name op het gebied van brandveilig afwerken doorvoeringen en kunststof leidingen (eenvoudig te repareren)
Ventilatie parkeergarage	Basis ventilatie, conform bouwregelgeving
Gevelopeningen	Niet aanwezig, garage is volledig besloten
Primaire bluswatervoorzieningen	Binnen 40 m aanwezig, capaciteit is niet bekend.
VBB-systeem	Niet aanwezig
Brandmeldinstallatie	Niet aanwezig

Kenmerk:	Resultaat:
Ontruimingsalarminstallatie	Niet aanwezig
Brandslanghaspels	Aanwezig, conform advies brandweer t.b.v. vergunning
Noodverlichting	Aanwezig, conform advies brandweer t.b.v. vergunning
Hoogte woongebouw	28 m
Brandwerendheid bouwconstructie woongebouw	120 min conform rechtens verkregen niveau
Brandbare materialen in de gevel woongebouw (isolatie, beplating)	Ontvangen tekeningen geven geen informatie over de isolatie in de gevel
Staat vluchtroutes woongebouw	Geen obstructies aangetroffen in vluchtroutes
Aandachtspunten vluchtroutes woongebouw	Geen
LEV's aanwezig in parkeergarage?	Nee
EOS aanwezig in parkeergarage?	Nee

**Tabel 8: Kenmerken parkeergarage Case 2**

### 7.3.4 Risicoanalyse verwacht toekomstig gebruik (stap 2 en 3)

Op basis van bovenstaande gegevens is de risicoanalyse uitgevoerd op de criteria bezwijken, brandoverslag, branddoorslag, rookverspreiding en belasting hulpverleningsdiensten. De resultaten zijn weergegeven in tabel 9. De volledige analyse met toelichting is terug te vinden in Appendix E. Overwegingen:

1. Door de geringe afstand tussen de parkeerplaatsen en de beperkte ventilatie is de verwachting dat een eenmaal ontstane brand snel zal doorgroeien naar een brand die het volledige compartiment inneemt.
2. Na verloop van tijd zal het regime van de brand veranderen van een brandstofbeheerste brand naar een zuurstofbeheerste brand waardoor aanvullend gevaar ontstaat voor de hulpverleningsdiensten (als gevolg van onder andere back draft).
3. Bij het aanleggen van de laadinfrastructuur zal voldaan worden aan de nieuwe eisen uit het Bouwbesluit 2012 (zie hoofdstuk 3.1).

Criterium:	Resultaat:		
	Waarschijnlijkheidscategorie	Gevolgcategorie	Risico
Bezwijken	Hoog	Hoog	Hoog
Branddoorslag	Laag tot Gemiddeld	Gemiddeld	Substantieel
Brandoverslag	Laag tot Gemiddeld	Gemiddeld	Substantieel
Rookverspreiding	Gemiddeld	Gemiddeld	Substantieel
Belasting hulpverleningsdiensten	Hoog	Hoog	Hoog

**Tabel 9: Resultaten risico analyse verwacht toekomstig gebruik Case 2**

Uit de bovenstaande tabel en appendix E volgt dat voor de Case 2 de risico's voor de criteria 'bezwijken' en 'belasting hulpverleningsdiensten' hoger zijn dan beoogd met de bouwregelgeving. Op basis van de risicoanalyse worden derhalve mitigerende maatregelen voorgesteld om de risico's te verlagen.

De volgende maatregelen en adviezen worden voorgesteld:

1. Overleg met de repressieve dienst brandweer over de mogelijkheden om de brand in de parkeergarage te bestrijden van buiten (via de autolift) of van binnen. Hierbij dient besproken te worden of er mogelijkheden zijn om vanuit de bergingen de garage te ventileren en rook af te voeren richting de toegangspoort van de autolift. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de benodigde hoeveelheid bluswater voor conventionele en elektrische voertuigen.
2. Uit de analyse blijkt dat de sterkte bij brand van de bouwconstructie een verhoogd risico is. Het verwachte brandverloop en de brandduur zijn direct afhankelijk van de mogelijkheden die de brandweer heeft om de brand te bestrijden. Vooralsnog wordt voorgesteld om de bouwconstructie in de parkeergarage aanvullend te beschermen met brandwerende voorzieningen.
3. Een alternatief op 2 is om de gevolgen van het ontstaan en ontwikkelen van brand te verlagen door installatietechnische en organisatorische maatregelen om de brandweer sneller te alarmeren. Deze maatregel kan bestaan uit het aanbrengen van een automatisch detectiesysteem in de parkeergarage met een koppeling naar een alarmcentrale waardoor de hulpdiensten versneld worden gealarmeerd. Eventueel kunnen extra maatregelen worden genomen om de brandweer te helpen bij de evacuatie en ontruiming van de woningen boven de parkeergarage en in de woontoren. Dit kan mogelijk uitgevoerd worden door het aanbrengen van signaalgevers in de gangen die door de brandweer kan worden geactiveerd.
4. Om de mate van uitbreiding van brand en de groeisnelheid van de brand te beperken en om de kansen voor een brandweerinzet te vergroten wordt voorgesteld om brandwerende constructie (als een lage wand) tussen groepen van 3 tot 5 parkeerplaatsen te realiseren.
5. Het toepassen van de overige maatregelen en voorzieningen zoals tevens opgenomen in bijlage C:
  - Nieuwe oplaadpunten voorzien van aanrijdbeveiliging of deze zo hoog ophangen dat aanrijden niet mogelijk is.
  - Nieuwe oplaadpunten moeten aantoonbaar voldoen aan de relevante delen uit de normserie IEC 61851 (of vergelijkbaar)<sup>14</sup>.
  - Installatie van oplaadpunten uitsluitend door erkende installateurs.
  - In de parkeergarage mag alleen gebruik worden gemaakt van gecertificeerde kabels, conform de relevante delen uit de normserie IEC 61851 (of vergelijkbaar)<sup>15</sup>.
  - Voorkomen van beschadiging laadkabels door oplaadpunten zodanig te plaatsen dat deze niet in de weg liggen (struikelen, overrijden).
  - Periodieke visuele inspectie oplaadpunten (+bekabeling) door een deskundige partij. Beschadigde oplaadpunten meteen buiten gebruik nemen en repareren.
  - Gezamenlijke functies mogen niet gebruikt worden voor opslag.
  - Personenauto's met storingen (in bijvoorbeeld het BMS) en/of aanrijdingsschade mogen de parkeergarage niet in. Het BMS dient de gebruiker van auto te waarschuwen voor storingen en waar mogelijk dit tevens via Bluetooth of WIFI te communiceren met de gebruiker. Waarschuwbord: Bij storing in je auto, buiten parkeren. Ook bij aanrijdingsschade verzoeken wij u te buiten parkeren.
  - Zorgen voor bewustwording en onderlinge communicatie bewoners om te zorgen dat maatregelen ook werken zoals voorzien.
  - Instellen van een whatsapp buurtpreventie: zie je wat vreemds? Maar geen spoed? Meld het in de app, met nummerbord. Zie je rommel/troep of oneigenlijk gebruik. Meld het.

---

<sup>14</sup> [Electric Vehicle \(EV\) Charging Infrastructure Services | UL Solutions](#)

<sup>15</sup> [Basisset AC-laadinfrastructuur - NKL Nederland](#)



- Zie je beschadigingen aan een oplaadsysteem ook die van burens? Meld het bij de VVE organisatie en eigenaar zodat reparatie of vervanging plaatsvindt.

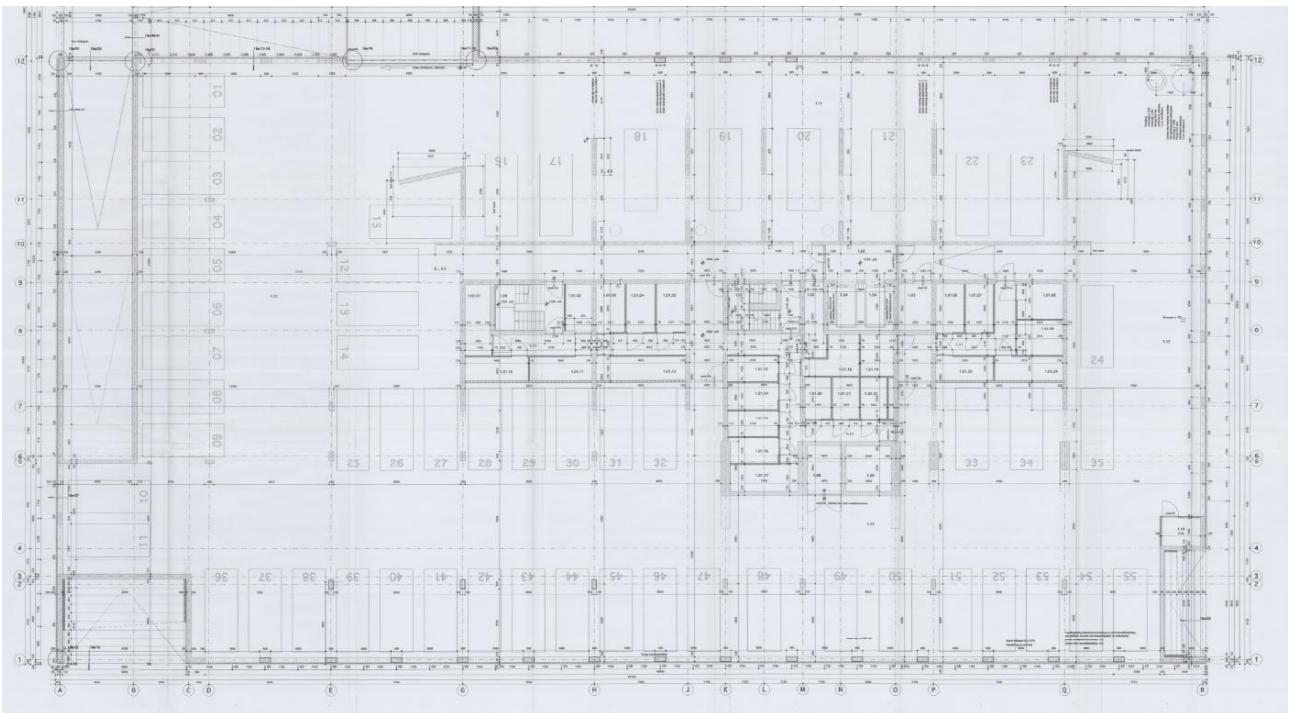
Een groot deel van voornoemde maatregelen zijn uitsluitend effectief als de bewoners zich daaraan houden en er actief op wordt toegezien (gedrag). Het is aan te bevelen om deze maatregelen te verwerken in de beleidsstukken van de vve en bewoners periodiek te informeren over het belang hiervan.

## 7.4 Casestudie 3: Case 3

### 7.4.1 Omschrijving woongebouw en parkeergarage

Het Case 3 is een woontoren uit 1994 (bouwvergunning) gelegen in Amsterdam. Het gebouw heeft meer dan 15 bouwlagen en een hoogte van meer dan 40 m. Op de onderste bouwlaag is een natuurlijk geventileerde parkeergarage aanwezig met 55 parkeerplaatsen en een inwendige hoogte van circa 2,6 m. Voor de ventilatie zijn de gevels rondom voorzien van hoge stalen roosters waardoor ruimschoots voldaan wordt aan de basiseis. Op de twee bouwlagen boven de parkeergarage, bouwlagen 0 en 1, zijn bergingen en algemene ruimten aanwezig. De woonlagen beginnen vanaf bouwlaag 2. De oppervlakte van de parkeergarage bedraagt circa 1630 m<sup>2</sup>. In figuur 9 is een plattegrond weergegeven.

Er zijn tijdens de inspectie kleine brandveiligheidsmankementen geconstateerd. Deze zijn ook benoemd in het brandveiligheidsrapport van bureau Nieman. Aanvullend hierop moet nog worden opgemerkt dat er ter hoogte van stramien N (parkeerplaats #49) 5 aardgasleidingen langs de gevel en het plafond voeren. De afmetingen van de parkeerplaatsen variëren.



**Figuur 9: Plattegrond parkeergarage Case 3**

Bij de inspectie is geconstateerd dat meerdere LEVs, fietsen, brommers, motoren en houten panelen aanwezig waren in de garage. Oplaadpunten voor EVs zijn nog niet gerealiseerd. Dit onderzoek gaat ervan uit dat na 2030 alle parkeerplekken geschikt zullen zijn voor EVs.

### 7.4.2 Vaststellen brandveiligheidsniveau

Voor het vaststellen van het brandveiligheidsniveau wordt gebruik gemaakt van de documentatie ontvangen van de VVE Case 3. Concreet betreft het:

1. Brandveiligheid woongebouw Case 3, Nieman Raadgevende Ingenieurs, d.d. 21 april 2023;
2. Revisietekeningen van Ir. Wiel Arets Architect & Associates, 15 juli 1996.

Op basis van deze informatie en de schouw volgt dat het rechtens verkregen niveau het niveau nieuwbouw uit het Bouwbesluit 2012 benaderd (zie tabel hieronder).

Bouwbesluit 2012 afdeling:	Eisen conform bouwvergunning en opmerkingen brandweer:
2.2	Draagconstructie 120 min brandwerend (aannee)
2.8	Geen prestatie-eisen
2.9	Binnenoppervlak en vloer beton. Plafond eveneens van beton (geen isolatie aangetroffen).
2.10	Brandcompartiment van 1.630 m <sup>2</sup> 60 minuten brandwerende scheidingsconstructies met technische ruimten, 30 minuten met overige ruimten (
2.11	Scheidingsconstructies voldoen naar verwachting aan rookwerendheidseisen maar hier is geen bewijs voor.
2.12	Loopafstanden: < 60 m
2.13	Geen prestatie-eisen
6.5	Geen brandmeldinstallatie
6.7	Brandslanghaspels niet aanwezig (ook niet vereist). Geen draagbare blustoestellen.

**Tabel 10: Brandveiligheidsniveau parkeergarage Case 3.**

#### 7.4.3 Uitgangspunten risicoanalyse (stap 1)

In tabel 11 zijn de kenmerken weergegeven die de basis vormen voor de aansluitende risicoanalyse.

Kenmerk:	Resultaat:
Aantal parkeerplaatsen	55
Vuurbelasting bij volledig gebruik EVs (kg vheq/m <sup>2</sup> ) (8750 MJ/BEV)	15,5
Afmetingen parkeerplaatsen	2,2 m x 5 m (afmetingen variëren aanzienlijk)
Inwendige hoogte parkeergarage	2,6 m
Aantal aanwezige oplaadpunten	0
Verwacht aantal oplaadpunten in de toekomst	55
Brandbare materialen plafond parkeergarage	Niet aanwezig
Brandwerendheid scheidingsconstructie parkeergarage/woongedeelte	n.v.t. (tussen het woongedeelte en de parkeergarage zijn 2 bouwlagen aanwezig met bergingen en algemene ruimten).
Brandwerendheid verticale scheidingsconstructies parkeergarage (aansluitende ruimten)	30 minuten met bergingen, 60 minuten met technische ruimten conform rechtens verkregen niveau.
Kwaliteit voorzieningen rechtens verkregen niveau	Enkele mankementen, met name op het gebied van brandveilig afwerken doorvoeringen en uitvoering deurconstructies.
Ventilatie parkeergarage	Natuurlijke ventilatie
Gevelopeningen	Aanwezig, middels grote roosters in de gevels (rondom).

Kenmerk:	Resultaat:
Primaire bluswatervoorzieningen	Binnen 40 m aanwezig, capaciteit is niet bekend.
VBB-systeem	Niet aanwezig
Brandmeldinstallatie	Niet aanwezig
Ontruimingsalarminstallatie	Niet aanwezig
Brandslanghaspels	Niet aanwezig
Noodverlichting	Niet aanwezig
Hoogte woongebouw	63 m
Brandwerendheid bouwconstructie woongebouw	120 min
Brandbare materialen in de gevel woongebouw (isolatie, beplating)	Ontvangen documenten geven geen informatie over de isolatie in de gevel
Staat vluchtroutes woongebouw	Geen obstructies aangetroffen in vluchtroutes
Aandachtspunten vluchtroutes woongebouw	Geen
LEV's aanwezig in parkeergarage?	Ja
EOS aanwezig in parkeergarage?	Nee

**Tabel 11: Kenmerken parkeergarage Case 3**

#### 7.4.4 Risicoanalyse verwacht toekomstig gebruik (stap 2 en 3)

Op basis van bovenstaande gegevens is de risicoanalyse uitgevoerd op de criteria bezwijken, brandoverslag, branddoorslag, rookverspreiding en belasting hulpverleningsdiensten. De volledige analyse is terug te vinden in Appendix E en de resultaten zijn terug te vinden in tabel 12. Overwegingen:

1. Door de variatie in afmetingen van de parkeervakken zal de doorgroeisnelheid van brand sterk afhankelijk zijn van waar de brand ontstaat. Een brand aan de noord- of oostzijde van de garage zal vermoedelijk beperkt blijven tot 1 of 2 personenvoertuigen. Een brand aan de zuid- of westzijde zal sneller kunnen doorgroeien omdat de personenvoertuigen veel dichter op elkaar staan. Vanwege de aanzienlijke capaciteit voor rook- en warmteafvoer is de verwachting dat een "traveling fire" waarschijnlijker is dan een compartimentsbrand, zeker als de hulpverleningsdiensten snel ter plaatse zijn.
2. Vanwege de hoogte van het gebouw in relatie tot het grote aantal bewoners, wordt verwacht dat de ontruimingstijd aanzienlijk zal zijn. De belasting van de hulpverleningsdiensten wordt hierdoor hoger.
3. Bij het aanleggen van de laadinfrastructuur zal voldaan worden aan de nieuwe eisen uit het Bouwbesluit 2012 (zie hoofdstuk 3.1).

Criterium:	Resultaat:		
	Waarschijnlijkheidscategorie	Gevolgcategorie	Risico
Bezwijken	Gemiddeld	Hoog	Hoog
Branddoorslag	Laag tot Gemiddeld	Gemiddeld	Substantieel
Brandoverslag	Laag	Laag	Laag
Rookverspreiding	Laag	Laag	Laag
Belasting hulpverleningsdiensten	Gemiddeld	Gemiddeld	Substantieel

**Tabel 12: Resultaten risicoanalyse verwacht toekomstig gebruik Case 3.**

De aardgasleidingen die langs het plafond voeren dienen beschermd te worden tegen vlamcontact, bijvoorbeeld door een brandwerende koofconstructie te realiseren.

De volgende maatregelen en adviezen worden voorgesteld:

1. Overleg met de repressieve dienst brandweer over de mogelijkheden om de brand in de parkeergarage van buiten te bestrijden. Indien de brandweer mogelijkheid ziet om de brand van buiten te bestrijden en de parkeergarage te ventileren met eigen voorzieningen, dan kan de waarschijnlijkheid bij het criterium bezwijken worden verlaagd naar 'laag'. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de benodigde hoeveelheid bluswater voor conventionele en elektrische voertuigen.
2. Om de gevolgcategorie te verlagen kan overwogen worden om maatregelen te nemen die de brandweer ondersteunen bij de evacuatie en ontruiming van de woningen in de woontoren. Dit kan mogelijk uitgevoerd worden door het aanbrengen van signaalgevers in de gangen die door de brandweer kan worden geactiveerd.
3. Het toepassen van de overige maatregelen en voorzieningen zoals tevens opgenomen in bijlage C:
  - Nieuwe oplaadpunten voorzien van aanrijdbeveiliging of deze zo hoog ophangen dat aanrijden niet mogelijk is.
  - Nieuwe oplaadpunten moeten aantoonbaar voldoen aan de relevante delen uit de normserie IEC 61851 (of vergelijkbaar)<sup>16</sup>.
  - Installatie van oplaadpunten uitsluitend door erkende installateurs.
  - In de parkeergarage mag alleen gebruik worden gemaakt van gecertificeerde kabels, conform de relevante delen uit de normserie IEC 61851 (of vergelijkbaar)<sup>17</sup>.
  - Voorkomen van beschadiging laadkabels door oplaadpunten zodanig te plaatsen dat deze niet in de weg liggen (struikelen, overrijden).
  - Periodieke visuele inspectie oplaadpunten (+bekabeling) door een deskundige partij. Beschadigde oplaadpunten meteen buiten gebruik nemen en repareren.
  - Gezamenlijke functies mogen niet gebruikt worden voor opslag.
  - Personenauto's met storingen (in bijvoorbeeld het BMS) en/of aanrijdingsschade mogen de parkeergarage niet in. Het BMS dient de gebruiker van auto te waarschuwen voor storingen en waar mogelijk dit tevens via Bluetooth of WIFI te communiceren met de gebruiker.

<sup>16</sup> [Electric Vehicle \(EV\) Charging Infrastructure Services | UL Solutions](#)

<sup>17</sup> [Basisset AC-laadinfrastructuur - NKL Nederland](#)

Waarschuwbord: Bij storing in je auto, buiten parkeren. Ook bij aanrijdingsschade verzoeken wij u te buiten parkeren.

- Zorgen voor bewustwording en onderlinge communicatie bewoners om te zorgen dat maatregelen ook werken zoals voorzien.
- Instellen van een whatsapp buurtpreventie: zie je wat vreemds? Maar geen spoed? Meld het in de app, met nummerbord. Zie je rommel/troep of oneigenlijk gebruik. Meld het.
- Zie je beschadigingen aan een oplaadsysteem ook die van burens? Meld het bij de VVE organisatie en eigenaar zodat reparatie of vervanging plaatsvindt. Nieuwe oplaadpunten voorzien van aanrijdbeveiliging of deze zo hoog ophangen dat aanrijden niet mogelijk is.

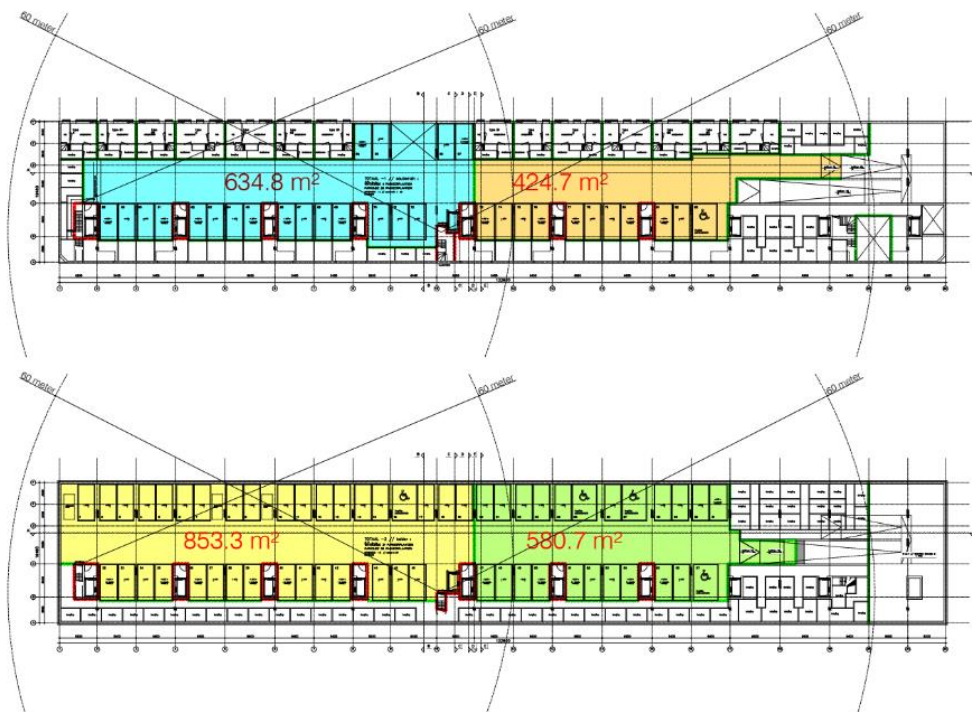
Veel van voornoemde maatregelen zijn uitsluitend effectief als de bewoners zich daaraan houden en er actief op wordt toegezien (gedrag). Het is aan te bevelen om deze maatregelen te verwerken in de beleidsstukken van de vve en bewoners periodiek te informeren over het belang hiervan.

## 7.5 Casestudie 4: Case 4

### 7.5.1 Omschrijving woongebouw en parkeergarage

Case 4 is een woongebouw ontworpen door Van Aken Architecten en gelegen in Amsterdam. De omgevingsvergunning dateert uit februari 2016. Het gebouw heeft meer dan 5 bouwlagen en een hoogte van meer dan 14 m. Op de onderste twee bouwlagen (kelder -2 en kelder -1) zijn bergingen en een mechanisch geventileerde parkeergarage aanwezig met in totaal 86 parkeerplaatsen. De inwendige hoogte bedraagt 2,7m. Elke kelderverdieping is ingedeeld in twee brandcompartimenten met een gebruiksoppervlakte kleiner dan 1.000 m<sup>2</sup>. Hiertoe zijn ter plaatse van as 11 op elke bouwlaag 60 minuten brandwerende schermen gerealiseerd van de firma Stöbich die bij brandmelding geactiveerd worden. Tijdens de schouw zijn kleine brandveiligheidsmankementen geconstateerd.

Een plattegrond van beide parkeerlagen is weergegeven in figuur 10.



**Figuur 10: Plattegronden parkeergarage Case 4 (boven: bouwlaag -1, onder: bouwlaag -2).**

Bij de inspectie is geconstateerd dat meerdere LEVs, fietsen, brommers en motoren aanwezig waren in de garage. Tevens zijn diverse 3-fase en 1-fase oplaadpunten aanwezig. Dit onderzoek gaat ervan uit dat na 2030 alle parkeerplekken geschikt zullen zijn voor EVs.

### 7.5.2 Vaststellen brandveiligheidsniveau

Voor het vaststellen van het rechtens verkregen niveau wordt gebruik gemaakt van de documentatie ontvangen van de vve Case 4. Concreet betreft het:

1. Brandveiligheidsconcept Kuiper Compagnons februari 2016;
2. Omgevingsvergunning, OD NZKG, kenmerk d.d. 18 februari 2016;
3. Programma van Eisen Brandmeldinstallatie, Ontruimingsalarminstallatie, CO/LPG detectieinstallatie, Case 4 Amsterdam, referentie d.d. 14 April 2017.

Op basis van deze informatie en de schouw volgt dat het rechtens verkregen niveau het niveau nieuwbouw uit het Bouwbesluit 2012 benaderd (zie tabel hieronder).

Bouwbesluit 2012 afdeling:	Eisen conform bouwvergunning en opmerkingen brandweer:
2.2	Bouwconstructie 90 min brandwerend (gelijkwaardigheid).
2.8	Geen prestatie-eisen.
2.9	Binnenoppervlak en vloer grotendeels beton. Op beide bouwlagen zijn ter plaatse van de scheidingsconstructies met woningen brandbare houtwolcement platen aangetroffen.
2.10	Brandcompartimenten < 1.000 m <sup>2</sup> 60 minuten brandwerende scheidingsconstructies met woningen en vluchtroutes. Bergingen zijn niet afzonderlijk gecompartmenteerd maar liggen in de parkeergarage compartimenten.
2.11	Scheidingsconstructies voldoen naar verwachting aan rookwerendheidseisen maar hier is geen bewijs voor.
2.12	Loopafstanden < 60 m.
2.13	Geen prestatie-eisen.
6.5	Brandmeldinstallatie met volledige bewaking.
6.7	Brandslanghaspels niet aanwezig (ook niet vereist). Wel draagbare blustoestellen.

**Tabel 13: Brandveiligheidsniveau parkeergarage Case 4.**

### 7.5.3 Uitgangspunten risicoanalyse (stap 1)

In tabel 14 zijn de kenmerken weergegeven die de basis vormen voor de aansluitende risicoanalyse.

Kenmerk:	Resultaat:
Aantal parkeerplaatsen	86 (bouwlaag -2: 57, bouwlaag -1: 29)
Vuurbelasting bij volledig gebruik EVs (kg vheq/m <sup>2</sup> ) (8750 MJ/BEV)	15,6
Afmetingen parkeerplaatsen	2.4 m x 5.13 m
Inwendige hoogte parkeergarage	2,7 m
Aantal aanwezige oplaadpunten	5x 3-fase aansluitingen, 18x 1-fase aansluitingen
Verwacht aantal oplaadpunten in de toekomst	86
Brandbare materialen plafond parkeergarage	Ja, houtwolcementplaten t.p.v. scheidingsconstructies met woningen (verticaal bouwlaag -1, horizontaal bouwlaag -2).
Brandwerendheid scheidingsconstructie parkeergarage/woongedeelte	60 min conform rechtens verkregen niveau.

Kenmerk:	Resultaat:
Brandwerendheid verticale scheidingsconstructies parkeergarage (aansluitende ruimten)	60 min conform rechtens verkregen niveau.
Kwaliteit voorzieningen rechtens verkregen niveau	Minimale mankementen, met name op het gebied van brandveilig afwerken doorvoeringen (eenvoudig te repareren)
Ventilatie parkeergarage	Basisventilatie mechanisch CO/LPG, conform bouwregelgeving.
Gevelopeningen	Garage volledig besloten, met uitzondering van hekwerk ter plaatse van entrees parkeerlagen -1 en -2.
Primaire bluswatervoorzieningen	Binnen 40 m aanwezig, capaciteit is niet bekend
VBB-systeem	Niet aanwezig
Brandmeldinstallatie	Brandmeldinstallatie met volledige bewaking op beide parkeerlagen met doormelding naar PAC
Ontruimingsalarminstallatie	Type B in parkeergarage
Brandslanghaspels	Niet aanwezig, wel draagbare blustoestellen aanwezig conform Bouwbesluit 2012.
Noodverlichting	Niet aanwezig
Hoogte woongebouw	Circa 16 m
Brandwerendheid bouwconstructie woongebouw	90 min conform rechtens verkregen niveau (eis is 120 min, zie voor motivatie rapport).
Brandbare materialen in de gevel woongebouw (isolatie, beplating)	Ontvangen tekeningen geven geen informatie over de isolatie in de gevel.
Staat vluchtroutes woongebouw	Geen obstructies aangetroffen in vluchtroutes.
Aandachtspunten vluchtroutes woongebouw	Geen
LEV's aanwezig in de parkeergarage?	Nee
EOS aanwezig in de parkeergarage?	Nee

**Tabel 14: Kenmerken parkeergarage Case 4**

#### 7.5.4 Risicoanalyse verwacht toekomstig gebruik (stap 2 en 3)

Op basis van bovenstaande gegevens is de risicoanalyse uitgevoerd op de criteria bezwijken, brandoverslag, branddoorslag, rookverspreiding en belasting hulpverleningsdiensten. De volledige analyse is terug te vinden in Appendix E en de resultaten zijn terug te vinden in tabel 15. Overwegingen:

1. Door de beperkte ventilatie is de verwachting dat een eenmaal ontstane brand snel zal doorgroeien naar een brand die het volledige compartiment inneemt
2. Na verloop van tijd zal het regime van de brand veranderen van een brandstofbeheerste brand naar een zuurstofbeheerste brand waardoor aanvullend gevaar ontstaat voor de hulpverleningsdiensten (als gevolg van onder andere back draft).
3. Bij het aanleggen van de laadinfrastructuur zal voldaan worden aan de nieuwe eisen uit het Bouwbesluit 2012 (zie hoofdstuk 3.1).

Criterium:	Resultaat:		
	Waarschijnlijkheidscategorie	Gevolgcategorie	Risico
Bezwijken	Hoog	Gemiddeld	Hoog
Branddoorslag	Hoog	Hoog	Hoog
Brandoverslag	Gemiddeld	Gemiddeld	Substantieel
Rookverspreiding	Hoog	Gemiddeld	Hoog
Belasting hulpverleningsdiensten	Hoog	Gemiddeld	Hoog

**Tabel 15: Resultaten risicoanalyse verwacht toekomstig gebruik Case 4.**

Uit de bovenstaande tabel en appendix E volgt dat voor Case 4 de risico's voor de criteria 'bezwijken', 'doorslag', 'rookverspreiding' en 'belasting hulpverleningsdiensten' hoger zijn dan beoogd met de bouwregelgeving. Op basis van de risicoanalyse worden derhalve mitigerende maatregelen voorgesteld om de risico's te verlagen.

De volgende maatregelen en adviezen worden voorgesteld:

1. Overleg met de repressieve dienst van de brandweer over de mogelijkheden om een brand in de parkeergarage te bestrijden via het toegangshek of van binnen. Hierbij dient besproken te worden of er mogelijkheden worden gezien om vanuit reguliere toegangen de garage te ventileren en rook af te voeren richting het toegangshek. Hierbij dient rekening te worden gehouden met (1) de benodigde hoeveelheid bluswater voor conventionele en elektrische voertuigen en (2) het sturen van het brandwerende rolscherm.
2. Het verwachte brandverloop en de brandduur zijn direct afhankelijk van de mogelijkheden die de brandweer heeft om de brand te bestrijden. Vooralsnog wordt voorgesteld om de bouwconstructie in de parkeergarage aanvullend te beschermen met brandwerende voorzieningen.
3. Een alternatief op punt 2 is om de gevolgen van het ontstaan en ontwikkelen van brand te verlagen door een waarschuwingssysteem te realiseren waarmee de brandweer bij aankomst de bewoners kan ontruimen. Om de groeisnelheid van de brand te beperken wordt voorgesteld om brandwerende constructie (als een lage wand) tussen groepen van 3 tot 5 parkeerplaatsen te realiseren.
4. Vanwege het verwachte brandscenario en de verzwaarde brandweerinzet wordt geadviseerd om de vereiste brandwerendheid van de brandscheidingen ter plaatse van de aansluitende woningen te verhogen. De betonnen constructies realiseren mogelijk al een verhoogde brandwerendheid maar dit zal nader onderzocht moeten worden. Ook belangrijk is om de rookwerendheid van scheidingsconstructies rondom te parkeergarage te verbeteren ( $S_a$  of  $S_{200}$ ).
5. Een alternatief op punten 2, 3 en 4 kan zijn om een VBB-systeem te realiseren in de parkeergarage.
6. Het toepassen van de overige maatregelen en voorzieningen zoals tevens opgenomen in bijlage C:
  - Nieuwe oplaadpunten voorzien van aanrijdbeveiliging of deze zo hoog ophangen dat aanrijden niet mogelijk is.
  - Nieuwe oplaadpunten moeten aantoonbaar voldoen aan de relevante delen uit de normserie IEC 61851 (of vergelijkbaar)<sup>18</sup>.
  - Installatie van oplaadpunten uitsluitend door erkende installateurs.

<sup>18</sup> [Electric Vehicle \(EV\) Charging Infrastructure Services | UL Solutions](#)



- In de parkeergarage mag alleen gebruik worden gemaakt van gecertificeerde kabels, conform de relevante delen uit de normserie IEC 61851 (of vergelijkbaar)<sup>19</sup>.
- Voorkomen van beschadiging laadkabels door oplaadpunten zodanig te plaatsen dat deze niet in de weg liggen (struikelen, overrijden).
- Periodieke visuele inspectie oplaadpunten (+bekabeling) door een deskundige partij. Beschadigde oplaadpunten meteen buiten gebruik nemen en repareren.
- Gezamenlijke functies mogen niet gebruikt worden voor opslag.
- Personenauto's met storingen (in bijvoorbeeld het BMS) en/of aanrijdingsschade mogen de parkeergarage niet in. Het BMS dient de gebruiker van auto te waarschuwen voor storingen en waar mogelijk dit tevens via Bluetooth of WIFI te communiceren met de gebruiker. Waarschuwbord: Bij storing in je auto, buiten parkeren. Ook bij aanrijdingsschade verzoeken wij u te buiten parkeren.
- Zorgen voor bewustwording en onderlinge communicatie bewoners om te zorgen dat maatregelen ook werken zoals voorzien.
- Instellen van een whatsapp buurtpreventie: zie je wat vreemds? Maar geen spoed? Meld het in de app, met nummerbord. Zie je rommel/troep of oneigenlijk gebruik. Meld het.
- Zie je beschadigingen aan een oplaadsysteem ook die van burens? Meld het bij de VVE organisatie en eigenaar zodat reparatie of vervanging plaatsvindt.

Een groot deel van voornoemde maatregelen zijn uitsluitend effectief als de bewoners zich daaraan houden en er actief op wordt toegezien (gedrag). Het is aan te bevelen om deze maatregelen te verwerken in de beleidsstukken van de vve en bewoners periodiek te informeren over het belang hiervan.

---

<sup>19</sup> Basisset AC-laadinfrastructuur - NKL Nederland

# Appendix A

## Afkortingen en definities

<b>Afkorting:</b>	<b>Omschrijving:</b>	<b>Voorbeelden:</b>
BBL	Besluit bouwwerken leefomgeving	
BMS	Battery Management System, accumanagementsysteem	
CAPEX	Capital Expenditures, investeringskosten	
CO/LPG	Detectiesysteem voor koolmonoxide en LPG	
EV	Electric Vehicle, elektrische personenauto	
HRR	Heat Release Rate	
ICE	Internal Combustion Engine, verbrandingsmotor	
LEVs	Licht Electric Vehicles, kleine elektrische voertuigen	e-bikes, e-scooters, e-steps
NVBR	Nederlandse Vereniging voor Brandweezorg en Rampenbestrijding	
OPEX	Operational Expenditures, kosten voor onderhoud, inspectie, certificering, emz.	
PAC	Particuliere Alarm Centrale	
RAC	Regionale Alarm Centrale	
RVN	Rechtens Verkregen Niveau	
SoC	State of Charge, acculading	
VBB	Vastopgestelde Brandbeheersings- en Brandblusinstallaties	
VCE	Vapour Cloud Explosion, wolkexplosie	

# Appendix B

## Literatuurlijst

1. Office for Zero Emission Vehicles, T0194 – Covered car parks: fire safe guidance for electric vehicles, Arup, juli 2023.
2. Dr. Ir. N. Rosmuller, Ing. P.J. van der Graaf, T.F.T. Hessels MSc, Brandveiligheid van parkeergarages met elektrisch aangedreven voertuigen, Instituut Fysieke Veiligheid (NIPV), Arnhem, 2020.
3. F. Larsson, B. Mellander, Energy storage system safety in electrified vehicles, Second International Conference on Fires in Vehicles, September 27-28, 2012, Chicago, USA.
4. Ing. R. Hagen, Ing. L. Witloks, Basis voor brandveiligheid, Instituut Fysieke Veiligheid (NIPV), 2<sup>e</sup> gewijzigde druk, december 2017.
5. C. Smit et al, Brandveiligheid Lichte Elektrische Voertuigen – Beheersmaatregelen voor risico's bij laden en stallen van LEV's, Arcadis, 20 april 2023.

# Appendix C

## Beoordeling effectiviteit, uitvoerbaarheid en kosten mitigerende maatregelen

Een aantal aandachtspunten voor het gebruik van appendix C:

- De mitigerende maatregelen die verplicht zijn vanaf 1 juli 2023 zijn in de tabel groen gekleurd. Deze zijn van toepassing op nieuwe oplaadpunten.
- Mitigerende maatregelen die eenvoudig realiseerbaar zijn en een aanzienlijk effect hebben tegen lage kosten worden geel gemarkeerd.
- Mitigerende maatregelen kunnen een 'indirect effect hebben op meerdere criteria.
- Maatregelenpakketten zijn altijd maatwerk, afhankelijk van verschillende kenmerken van de situatie.
- Het verhogen van de brandwerendheid van horizontale en verticale scheidingsconstructies is zinvol tot maximaal de tijdsduur van de brandwerendheid van de bouwconstructie.
- De vigerende omgevingsvergunning verplicht de eigenaar van de parkeergarage om ervoor te zorgen dat de brandveiligheidsmaatregelen in goede staat zijn en ten minste voldoen aan de vereiste kwaliteit in de vergunning.

Mitigerende maatregel	Effectiviteit					Praktische uitvoerbaarheid:	Kostenindicatie:	Toelichting:
	Risico van bezwijken	Risico van branddoorslag	Risico van brandoverslag	Risico van rookverspreiding	Risico op belasting/veiligheid hulpdiensten			
<b>Bouwkundig</b>								
Brandwerendheid bouwconstructie verhogen.	+++++	-	-	-	++++	Maatregel is meestal goed uitvoerbaar. De garage kan naar verwachting deels in gebruik blijven tijdens de uitvoering.	Enmalig: hoog Periodiek: laag	Deze maatregel zal de kans op bezwijken en het risico van bezwijken verlagen en biedt de hulpverleningsdiensten meer tijd om het woongebouw te ontruimen waardoor de gevolgen van bezwijken lager zullen zijn.
Verhogen brandwerendheid bestaande verticale brandwerende scheidingsconstructies met aansluitende ruimten en vluchtroutes (tot maximaal de brandwerendheid van de bouwconstructie).	-	+++++	-	+++	+++	Maatregel is meestal goed uitvoerbaar. De garage kan grotendeels in gebruik blijven.	Enmalig: matig Periodiek: laag	Deze maatregel zal de kans op branddoorslag en het risico van branddoorslag verlagen en biedt de hulpverleningsdiensten meer tijd om het woongebouw te ontruimen. Ook de snelheid en mate van rookverspreiding neemt af.
Verhogen brandwerendheid horizontale scheidingsconstructie met woongebouw (tot maximaal de brandwerendheid van de bouwconstructie).	-	+++++	-	+++	+++	Maatregel is goed uitvoerbaar. De garage kan grotendeels in gebruik blijven.	Enmalig: matig Periodiek: laag.	Deze maatregel zal de kans op branddoorslag en het risico van branddoorslag verlagen en biedt de hulpverleningsdiensten meer tijd om het woongebouw te ontruimen. Ook de snelheid en mate van rookverspreiding neemt af.
Brandbare materialen plafond parkeergarage vervangen met onbrandbare materialen (isolatie, beplating).	++	++	++	++	+++	Maatregel is goed uitvoerbaar. De garage kan voor een deel in gebruik blijven en de verwachte duur van de realisatie is laag.	Enmalig: matig Periodiek: zeer laag.	Deze maatregel verlaagd de kans op (snelle) doorgroei en flash-over van brand waardoor de belasting van bouwkundige brandveiligheidsvoorzieningen en de hulpverleningsdiensten lager wordt.
Brandwerende wanden realiseren tussen individuele parkeerplaatsen.	+++	+++	+++	+++	+++	Maatregel is niet in elke situatie uitvoerbaar, afhankelijk van de omvang van de parkeerplaatsen. Parkeren van voertuigen wordt lastiger en kans op schade neemt toe. Ook de sociale veiligheid neemt af. Dit laatste is met name problematisch bij grotere publieke parkeergarages.  De garage kan voor een deel in gebruik blijven en de verwachte duur van de realisatie is laag.	Enmalig: matig Periodiek: zeer laag.	Deze maatregel zal de snelheid van branduitbreiding tussen personenauto's aanvankelijk fors verlagen. Hoe lang dit duurt is mede afhankelijk van de ventilatiehoeveelheid. Hierdoor is een snelle compartimentsbrand minder waarschijnlijk maar zeker niet uitgesloten. Dit is mede afhankelijk van de mogelijkheid van de brandweer om van buiten een inzet te kunnen doen. Door de vertragende werking is er een positief effect op alle beoordeelde risico's. Deze maatregel is niet zondermeer toepasbaar voor parkeergarages ontworpen op basis van NEN 6098 (waarbij middels ventilatieberekening zicht op de brand is aangetoond).
Brandwerende wanden realiseren tussen groepen van 3-5 parkeerplaatsen.	++	++	++	++	+++	Maatregel is niet in elke situatie uitvoerbaar, afhankelijk van de omvang van de parkeerplaatsen. Parkeren van voertuigen wordt lastiger en kans op schade neemt toe. Sociale veiligheid neemt ook af maar in mindere mate als brandwerende wanden tussen elke parkeerplaats. Impact op sociale veiligheid vooral bij grotere publieke parkeergarages.  De garage kan voor een deel in gebruik blijven en de verwachte duur van de realisatie is laag.	Enmalig: matig Periodiek: zeer laag.	Deze maatregel zal de snelheid van branduitbreiding tussen personenauto's aanvankelijk verlagen. Hoe lang dit duurt is afhankelijk van de ventilatiehoeveelheid. Hierdoor is een compartimentsbrand minder waarschijnlijk maar zeker niet uitgesloten. Dit is mede afhankelijk van de mogelijkheid van de brandweer om van buiten een inzet te kunnen doen. Door de vertragende werking is er een positief effect op alle beoordeelde risico's.  Ook hier geldt dat deze maatregel niet zondermeer toepasbaar is voor parkeergarages ontworpen op basis van NEN 6098 (waarbij middels ventilatieberekening zicht op de brand is aangetoond).
Brandbare materialen in (onderste gedeelte van) de gevel vervangen met onbrandbare materialen (isolatie, panelen).	-	-	++	+++	++	Maatregel is niet in elke situatie praktisch uitvoerbaar en zinvol. Garage kan volledig in gebruik blijven tijdens de realisatie.	Enmalig: zeer hoog Periodiek: laag	Maatregel zorgt voor een verlaagd risico op branduitbreiding en rookverspreiding van de parkeergarage naar aansluitende woningen.
Aanrijdbeveiliging oplaadpunten.	++	++	++	++	++	Maatregel is eenvoudig realiseerbaar en garage kan in gebruik blijven tijdens de realisatie.	Enmalig: laag Periodiek: zeer laag	Maatregel zorgt voor een verlaging van de kans op het ontstaan van brand en daarmee reduceren van alle beschouwde risico's. Heeft geen impact op het effect.
<b>Installatietechnisch</b>								
Brandwerende rolschermen realiseren tussen individuele parkeerplaatsen.	++	++	++	++	++	Maatregel is kostbaar en niet in elke situatie uitvoerbaar. Gas- of branddetectie is nodig om de rolschermen aan te sturen. Garage zal deels moeten sluiten tijdens realisatie. Beperkte impact op sociale veiligheid aangezien de rolschermen alleen sluiten bij brand.	Enmalig: hoog Periodiek: hoog	Functionaliteit is analoog aan vaste brandwerende wanden maar de effectiviteit is lager omdat er een realistische kans is dat de rolschermen geblokkeerd zullen worden door onzorgvuldig geparkeerde voertuigen.
Brandwerende rolschermen realiseren tussen groepen van 3-5 parkeerplaatsen.	+	+	+	+	++	Maatregel is kostbaar en niet in elke situatie uitvoerbaar. Gas- of branddetectie is nodig om de rolschermen aan te sturen. Garage zal deels moeten sluiten tijdens realisatie. Beperkte impact op sociale veiligheid aangezien de rolschermen alleen sluiten bij brand	Enmalig: hoog Periodiek: matig	Functionaliteit is analoog aan vaste brandwerende wanden maar de effectiviteit is lager omdat er een realistische kans is dat de rolschermen geblokkeerd zullen worden door onzorgvuldig geparkeerde voertuigen.

Mitigerende maatregel	Effectiviteit					Praktische uitvoerbaarheid:	Kostenindicatie:	Toelichting:
	Risico van bezwijken	Risico van branddoorslag	Risico van brandoverslag	Risico van rookverspreiding	Risico op belasting/veiligheid hulpdiensten			
Automatische brandmeldinstallatie met doormelding RAC/PAC.	++	++	++	++	+++	Maatregel is goed uitvoerbaar. Garage zal wel deels moeten sluiten tijdens realisatie.	Eenmalig: matig Periodiek: matig	Maatregel kan ervoor zorgen dat de brandweer sneller op locatie is en uitbreiding kan voorkomen door brandwerende scheidingsconstructies te koelen. Dit kan ook een positief effect hebben op beperking van verspreiding van rook. Als de brandweer sneller aanwezig is zal de belasting van de bouwconstructie verlaagd kunnen worden. Deze maatregel is vooral effectief voor kleinere parkeergarages waar voldoende handelingspotentieel aanwezig is.
Ontruimingsalarmsysteem bewoners (conventioneel of via een Android en IOS app).	++	++	++	++	++++	Maatregel is goed uitvoerbaar. Garage zal (kortstondig) deels moeten sluiten tijdens realisatie.	Eenmalig: matig Periodiek: matig	Maatregel kan ervoor zorgen dat de bewoners sneller starten met ontruimen waardoor de brandweer minder belast wordt. Dit heeft ook een indirect positief effect op het risico van bezwijken omdat bezwijken minder slachtoffers tot gevolg zal hebben. Indien de brandweer de bouwconstructie en brandwerende scheidingen kan koelen zullen de overige risico's ook verlaagd worden.
VBB systeem (sprinklerinstallatie, watermistinstallatie).	++++	++++	++++	++++	++++	Maatregel is kostbaar en alleen realiseerbaar als de inwendige hoogte afdoende is. Garage zal tijdens de realisatie deels moeten sluiten (systeem kan sectiegewijs worden aangelegd).	Eenmalig: hoog Periodiek: hoog	Maatregel verlaagt de kans op ontstaan van brand, doorgroei van brand en zorgt voor een forse verlaging van de impact op bouwkundige brandveiligheidsvoorzieningen.
Dynamische barrières voor bluswateropvang (alleen in combinatie met brandwerende wanden tussen parkeerplaatsen of groepen parkeerplaatsen).	+	+	+	+	+++	Maatregel is zeer kostbaar en naar verwachting lastig uitvoerbaar. Effectiviteit is afhankelijk van meerdere factoren, waaronder een inzet van buitenaf van de brandweer. Functionaliteit ook sterk afhankelijk van hoe zorgvuldig de bewoners parkeren.	Eenmalig: zeer hoog Periodiek: zeer hoog	Maatregel is bedoeld om bluswater op te vangen onder de brandende auto zodat de accupakketten gekoeld wordt en de kans op een compartimentsbrand verlaagd wordt. Hiermee zou de impact op de bouwkundige voorzieningen verlaagd worden.
Verhogen capaciteit aanwezige bluswatervoorzieningen.	+++	+++	+++	+++	++++	Uitvoerbaarheid van deze maatregel is afhankelijk van de beschikbare druk en volumestroom. Het waterbedrijf kan dit naar verwachting niet verhogen waardoor een bluswatertank gerealiseerd moet worden. De garage kan grotendeels in gebruik blijven.	Eenmalig: hoog Periodiek: laag	Verhogen van de capaciteit van bluswatervoorzieningen zal de slagkracht van de brandweer sterk verbeteren, mits de brandweer van buitenaf kan blussen.
Verhogen ventilatiecapaciteit t.b.v. brandweer.	++	++	++	++	++++	Uitvoerbaarheid en effectiviteit van deze maatregel is afhankelijk van de uitvoering van de parkeergarage. De garage kan grotendeels in gebruik blijven.	Eenmalig: hoog Periodiek: matig	Door de ventilatiecapaciteit te verhogen zal meer warmte worden afgevoerd waardoor de kans op een compartimentsbrand verlaagd wordt. Ook zal hierdoor het zicht in de garage verbeterd worden. De consequentie is dat hulpverleningsdiensten meer tijd hebben om het woongebouw te ontruimen waardoor de belasting verlaagd en de veiligheid toeneemt. De effectiviteit van deze maatregel moet per geval onderzocht worden.
Afschakeling oplaadpunten, automatisch gestuurd en/of handmatig door de brandweer (verplicht vanaf 1 juli 2023).	-	-	-	-	++++	Deze maatregel is binnenkort verplicht. Realisatie heeft geen impact op gebruik.	Eenmalig: matig Periodiek: laag	Deze maatregel verhoogt de veiligheid van hulpverleningsdiensten.
Duidelijke signalering zodat brandweer precies weet waar de EV laadplekken zijn (verplicht vanaf 1 juli 2023).	-	-	-	-	(++++)	Deze maatregel is binnenkort verplicht. Realisatie heeft geen impact op gebruik.	Eenmalig: laag Periodiek: laag	Deze maatregel verhoogt de veiligheid van hulpverleningsdiensten.
Nieuwe oplaadpunten moeten aantoonbaar voldoen aan de relevante delen uit de normserie IEC 61851 (of vergelijkbaar).	++	++	++	++	++	Eenvoudig uitvoerbaar. Certificaat moet worden meegeleverd door de fabrikant. Geen consequentie voor beschikbaarheid parkeergarage.	Eenmalig: laag Periodiek: laag	Maatregel zorgt voor een verlaging van de kans op het ontstaan van brand en daarmee reduceren van alle beschouwde risico's. Heeft geen impact op het effect.
Uitsluitend gebruik van Mode 3 of Mode 4 oplaadpunten (verplicht vanaf 1 juli 2023).	++	++	++	++	++	Eenvoudig uitvoerbaar. Geen consequentie voor beschikbaarheid parkeergarage.	Eenmalig: laag Periodiek: laag	Maatregel zorgt voor een verlaging van de kans op het ontstaan van brand en daarmee reduceren van alle beschouwde risico's. Heeft geen impact op het effect.
Gasdetectiesysteem (off-gas detection) om brandbare gassen te detecteren die als gevolg van thermische ontleding van het elektrolyt vrijkomen.	+++	+++	+++	+++	+++	Maatregel is goed uitvoerbaar. Garage zal wel deels moeten sluiten tijdens realisatie. Zou geïntegreerd kunnen worden met een brandmeldinstallatie en/of ontruimingsalarmsysteem.	Eenmalig: matig Periodiek: matig	Maatregel dient als vroegtijdige waarschuwing van een defect in één van de accucellen en is vooral effectief indien deze gekoppeld wordt aan de mobiele telefoon van de eigenaar. Dit is meestal een teken dat 'thermal runaway' heel dichtbij is. Mogelijk gevaar voor (veel) valse meldingen.
Organisatorisch								

Mitigerende maatregel	Effectiviteit					Praktische uitvoerbaarheid:	Kostenindicatie:	Toelichting:
	Risico van bezwijken	Risico van branddoorslag	Risico van brandoverslag	Risico van rookverspreiding	Risico op belasting/veiligheid hulpdiensten			
Vergroten onderlinge afstand tussen parkeerplaatsen.	++	++	++	++	++	Eenvoudig uitvoerbaar. Gezien de kosten van een parkeerplek in Amsterdam wellicht geen logische optie en naar verwachting lastig realiseerbaar. Geen consequentie voor beschikbaarheid parkeergarage.	Eenmalig: matig Periodiek: n.v.t.	Maatregel verlaagt de kans op (snelle) branduitbreiding naar naastgelegen personenauto's en zorgt voor een verlaging van de impact op bouwkundige brandveiligheidsvoorzieningen.
Toezien en handhaving goed functioneren vergunde brandveiligheidsmaatregelen.	++	++	++	++	++	Dit is verplicht conform vergunning.	Eenmalig: n.v.t. Periodiek: laag	De meerwaarde van bouwkundige, installatietechnische en organisatorische brandveiligheidsvoorzieningen die in goede staat van onderhoud verkeren is evident.
Strategisch plaatsen van oplaadpunten, uit de buurt van vluchtroutes en instroompunten buitenlucht.								
Tactische plaatsing oplaadpunten zodat kabels niet in de weg liggen (struikelen, overrijden).	++	++	++	++	++	Maatregel is eenvoudig uitvoerbaar. Met name belangrijk dat bewoners hierover geïnformeerd worden, bij vergaderingen, middels flyers, sociale controle en soortgelijke acties.	Eenmalig: nihil Periodiek: nihil	Maatregel zorgt voor een verlaging van de kans op het ontstaan van brand door 'good house keeping'.
Periodieke visuele inspectie oplaadpunten (+bekabeling) door deskundige partij. Beschadigde oplaadpunten meteen buiten gebruik en repareren.	+	+	+	+	+	Maatregel is eenvoudig uitvoerbaar. Erkenning vanuit een branchevereniging voor inspectie van laagspanningsinstallaties.	Eenmalig: nihil Periodiek: nihil	Maatregel zorgt voor een verlaging van de kans op het ontstaan van brand door het werk aantoonbaar vakkundig wordt uitgevoerd.
Bijwerken VVE beleidsstukken zodat gezamenlijke functies (vluchtroutes, trappenhuizen) niet mogen worden gebruikt voor opslag.	-	-	-	-	+++	Bij veel Vve's zijn soortgelijke veiligheidsmaatregelen al onderdeel van de beleidsstukken. Met name belangrijk dat bewoners hierover geïnformeerd worden, bij vergaderingen, middels flyers, sociale controle en soortgelijke acties.	Eenmalig: nihil Periodiek: zeer laag	Maatregel zorgt ervoor dat de bewoners veiliger en sneller kunnen ontruimen waardoor de brandweer minder belast wordt.
Installeren oplaadpunten door deskundige installateur.	++	++	++	++	++	Maatregel is eenvoudig uitvoerbaar. Erkenning vanuit een branchevereniging voor installatie van laagspanningsinstallaties (SCIOS scope 8, SCIOS scope 10 en/of InstallQ-erkenning Elektrotechnisch 1.	Eenmalig: nihil Periodiek: nihil	Maatregel zorgt voor een verlaging van de kans op het ontstaan van brand door het werk aantoonbaar vakkundig wordt uitgevoerd.
Restrictie op maximale snelheid in parkeergarage.	+	+	+	+	+	Maatregel is eenvoudig realiseerbaar en garage kan in gebruik blijven tijdens de realisatie.	Eenmalig: nihil Periodiek: nihil	Maatregel zorgt voor een verlaging van de kans op het ontstaan van brand en daarmee reduceren van alle beschouwde risico's. Heeft geen impact op gevolgen.
Auto's met storing in het BMS en/of aanrijdingsschade mogen niet in de garage geparkeerd worden.	++	++	++	++	++	Maatregel heeft uiteraard geen impact op gebruik van de parkeergarage. In beginsel eenvoudig uitvoerbaar maar effectiviteit afhankelijk van medewerking bewoners.	Eenmalig: nihil Periodiek: nihil	Een storing in het BMS is een verhoogd risico op brand. Bij moderne BMS'en is dit risico minder omdat deze accu isoleren (fail safe mode). Opladen en onttrekken van stroom kunnen dan niet meer.

# Appendix D

## Flowsheet risico analyse methode

