

GECOMBINEERDE FUNCTIE VAN SPRINKLERBEVEILIGING EN BRANDDETECTIE IN PARKEERGARAGES



Waarom een onderzoek sprinklerbeveiliging en branddetectie in parkeergarages?

De aanleiding voor het onderzoek naar sprinklerbeveiliging en branddetectie in parkeergarages is het advies 1410-1 van de ATGB uit 2016. In dit advies geeft de ATGB aan dat in een parkeergarage die voorzien is van een sprinklerbeveiliging niet persé een separate automatische detectie noodzakelijk is voor een volledige bewaking en aansturing van de ontruimingsalarminstallatie. De sprinklerbeveiliging kan ook rechtstreeks de ontruimingsalarminstallatie aansturen.

Natuurlijk is de sprinklermelding meestal trager dan een automatische detectie, zeker wanneer die detectie wordt uitgevoerd in optische melders of een snelle thermische lijndetectie. De langere detectietijd van de sprinklermelding betekent dat de benodigde vluchttijd (RSET) toeneemt, er wordt later gestart met vluchten. Dat kan alleen worden toegestaan wanneer de beschikbare ontvluchtingstijd (ASET) in tenminste dezelfde mate toeneemt. Dat is goed denkbaar bij een gesprinklerde brand. Dit onderzoek richt zich specifiek op parkeergarages, omdat daarin de vuurlast goed gedefinieerd is (geparkeerde auto's) en het aantal aanwezigen gedurende de gebruikstijd gering is.

Opdrachtgever : VSI
Rapport : VHB_2021110
Pagina's : 26 (en 3 bijlagen)
Auteur : Ruud van Herpen, Fellow FSE
Datum : november 2022

© 2022. Deze publicatie mag geheel of gedeeltelijk worden gekopieerd en verspreid, onder voorwaarde van bronvermelding. De resultaten en conclusies zijn generiek toepasbaar, met inachtneming van de aandachtspunten die in de publicatie opgenomen zijn. Voor sterk afwijkende randcondities dienen de conclusies genuanceerd te worden.

Inhoud

Hoofdstuk 1	Inleiding	4
Hoofdstuk 2	Uitgangspunten, randcondities en toetscriteria	5
2.1	Bouwkundige uitgangspunten	5
2.2	Brandkenmerken	6
2.3	Toetscriteria	7
Hoofdstuk 3	Automatische detectie	9
3.1	Thermische en optische detectie	9
3.2	Activeringstijd	10
3.3	Sprinklermelding als automatische branddetectie	12
Hoofdstuk 4	Sprinklerbeveiliging in een parkeergarage	14
4.1	Brandsimulaties	14
4.2	Analyse	19
Hoofdstuk 5	Gevoeligheidsanalyse op de grootte van de parkeergarage	20
5.1	Simulaties aangepaste situatie	20
5.2	Analyse aangepaste situatie	23
Hoofdstuk 6	Nuancering en aandachtspunten	24
Hoofdstuk 7	Conclusie	25

Hoofdstuk 1 Inleiding

In een brandcompartiment met sprinklerbeveiliging is tevens een brandmeldinstallatie (BMI) met volledige bewaking noodzakelijk die de ontruimingsinstallatie (OAI) aanstuurt. Dat komt omdat de door de publiekrechtelijke regelgeving aangestuurde norm NEN 2535 niet voorziet in detectie via een sprinklerbeveiliging. Dat neemt niet weg dat een sprinklerbeveiliging wel degelijk een brand detecteert. De vraag daarbij is of die detectie snel genoeg is om de automatische detectievoorziening bij volledige bewaking te kunnen vervangen.

Bij een volledige bewaking worden vaak optische melders toegepast. De reden hiervan is dat de volledige bewaking dient voor de aansturing van de ontruimingsalarminstallatie (OAI), waardoor een snelle brandmelding door detectie op rook noodzakelijk is. Bij een snelle alarmering kan kort na het ontstaan van brand met de evacuatie worden begonnen.

In parkeergarages wordt in plaats van optische detectie vaak thermische lijndetectie toegepast. De kans op onechte en ongewenste meldingen is bij optische detectie in parkeergarages aanzienlijk groter dan bij thermische lijndetectie, terwijl ook thermische lijndetectie een snelle brandmelding kan verzekeren. Voor thermische puntmelders is de activeringstijd zoveel langer dat deze voor de aansturing van de OAI in een parkeergarage weinig zinvol zijn. Echter, bij sprinklerbeveiliging kan thermische detectie door de sprinklerkoppen wel zinvol zijn omdat na activering de brand wordt beheerst door de sprinklerkoppen en de ruimtecondities langer acceptabel blijven. Daardoor kan detectie door de sprinklerbeveiliging hetzelfde niveau van vluchtveiligheid garanderen als een snelle detectievoorziening zonder sprinklerbeveiliging, zie advies 1410-1 van de ATGB uit 2016 [7].

Een relevante vraag daarbij is hoeveel sneller optische detectie of thermische lijndetectie is in vergelijking met thermische detectie door de sprinklerkoppen. Als die tijdwinst beperkt is, terwijl daarnaast na activering van de sprinklerbeveiliging de condities voor vluchten worden verbeterd, kan overwogen worden om separate detectie achterwege te laten en het brandalarm van de sprinklermeldcentrale (SMC) te gebruiken voor de aansturing van de OAI. Immers, hoewel pas later wordt begonnen met vluchten, waardoor de benodigde vluchttijd (Required Safe Egress Time: RSET) zal toenemen, blijven de ruimtecondities door de sprinklerbeveiliging langer acceptabel en neemt dus ook de beschikbare vluchttijd (Available Safe Egress Time: ASET) toe. Wanneer de beschikbare vluchttijd ASET meer toeneemt dan de benodigde vluchttijd RSET kan worden gesproken van een tenminste gelijkwaardige situatie voor de vluchtveiligheid.

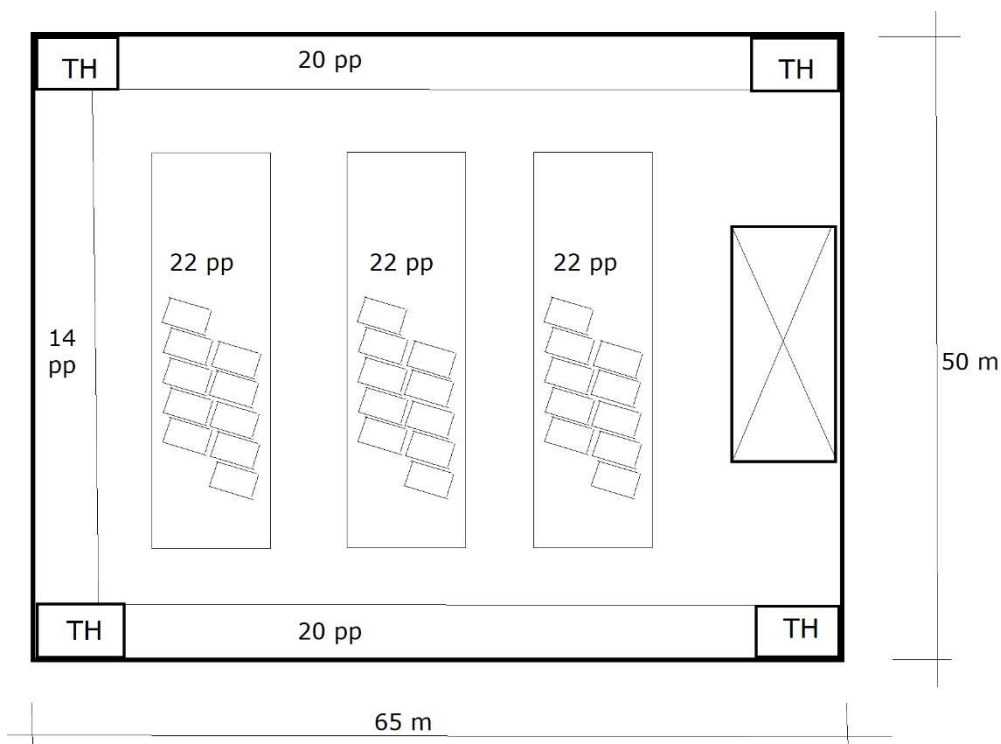
Deze vraag is actueel voor brandcompartimenten in diverse gebruiksfuncties, maar met name voor parkeergarages (overige gebruiksfunctie voor het stallen van motorvoertuigen). Hierin is de vuurlast goed gedefinieerd (geparkeerde auto's) en is het aantal aanwezigen gedurende de gebruikstijd gering.

Hoofdstuk 2 Uitgangspunten, randcondities en toetscriteria

2.1 Bouwkundige uitgangspunten

Als uitgangspunt is een groot compartiment gehanteerd van 50 x 65 m, dus 3.250 m², met een overige gebruiksfunctie voor het stallen van motorvoertuigen. In totaal zijn 120 parkeerplaatsen aanwezig in een parkeerlaag, zie de lay-out in figuur 1. De inwendige hoogte bedraagt 2,6 m. Het compartiment bestaat uit een betonnen vloer, betonnen wanden en een opening (vide) in de bovenliggende vloer voor de hellingbanen.

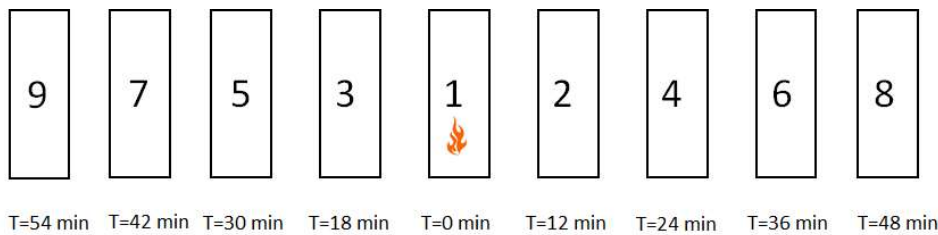
De parkeergarage is voorzien van een mechanische luchtafvoer langs de omtrek van de garage met een capaciteit van 3 dm³/s per m² gebruiksoppervlakte, overeenkomend met een volumestroom van 35.100 m³/h (9.750 dm³/s). Om bij zowel een gespreinklerde als een niet gespreinklerde brand de condities voor aanwezige personen zo lang mogelijk acceptabel te houden is ervan uitgegaan dat de mechanische luchtafvoer na brandmelding blijft functioneren totdat de temperatuur van de afgezogen volumestroom de maximale thermische belasting van de afvoerventilator overschrijdt. De luchttoevoer komt op natuurlijke wijze tot stand via de inrit en uitrit.



Figuur 1. Lay-out van een parkeerlaag

2.2 Brandkenmerken

Wanneer geen sprinklerbeveiliging aanwezig is zal een brandende auto de naast geparkeerde auto's aansteken en vervolgens de andere auto's in de parkeerrij. Er ontstaat dan in die parkeerrij een travelling carfire in twee richtingen die uiteindelijk ook tot flashover kan leiden. Figuur 2 geeft dit weer.



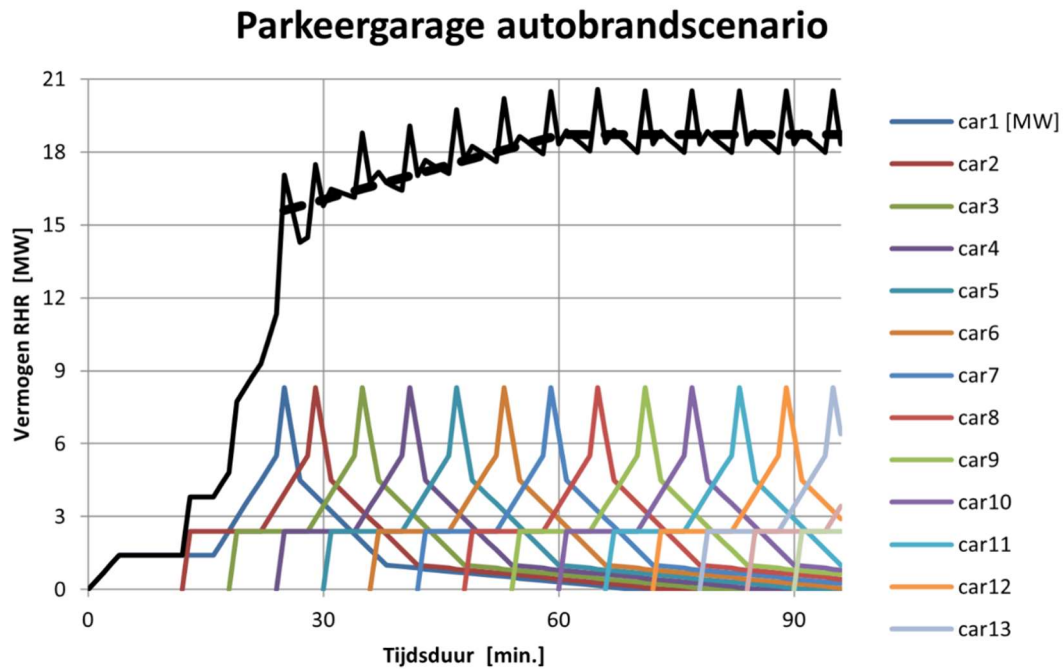
Figuur 2. Branduitbreiding in een parkeerrij

Het brandvermogensscenario bij figuur 2 is weergegeven in figuur 3, waarin de bovenste vette lijn het cumulatieve vermogen weergeeft van de vermogens per auto daaronder. Voor het brandvermogen per auto is het CaPaFi scenario gehanteerd (CarParkFire, DiFiSek, 2001) [5]. Het tijdsinterval voor branduitbreiding van een auto naar de volgende auto bedraagt 12 minuten. Na 60 minuten branden dan 9 auto's, waarbij dan overigens de eerste auto is uitgebrand. Het CaPaFi scenario is voor alle personenauto's toepasbaar, ongeacht de brandstofcel (brandstoftank of accu).

Uit figuur 3 blijkt dat het maximale vermogen van dit scenario na 60 minuten circa 19 MW bedraagt, wanneer geen flashover optreedt.

Bij het brandscenario horen de volgende brandkenmerken (NEN 6055):

- Verbrandingswaarde auto 25 MJ/kg (57% m/m C₁₆H₃₄)
- Verbrandingsefficiëntie 80 %
- Stoichiometrische constante 1,89 kg/kg
- Rookpotentieel 400 m²/kg
- Soot yield 10,5 %
- CO yield 4 %
- Verbrandingsmodel No combustion model (opgelegd brandscenario)
- Berekeningsmethode zone model
- Max. brandomvang na 60 minuten: 9 parkeervakken (9 x 12,5 = 112,5 m²)
(wanneer geen flashover optreedt)



Figuur 3. Brandvermogensscenario travelling carfire, gebaseerd op CaPaFi

Wanneer een sprinklerbeveiliging aanwezig is blijft het brandscenario beperkt tot één auto en wordt het brandvermogen vanaf het moment van sprinkleractivering constant gehouden. Ook de productie van verontreinigingen en rook wordt vanaf dat moment constant verondersteld. Het is voorstelbaar dat soot yield (rookpotentieel) en CO yield toenemen na sprinkleractivering, maar in dat geval zal ook sprake zijn van reductie van het brandvermogen. Omdat het brandvermogen na sprinkleractivering constant wordt gehouden is dat voor de soot yield en CO yield ook gehanteerd.

Voor de garage is conform publiekrechtelijke voorschriften een brandmeldinstallatie (BMI) met volledige bewaking noodzakelijk. Dat houdt in dat de ontruimingsalarminstallatie (OAI) door de brandmeldinstallatie wordt aangestuurd op basis van automatische detectie. In geval van een sprinklerbeveiliging zorgt de sprinklermelding voor de automatische detectie.

2.3 Toetscriteria

Deze onderzoek betreft een vergelijking tussen de aansturing van de OAI op basis van een automatische snelle detectie in geval van een ongesprinklerde brand en de aansturing van de OAI op basis van een sprinklermelding bij een gesprinklerde brand. Het doel hiervan is om de persoonlijke veiligheid van de aanwezigen in de parkeergarage te garanderen met een voldoende snelle evacuatie.

Hoe snel die evacuatie moet zijn hangt af van de ruimtecondities in het compartiment. De beschikbare veilige vluchttijd (ASET: Available Safe Egress Time) is de tijd die beschikbaar is voordat de ruimtecondities gezondheidsbedreigend worden en tot letsel kunnen leiden. In geval van brand kan ter plaatse van de brandhaard een gestratificeerde situatie aanwezig zijn, maar zal vanwege de geringe hoogte van het compartiment en de aanwezige ventilatie verder weg van de brandhaard een opgemengde situatie optreden. Er moet dus door de rook gevlucht worden. Dit is voor een beperkte blootstellingsduur (max. 5 minuten) mogelijk zolang aan de volgende grenswaarden wordt voldaan:

- Gastemperatuur < 80 °C
- Zichtlengte voor lichtreflecterende objecten > 10 m (optische dichtheid < 0,13 m⁻¹)

Het zichtlengtecriterium is het maatgevende criterium, bepaald door de optische dichtheid van de rook. Met het zichtlengtecriterium is oriëntatie in het compartiment mogelijk, een voorwaarde om veilig te kunnen vluchten [6]. Dit criterium is zodanig streng dat de toxiciteit van de rook geen rol speelt. De toxiciteit van de rook is dan ook geen toetscriterium in de bepaling van de ASET.

De benodigde veilige vluchttijd (RSET: Required Safe Egress Time) is de tijd die nodig is voor de ontvluchting van alle aanwezigen. Deze wordt bepaald door de detectietijd, de 'pre-movement' tijd en de 'movement' tijd te sommeren. Voor de pre-movement tijd wordt een veilige waarde van 2 minuten gehanteerd. Wanneer de loopafstanden in de parkeerlaag naar de (extra) beschermde vluchtroute voldoen aan de publiekrechtelijke regelgeving kan worden aangenomen dat de movement tijd niet meer bedraagt dan 1 minuut.

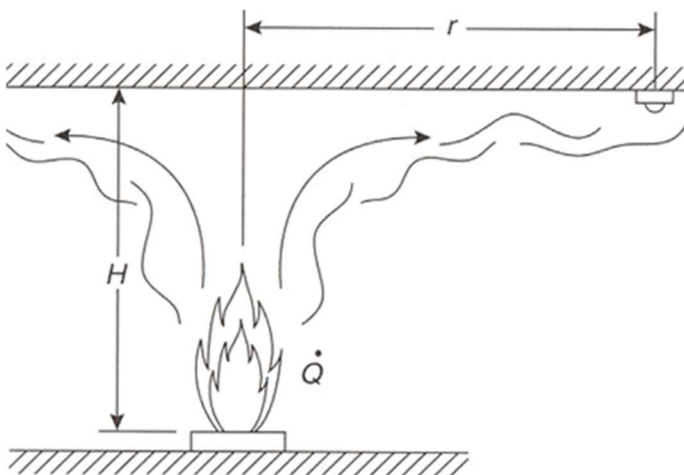
Hoe groter de marge tussen ASET en RSET, des te hoger het vluchtveiligheidsniveau is. Wanneer voor de veiligheidsfactor ASET/RSET in de referentiesituatie (automatische detectie zonder sprinklerbeveiliging) een factor 1 wordt aangehouden, moet in de gesprinklerde situatie (zonder separate automatische detectie) tenminste voldaan worden aan $ASET/RSET \geq 1$.

Hoofdstuk 3 Automatische detectie

3.1 Thermische en optische detectie

Het doel van automatische detectie is om vooral snel een beginnende brand te kunnen detecteren. Bij een beginnende brand stijgt een dunne pluim met een relatief lage temperatuur en geringe verontreinigingen naar boven. Eenmaal bij het plafond wordt de verticale impuls omgebogen naar een horizontale impuls, in principe vanuit de as van de brandhaard cirkelvormig onder het plafond. Verder weg van de as van de brandhaard treedt verdunning op, de snelheid neemt af en dat geldt ook voor de temperatuur en verontreinigingen. Voor thermische melders is de temperatuur relevant. Voor optische melders is de optische dichtheid, veroorzaakt door deeltjesverontreiniging relevant. Voor beide typen melders geldt dat melders dicht bij de as van de brandhaard sneller geactiveerd worden dan verder weg gepositioneerde melders. Immers, in de beginnende pluim van een ontwikkelende brand is het convectief transport maatgevend, waardoor energiestromen en massastromen hand in hand gaan. Met andere woorden: gastemperatuur en optische dichtheid zijn gerelateerd aan elkaar.

Met luchtstromingen ten gevolge van de ventilatie van de garage is geen rekening gehouden. Daardoor kan de activeringstijd van zowel optische melders als thermische melders worden verlengd. Bij het in paragraaf 2.1 beschreven ventilatieprincipe is die invloed gering. Alleen bij toepassing van mechanische toevoer of stuwkrachtventilatie moet met significant langere activeringstijden rekening gehouden worden.



Figuur 4. Melder aan het plafond op hoogte H boven de brandhaard en een horizontale (radiale) afstand r uit de as van de brandhaard.

Optische melders worden sneller geactiveerd dan thermische melders om de volgende redenen:

1. De optische dichtheid van de rook aan het plafond gaat al snel over de alarmprempe van een optische melder. Voor de temperatuur van de rook aan het plafond duurt dat langer, zelfs bij een lage activeringstemperatuur.
2. Voor het bereiken van de alarmprempe voor de optische dichtheid heeft een melder geen vertraging. Voor het bereiken van de activeringstemperatuur moet ook de massa van de thermische melder worden opgewarmd tot de

activeringstemperatuur. Daardoor heeft de thermische melder wel een vertraging voordat deze wordt geactiveerd. Hoe groter de massa, hoe groter de vertraging. Dit wordt in de Response Time Index uitgedrukt (RTI).

3.2 Activeringstijd

De opwarmingsnelheid van zowel thermische melders als sprinklerkoppen wordt bepaald door de tijdconstante (τ):

$$\tau = \frac{M \cdot C}{A \cdot h_c} \quad [s] \quad (1)$$

Hierin is:

- M: massa van de melder (kg)
- C: warmtecapaciteit van de melder (J/kg.K)
- A: opwarmoppervlakte van de melder (m²)
- h_c: convectieve overdrachtcoëfficiënt (W/m².K)

De convectieve overdrachtscoëfficiënt hangt af van de gassnelheid langs de detector. De overdrachtscoëfficiënt is evenredig met de vierkantswortel uit de gassnelheid:

$$h_c \equiv \sqrt{v} \quad (2)$$

Wanneer (2) in (1) wordt gesubstitueerd wordt de tijdconstante voor de opwarming:

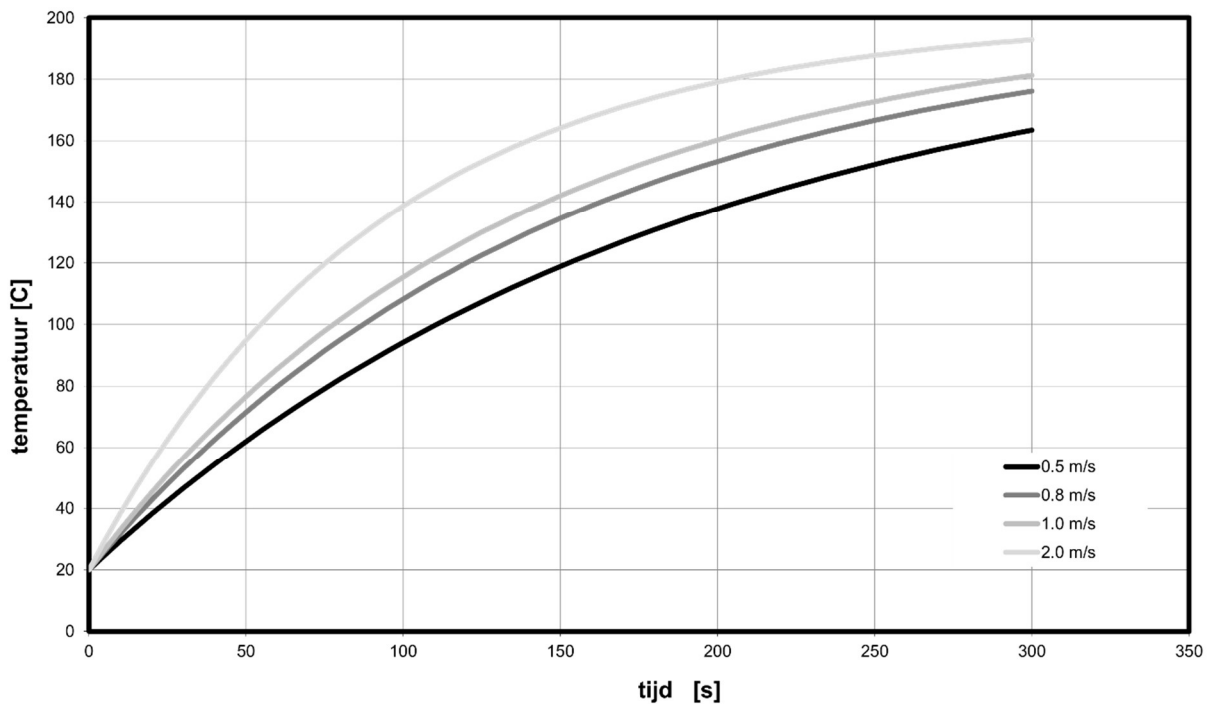
$$\tau \equiv \frac{MC}{A} \cdot \frac{1}{\sqrt{v}} \quad \text{of} \quad \tau = \frac{[RTI]}{\sqrt{v}} \quad (3)$$

De temperatuur van de melder volgt uit de onderstaande differentiaalvergelijking, waarin de tijdconstante voor opwarming (3) is opgenomen:

$$\frac{dT_d}{dt} = \frac{\sqrt{v}}{[RTI]} \cdot (T_g - T_d) \quad (4)$$

Hierin is:

- T_d: temperatuur van de melder (°C)
- T_g: gastemperatuur (°C)
- RTI: response time index van de melder (m^{0.5}s^{0.5})
- t: tijd (s)



Figuur 5. Opwarmtijd in seconden van een melder met een $RTI=135 (m.s)^{0,5}$ bij een gastemperatuur van 200 °C en vier verschillende gasstroomsnelheden (0,5 tot 2,0 m/s).

Uit de differentiaalvergelijking (4) blijkt dat de temperatuur van een thermische melder of een sprinklerkop wordt bepaald door de lokale gastemperatuur, de snelheid van de gasstroom langs de melder en de RTI van de melder. De RTI is een detector-kenmerk die vaak door de fabrikant of leverancier verstrekt wordt, net als de activeringstemperatuur. Niet altijd wordt de RTI verstrekt, maar wordt wel vermeld of het gaat om normal response (conservatieve rekenwaarde $RTI = 135 (m.s)^{0,5}$) of quick response (conservatieve rekenwaarde $RTI = 50 (m.s)^{0,5}$). Daarnaast wordt in parkeergarages ook vaak gebruik gemaakt van Lineaire thermische detectie (lijn detectie). Lijn detectie is sneller dan detectie met puntmelders omdat de massa geringer is en de detectiepunten in de lijn relatief dicht bij elkaar liggen. De RTI van lijn detectie kan daardoor uiteenlopende waarden aannemen. In dit onderzoek is uitgegaan van $RTI = 5 (m.s)^{0,5}$ voor lijn detectie.

Tabel 1. Response time indices voor thermische melders en sprinklers

Melder- of sprinklergevoeligheid	RTI range $(m.s)^{0,5}$
Quick response	≤ 50
Special response	$> 50 \dots \leq 80$
Normal response A	$> 80 \dots \leq 200$
Thermische lijn detectie	< 5

Het verloop van de gastemperatuur en de stroomsnelheid aan het plafond van de brandruimte, op een gegeven afstand vanuit de as van de brandhaard, ligt vast in het detectie-algoritme van Evans en Stroup [1], gebaseerd op experimenten met cellulose-achtige branden. In dit algoritme is de brandvermogensontwikkeling een belangrijke parameter, naast plafondhoogte en brandhoogte.

Het algoritme van Evans en Stroup is in principe ook bruikbaar voor optische melders. Immers, thermische en optische verontreiniging zijn in dit stadium beide convectief en verspreiden zich daardoor ook op vergelijkbare wijze. Natuurlijk is het zo dat de alarmdrempel van optische melders in vergelijking van die van thermische melders aanzienlijk lager is. Wanneer de gastemperatuur 13 °C hoger is dan de omgevingstemperatuur overschrijdt de optische dichtheid de alarmdrempel van de melder en wordt de melder vrijwel zonder vertraging ($RTI = 0,5$) geactiveerd [1].

In tabel 2 zijn de activeringstijden van enkele typen thermische en optische melders in een grote parkeergarage met een inwendige hoogte van 2,6 meter weergegeven, uitgaande van een CaPaFi autobrandscenario volgens paragraaf 2.2. Voor de thermische detectie wordt uitgegaan van activering van de sprinklerbeveiliging, met een bewakingsoppervlakte per sprinklerkop van 12 m². Sprinklerbeveiliging met extended coverage sprinklers is dus niet beschouwd. Voor de optische detectie wordt uitgegaan van een bewakingsoppervlakte per melder van 60 m².

Tabel 2. Activeringstijden van melders in een parkeergarage bij een ruimtehoogte van 2,6 m en een brandhoogte van 0,5 m

Brand scenario:	Normal response	Quick response	Lijn detectie	Optische detectie
CaPaFi (zie 2.2)	$RTI = 135 (m.s)^{0.5}$	$RTI = 50 (m.s)^{0.5}$	$RTI = 5 (m.s)^{0.5}$	$RTI_{eq.} = 0.5 (m.s)^{0.5}$
Thermisch 68 °C	112 s	70 s	-	-
Thermisch 79 °C	129 s	82 s	-	-
Lineair thermisch 57 °C	-	-	20 s	-
Optisch	-	-	-	10 s

3.3 Sprinklermelding als automatische branddetectie

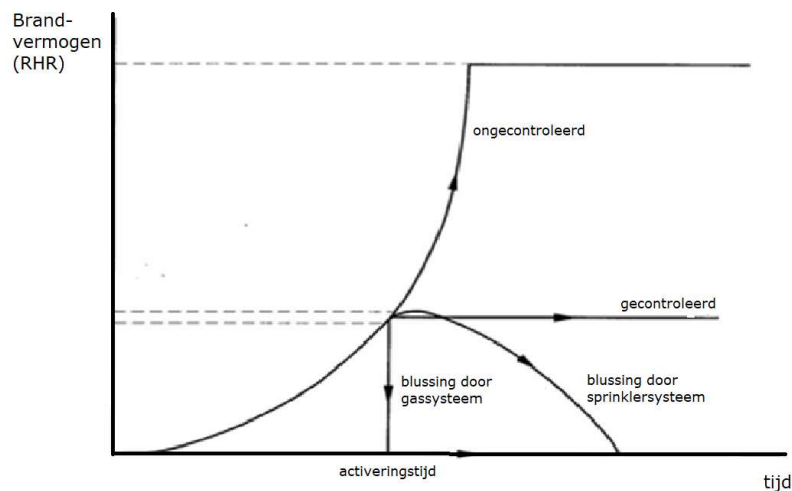
Uit tabel 2 blijkt dat sprinklerkoppen en thermische melders altijd later worden geactiveerd dan optische melders. Echter, optische melders zijn niet wenselijk vanwege een te grote kans op onechte en ongewenste meldingen. Natuurlijk zijn dan meer geavanceerde detectievormen mogelijk, maar wanneer het brandcompartiment voorzien is van een sprinklerbeveiliging zou de sprinklermelding toegepast kunnen worden als automatische branddetectie.

De vraag is of de langere detectietijd van sprinklers in vergelijking met optische melders of een snelle thermische lijn detectie tot consequenties leidt voor het veiligheidsniveau. Dit zal afhangen van projectspecifieke bouwkundige kenmerken en brandstofkenmerken, maar daarnaast ook van het aantal aanwezigen dat moet evacueren in geval van brand. Immers, het doel van branddetectie is om zo snel mogelijk de gebouwgebruikers te kunnen alarmeren via de OAI.



Figuur 6. Staande sprinklerkop met glasbulb als thermisch element, de feitelijke detector.

Een sprinklerkop heeft daarbij een extra voordeel ten opzichte van een thermische melder. Een sprinklerkop controleert na activering het brandvermogen en daarmee uiteindelijk ook de rookproductie, waardoor de ASET kan toenemen. Daardoor duurt het langer voordat de acceptabele ruimtecondities (optische dichtheid) worden overschreden [3] [4].

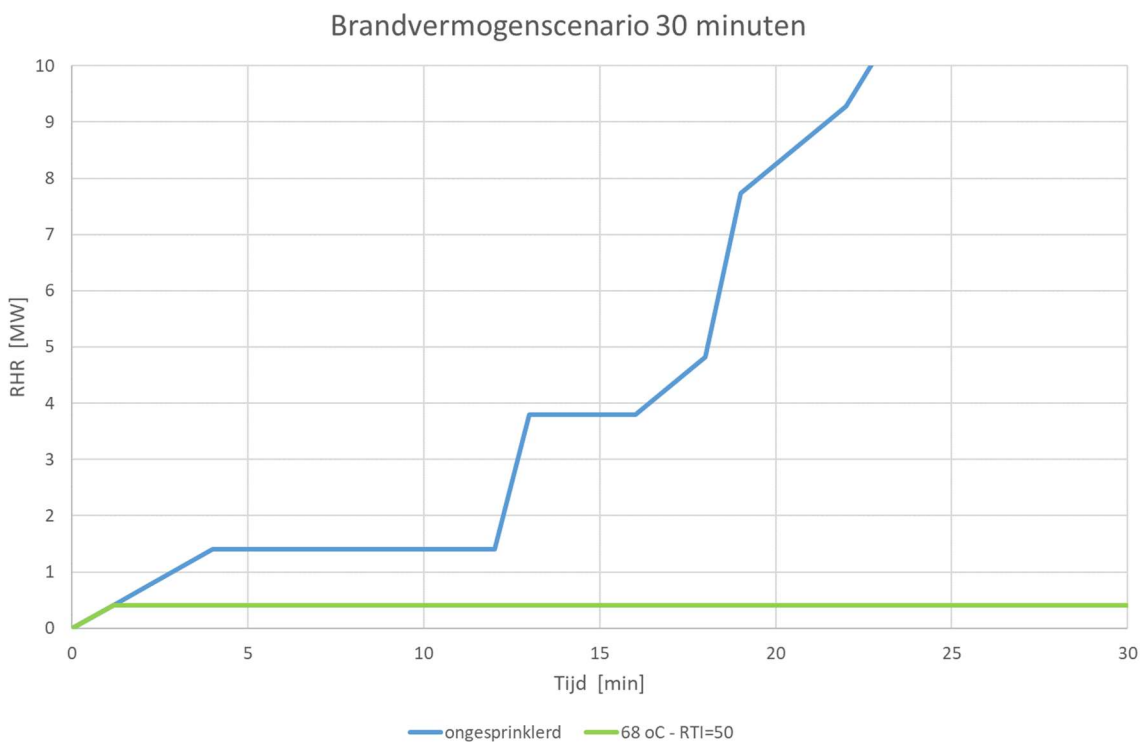


Figuur 7. Brandverloop in de tijd bij een ongecontroleerde brand, een door sprinklerbeveiliging gecontroleerde brand en een door sprinklerbeveiliging gebluste brand. Het doel van sprinklerbeveiliging is een brand te blussen of te controleren zodat blussing met andere middelen kan worden verricht (NEN-EN 12845).

Hoofdstuk 4 Sprinklerbeveiliging in een parkeergarage

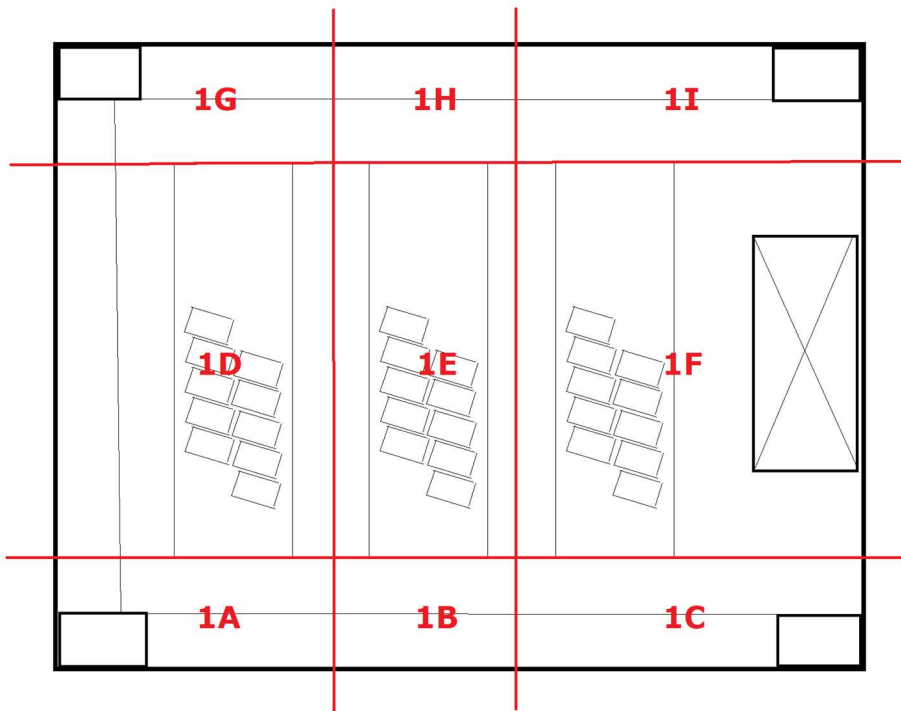
4.1 Brandsimulaties

Met de uitgangspunten van hoofdstuk 2 zijn in het zonemodel cfast de ruimtecondities gesimuleerd in de garage bij zowel het niet-gesprinklerde als het gesprinklerde brandscenario. Voor het gesprinklerde scenario is uitgegaan van een activeringstemperatuur van 68 °C met een RTI van 50. Vanaf het moment van sprinkleractivering wordt een constant brandvermogen aangehouden. De simulaties zijn uitgevoerd gedurende 30 minuten brandontwikkeling, gerekend vanaf het ontstaan van brand. De brandvermogensscenario's zijn weergegeven in figuur 8.

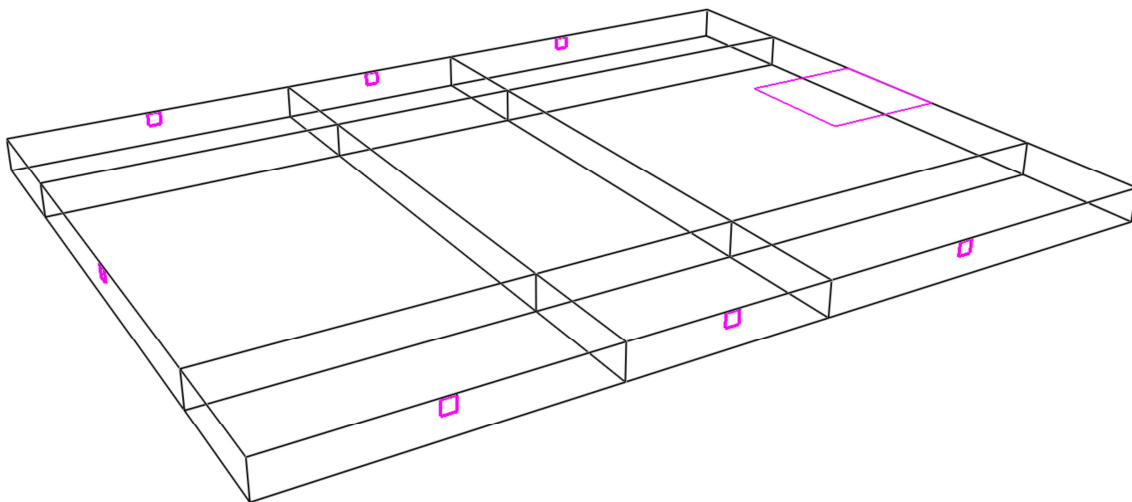


Figuur 8. Brandvermogensscenario's van een niet-gesprinklerde autobrand en een gesprinklerde autobrand in een parkeergarage.

De brandscenario's met de bijbehorende randcondities volgens paragraaf 2.2 zijn gesimuleerd in het multizone mode CFAST versie 7.6.0 (NIST, 2021). Het is noodzakelijk om de parkeerlaag in meerdere zones te verdelen, omdat de hoogte in vergelijking met de breedte en de diepte te gering is om van een homogene situatie in de hele parkeerlaag te kunnen uitgaan. In totaal zijn 9 zones gemodelleerd, zone 1A t/m zone 1I, conform de plattegrond in figuur 9. De autobrand start in de middelste zone (1E). In de middelste zone is een gestratificeerde situatie aangenomen (hete rooklaag boven een koude schone laag), in de overige zones is een gemengde situatie verondersteld.

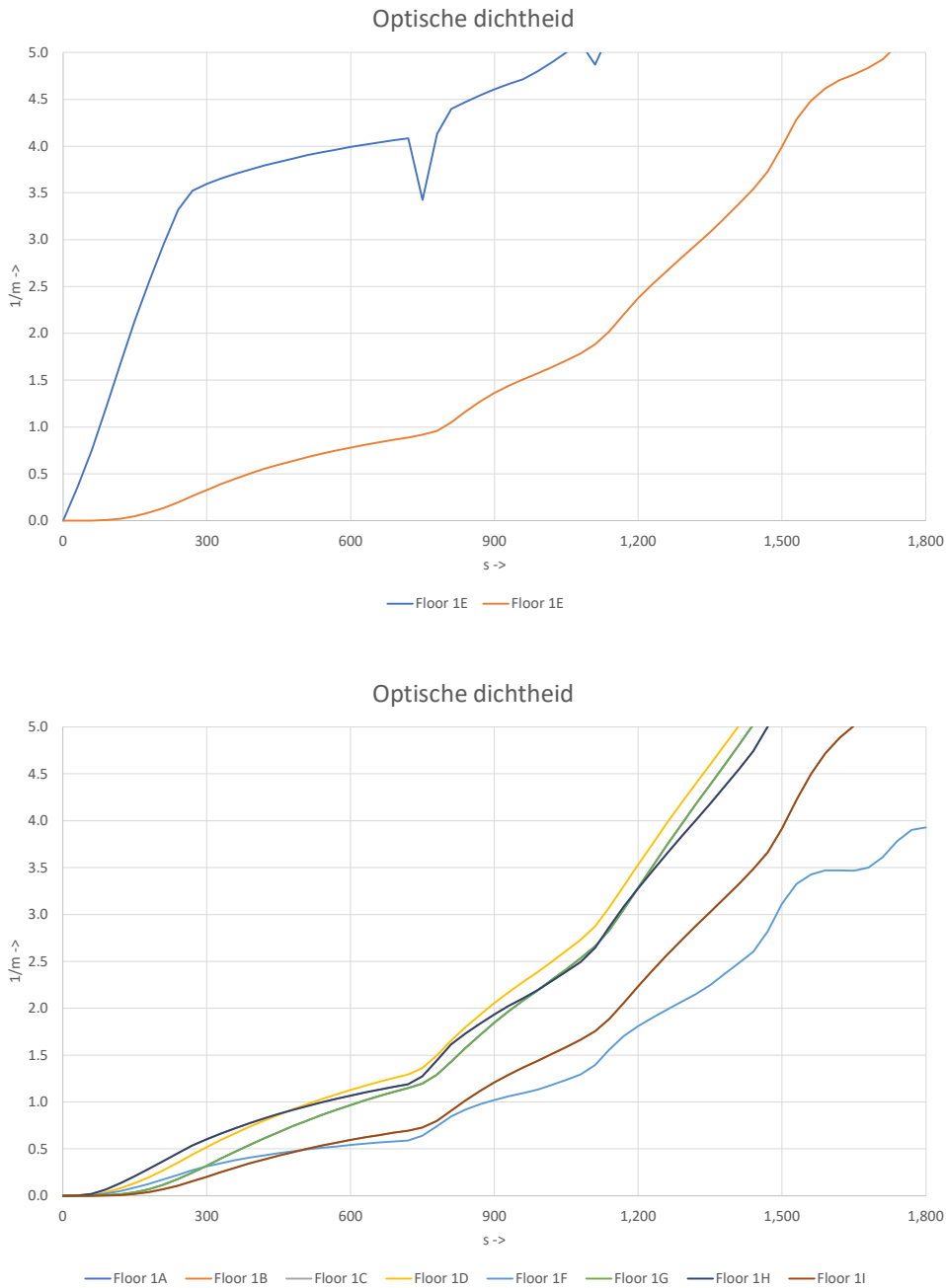


Figuur 9. Indeling van de parkeerlaag in 9 zones, brand in zone 1E.



Figuur 10. Isometrie van de parkeerlaag met zone-indeling, vide voor de hellingbanen en afzuigpunten van de mechanische ventilatie.

Met de gegeven randcondities blijkt dat de optische dichtheid in alle zones het maatgevende criterium is voor de vluchtveiligheid, de gastemperatuur is van ondergeschikt belang. De resultaten voor de optische dichtheid zijn in de brandzone en de overige zones weergegeven in figuur 11.



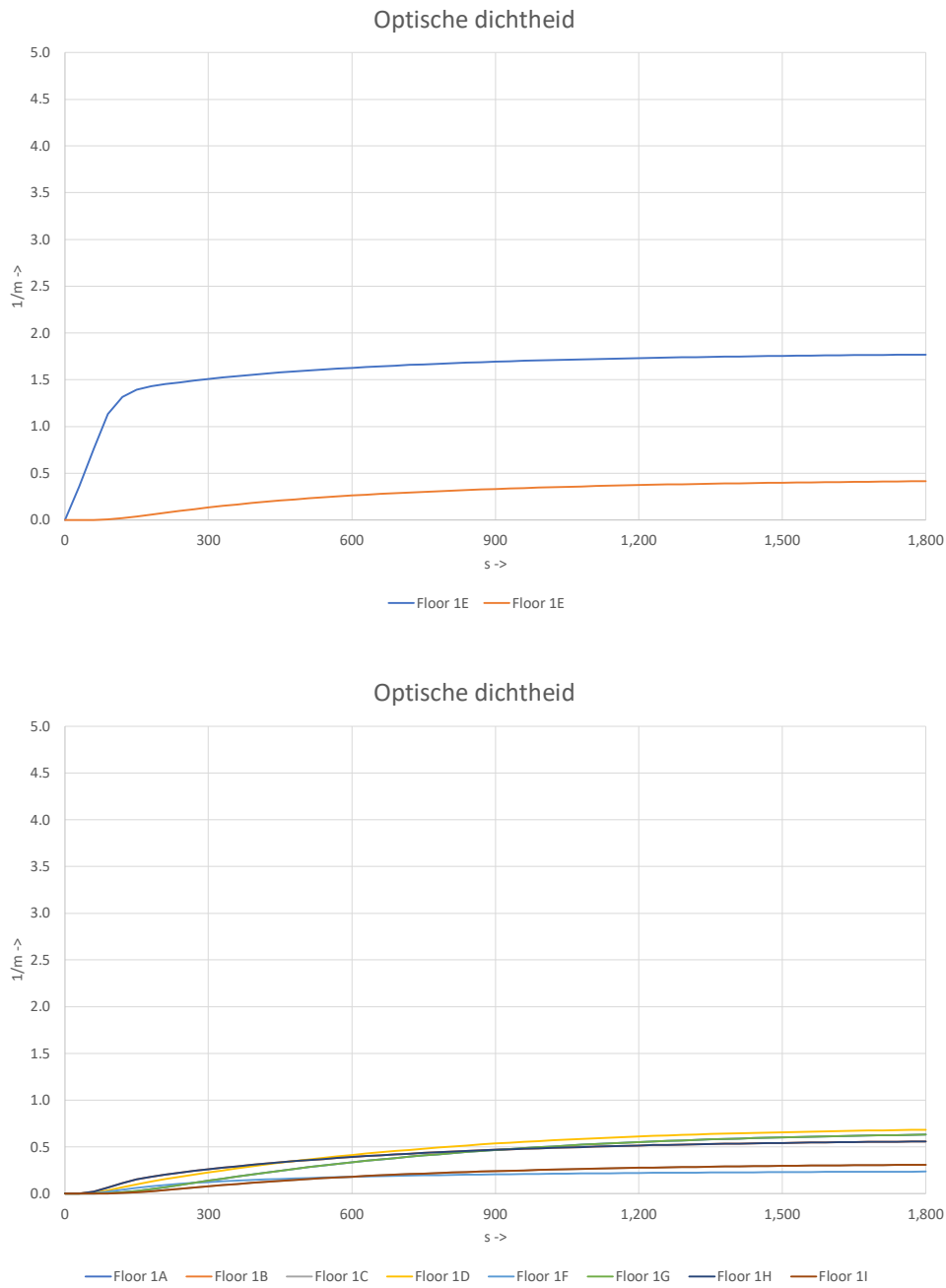
Figuur 11. Optische dichtheid in de rooklaag en de schone laag in de brandzone 1E (boven) en in de overige zones 1A t/m 1I (onder).

Als toetscriterium voor de optische dichtheid is een grenswaarde van $0,13 \text{ m}^{-1}$ geformuleerd in paragraaf 2.3. Dit toetscriterium wordt na 120 s overschreden (zone 1H).

Wanneer de ontruimingsalarmering op basis van een optische detectie na 10 s wordt geactiveerd bedraagt de benodigde vluchttijd RSET, rekening houdend met detectietijd (10 s), pre movement tijd (2 min.) en movement tijd (1 min.), in totaal 190 s (3:10 min.). De optische dichtheid in de maatgevende zone (1H) bedraagt op dat tijdstip $0,32 \text{ m}^{-1}$, overeenkomend met een zichtlengte van 4,1 meter voor lichtreflecterende objecten.

Wanneer de ontruimingsalarmering op basis van snelle thermische lijn-detectie na 20 s wordt geactiveerd bedraagt de benodigde vluchttijd RSET 200 s (3:20 min.). De optische dichtheid in de maatgevende zone (1H) bedraagt op dat tijdstip $0,36 \text{ m}^{-1}$, overeenkomend met een zichtlengte van 3,6 meter voor lichtreflecterende objecten.

In het geval dat de parkeerlaag wordt voorzien van een sprinklerbeveiliging zijn de resultaten van de optische dichtheden in de verschillende zones weergegeven in figuur 12 voor een quick-response sprinklerbeveiliging (68 °C, RTI=50). Hieruit blijkt dat het toetscriterium van paragraaf 2.3 eveneens overschreden wordt na 120 s (zone 1H). Bij een quick-response sprinklerbeveiliging duurt het vervolgens 510 s (8:30 min.) voordat de optische dichtheid van $0,36 \text{ m}^{-1}$ wordt overschreden.



Figuur 12. Optische dichtheid in de rooklaag en de schone laag in de brandzone 1E (boven) en in de overige zones 1A t/m 1I (onder) in geval van een quick-response sprinklerbeveiliging (68 °C, RTI=50).

4.2 Analyse

Op basis van de simulaties moet geconcludeerd worden dat automatische detectie voor de ontruimingsalarminstallatie nooit snel genoeg is om te kunnen voldoen aan de criteria voor veilig vluchten. De zichtlengte van tenminste 10 meter kan niet gedurende de benodigde ontruimingstijd (pre-movement tijd en movement tijd samen 3 minuten) gegarandeerd worden. Dat komt door het autobrandscenario, dat aanmerkelijk ongunstiger is dan de design scenario's volgens de Eurocode.

Het verschil tussen optische detectie en snelle thermische lijn detectie is niet erg groot. Omdat optische detectie in parkeergarages onwenselijk is wordt snelle thermische lijn detectie als referentie genomen voor de aansturing van een OAI. Deze wordt in circa 20 seconden geactiveerd. De referentiewaarde voor de optische dichtheid bedraagt na 3:20 min. $0,36 \text{ m}^{-1}$, overeenkomend met een zichtlengte van 3,6 m.

Deze referentie is als eerste rij in tabel 3 opgenomen. Hiervoor geldt automatisch dat $ASET=RSET$ (zie paragraaf 2.3). Daaronder zijn de resultaten van de twee gesimuleerde sprinklerbeveiligingen weergegeven.

Tabel 3. Beschikbare veilige vluchttijd (ASET) voor een acceptabele zichtlengte > 3,6 m bij een niet gesprinklerd en een gesprinklerd brandscenario, en bijbehorende benodigde veilige vluchttijd (RSET), rekening houdend met detectietijden.

Sprinkler:	Thermische detectie	ASET	RSET
Ja / Nee		[min]	[min]
Nee	57 °C – Lijn-detectie	3:20	3:20
Ja	68 °C - Quick Response	8:30	4:10

Uit de tabel blijkt dat sprinklerbeveiliging kan dienen als automatische detectie voor de OAI wanneer de sprinklerbeveiliging voldoet aan het quick response criterium. Een afzonderlijke automatische detectie is niet noodzakelijk. Ten opzichte van een snelle thermische detectie zonder sprinklerbeveiliging is ASET/RSET een factor 2 beter.

Hoofdstuk 5 Gevoeligheidsanalyse op de grootte van de parkeergarage

De afmetingen van de parkeergarage of parkeerlaag spelen een grote rol in de optische dichtheid. Bij kleinere afmetingen neemt de optische dichtheid sneller toe en waardoor het voordeel van sprinklerbeveiliging zou kunnen worden gereduceerd.

Om de invloed van de afmetingen van de parkeergarage of parkeerlaag te bepalen zijn de simulaties opnieuw uitgevoerd voor een parkeerlaag die half zo breed en half zo diep is (812 m²). Het volume is daarmee gereduceerd tot een kwart van het oorspronkelijke volume. De mechanische ventilatiecapaciteit is evenredig gereduceerd, dus bedraagt ook een kwart van de oorspronkelijke capaciteit zodat de ventilatiecapaciteit nog steeds 3 dm³/s per m² gebruiksoppervlakte bedraagt.

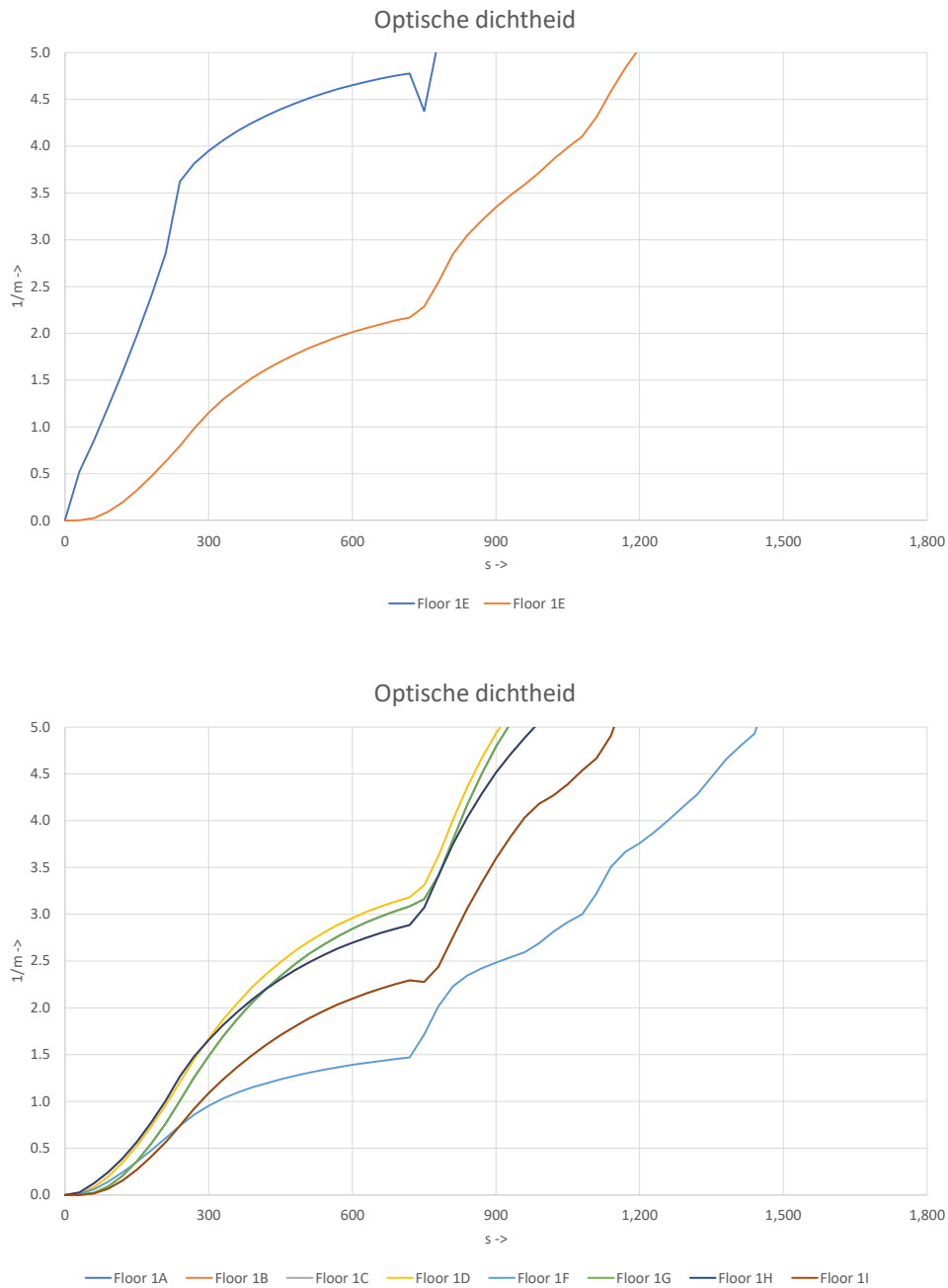
5.1 Simulaties aangepaste situatie

De brandkenmerken en sprinklerkenmerken wijzigen niet wanneer de afmetingen van de parkeergarage worden aangepast. Deze zijn onafhankelijk van het volume van de parkeerlaag. De brandscenario's volgens figuur 8 zijn daarom ook toegepast in de simulaties met de aangepaste afmetingen (812 m² vloeroppervlakte). Deze simulaties zijn met het multizone ingevoerd met een zone indeling die gelijk is aan die van de oorspronkelijke situatie. Dat houdt in dat de zones evenredig zijn verkleind.

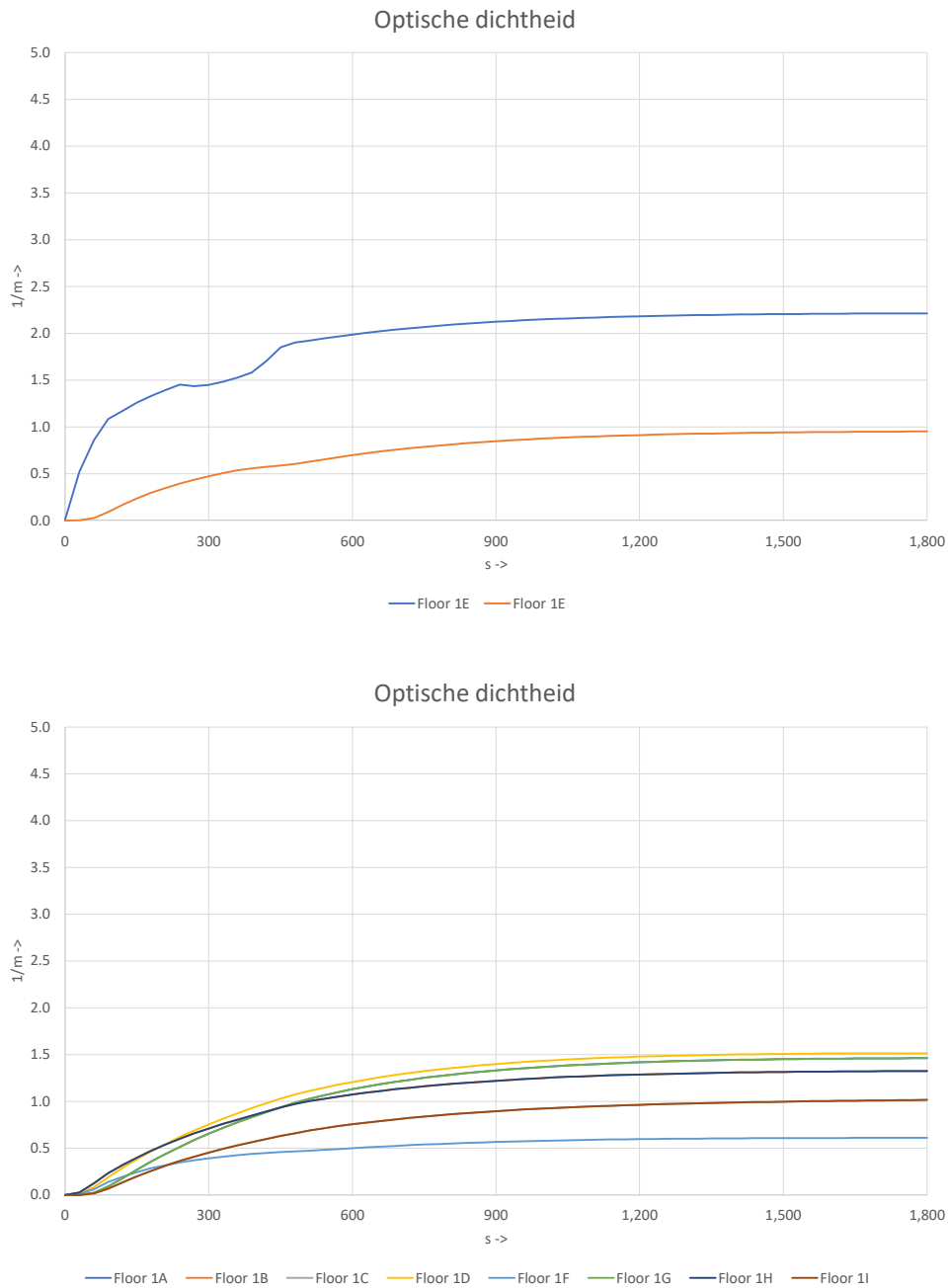
In de niet gesprinklerde situatie worden nu de optische dichtheden volgens figuur 13 verkregen.

Als toetscriterium voor de optische dichtheid is een grenswaarde van 0,13 m⁻¹ geformuleerd in paragraaf 2.3. Dit toetscriterium wordt na 63 s overschreden (zone 1H). Bij een RSET van 190 s (optische detectie) bedraagt de optische dichtheid in de maatgevende zone 0,85 m⁻¹, overeenkomend met een zichtlengte van 1,5 meter voor lichtreflecterende objecten. Bij een RSET van 200 s (thermische lijn-detectie) bedraagt de optische dichtheid in de maatgevende zone 0,93 m⁻¹, overeenkomend met een zichtlengte van 1,4 meter voor lichtreflecterende objecten.

In het geval dat de parkeerlaag wordt voorzien van een sprinklerbeveiliging zijn de resultaten van de optische dichtheden in de verschillende zones weergegeven in figuur 14 voor een quick-response sprinklerbeveiliging (68 °C, RTI=50). Hieruit blijkt dat het toetscriterium van paragraaf 2.3 eveneens overschreden wordt na 63 s (zone 1H). Bij een quick-response sprinklerbeveiliging duurt het vervolgens 445 s (7:25 min.) voordat de optische dichtheid van 0,93 m⁻¹ wordt overschreden.



Figuur 13. Optische dichtheid in de rooklaag en de schone laag in de brandzone 1E (boven) en in de overige zones 1A t/m 1I (onder), in een parkeerlaag van 812 m².



Figuur 14. Optische dichtheid in de rooklaag en de schone laag in de brandzone 1E (boven) en in de overige zones 1A t/m 1I (onder) in geval van een quick-response sprinklerbeveiliging (68 °C, RTI=50), in een parkeerlaag van 812 m².

5.2 Analyse aangepaste situatie

De resultaten zijn voor de aangepaste parkeerlaag met een vloeroppervlakte van 812 m² onderling vergeleken in thermische lijn detectie als referentie genomen, net als in tabel 3 voor de oorspronkelijke garage.

Tabel 4. Beschikbare veilige vluchttijd (ASET) voor een acceptabele zichtlengte > 1,4 m bij een ongesprinklerd en een gesprinklerd brandscenario, en bijbehorende benodigde veilige vluchttijd (RSET), voor een parkeerlaag van 812 m².

Sprinkler:	Thermische detectie	ASET	RSET
Ja / Nee		[min]	[min]
Nee	57 °C – Lijn-detectie	3:20	3:20
Ja	68 °C - Quick Response	7:25	4:10

Uit de tabel blijkt dat sprinklerbeveiliging kan dienen als automatische detectie voor de OAI wanneer de sprinklerbeveiliging voldoet aan het quick response criterium. Een afzonderlijke automatische detectie is niet noodzakelijk. Ten opzichte van een snelle thermische detectie zonder sprinklerbeveiliging is ASET/RSET een factor 1,8 beter.

Hoewel de optische dichtheid in de aangepaste situatie duidelijk sneller toeneemt dan in de oorspronkelijke situatie wijkt het resultaat van tabel 4 slechts enigszins af van tabel 3. Dat komt doordat de referentiesituatie (ongesprinklerd) in tabel 4 een aanmerkelijk hogere optische dichtheid bezit dan in tabel 3. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de grootte van de parkeerlaag geen significante invloed heeft op de conclusie van hoofdstuk 4 dat quick response sprinklerbeveiliging kan dienen als automatische detectie voor de OAI.

Hoofdstuk 6 Nuancering en aandachtspunten

Voor de grootte van een parkeergarage of parkeerlaag is in hoofdstuk 5 een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Voor de stochastische brandkenmerken (randcondities van de brand met onzekerheid) is geen gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Die stochastische brandkenmerken leiden tot onzekerheid in de ASET, in zowel de ongesprinklerde als de gesprinklerde situatie. Omdat van een conservatief brandscenario (CaPaFi) met conservatieve randcondities is uitgegaan kan een betrouwbaarheid van de resultaten in de orde van 80% verondersteld worden.

In de simulaties is aangenomen dat de ventilatie-installatie blijft functioneren tijdens de brandsituatie. Wanneer de ventilatie-installatie blijft functioneren (niet wordt uitgeschakeld na brandmelding) heeft dat enige positieve invloed op de condities in het brandcompartiment. Wanneer de ventilatie-installatie wel wordt uitgeschakeld na brandmelding verslechteren de condities in het brandcompartiment in de niet gesprinklerde situatie sneller dan in de gesprinklerde situatie. De conclusie wijzigt in dat geval dus niet.

De sprinklermelding kan als brandmelding voor de aansturing van de OAI dienen wanneer quick response sprinklerkoppen ($RTI < 50$) worden toegepast. Met normal response sprinklerkoppen is de veiligheidsfactor $ASET/RSET < 1$, dus lager dan de referentie situatie. De gelijkwaardigheid kan alleen worden aangetoond wanneer $RTI < 80$. Special response sprinklerkoppen volstaan dus ook. Extended coverage sprinklers zijn niet beschouwd.

Vaak zijn parkeergarages buiten de thermische schil van een gebouw gesitueerd waardoor vorstgevaar aanwezig is. Daardoor kan het noodzakelijk zijn om anti-vries additieven toe te passen, of (een deel van) de sprinklerinstallatie elektrische te verwarmen (verwarmingslint) of droog uit te voeren.

Een (deels) droge uitvoering van de sprinklerinstallatie beïnvloedt de sprinkler meldtijd niet en dus ook niet de RSET. In geval van een quick response sprinklerbeveiliging blijft de RSET dus 4:10 minuten. De ASET gaat echter afnemen, omdat het langer duurt voordat water op het vuur gespreid wordt. Om te zorgen dat de veiligheidsfactor $ASET/RST \geq 1$ is, kan een tijdvertraging van maximaal 30 seconden worden toegestaan, ongeacht de grootte van de garage. De maximaal toegestane tijdvertraging kan consequenties hebben voor de grootte van sprinklersecties. Daarmee zal in het ontwerp van een droge sprinklerinstallatie rekening gehouden moeten worden. Quick response sprinklerkoppen zijn in een droge sprinklerinstallatie goed mogelijk bij een autobrandscenario, zeker wanneer de tijdvertraging voor de meest ongunstige sprinklerkop in het sprinklernet niet meer dan 30 seconden bedraagt.

Echter, in NEN-EN 12845 wordt een tijdvertraging voor de meest ongunstige sprinklerkop in een droge installatie van maximaal 60 seconden toegestaan en worden quick response sprinklerkoppen daarbij uitgesloten. Dat houdt in dat in het UPD van de sprinklerbeveiliging moet worden vastgelegd en onderbouwd dat voor het specifieke autobrandscenario kan worden afgeweken van de norm (quick response sprinklerkoppen en een maximale tijdvertraging van 30 seconden). Natuurlijk kan ook een andere norm worden gehanteerd in het UPD van de droge sprinklerinstallatie.

Hoofdstuk 7 Conclusie

Wanneer een parkeergarage of parkeerlaag voorzien is van sprinklerbeveiliging, is tevens een separate brandmeldinstallatie (BMI) met volledige bewaking noodzakelijk die de ontruimingsinstallatie (OAI) aanstuurt. Dat komt omdat de door de publiekrechtelijke regelgeving aangestuurde norm NEN 2535 niet voorziet in detectie via een sprinklerbeveiliging.

Bij een volledige bewaking wordt een optische detectie of een snelle thermische lijn-detectie toegepast. De reden hiervan is dat een snelle brandmelding ook een snelle alarmering betekent, zodat kort na het ontstaan van brand met de evacuatie kan worden begonnen. Op grond van artikel 1.3 van het Bouwbesluit kan detectie via de sprinklerbeveiliging worden toegestaan, mits eenzelfde niveau van brandveiligheid wordt bereikt, zie advies 1410-1 van de ATGB uit 2016.

Uit een ASET/RSET analyse blijkt dat dat inderdaad mogelijk is, wanneer de sprinklerbeveiliging wordt uitgevoerd met quick response sprinklerkoppen ($RTI < 50 \text{ (m.s)}^{0.5}$). De grootte van de parkeergarage speelt hierin nauwelijks een rol. In de analyse zijn de volgende voorwaarden gehanteerd:

- Andere brandscenario's in het brandcompartiment zijn niet aan de orde, er worden alleen auto's geparkeerd en de scheidingsconstructies dragen niet bij aan de brand
- De parkeergarage is een besloten brandcompartiment met een netto hoogte per parkeerlaag van circa 2,6 m
- De ventilatie-installatie bestaat uit een mechanische afzuiging langs de omtrek van de garage en een natuurlijke toevoer ter plaatse van in/uitrit of hellingbanen; stuwkrachtventilatie is niet aanwezig
- De ventilatie-installatie heeft een ventilatiecapaciteit van $3 \text{ dm}^3/\text{s}$ per m^2 gebruiksoppervlakte
- De ventilatie-installatie hoeft niet te worden uitgeschakeld na brandmelding; in geval van sprinklerbeveiliging is de kans groot dat de ventilatie-installatie functioneel blijft
- De loopafstanden voldoen aan de publiekrechtelijke voorschriften
- Een sprinklerbeveiliging met extended coverage sprinklers is niet beschouwd
- Wanneer een droge sprinklerinstallatie wordt toegepast mag de extra tijdvertraging (de tijd tussen sprinklermelding en water sproeien uit de sprinklerkop) niet meer bedragen dan 30 s (toelichting hoofdstuk 6)



ir. R.A.P. van Herpen FIFireE

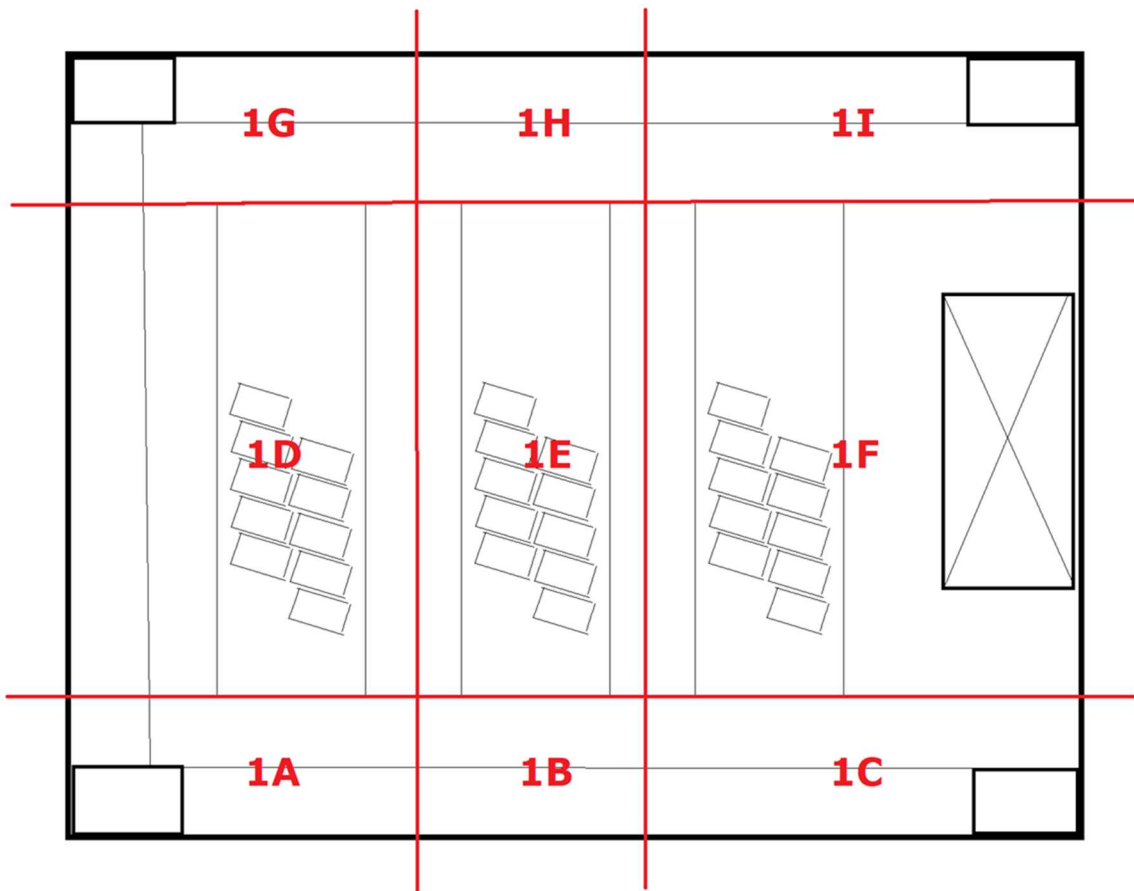
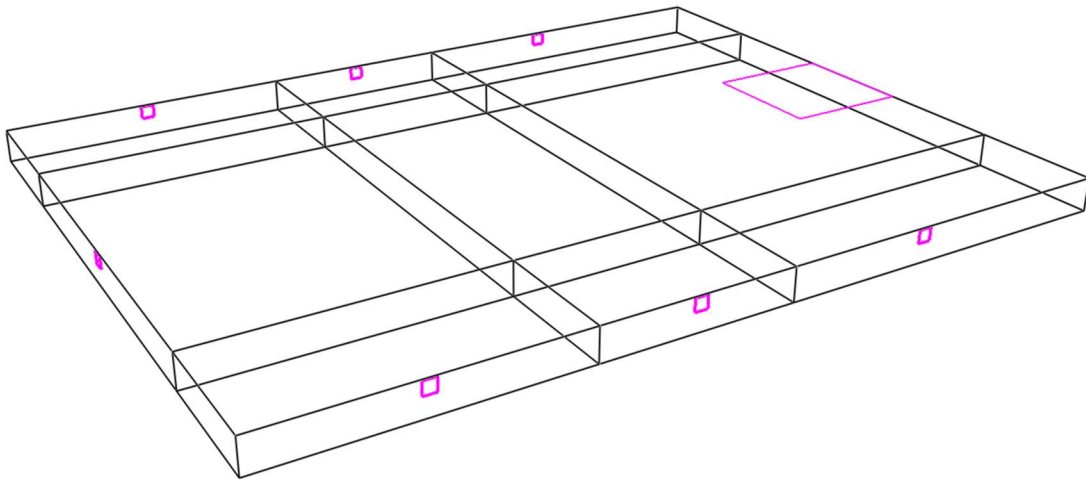
Dit rapport bevat 3 bijlagen.

Volgens de richtlijnen voor Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG) is de inhoud van dit document vertrouwelijk en uitsluitend bestemd voor de geadresseerde(n). Gebruik, openbaarmaking, vermenigvuldiging, verspreiding en/of verstrekking van deze informatie aan derden is niet toegestaan zonder toestemming van de opdrachtgever.

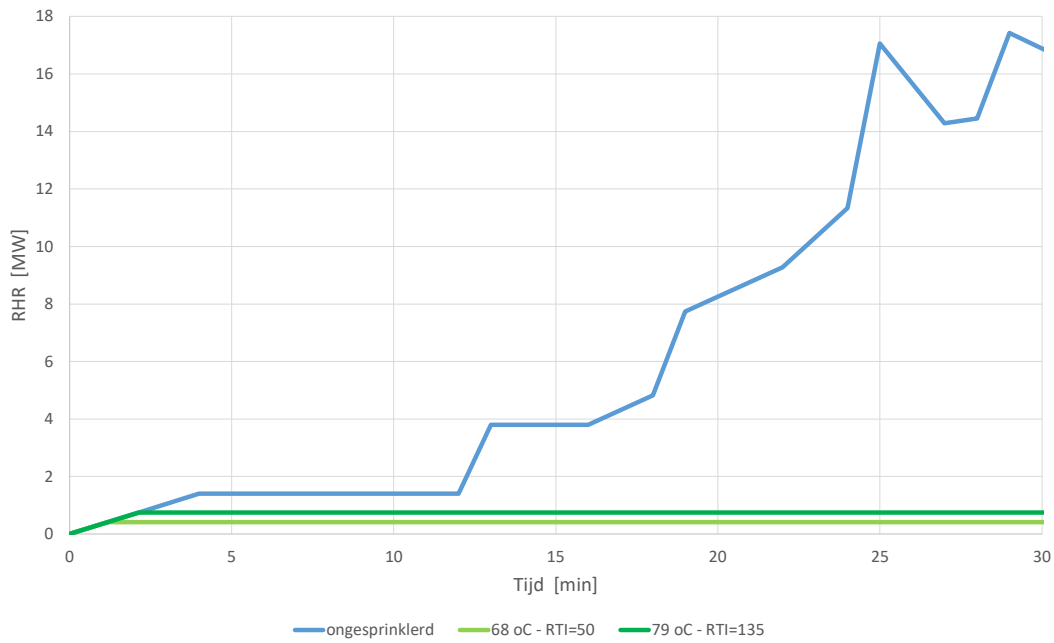
Bronnen

- [1] Evans, D.D., D.W. Stroup – *Methods to calculate the response time of heat and smoke detectors, installed below large unobstructed large ceilings* – NBSIR 85-3, US Department of Commerce, Gaithersburg, US, 1985
- [2] Herpen, R.A.P. van – *Doelgerichte vluchtveiligheid: noodzakelijke marges als gevolg van onzekere randcondities* – Saxion University of applied sciences, Enschede, 2017
- [3] Herpen, R.A.P. van, C. Rojas Garces, M. den Braber-Vossestein – *Benefits of sprinkler protection for personal safety in case of fire* – Nieman R.I., Zwolle, 2018
- [4] Hostikka, S., E. Veikkanen, T. Hakkarainen, T. Kajolinna, T. Kling – *Effect of sprinklers on the patient's survival probability in hospital room fires* – Fire Safety Journal, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2020.103092>
- [5] CEC Agreements 7210-SA/211/318/518/620/933, ECSC Project Closed Car Parks – *Validation of natural fires and measured rate of heat release of burning cars* – DiFiSek, EU, 2002
- [6] Swedish National Board of Housing, Building and Planning – *General recommendations on the analytical design of building's fire protection* – Sweden, 2013
- [7] Adviescommissie Praktijktoepassing Brandveiligheidsvoorschriften – *Sprinklerinstallatie in plaats van brandmeldinstallatie* – Advies 1410-1, Rotterdam, 2016

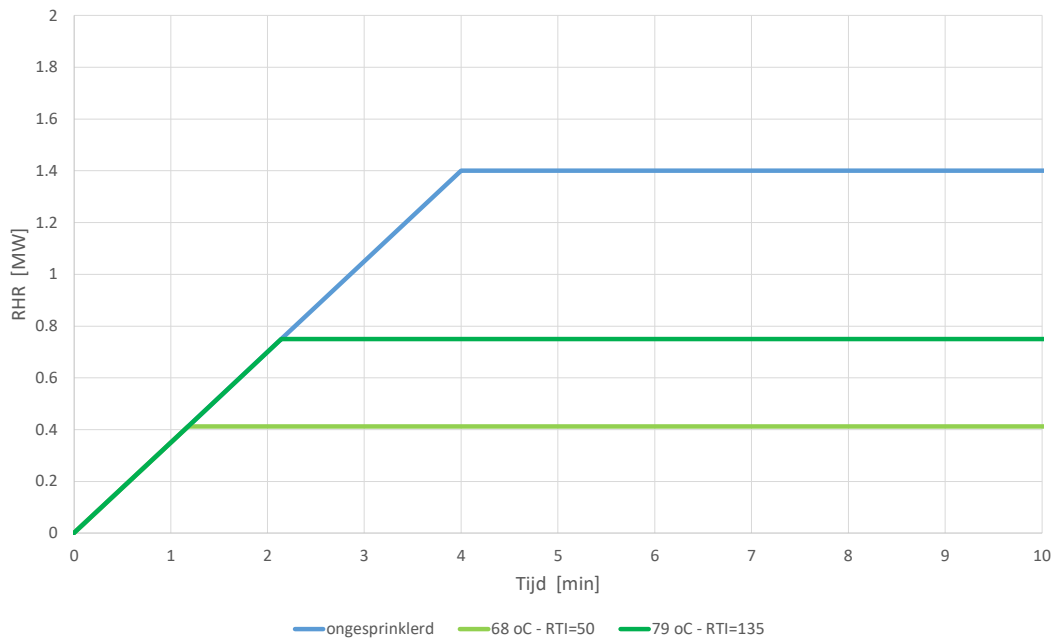
Bijlage 1 – Uitgangspunten, randcondities en modellering in cfast



Brandvermogensscenario 30 minuten



Brandvermogensscenario

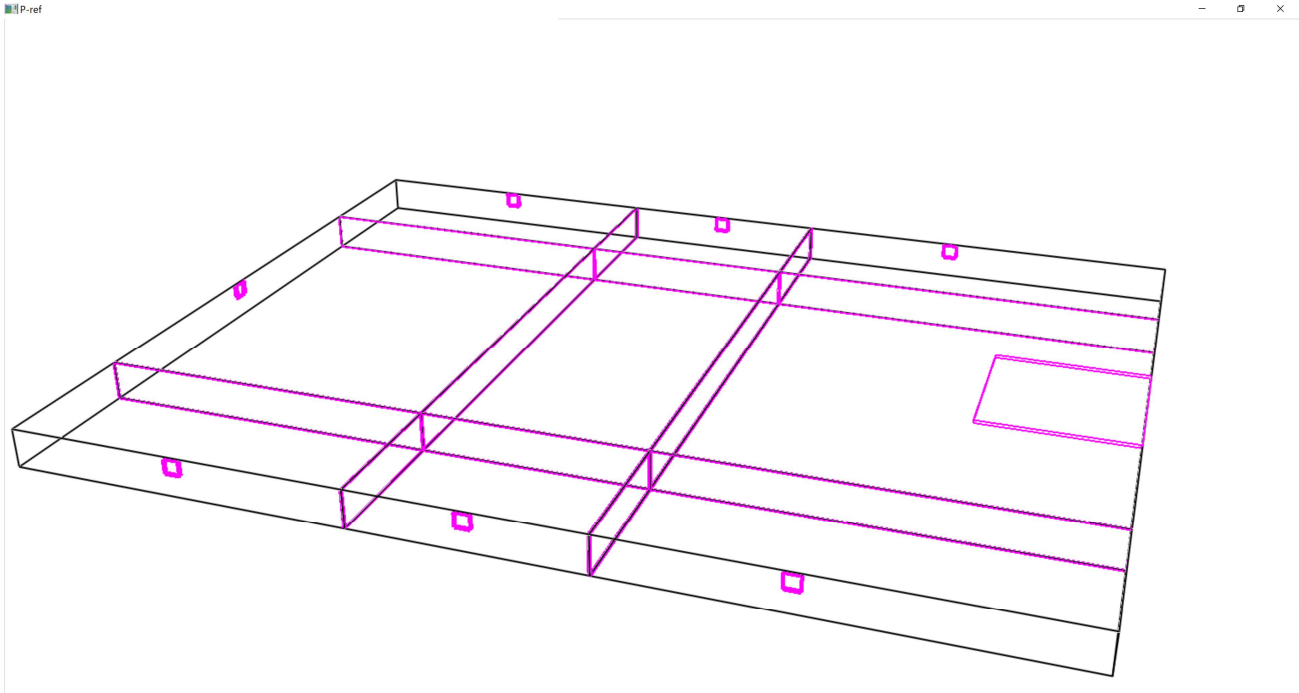


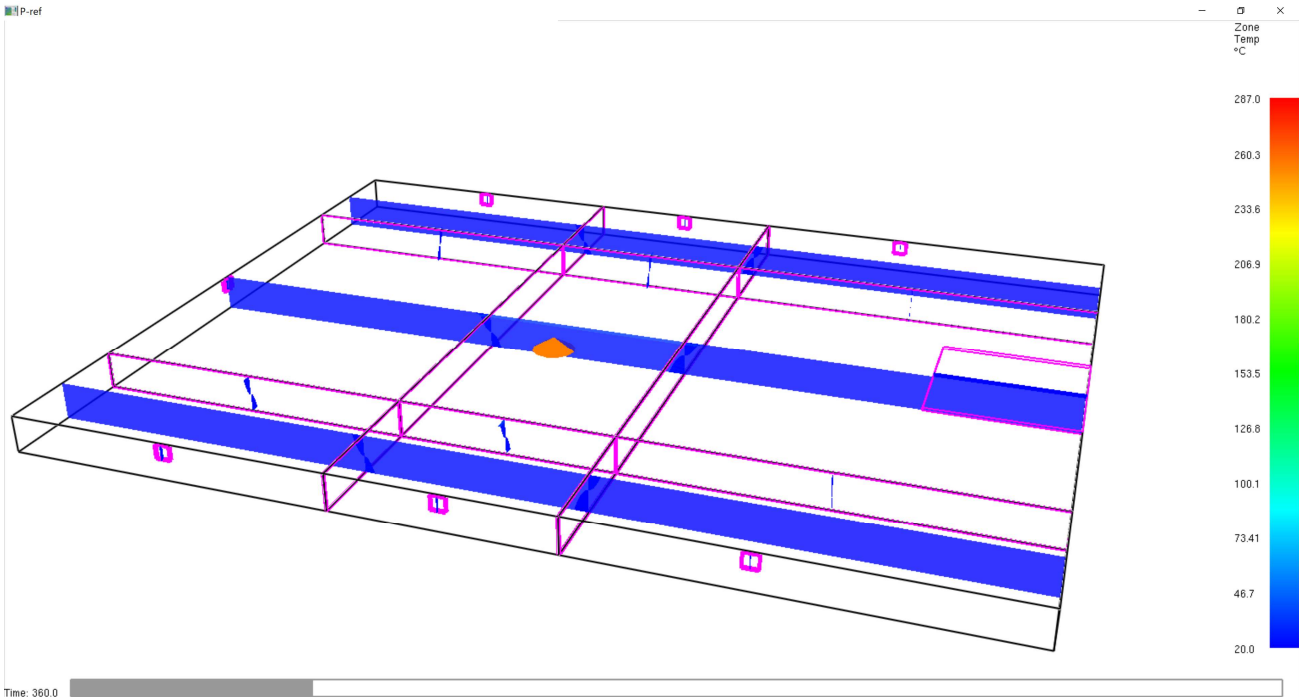
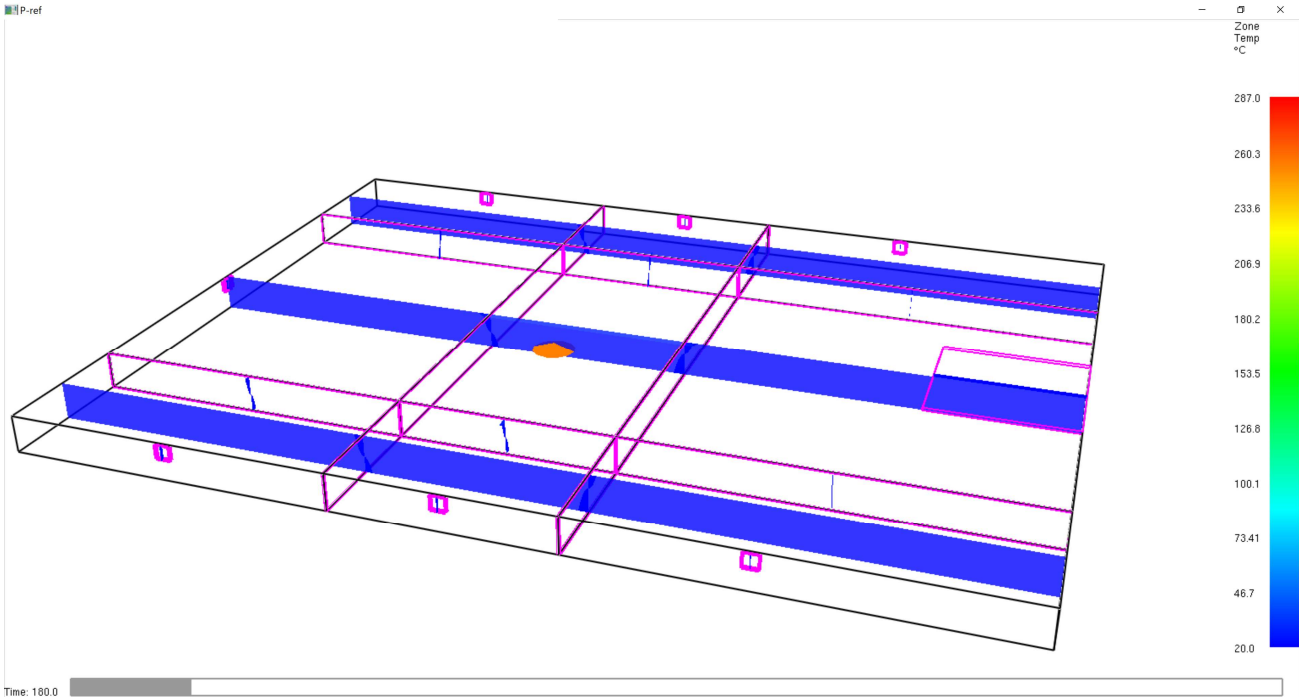
In de voorgaande grafieken zijn naast quick response sprinklerkoppen ter vergelijking ook normal response sprinklerkoppen opgenomen. Normal response srinklerkoppen zijn in de tekst van het rapport buiten beschouwing gelaten, omdat uit de simulaties gebleken is dat daarmee voor persoonlijke veiligheid geen gelijkwaardige oplossing bereikt kon worden aan een snelle detectie zonder sprinklerbeveiliging.

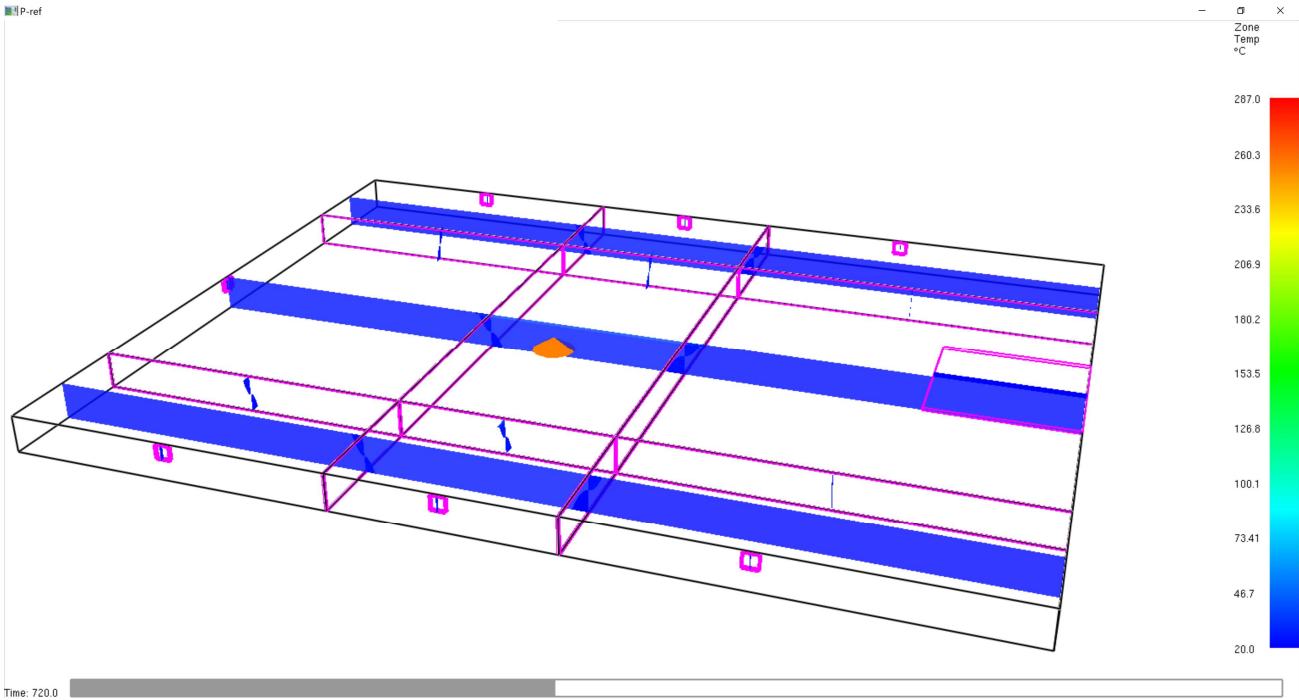
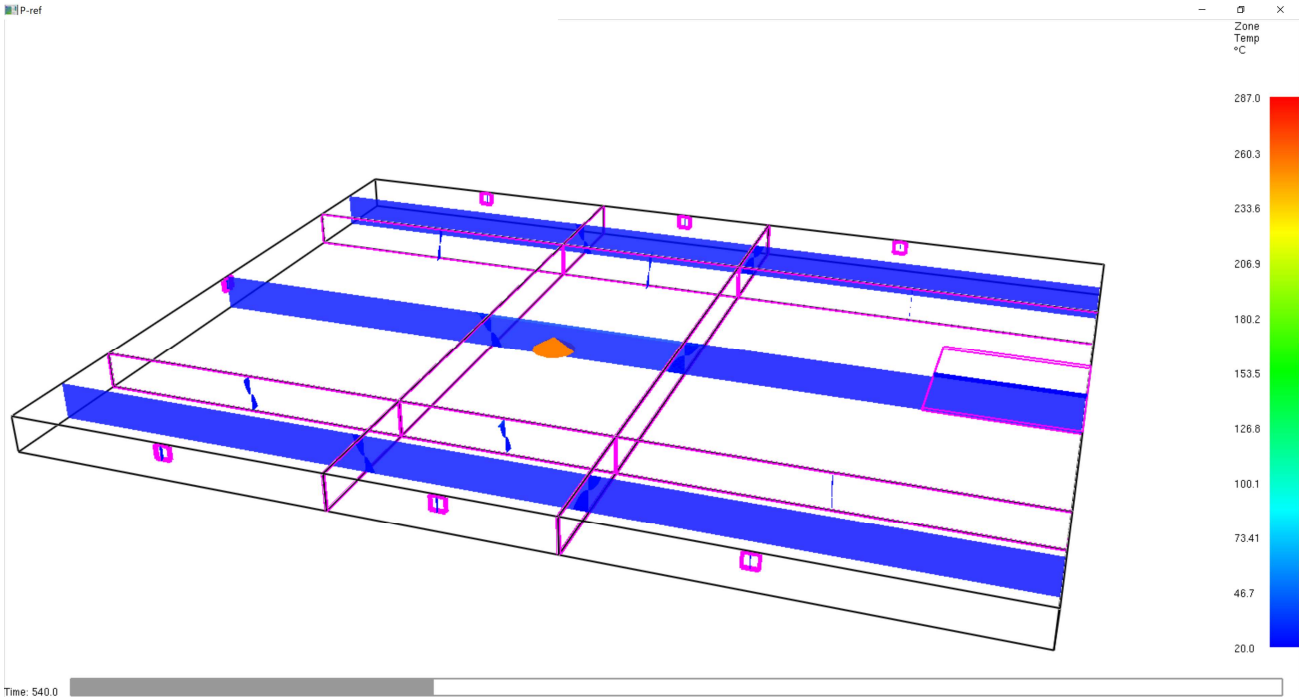
Fre scenario:	Normal response	Quick response
CaPaFi	RTI = 135 (m.s)^{0.5}	RTI = 50 (m.s)^{0.5}

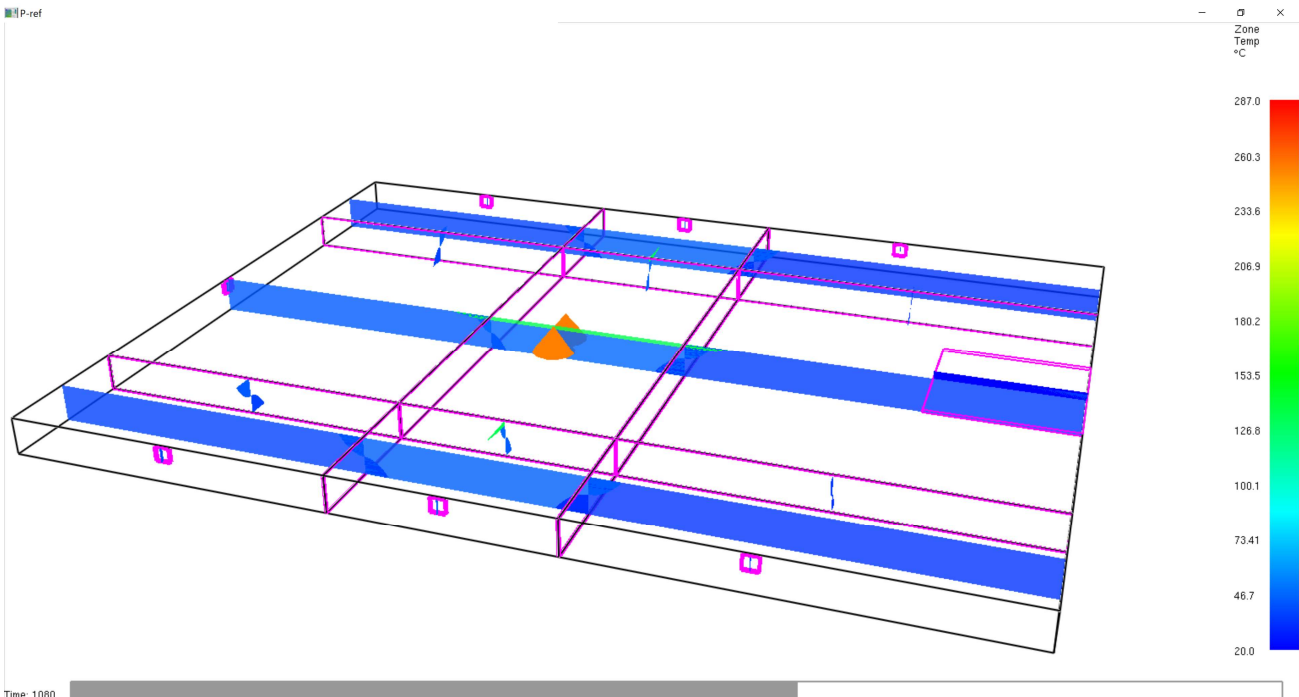
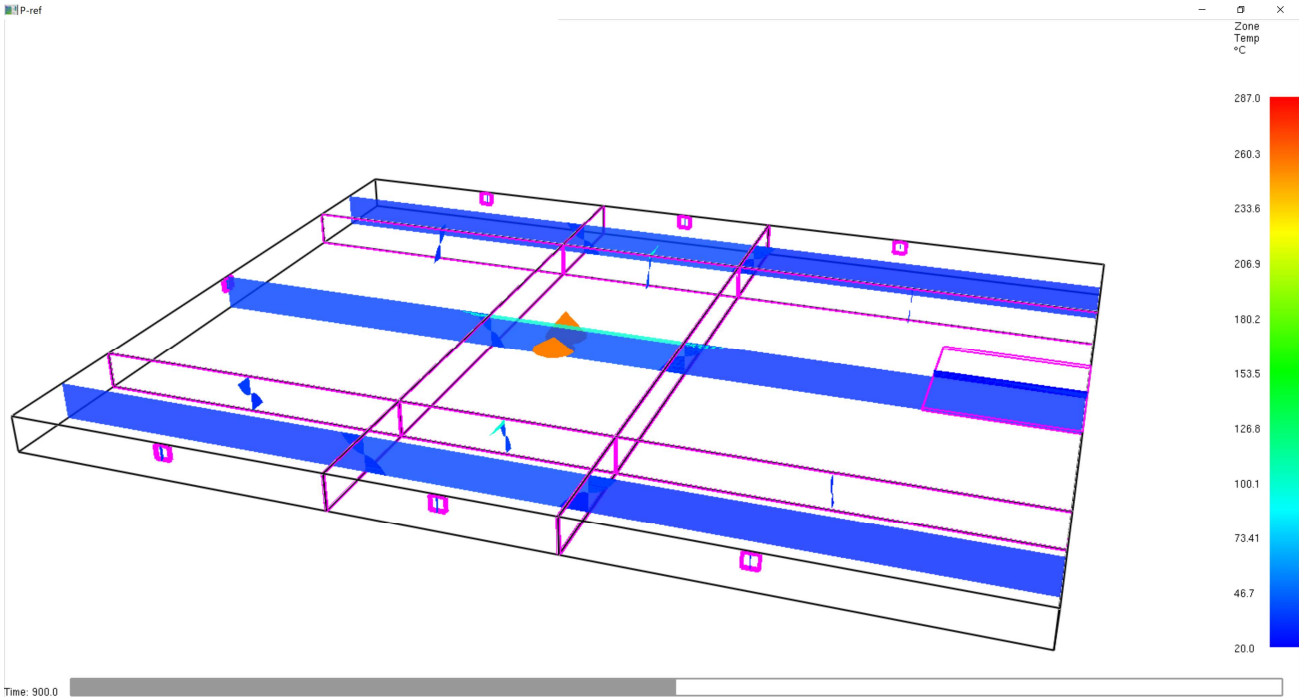
Thermisch 68 °C	112 s	70 s
Thermisch 79 °C	129 s	82 s

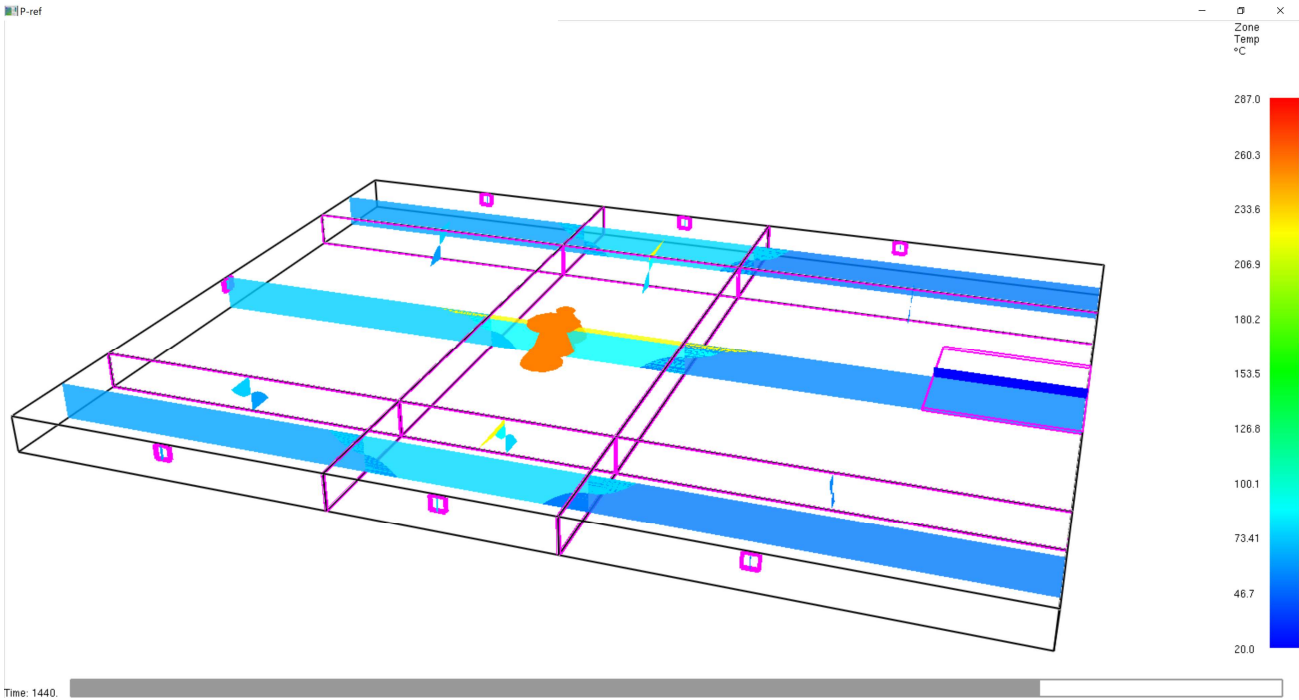
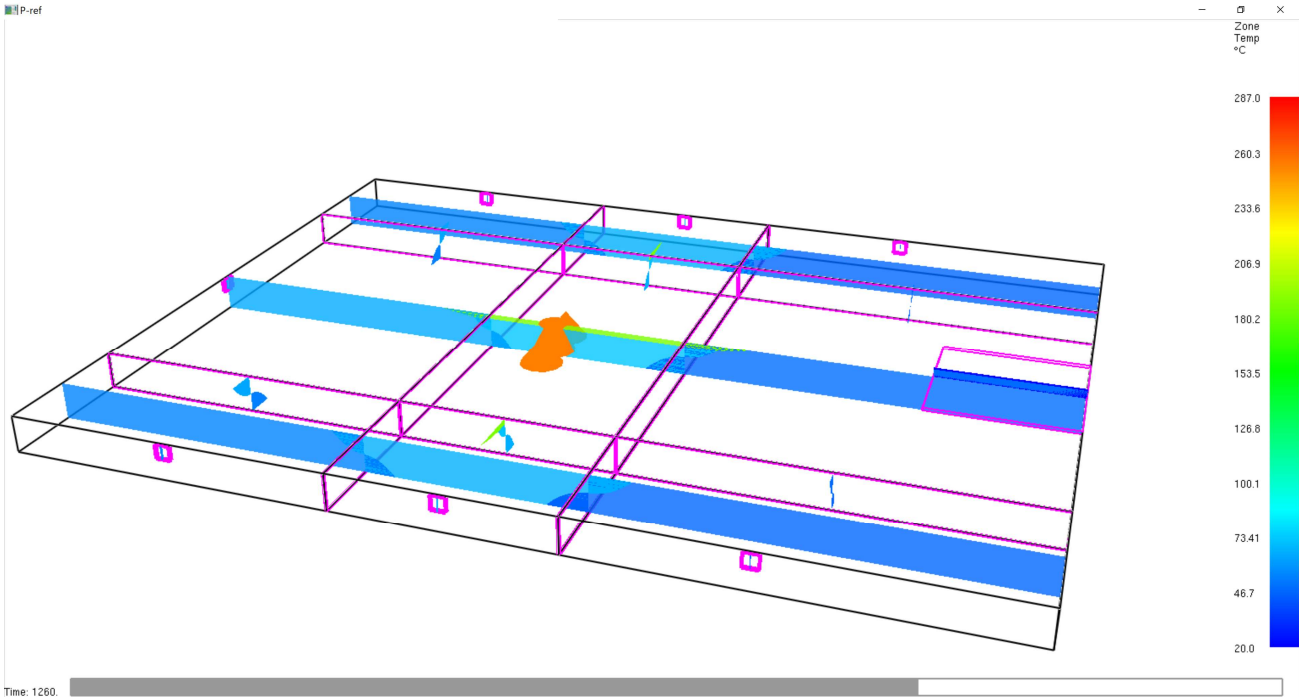
Bijlage 2 – Cfast standaard situatie

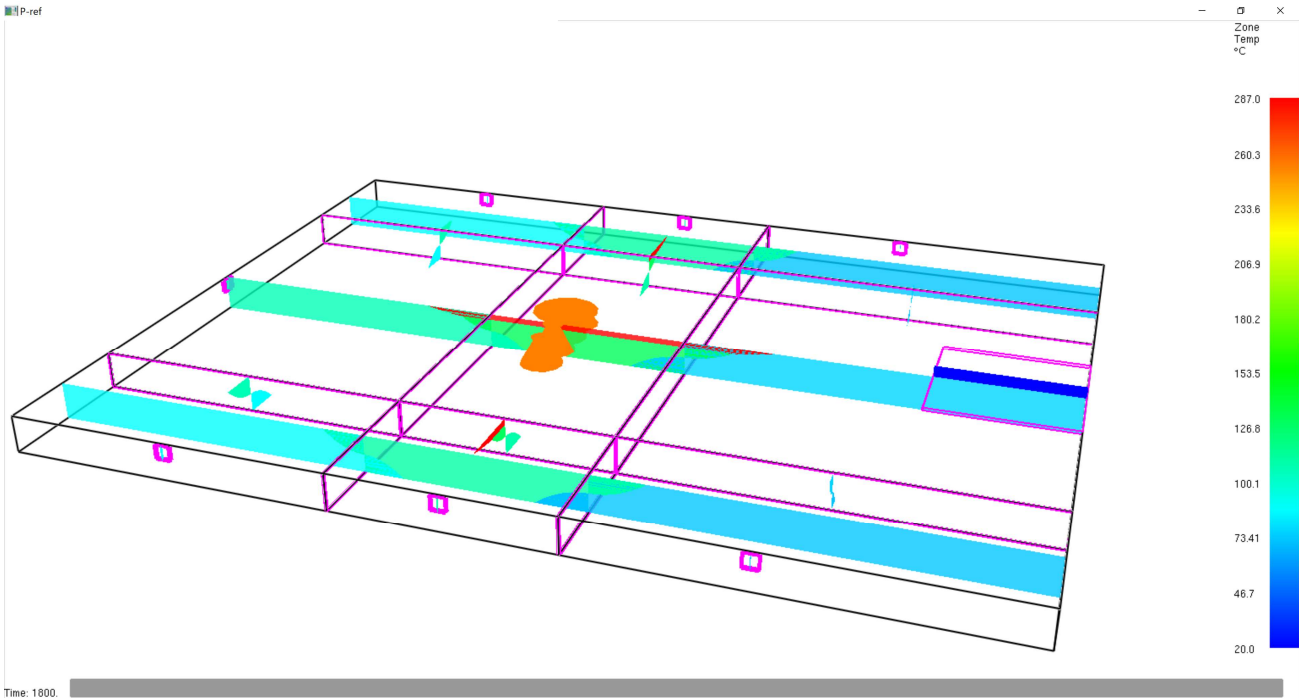
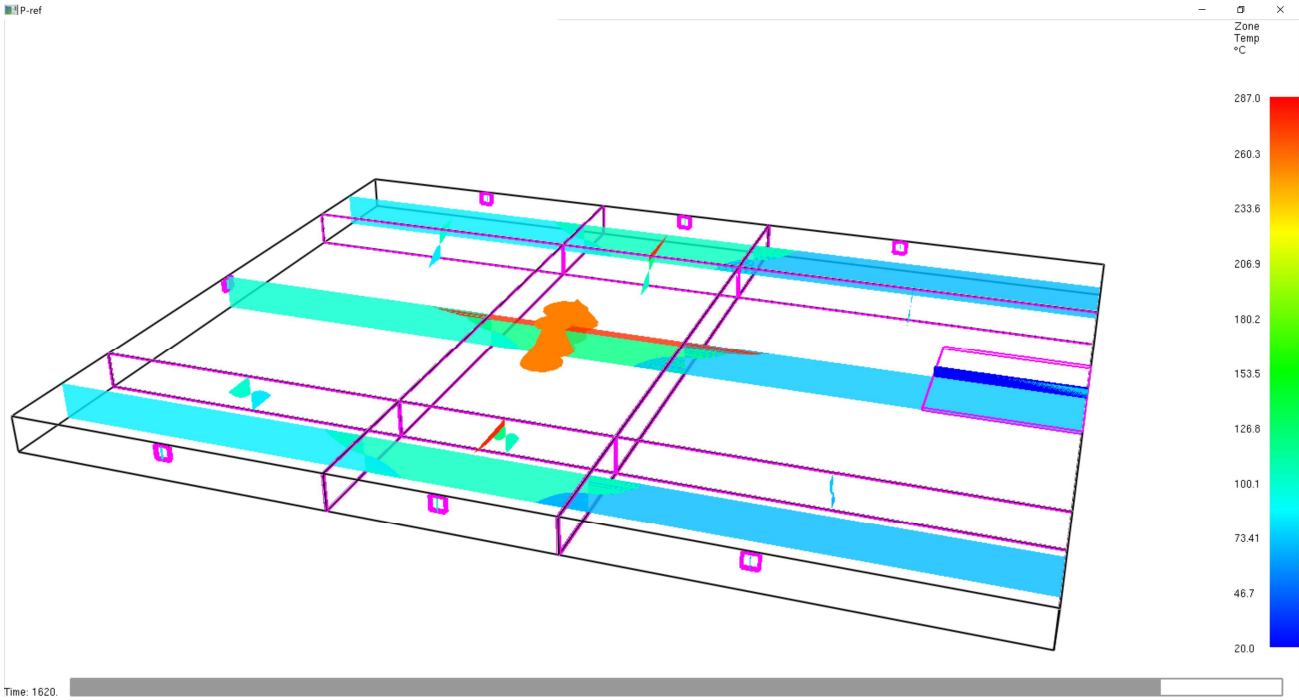












Bijlage 3 – Cfast aangepaste afmetingen

