

Door Ruud van Herpen

Sprinklerbeveiliging als branddetectie

Brandmelding door optische of thermische detectie?

Wanneer een brandcompartiment wordt voorzien van sprinklerbeveiliging is daarnaast ook brandmelding noodzakelijk voor de brandmeldinstallatie (BMI) om zo de ontruimingsinstallatie (OAI) aan te kunnen sturen. Bij volledige bewaking vindt de brandmelding plaats door middel van optische detectie. De reden hiervoor is dat optische melders sneller geactiveerd worden bij brand. Een snellere brandmelding betekent ook een snellere alarmering, zodat kort na het ontstaan van brand met de evacuatie kan worden begonnen.

Een relevante vraag is hoeveel sneller optische detectie is in vergelijking met thermische detectie door sprinklerkoppen.

Als die tijdswinst beperkt is, terwijl daarnaast na activering van de sprinklers de condities voor vluchten worden verbeterd, kan overwogen worden om de optische detectie achterwege te laten en de sprinkler-

melding in de brandmeldinstallatie te gebruiken voor de aansturing van de ontruimingsinstallatie. Deze vraag is relevant voor brandcompartimenten in diverse gebruiksfuncties, maar met name voor brandcompartimenten waarin optische detectie niet wenselijk is vanwege een te grote kans op onechte meldingen. Dat kan het geval zijn in industriële omgevingen, maar

ook in parkeergarages of niet-besloten brandcompartimenten in het algemeen.

Automatische detectie

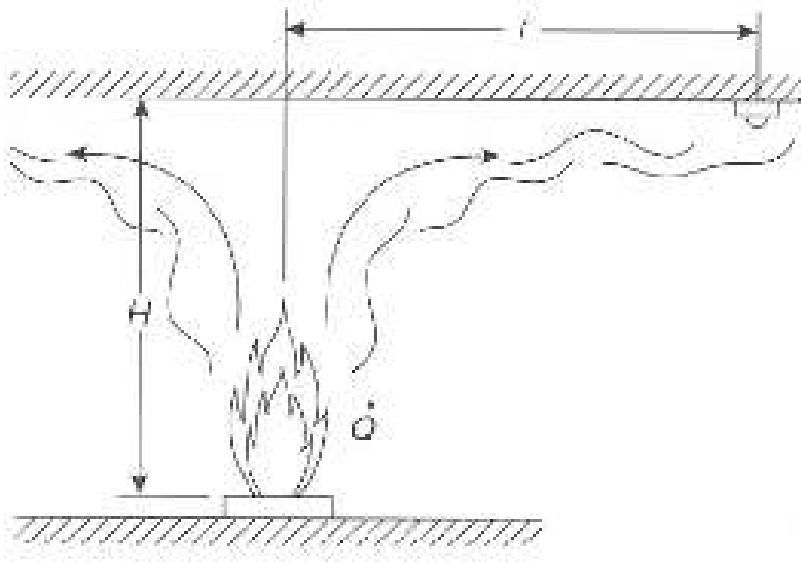
Het doel van automatische detectie is vooral om een beginnende brand snel te kunnen detecteren. Bij een beginnende brand stijgt een dunne pluim met een relatief lage temperatuur en geringe verontreiniging naar boven. Eenmaal bij het plafond wordt de verticale impuls omgebogen in een horizontale impuls, 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, evenals de temperatuur en de verontreinigingsconcentraties.

Temperatuur

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 melders die verder weg gepositioneerd zijn. 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: temperatuur en optische dichtheid gaan hand in hand met elkaar.



Hangende en staande sprinklerkop. De glasbulb is het thermische element, de feitelijke detector.



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

Maar optische melders worden wel sneller geactiveerd dan thermische melders. Daarvoor zijn de volgende redenen aan te wijzen:

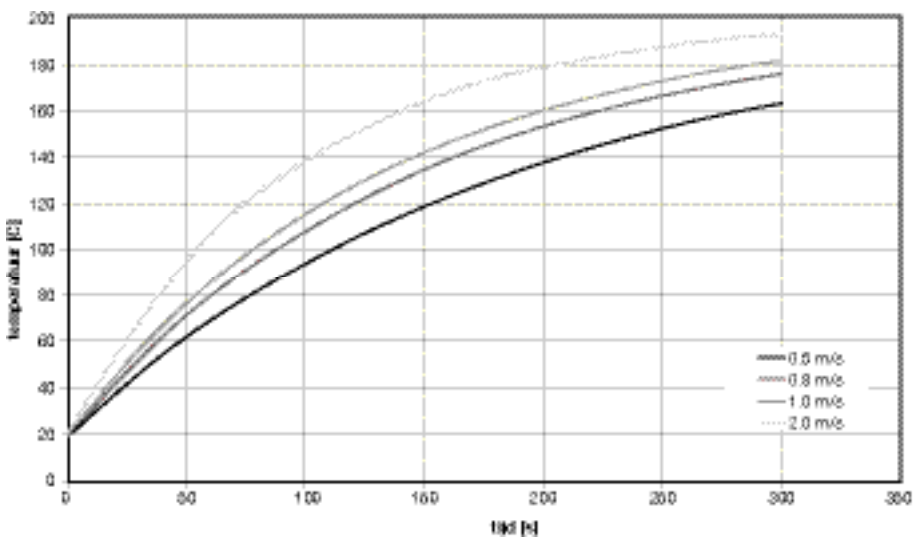
- De optische dichtheid van de rook aan het plafond gaat al snel over de alarmdrempel van een optische melder. Voor de temperatuur van de rook aan het plafond duurt dat langer, zelfs bij een lage activeringstemperatuur van de melder.
- Voor het bereiken van de alarmdrempel voor de optische dichtheid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

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

Activeringstijd

De opwarmingsnelheid van zowel thermische melders als sprinklerkoppen, eigenlijk van alle elementen die massa bezitten, wordt bepaald door de tijdconstante (τ):

$$\tau = (M \cdot C) / (A \cdot h \cdot c) \quad [s] \quad (1)$$



Opwarmtijd in seconden van een melder met een RTI = 135 (m.s)0,5 bij een gastemperatuur van 200 graden Celsius en vier verschillende gasstroomsnelheden (0,5 tot 2,0 m/s).

Hierin is:

M: massa van de melder (kg)

C: warmtecapaciteit van de melder (J/kg.K)

A: opwarmoppervlakte van de melder (m²)

hc: convectieve overdrachtscoëfficiënt (W/m².K)

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

$$h \cdot c \propto \sqrt{v} \quad (2)$$

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

$$\tau \propto \sqrt{MC} / \sqrt{h \cdot c} \quad \text{of} \quad \tau = [RTI] / \sqrt{v} \quad (3)$$

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

$$(dT-d)/dt = \sqrt{v} / ([RTI]) \cdot (T-g-T-d) \quad (4)$$

Hierin is:

Td: temperatuur van de melder (oC)

Tg: gastemperatuur (oC)

RTI: Response Time Index van de melder

\sqrt{v} (m.s)

t: tijd (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 detectorkenmerk dat vaak door de fabrikant of leverancier verstrekt wordt, net als de activeringstemperatuur. Niet altijd wordt de RTI verstrekt, maar wel wordt vermeld of het gaat om standaard respons (conservatieve rekenwaarde RTI = 135 $\sqrt{m.s}$) of quick respons (conservatieve rekenwaarde RTI = 50 $\sqrt{m.s}$). Tabel 1 (zie volgende pagina) geeft een overzicht van RTI-ranges.

Verloop

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 detect-algoritme van Evans en Stroup [1], gebaseerd op experimenten met celluloseachtige branden. In dit algoritme is de

Melder- of sprinklergevoeligheid	RTI range (m.s) ^{0.5}
Quick response	≤ 50
Special response	> 50 ... ≤ 80
Standard response A	> 80 ... ≤ 200
Standard response B	> 200 ... ≤ 350

Tabel 1: Response time indices voor thermische melders en sprinklers.

brandvermogensontwikkeling een belangrijke parameter, naast plafondhoogte en brandhoogte.

Sprinklermelding

Het algoritme van Evans en Stroup is in principe ook bruikbaar voor optische dichtheid. Immers, thermische en optische verontreiniging zijn in dit stadium beide volledig convectief en verspreiden zich daardoor ook op vergelijkbare wijze. Natuurlijk is het zo dat de alarmdrempel

Uit tabel 2 blijkt dat sprinklerkoppen en thermische melders altijd later worden geactiveerd dan optische melders. Maar soms zijn optische melders niet wenselijk vanwege een te grote kans op onechte meldingen, bijvoorbeeld in een binnenmilieu dat onvoldoende door een klimaatinstallatie kan worden beheerst. Denk daarbij aan brandcompartimenten in de industrie of in (open) parkeergarages. Natuurlijk zijn daar meer geavanceerde detectievormen mogelijk, maar wanneer het brandcompartiment

Algoritme van Evans en Stroup is in principe ook bruikbaar voor optische dichtheid

van optische melders in vergelijking met die van thermische melders aanzienlijk lager is. Een conservatieve aanname is dat bij een gastemperatuur van 13 graden Celsius boven de omgevingstemperatuur, de optische dichtheid boven de alarmdrempel van de melder komt en de melder vrijwel zonder vertraging (RTI = 0,5) wordt geactiveerd. In tabel 2 zijn de activeringstijden van enkele typen thermische en optische melders in een groot brandcompartiment van 3 meter hoog weergegeven, uitgaande van een gemiddelde ontwerpbrand (RHR=250 kW/m² met een tijdconstante voor de brandontwikkeling van tc = 300 s). Dit kan worden beschouwd als een gemiddelde brandontwikkelingssnelheid.

voorzien is van een sprinklerbeveiliging zou de sprinklermelding gecombineerd kunnen worden met de branddetectie.

Marge

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

projectspecifiek bepaald door de marge die aanwezig is tussen de beschikbare veilige vluchttijd (ASET) en de benodigde veilige vluchttijd (RSET). Hoe groter de marge is, des te hoger het vluchtveiligheidsniveau is. Wanneer de marge een veiligheidsfactor van circa 2 bedraagt (ASET = 2 x RSET), levert een verdere vergroting van die marge geen veiligheidsrendement meer op [2]. Dit bepaalt dus of de sprinklermelding (meer algemeen: thermische detectie) geschikt is voor automatische brandmelding, of dat optische detectie hier noodzakelijk is.

Groot brandcompartiment met sprinklerbeveiliging

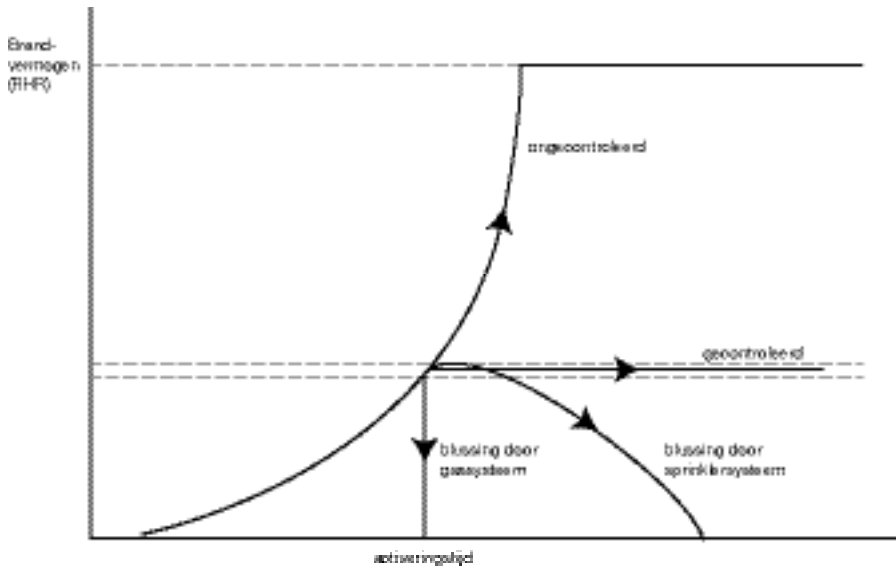
De ASET wordt bepaald door de acceptabele ruimtecondities voor vluchtende gebouwgebruikers. Maatgevend hierin is de zichtlengte, bepaald door de optische dichtheid van de rook. Oriëntatie is noodzakelijk om veilig te kunnen vluchten. Daarom wordt in grote ruimten meestal als toetswaarde voor de zichtlengte 10 meter gehanteerd [6].

De RSET wordt bepaald door de *pre-movement*-tijd en de *movement*-tijd te sommeren. De detectietijd speelt een grote rol in de *pre-movement*-tijd.

Omdat thermische detectie altijd langzamer is dan optische detectie, kan thermische detectie alleen bij veiligheidsfactoren die groter zijn dan 2 in de ASET-RSET-vergelijking worden toegepast om als gelijkwaardig beschouwd te worden aan optische detectie. Dat zal in de praktijk betekenen dat het moet gaan om brandcompartimenten waarin een beperkt aantal gebouwgebruikers aanwezig is, zoals het geval is bij bijvoorbeeld een gebouw met een lichte industrie-functie. In geval van een compartiment dat is voorzien van sprinklerbeveiliging, kan de sprinklerkop als thermische detector worden gezien. Maar een sprinklerkop is meer dan alleen een thermische melder. Een sprinklerkop reduceert het brandvermogen en daarmee na verloop van tijd ook de rookproductie, waardoor de ASET kan toenemen. Bij een succesvolle sprinklerbeveiliging mag worden uitgegaan van het lokale brandvermogen dat vanaf het moment van activering constant blijft, dus niet verder meer toeneemt. Daardoor duurt het langer voordat de acceptabele ruimtecondities (optische dichtheid) worden overschreden, zelfs wanneer na sprinkleractivering met een hoger rookpotentieel (*soot yield*) van de brandstof reke-

Standard fire: RHR=250 kW/m ² tc=300 s	Standard response RTI = 135 (m.s) ^{0.5}	Quick response RTI = 50 (m.s) ^{0.5}	Optical response RTI _{eq} = 0.5 (m.s) ^{0.5}
Thermisch 68 °C	4:50	3:55	-
Thermisch 79 °C	5:19	4:23	-
Optisch	-	-	1:20

Tabel 2: Activeringstijden van melders bij een ruimtehoogte van 3 m
Bewakingsoppervlakte per melder: 12 m²



Het brandverloop in de tijd bij een ongecontroleerde brand, een door sprinklerbeveiliging gecontroleerde brand en een door een automatische blusinstallatie gebluste brand.

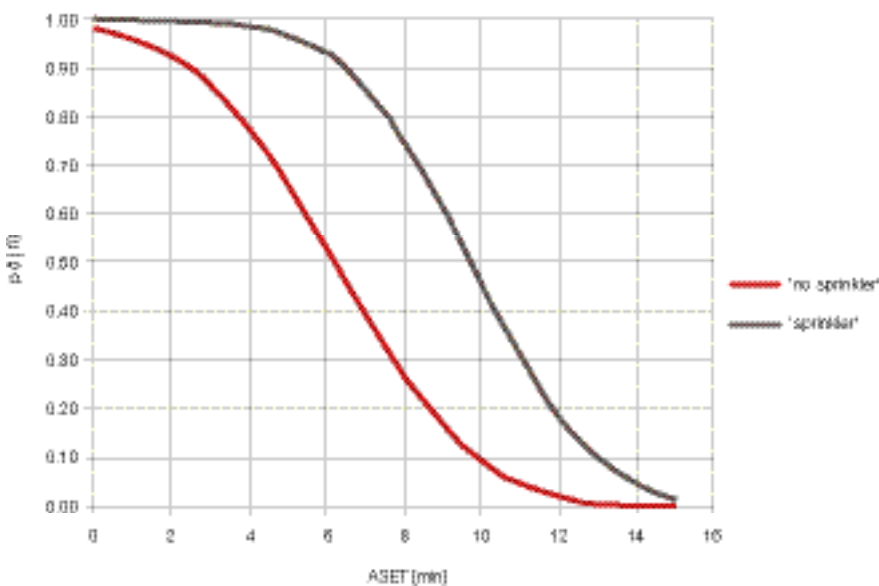
ning wordt gehouden [3] [5].

Stel dat een groot brandcompartiment met een industrie functie een gebruiksoppervlakte heeft van 4000 m² en een inwendige hoogte van circa 4 meter. Het brandcompartiment is voorzien van een sprinklerbeveiliging met *quick response*-sprinklerkoppen bij een activeringstemperatuur van 68 graden Celsius en een bewakingsoppervlakte per sprinklerkop van 12 m². Vanwege de industrie functie wordt uitgegaan van een brandvermogensdichtheid van 500 kW/m²

en een snelle brandontwikkeling met een tijdconstante van $t_c = 150$ s.

Vanwege de beperkte inwendige hoogte van circa 4 meter is in geval van brand een gestratificeerde situatie (een rooklaag tegen het plafond, waaronder gevluht kan worden) niet erg aannemelijk. Er moet dus rekening worden gehouden met volledige opmenging van rook in het ruimtevolumen. Voor de beschikbare vluchttijd ASET is dit het *worst case*-scenario. Met behulp van de *excel tool cumulative probability of ASET* [4]

ASET probability in case for fire



Kansverdeling van de beschikbare vluchttijd (ASET) voor een 4000 m² groot compartiment van 4 meter hoog met daarin een snelle brandontwikkeling, zowel zonder als met sprinklerbeveiliging (*quick response*, 68 graden Celsius) [4].

volgt voor de gemiddelde ASET dan:

- Zonder sprinklerbeveiliging: ASET = 6:10 min.
- Met sprinklerbeveiliging: ASET = 9:50 min.

Rekening houdend met een veiligheidsfactor van 2 is voor RSET acceptabel:

- Zonder sprinklerbeveiliging: $6:10 / 2 = 3:05$ min.
- Met sprinklerbeveiliging: $9:50 / 2 = 4:55$ min.

Wanneer de sprinklerbeveiliging wordt toegepast als automatische detectie bedraagt de detectietijd 2:37 minuut. Voor de RSET (4:55 min) blijft na aftrek van de detectietijd dan nog 2:18 minuut over. Zonder sprinklerbeveiliging zullen in geval van volledige bewaking optische melders toegepast worden. De detectietijd hiervan bedraagt in dit compartiment 0:53 minuut. Voor de RSET (3:05 min) blijft na aftrek van de detectietijd in dit geval nog 2:12 minuut over.

Conclusie

Wanneer een groot brandcompartiment wordt voorzien van een sprinklerbeveiliging zou de sprinklermelding als automatische brandmelding voor de BMI en OAI kunnen worden toegepast.

Automatische branddetectie door separate optische melders kan dan achterwege blijven. Dat is met name interessant voor grote brandcompartimenten in de industrie, maar ook in (open) parkeergarages. Daar kan optische detectie tot onechte meldingen leiden, omdat het binnenmilieu onvoldoende door een klimaatinstallatie kan worden beheerst. De tijd die na detectie overblijft moet daarbij voldoende zijn om veilig te kunnen vluchten. Dat is mogelijk omdat de beschikbare veilige tijd bij sprinklerbeveiliging in een groot compartiment toeneemt ten opzichte van de niet-gesprinklerde situatie. Dit compenseert de toename in de detectietijd van een sprinkler ten opzichte van een optischemelder.

Dit houdt in dat een projectspecifieke aanpak noodzakelijk is, waarbij ook de benodigde veilige tijd voor evacueren (de movement-tijd in RSET) op basis van een realistische simulatie wordt bepaald.

Daarnaast moet de sprinklerbeveiliging als automatische detectie voor de BMI en OAI voldoende betrouwbaar zijn en is een gecertificeerde sprinklerbeveiliging noodzakelijk.



Overigens heeft ook de Adviescommissie Praktijktoeepassing Brandveiligheidsvoorschriften in een specifieke casus van een parkeergarage [7] geconcludeerd dat er vanuit de regelgeving (Bouwbesluit) geen belemmering is om de sprinklerbeveiliging als automatische detectie voor de BMI en OAI in te zetten. Een belangrijke voorwaarde daarbij is dat de sprinklerbeveiliging gecertificeerd is, zodat de betrouwbaarheid ervan gegarandeerd is.

*Ir. Ruud van Herpen MSc. FIFireE
Eindhoven University of Technology
Nieman Raadgevende Ingenieurs BV, Utrecht*

Referenties

[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] Herpen, R.A.P. van, C. Rojas Garces – *Excel tool: Benefits of sprinkler protection in large compartments, cumulative probability of ASET* – Nieman R.I., Zwolle, 2019

[5] 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>

[6] Swedish National Board of Housing, Building and Planning – *General recommendations on the analytical design of building's fire protection* – Sweden, 2013

[7] Adviescommissie Praktijktoeepassing Brandveiligheidsvoorschriften – *Sprinklerinstallatie in plaats van brandmeldinstallatie* – Advies 1410-1, Rotterdam, 2016

NB:

Een verwijzing naar NEN-, EN- en ISO-standaarden is buiten beschouwing gelaten in dit overzicht van referenties.

Als er gerefereerd wordt aan NEN-, EN- en ISO-standaarden, is gebruikgemaakt van de meest recente uitgaven, inclusief toegevoegde aanpassingen.