

# Sprinklerbeveiliging als branddetectie

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

## Introductie

Wanneer een brandcompartiment wordt voorzien van sprinklerbeveiliging is daarnaast brandmelding noodzakelijk voor de brandmeldinstallatie (BMI) om vervolgens de ontruimingsinstallatie (OAI) aan te sturen. Dat komt omdat de door het Bouwbesluit aangestuurde norm NEN 2535 niet voorziet in detectie via een sprinklerbeveiliging.

Bij een volledige bewaking wordt de brandmelding door optische detectie ingericht. De reden hiervan is de snelle activering van optische melders in geval van brand. Een snelle brandmelding betekent ook een snelle alarmering, 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.

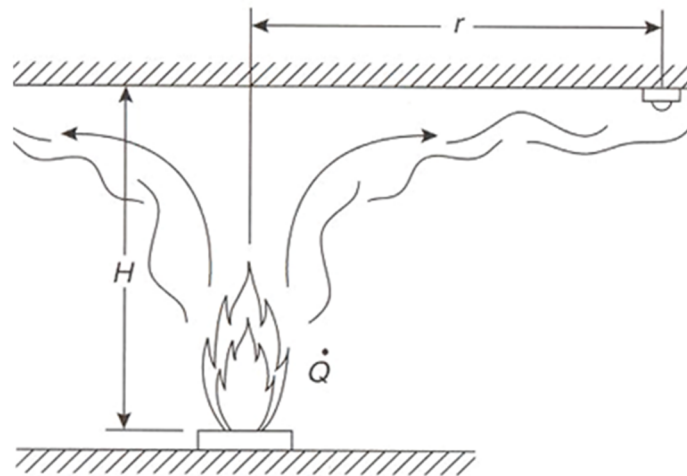
Een relevante vraag daarbij is hoeveel sneller optische detectie is in vergelijking met thermische detectie door de sprinklerkoppen. Als die tijdwinst beperkt is, terwijl daarnaast na activering van de sprinklerbeveiliging de condities voor vluchten worden verbeterd, kan overwogen worden om de optische detectie achterwege te laten en de sprinklermelding in de BMI te gebruiken voor de aansturing van de OAI.

Deze vraag is actueel 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 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 positioneerde 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: temperatuur en optische dichtheid gaan hand in hand met elkaar.



**Figuur 1.** Melder aan het plafond op hoogte  $H$  boven de brandhaard en een horizontale (radiale) afstand  $r$  uit de as van de brandhaard.

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

1. 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.
2. 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 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).

## Activeringstijd

De opwarmsnelheid van zowel thermische melders als sprinklerkoppen, eigenlijk van alle elementen die massa bezitten, wordt bepaald door de tijdconstante ( $\tau$ ):

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

Hierin is:

- M: massa van de melder (kg)
- C: warmtecapaciteit van de melder (J/kg.K)
- A: opwarmoppervlakte van de melder (m<sup>2</sup>)
- h<sub>c</sub>: convectieve overdrachtcoëfficiënt (W/m<sup>2</sup>.K)

De convectieve overdrachtscoëfficiënt hangt af van de gassnelheid langs de detector. De overdrachtcoëfficiënt 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:

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

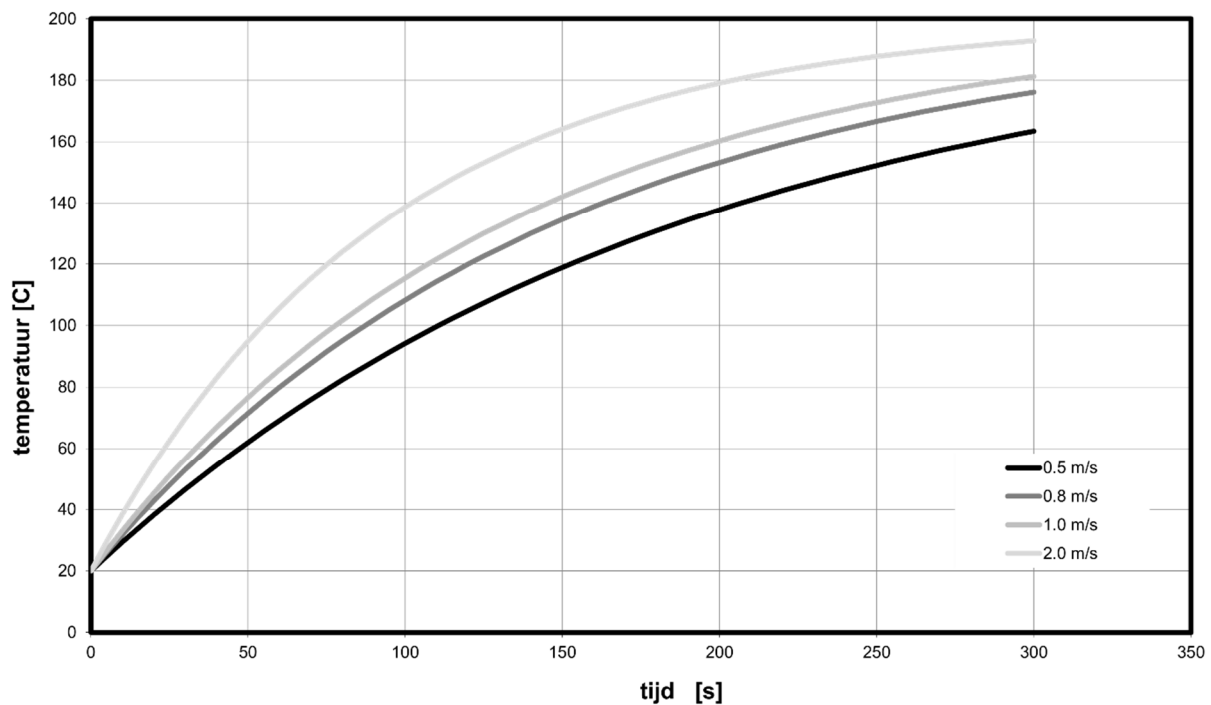
Hierin is:

$T_d$ : 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 2.** 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 standaard respons (conservatieve

rekenwaarde  $RTI = 135 \text{ (m.s)}^{0.5}$  of quick response (conservatieve rekenwaarde  $RTI = 50 \text{ (m.s)}^{0.5}$ ). Tabel 1 geeft een overzicht van RTI-ranges.

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

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

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 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 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 van optische melders in vergelijking van die van thermische melders aanzienlijk lager is. Een conservatieve aanname is dat bij een gastemperatuur van 13 °C 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 ( $RHR=250 \text{ kW/m}^2$  met een tijdconstante voor de brandontwikkeling van  $t_c=300 \text{ s}$ ).

**Tabel 2. Activeringstijden van melders bij een ruimtehoogte van 3 m  
Bewakingsoppervlakte per melder: 12 m<sup>2</sup>**

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

## Sprinklermelding als automatische branddetectie

Uit tabel 2 blijkt dat sprinklerkoppen en thermische melders altijd later worden geactiveerd dan optische melders. Echter, 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 voorzien is van een sprinklerbeveiliging zou de sprinklermelding gecombineerd kunnen worden met de branddetectie.

De vraag is of de langere detectietijd van sprinklers of thermische melders in vergelijking met optische melders consequenties bezitten 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 3.** Hangende en staande sprinklerkop. De glasbulb is het thermische element, de feitelijke detector.

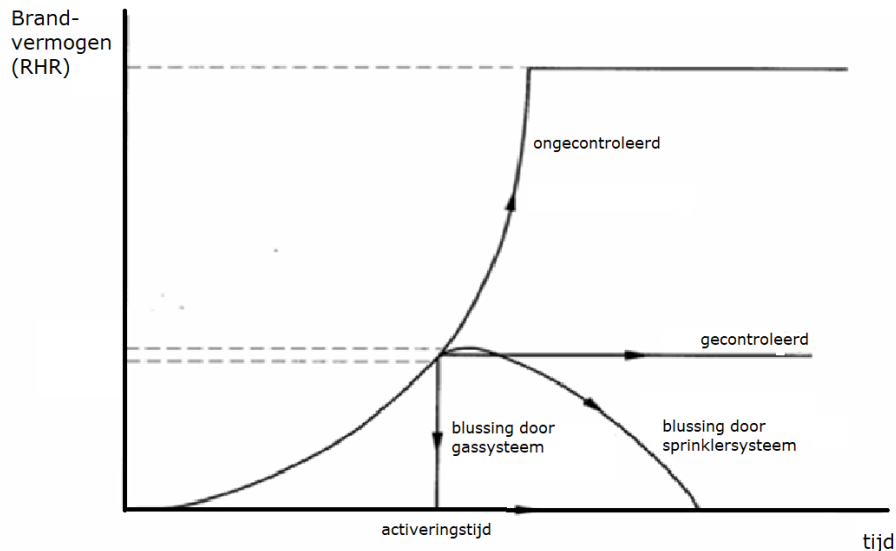
De vluchtveiligheid wordt projectspecifiek bepaald door de marge die aanwezig is tussen de beschikbare veilige vluchttijd (ASET) en de benodigde veilige vluchttijd (RSET). Hoe groter de marge is, des te hoger het vluchtveiligheidsniveau is. Wanneer de marge een veiligheidsfactor van circa 2 bedraagt ( $ASET = 2 \times RSET$ ), 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 hiervoor noodzakelijk is.

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 in bij voorbeeld een lichte industriefunctie.

Echter, 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 rekening wordt gehouden [3] [5].



**Figuur 4.** Het brandverloop in de tijd bij een ongecontroleerde brand, een door sprinklerbeveiliging gecontroleerde brand en een door een automatische blusinstallatie gebluste brand.

## Groot brandcompartiment

Stel dat een groot brandcompartiment met een industriefunctie een gebruiksoppervlakte bezit van 4000 m<sup>2</sup> en een inwendige hoogte van circa 4 meter. Het brandcompartiment is voorzien van een sprinklerbeveiliging met quick response sprinklerkoppen bij een activeringstemperatuur van 68 °C en een bewakingsoppervlakte per sprinklerkop van 12 m<sup>2</sup>. Vanwege de industriefunctie wordt uitgegaan van een brandvermogensdichtheid van 500 kW/m<sup>2</sup> 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 gevlucht 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 de worst case. Met behulp van het excel tool cumulative probability of ASET [4] volgt voor de gemiddelde ASET in deze situatie:

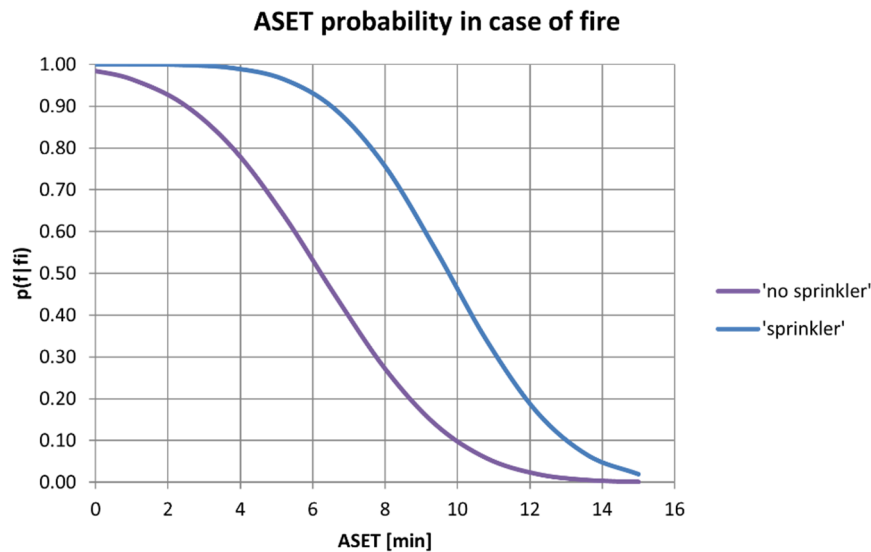
- Zonder sprinklerbeveiliging: ASET = 6:10 min.
- Met sprinklerbeveiliging: ASET = 9:50 min.

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 min. Voor de RSET (4:55 min) blijft na aftrek van de detectietijd dan nog

2:18 min. over. Zonder sprinklerbeveiliging zullen in geval van volledige bewaking optische melders toegepast worden. De detectietijd hiervan bedraagt in dit compartiment 0:53 min. Voor de RSET (3:05 min) blijft na aftrek van de detectietijd in dit geval nog 2:12 min. over.



**Figuur 5.** Kansverdeling van de beschikbare vluchttijd (ASET) voor een 4000 m<sup>2</sup> groot compartiment van 4 meter hoog met daarin een snelle brandontwikkeling, zowel zonder als met sprinklerbeveiliging (quick response, 68 °C) [4].

## 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 zou dan achterwege kunnen 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 groot zijn om veilig te kunnen evacueren. 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 optische melder.

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 PraktijktOepassing Brandveiligheidsvoorschriften in een specifieke casus van een parkeergarage [7] geconcludeerd dat er vanuit de regelgeving (Bouwbesluit) geen belemmering bestaat 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.

## 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 Praktijktoepassing Brandveiligheidsvoorschriften – *Sprinklerinstallatie in plaats van brandmeldinstallatie* – Advies 1410-1, Rotterdam, 2016

### NB:

NEN-, EN- en ISO standards are left outside this overview of the references. If references are made to NEN, EN and ISO standards, means that the most recently issued version was used, included any associated amendment.