

DUURZAAM BRANDVEILIGE GEBOUWEN

WAARDERING SPRINKLERBEVEILIGING VOOR VEILIGHEID VAN GEBOUWGEBRUIKERS IN GEVAL VAN BRAND

Aan : VEBON-NOVB / European Fire Sprinkler Network
T.a.v. : de heer John van Lierop

Referentie : 20162025.def.rhe - DEFINITIEF

Uitgevoerd door : ir. Ruud van Herpen MSc. FIFireE
Claudia Rojas Garces MSc. BSc.
ing. Marleen den Braber-Vossestein

Datum : 20-11-2018



Inhoud

1. Inleiding
 - 1.1 Doel van het onderzoek
 - 1.2 Publiekrechtelijke doelen van brandveiligheid
 - 1.3 Risico subsystemen
 - 1.4 Doelgerichte vluchtveiligheid
 - 1.5 Leeswijzer
2. Uitgangspunten en randcondities
 - 2.1 Projects specifieke benadering
 - 2.2 Gebouwkenmerken
 - 2.3 Brand(stof)kenmerken
 - 2.4 Stochastische randcondities
3. Toetscriteria persoonlijke veiligheid
4. Rekensimulaties
 - 4.1 Modelleren
 - 4.2 Resultaten grote hoge ruimte
 - 4.2.1 Deterministische benadering
 - 4.2.2 Probabilistische benadering
 - 4.3 Resultaten grote lage ruimte
 - 4.3.1 Deterministische benadering
 - 4.3.2 Probabilistische benadering
 - 4.4 Resultaten corridorontsluiting met kleine ruimten
 - 4.4.1 Deterministische benadering
 - 4.4.2 Probabilistische benadering
5. Conclusie

Bijlagen:

- 1) Grote hoge ruimte, referentiesituatie
- 2) Grote lage ruimte, referentiesituatie
- 3) Corridorontsluiting, referentiesituatie

1. Inleiding

1.1. Doel van het onderzoek

In deze rapportage is in opdracht van VEBON-NOVB / EFSN (European Fire Sprinkler Network) voor een aantal kenmerkende casussen de waarde van sprinklerbeveiliging onderzocht voor de vluchtveiligheid van de gebouwgebruikers onder brandcondities. Het onderzoek beperkt zich tot de volgende drie casussen, waarin de ongesprinklerde situatie wordt vergeleken met de gesprinklerde situatie:

1. Grote hoge ruimte (gestratificeerde situatie) met winkel-, bijeenkomst- of industriefunctie
2. Grote lage ruimte (opgemengde situatie) met winkel-, bijeenkomst- of industriefunctie
3. Corridorontsluiting met kleine ruimten (opgemengde situatie) met woon- of logiesfunctie

Voor de drie casussen worden met behulp van een multizone model de vluchtcondities gesimuleerd in zowel een referentiesituatie zonder sprinklerbeveiliging als een situatie met sprinklerbeveiliging. Uit die vergelijking volgt het antwoord op de onderzoeksvraag:

Welke invloed heeft een sprinklerbeveiliging op de condities in de brandruimte en de vluchtroute en daarmee op de persoonlijke veiligheid van de gebouwgebruikers?

1.2. Publiekrechtelijke doelen van brandveiligheid

De publiekrechtelijke bouwregelgeving stelt in Bouwbesluit 2012 eisen aan onder andere de brandveiligheid van zowel nieuw te bouwen als bestaande bouwwerken. Volgens de toelichting bij Bouwbesluit 2012 wordt onder brandveiligheid verstaan:

- Het beperken van slachtoffers (doden en gewonden) in geval van brand.
- Het voorkomen van branduitbreiding naar een ander perceel.

De onderzoeksvraag van paragraaf 1.1 sluit dus direct aan op één van de hoofddoelen van de publiekrechtelijke regelgeving, namelijk het beperken van slachtoffers in geval van brand.

1.3. Risico subsystemen

Het Bouwbesluit 2012 geeft invulling aan de publiekrechtelijke doelen van paragraaf 1.2 door middel van voorschriften waarmee bij brand in een compartiment van het gebouw voldoende veiligheid van gebouwgebruikers en hulpverleners (zoals de brandweer) is geborgd en het overslagrisico naar

buurpercelen gering is. Deze voorschriften zijn prescriptief van aard en zijn gericht op effectbeheersing. Kansbeheersing speelt nauwelijks een rol.

Die voorschriften bestaan uit functionele eisen die vervolgens per gebruiksfunctie in concrete prestatie-eisen met grenswaarden zijn vastgelegd. De functionele eisen kunnen in afgeleide veiligheidsdoelen worden ondergebracht (Van Herpen, 2013):

1. Voorkomen van branduitbreiding naar buurpercelen (in risicotermen: toelaatbaar falen van branduitbreiding naar buurpercelen).
2. Instandhouding bouwwerk of gebouw (in risicotermen: toelaatbaar falen van de draagstructuur).
3. Beperken uitbreidingsgebied van brand en rook (in risicotermen: toelaatbaar falen van de compartimentering).
4. Instandhouding vluchtroutes (in risicotermen: toelaatbaar falen van de vluchtroutes).
5. Instandhouding aanvalsroutes (in risicotermen: toelaatbaar falen van de aanvalsroutes).

Voor constructieve veiligheid (het tweede veiligheidsdoel in de bovenstaande opsommingslijst) geeft de Eurocode (NEN-EN 1990 c.a., 2011) handvatten voor het kwantificeren van de acceptabele faalkans van de draagconstructie. Deze is afhankelijk van de gevolgklasse (CC1, CC2 of CC3). De meeste gebruiksfuncties vallen in gevolgklasse CC2 waarbij een acceptabele faalkans van de draagconstructie hoort van $7,23 \cdot 10^{-5}$ gedurende de levensduur van het gebouw (Van Herpen et al, 2014).

In deze rapportage ligt de focus op het vierde doel in de opsommingslijst, de vluchtveiligheid. Met name in grote compartimenten leidt het toepassen van de voorschriften van Bouwbesluit 2012 tot knelpunten. Om die reden is een doelgerichte beschouwing van de vluchtveiligheid onvermijdelijk.

1.4. Doelgerichte vluchtveiligheid

De voorschriften ten aanzien van loopafstanden en vluchtroutes (aantal, redundantie, capaciteit, afwerking, e.d.) hebben tot doel om onder brandcondities de gebouwgebruikers de mogelijkheid te bieden het gebouw veilig te kunnen verlaten. Daarmee wordt bedoeld dat de gebouwgebruikers zonder gezondheidsschade (of met een zeer laag risico van gezondheidsschade) het gebouw kunnen ontvluchten naar een veilige plaats (de openbare weg).

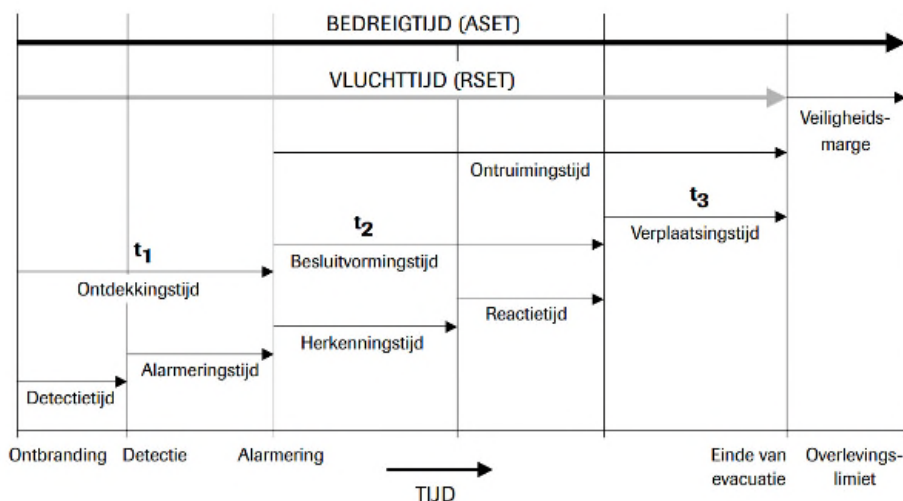
Echter, vaak kan ook op een andere wijze dan met de publiekrechtelijke voorschriften invulling worden gegeven dit doel, door gebruik te maken van projectspecifieke kenmerken. In een groot hoog compartiment zal bij een lokale brand een gestratificeerde situatie ontstaan, waarbij de rook in de hete zone bovenin het compartiment wordt gebufferd, boven een relatief koude en schone zone daaronder. Zolang de vluchtroutes zich in de koude zone bevinden kunnen gebouwgebruikers veilig vluchten. In

een groot laag compartiment treedt een dergelijke stratificatie niet op en wordt uitgegaan van een opgemengde situatie. Hoewel de opgemengde situatie ongunstiger is dan de gestratificeerde situatie, is er ook in de opgemengde situatie meer vluchttijd beschikbaar in een groot compartiment, omdat vanwege het volume van de grote ruimte de rook meer verdund is dan in een kleine ruimte.

De beschikbare vluchttijd ASET (Available Safe Egress Time) wordt dus bepaald door de ruimtecondities. De ASET kan gelijk worden gesteld aan het tijdstip waarop de ruimtecondities zodanig bedreigend worden dat er een reële kans op gezondheidsschade aan de vluchtende gebouwgebruikers aanwezig is.

De benodigde vluchttijd is de tijdsduur die de gebouwgebruikers nodig hebben om het bedreigde compartiment te ontruimen RSET (Required Safe Egress Time). Zolang de benodigde tijd de beschikbare tijd niet overschrijdt kan veilig worden gevlucht: $RSET < ASET$.

In een dergelijke projectspecifieke doelgerichte beschouwing van de vluchtveiligheid bevatten zowel ASET als RSET veel onzekerheid. Naarmate het interval (veiligheidsmarge) tussen ASET en RSET kleiner is neemt de faalkans (de kans dat niet veilig kan worden gevlucht) toe. Wanneer ASET en RSET in het geheel geen onzekerheid zouden bevatten is de betrouwbaarheid zo hoog dat een veiligheidsmarge tussen ASET en RSET overbodig is.



Figuur 1: Veilig vluchten is mogelijk indien $ASET > RSET$. De veiligheidsmarge is het verschil tussen ASET en RSET (Kobes et al, 2010)

Zowel ASET als RSET bezitten onzekerheid. Met een sprinklerbeveiliging kan alleen de ASET worden beïnvloed. In deze rapportage blijft de RSET dan ook verder buiten beschouwing en wordt de invloed van een sprinklerbeveiliging op de ASET beschouwd, door deze in een gesprinklerde situatie te vergelijken met de ongesprinklerde referentiesituatie.

1.5. Leeswijzer

In 1.1 is de onderzoeksvraag geformuleerd:

Welke invloed heeft een sprinklerbeveiliging op de condities in de brandruimte en de vluchtroute en daarmee op de persoonlijke veiligheid van de gebouwgebruikers?

In 1.4 is aangegeven dat de vluchtveiligheid, of meer in het algemeen persoonlijke veiligheid, doelgericht wordt beoordeeld. Daarin wordt rekening gehouden met projectspecifieke kenmerken, waarbij $ASET > RSET + \text{veiligheidsmarge}$. RSET is niet afhankelijk van eventuele sprinklerbeveiliging; sprinklerbeveiliging kan alleen verschil maken in ASET. In de navolgende hoofdstukken wordt het effect van sprinklerbeveiliging daarom ook betrokken op ASET.

De uitgangspunten en randvoorwaarden voor de projectspecifieke beschouwingen zijn in hoofdstuk 2 weergegeven. Hoofdstuk 3 geeft de toetscriteria voor persoonlijke veiligheid, afhankelijk van het doel, dat kan variëren van het voorkomen van gezondheidsschade tot het voorkomen van letaliteit.

De ASET simulaties zijn opgenomen in hoofdstuk 4. Elke casus is hierin deterministisch uitgewerkt, waarna vervolgens met een gevoeligheidsanalyse op de belangrijkste stochasten een probabilistische ASET is bepaald. Hoofdstuk 5 sluit af met de conclusies.

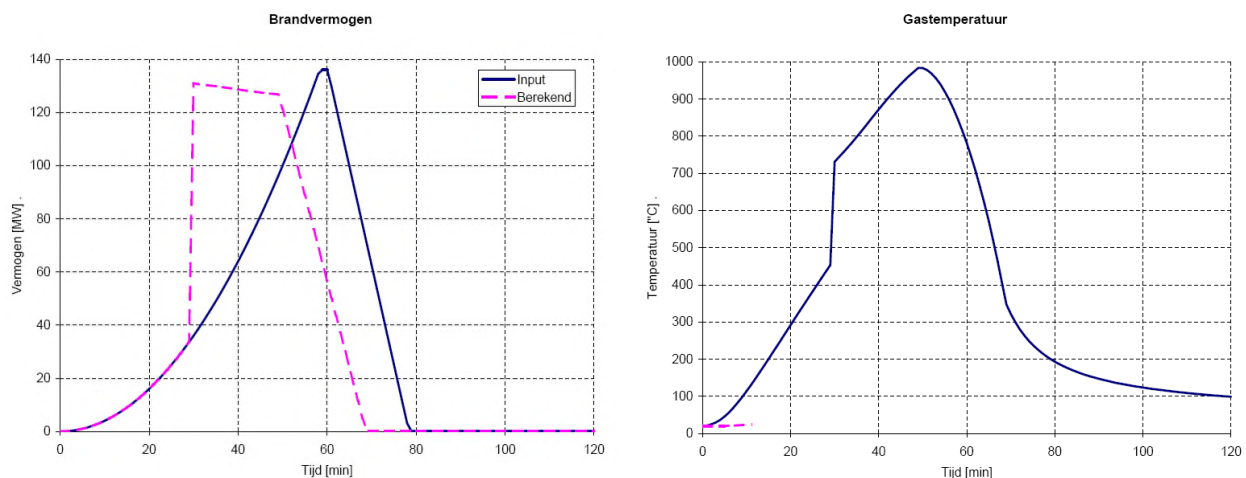
2. Uitgangspunten en randcondities

2.1. Projectsamenstelling

Doelgerichte vluchtveiligheid (zie paragraaf 1.4) is alleen mogelijk in een projectsamenstelling. Immers, wanneer generieke voorschriften worden losgelaten moet het bovenliggende doel van vluchtveiligheid worden ingevuld met een ASET-RSET vergelijking. De RSET kan worden bepaald met gebouwvacuatiesimulaties of vluchtmodellen. De ASET wordt verkregen door een brandsimulatie volgens het natuurlijk brandconcept (NEN 6055) uit te voeren in een multizone model. Voor de beantwoording van de onderzoeksvraag in paragraaf 1.1 zal alleen de ASET worden beschouwd (zie ook paragraaf 1.4).

Het natuurlijk brandconcept houdt in dat de brand zich ontwikkelt, uitbreidt en weer dooft op basis van brand(stof)- en gebouwkenmerken. De gebouwkenmerken zijn ontwerpgebonden kenmerken, de brand(stof)kenmerken worden grotendeels bepaald door de inrichting van het gebouw en zijn dus gebruikgebonden.

In een natuurlijk brandconcept ontwikkelt een lokale brand zich op basis van de gedefinieerde brandstofkenmerken. Omdat die brandontwikkeling plaats vindt in een besloten ruimte of compartiment van een gebouw kunnen rook en warmte niet ongehinderd wegstromen, maar hopen die zich op in een warme zone bovenin het compartiment. De warme zone wordt steeds heter, zodat op een gegeven moment de flashover condities in het compartiment overschreden worden. Op dat moment treedt flashover op en breidt de lokale brand in één keer uit tot een compartimentsbrand. Die brand houdt aan totdat de brandstof (vuurlast) in het compartiment opdraakt.



Figuur 2: Voorbeeld van een brandvermogensscenario (links) van een natuurlijke brand, met het optreden van flashover na 30 min. en het bijbehorende temperatuurverloop (rechts)

Overigens wordt flashover bij toepassing van een sprinklerbeveiliging niet bereikt. De sprinklerbeveiliging zorgt ervoor dat een brand beheerst blijft tot een lokale brand van beperkte omvang die eenvoudig door de brandweer kan worden uitgemaakt. In veel gevallen wordt de brand al door de sprinklerbeveiliging zelf gedoofd.

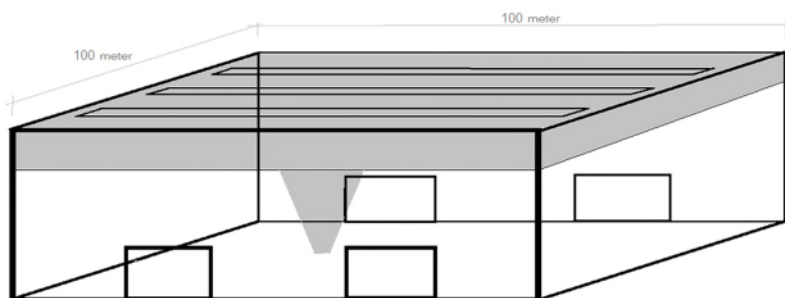
De volgende paragrafen geven aan welke gebouw- en brand(stof)kenmerken zijn gehanteerd in het natuurlijk brandconcept voor de simulatieberekeningen. Het onderscheid in de verschillende casussen wordt gevormd door de gebouwkenmerken (paragraaf 2.2).

2.2. Gebouwkenmerken

In dit onderzoek worden drie casussen beschouwd waarin de ongesprinklerde situatie wordt vergeleken met de gespreinklerde situatie:

1. Grote hoge ruimte (gestratificeerde situatie) met winkel-, bijeenkomst- of industriefunctie
2. Grote lage ruimte (opgemengde situatie) met winkel-, bijeenkomst- of industriefunctie
3. Corridorontsluiting met kleine ruimten (opgemengde situatie) met woon- of logiesfunctie

De afmetingen van de grote hoge ruimte bedragen 100 x 100 m² met een inwendige ruimtehoogte van 7 meter. Deze ruimte kan dienen als winkelfunctie, bijeenkomstfunctie of sportfunctie. De ruimte bezit 4 toegangspuilen van elk 3 x 3 m², die bij brandmelding worden open gestuurd. Alle ruimtebegrenzings (scheidingsconstructies) worden adiabatisch aangenomen. Dat kan worden beschouwd als een worst-case uitgangspunt. Eventuele daglichtopeningen in de uitwendige scheidingsconstructies blijven gedurende de vluchtfase (pre flashover fase) intact.

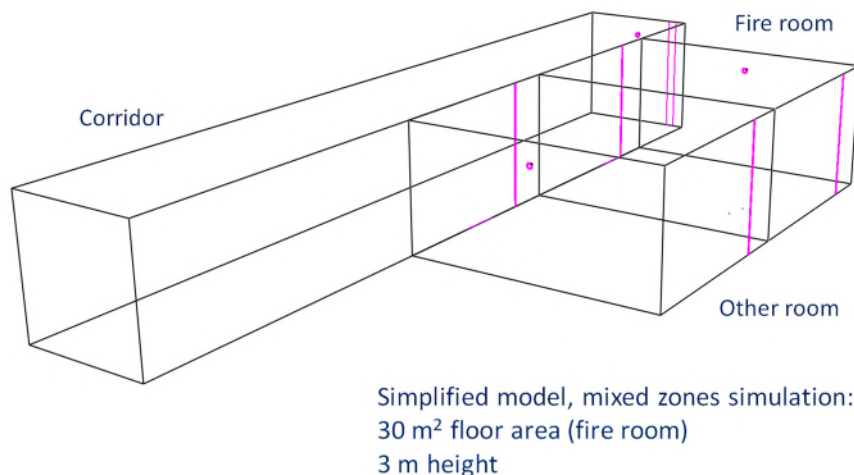


Simplified model, 2 zone simulation:
10,000 m² floor area
7 m height

Figuur 3: Grote hoge ruimte, 2 zone simulatie

De grote lage ruimte is vergelijkbaar met de grote hoge ruimte. De grote lage ruimte wijkt alleen af in afmetingen: 50 x 70 m² met een inwendige hoogte van 4,5 meter.

In de corridorontsluiting met kleine ruimten wordt één van de kleine ruimten als brandruimte aangenomen. Deze kleine ruimten zijn 5 x 6 m² groot en 3 meter hoog en bezitten een deur naar de corridor, waaronder een open spleet van 0,02 meter aanwezig is. In de uitwendige scheidingsconstructies van de kleine ruimten wordt geen deur verondersteld. Eventuele daglichtopeningen zijn gesloten en blijven intact gedurende de vluchtfase (pre flashover fase). Er wordt een lekheid van 1% aangehouden in de scheidingsconstructies, conform NEN 6055. Alle scheidingsconstructies worden adiabatisch aangenomen.



Figuur 4: Corridorontsluiting, gemengde zones in alle ruimten

De normale (mechanische) gebruiksventilatie is van geen betekenis voor de brandsimulaties. De ventilatiecapaciteiten die volgens het Bouwbesluit noodzakelijk zijn voor een gezond binnenklimaat zijn zo gering dat zij het brandscenario niet beïnvloeden. In de corridorontsluiting wordt overigens voor de gebruiksventilatie lucht mechanisch toegevoerd tot de verblijfsruimten en mechanisch afgevoerd via de corridor.

2.3. Brand(stof)kenmerken

Er wordt uitgegaan van een normale gebouwinrichting, zodat de brandstof cellulose-achtig is. Voor cellulose brandstof wordt een generieke molecuulformule aangehouden van C₄H₆O₃, met de volgende kenmerken (NEN 6055, Quintière, 1997):

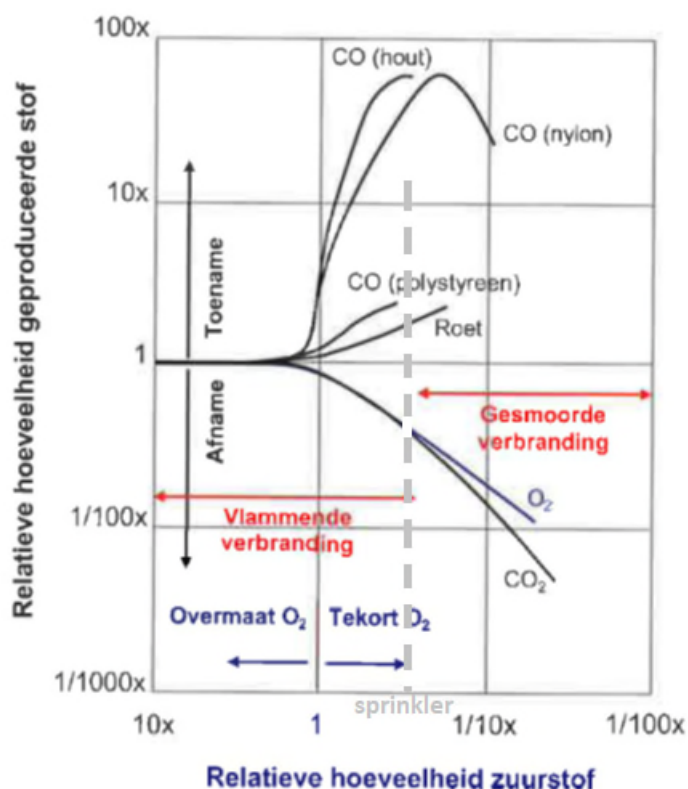
- Stoichiometrische constante: $r = 1,27 \text{ kg/kg}$
- Verbrandingswaarde: $H_c = 17,5 \text{ MJ/kg}$
- Uniform verdeelde variabele vuurbelasting: 1050 MJ/m^2 (aanname, niet relevant)
- Kwadratische ontwikkeling van het brandvermogen met tijdconstante: $t_c = 150 \text{ s}$ (fast)
- Brandvermogensdichtheid: $RHRPUA = 500 \text{ kW/m}^2$ voor grote ruimten,
 $RHRPUA = 250 \text{ kW/m}^2$ voor kleine ruimten (standaard)
- Pluimmodel (alleen in gestratificeerde situatie): Heskestad
- Brandhoogte (alleen in gestratificeerde situatie): 1 meter
- Rookpotentieel (alleen in opgemengde situatie): $100 \text{ m}^2/\text{kg}$
- Soot yield (alleen in opgemengde situatie): 2,6 %
- CO-yield (alleen in opgemengde situatie): 1,0 %

In geval van activering van de sprinklerbeveiliging beïnvloedt de sprinkler het brandvermogen en de samenstelling van de rook. Een conservatieve modellering van de sprinklerbeveiliging is om de activering op basis van het DETACT-algoritme (Evans, Stroup) vast te stellen en het brandvermogen na activering constant te houden. Uiteraard zal de sprinklerbeveiliging de vermogensdichtheid reduceren, hetgeen bij een constant brandvermogen inhoudt dat de brandoppervlakte (en daarmee de omtrek van de pluim) toeneemt. Aangenomen wordt dat na sprinkleractivering de brandvermogensdichtheid wordt gehalveerd en de brandoppervlakte wordt verdubbeld. Daarmee wordt de omtrek van de pluim en de inmenging van omgevingslucht vergroot.

Deze wijze van sprinklermodellering is eenvoudig en robuust. Daarbij zijn in geval van sprinklerbeveiliging de volgende sprinklerkenmerken nodig:

- Projectiegrid van de sprinklerkoppen: $3 \times 3 \text{ m}$ in grote ruimten, $4 \times 3 \text{ m}$ in kleine ruimten
- Activeringstemperatuur: $68 \text{ }^\circ\text{C}$ in zowel grote als kleine ruimten
- Response Time Index: $RTI = 50 \text{ (m.s)}^{0,5}$ in grote ruimten, $RTI = 35 \text{ (m.s)}^{0,5}$ in kleine ruimten (quick response sprinklers)
- Soot yield (na sprinkleractivering): 5,2 %
- CO yield (na sprinkleractivering): 10,0 %

De soot yield en CO yield zijn na sprinkleractivering hoger dan in de ongesprinklerde situatie, omdat de gesprinklerde brand niet alleen wordt gekoeld maar deels ook wordt gesmoord. Er vindt daardoor onvolledige verbranding plaats. Figuur 5 illustreert de consequenties daarvan voor de soot yield en de CO yield (Quintiere, 1997).



Figuur 5: Productie van soot (roet) en CO, afhankelijk van de mate van smoring. De grijze streeplijn geeft de lokale smoring door de sprinkler aan, waardoor de soot yield met een factor 2 wordt vergroot en de CO yield met een factor 10 (Quintière, 1998).

Voor de opgemengde situatie in kleine ruimten (zoals in de corridorontsluiting aanwezig zijn) blijkt de bovenbeschreven sprinklermodellering te eenvoudig te zijn. Hierdoor wordt de sprinklerinstallatie later geactiveerd dan in werkelijkheid het geval is. De activering is zelfs zo laat dat de sprinklerbeveiliging niet van betekenis is voor de persoonlijke veiligheid van de gebouwgebruikers. De late activering is enerzijds te wijten aan de kwadratische modellering van het brandvermogen, die voor kleine ruimten niet realistisch is. Anderzijds is de late activering te wijten aan het verwaarlozen van de wandinvloeden van kleine ruimten en er dus geen rekening gehouden wordt met hogere temperaturen ter plaatse van de sprinkler.

In realiteit is er wel degelijk verschil tussen de ongesprinklerde referentiesituatie en de gesprinklerde situatie, met name wanneer persoonlijke veiligheid wordt gedefinieerd op basis van overleefbaarheid in plaats van gezondheidsschade (zie hoofdstuk 3). Een meer gedetailleerde definitie van de sprinklerbeveiliging is dan noodzakelijk om de bovenvermelde tekortkomingen te ondervangen. Dat houdt in dat meer sprinklerkenmerken relevant zijn, waardoor de modellering complexer en minder robuust wordt maar wel meer recht doet aan de realiteit.

Aan de eerder genoemde sprinklerkenmerken moeten voor een meer gedetailleerde modellering van de sprinklerbeveiliging in kleine ruimten de volgende kenmerken worden toegevoegd:

- Sproeidichtheid: 2,25 mm/min in de kleine ruimten (5,0 mm/min in de grote ruimten)
- Reductie van het brandvermogen na sprinkleractivering

De reductie van het brandvermogen na sprinkleractivering ligt in de volgende relatie vast (Wade et al., 2004, 2007):

$$RHR(t) = RHR(t_{act}) * e^{-\frac{t-t_{act}}{3 * u_w^{-1,8}}}$$

Hierin is:

- t tijdsverloop
- t_{act} tijdstip van activering
- u_w sproeidichtheid

In plaats van een constant brandvermogen na sprinkleractivering neemt het brandvermogen nu af. Dat is mogelijk omdat de sproeidichtheid bekend is. Een andere sproeidichtheid leidt tot een andere afname in brandvermogen.

2.4. Stochastische randcondities

De ASET wordt bepaald door op basis van een natuurlijk brandscenario te toetsen wanneer de ruimtecondities niet meer acceptabel zijn. Echter, die toetsing is niet deterministisch, aangezien de randcondities onzeker zijn. Dat geldt met name voor de brand(stof)condities.

De belangrijkste stochastische randcondities in de gestratificeerde situatie zijn:

- Brandvermogensdichtheid
- Tijdconstante voor brandontwikkeling
- Brandhoogte
- Verbrandingswaarde

In de opgemengde situatie zijn de belangrijkste stochastische randcondities:

- Brandvermogensdichtheid
- Tijdconstante voor brandontwikkeling
- Verbrandingswaarde
- Soot yield
- CO yield

Voor de kleine ruimten in de corridorontsluiting moeten daaraan de volgende bouwkundige stochasten worden toegevoegd, die ook te maken hebben met het vluchtgedrag van de gebouwgebruikers:

- Tijdstip van openen toegangsdeur
- Tijdsduur van openen toegangsdeur

In alle casussen worden eerst brandsimulaties ter bepaling van de ASET uitgevoerd, met de bouwkundige kenmerken en brandstofkenmerken die vermeld zijn in paragraaf 2.2 en 2.3. Daarna wordt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, waarbij elke stochast (x_i) afzonderlijk wordt gevarieerd met zijn (ingeschatte) standaardafwijking ($dx_i = s_i$). Dit resulteert in een variatie van de ASET (dt).

De specifieke variatie per stochast van de ASET wordt daarbij gedefinieerd als dt/dx_i , wat leidt tot een specifieke variantie in de ASET van $(s_i \cdot dt/dx_i)^2$. Elke stochast heeft zo zijn eigen specifieke variantie in de ASET. Door alle specifieke varianties te sommeren ontstaat de (totale) variantie van de ASET:

$$var_{ASET} = \sum_i (s_i \cdot dt/dx_i)^2.$$

De standaard afwijking van de ASET (s_{ASET}) is vervolgens de wortel uit de variantie:

$$s_{ASET} = \sqrt{(var_{ASET})}.$$

Figuur 5 geeft dit stapsgewijs weer.

Van de verschillende stochasten is de kansverdelingsfunctie niet bekend maar kunnen de standaardafwijkingen relatief eenvoudig worden vastgesteld of afgeschat. Omdat in de bepaling van de ASET een groot aantal stochasten betrokken zijn zal de ASET op basis van de centrale limietstelling in de kansrekening bij benadering normaal verdeeld zijn.

Door de gevoeligheidsanalyse uit te voeren op de bovenstaande beschreven wijze kan de kansverdelingsfunctie van de ASET betrouwbaar uitgevoerd worden. Een Monte-Carlo analyse is niet goed mogelijk omdat de kansverdelingsfuncties van de afzonderlijke stochasten niet bekend zijn. Met een Monte-Carlo analyse wordt dan ook geen betrouwbaardere kansverdelingsfunctie van de ASET verkregen.

De hier beschreven techniek voor het uitvoeren van een kwantitatieve gevoeligheidsanalyse is eerder toegepast in het onderzoek dat in opdracht van NEN (Nederlands Normalisatie Instituut) is uitgevoerd naar de betrouwbaarheid van draagconstructies onder brandcondities (Van Herpen et.al., 2014).

For each stochastic boundary condition (x_i):

Mean value: $\bar{x}_i$
 Variation: dx_i
 Standard Deviation: s_i

For ASET (t):

Variation: dt
 Specific Variation per stochast: dt/dx_i
 Specific Variancy per stochast: $(s_i dt/dx_i)^2$
 Total Variancy: $var = \sum_i (s_i dt/dx_i)^2$
 Standard Deviation: $s = \sqrt{var}$

Figuur 5: Samenvatting van de methodiek voor de kwantitatieve gevoeligheidsanalyse

3. Toetscriteria persoonlijke veiligheid

De kans op gezondheidsschade voor gebouwgebruikers tijdens de vluchtfase hangt af van de ruimtecondities en de blootstellingsduur. Bij een blootstellingsduur van enkele minuten worden de onderstaande randcondities gehanteerd voor beperking van gezondheidsschade aan de gebouwgebruikers (afgeleid voor een blootstellingsduur van enkele minuten uit de Swedish Building Code, European Guideline 19, 2009, ISO 13571).

In een gestratificeerde situatie:

1. De rookvrije hoogte boven de vloer van de vluchtroute bedraagt minimaal 2,5 meter;
2. De stralingsflux vanaf de rookbuffer bedraagt op 1,8 meter boven de vloer van de vluchtroute (hoofdhoogte) niet meer dan $2,5 \text{ kW/m}^2$; dit komt overeen met een stralingstemperatuur van de rookbuffer van maximaal $200 \text{ }^\circ\text{C}$.

In een opgemengde situatie:

1. De convectieve (gas)temperatuur bedraagt maximaal $70 \text{ }^\circ\text{C}$;
2. De zichtlengte bedraagt tenminste 5 meter; de toxiciteit van het opgemengde rookmengsel is bij deze grenswaarde aan de zichtlengte niet van betekenis.

Het voorkomen van gezondheidsschade aan gebouwgebruikers is een zeer streng toetscriterium. In veel landen wordt overleefbaarheid als toetscriterium gehanteerd. Wanneer bij sprinklerbeveiliging wordt gesproken over een 'life safety concept' wordt een sprinklerbeveiliging bedoeld waarmee de overleefbaarheidskans onder brandcondities wordt vergroot. Met name in kleine ruimten die voorzien zijn van een sprinklerbeveiliging is het overleefbaarheids criterium zinvol. In dergelijke ruimten moet worden uitgegaan van een opgemengde situatie, waarin de CO-verontreiniging de belangrijkste toxische component is bij een cellulose-achtige brand. Voor de CO-verontreiniging is niet zozeer een grenswaarde van toepassing, maar een acceptabele dosis (ISO 13571). De zichtlengte-eis wordt voor het overleefbaarheids criterium vervangen door:

1. Maximale CO-dosis van 35.000 ppm.min ;
2. Minimale O_2 -concentratie van 60.000 ppm .

4. Rekensimulaties

4.1. Modelleren

De rekensimulaties zijn gemodelleerd in CFAST, versie 7.2.3 van NIST (2017). Daarin is het mogelijk om zowel de bouwkundige geometrie als de brandkenmerken conform de uitgangspunten en randcondities in hoofdstuk 2 te modelleren.

CFAST is een zonemodel, dat houdt in dat het model rekent met een homogene hete zone bovenin de brandruimte en een schone koude zone onderin de brandruimte. Deze gestratificeerde situatie wordt ook gehanteerd voor de rookverspreiding in andere ruimten (buiten de brandruimte). Voor alle zones en voor het model als geheel worden de volgende behoudswetten gehanteerd:

- Behoud van massa
- Behoud van energie
- Behoud van deeltjes, elk naar zijn soort

Die behoudswetten worden dynamisch toegepast, rekening houdend met buffercapaciteit, zodat niet-stationaire randcondities kunnen worden opgelegd. Dat is noodzakelijk, aangezien het brandscenario niet-stationair is. De dynamische behoudswetten hebben de algemene vorm:

Productie + Inkomend = Uitgaand + Buffering.

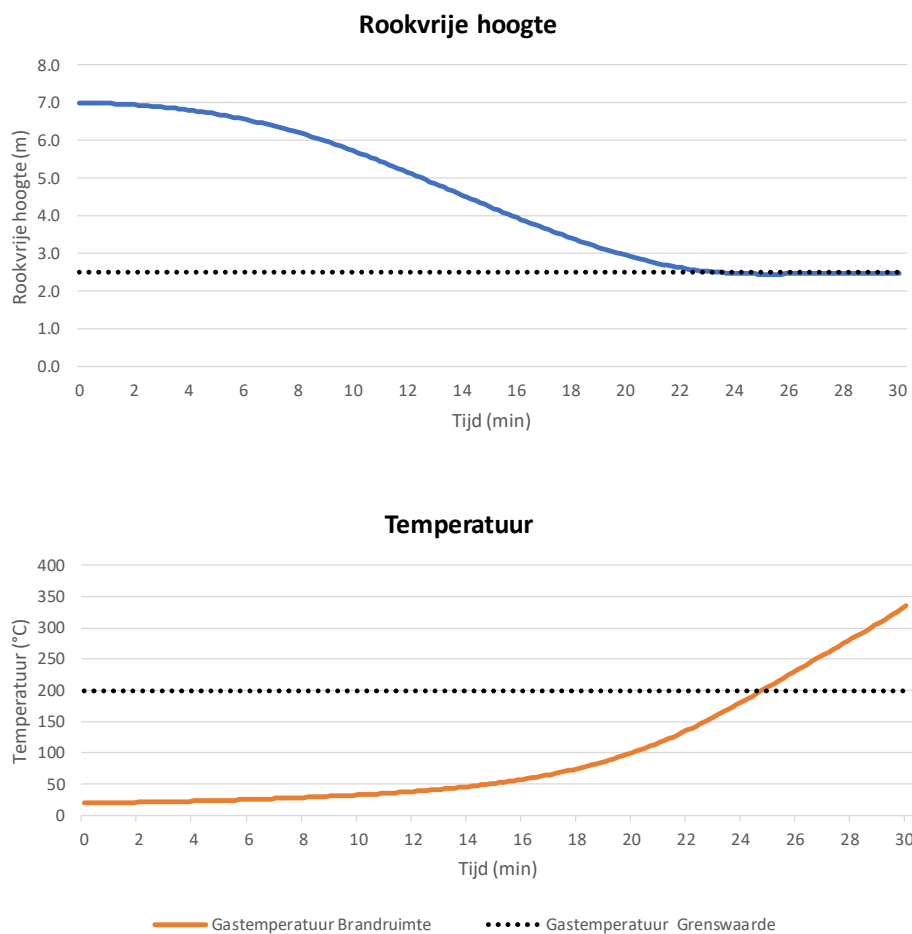
Het is in CFAST ook mogelijk om in plaats van het gestratificeerde twee-zone model een één-zone model te gebruiken. In dat geval vormt elke ruimte een opgemengde zone. Daarvan is uitgegaan voor de lage en kleine ruimten.

Naast het ingebouwde model voor sprinkleractivering is het Detact-model voor sprinkleractivering gebruikt uit de Mowrer-tools (University of Maryland, 2003). Dit model is gebaseerd op het activeringsalgoritme van Evans en Stroup (1985).

4.2. Resultaten grote hoge ruimte

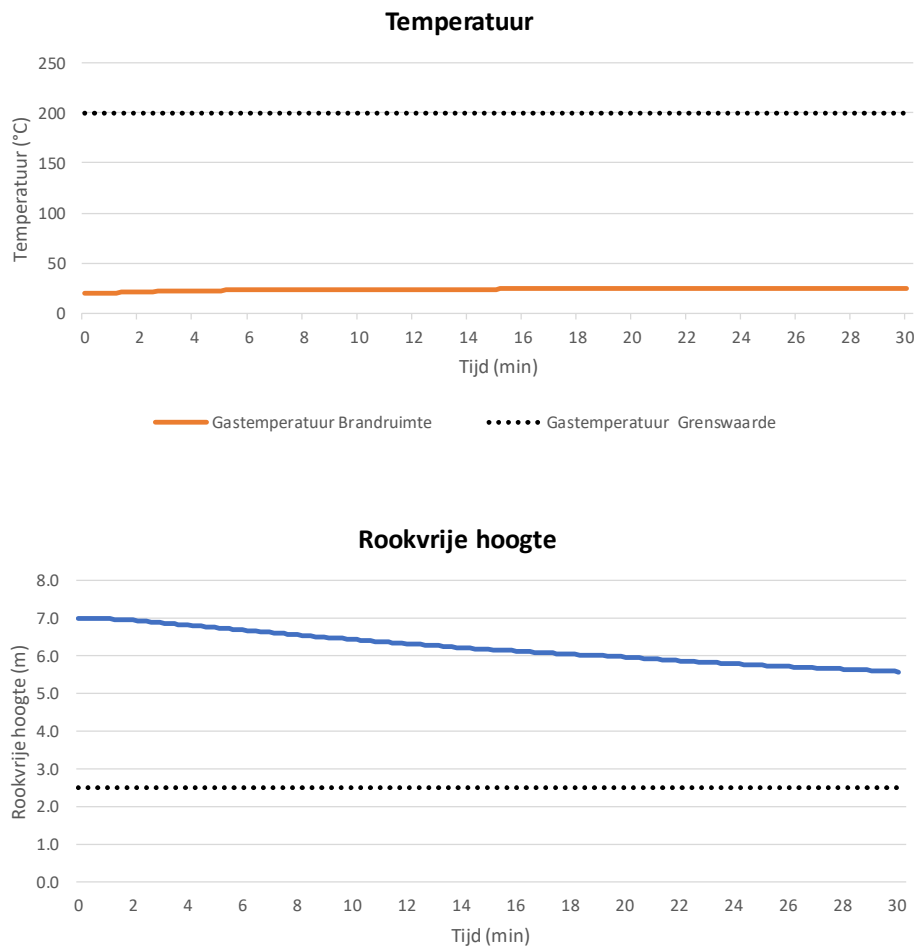
4.2.1. Deterministische benadering

Voor de grote hoge ruimte zonder sprinklerbeveiliging (referentiesituatie) zijn de CFAST-invoer en de relevante uitvoer opgenomen in bijlage 1. Figuur 6 geeft in grafische weergave een samenvatting van de simulatieresultaten in de grote hoge ruimte. Hierbij is uitgegaan van een gestratificeerde situatie bij een lokale brand.



Figuur 6: Simulatieresultaat grote hoge ruimte, referentiesituatie (ongesprinklerd), toetsing criterium gezondheidsschade

Wanneer in deze casus een sprinklerinstallatie wordt toegepast, volgens het Detact algoritme van paragraaf 2.3 (activeringstemperatuur 68 °C, RTI van 50 (m.s)^{0,5} in een grid van 3 x 3 meter), wordt het resultaat verkregen volgens figuur 7. De CFAST-invoer en relevante uitvoer hiervan is in bijlage 1 opgenomen.



Figuur 7: Simulatieresultaat grote hoge ruimte, gesprinklerde situatie, toetsing criterium gezondheidsschade

Door de toepassing van een sprinklerbeveiliging worden de condities in de grote hoge ruimte aanzienlijk verbeterd. Voor het criterium gezondheidsschade wordt de ASET van 22 minuten in de ongesprinklerde referentiesituatie vergroot tot een ASET die de brandduur overschrijdt in de gesprinklerde situatie en dus feitelijk oneindig groot is.

Het is denkbaar dat na sprinkleractivering geen stratificatie optreedt maar dat een opgemengde situatie ontstaat. In dat geval wordt hier verwezen naar de resultaten van de grote lage ruimte (paragraaf 4.3), waarin standaard van een opgemengde situatie wordt uitgegaan.

4.2.2. Probabilistische benadering

De resultaten in 4.2.1 moeten genuanceerd vanwege de onzekerheid in randcondities. In 2.4 is aangegeven met welke onzekere randcondities rekening moet worden gehouden. Tabel 1 geeft een overzicht van die randcondities met de gehanteerde gemiddelde waarden en standaard afwijkingen.

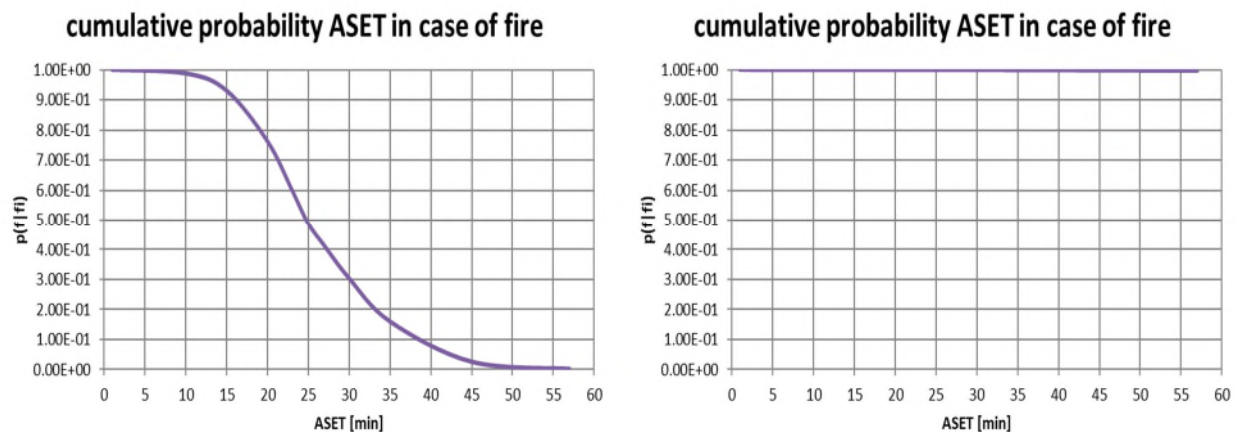
Tabel 1. Overzicht van stochasten met gemiddelde waarden en standaard afwijkingen

Grootheid	gemiddelde	variatie-coëfficiënt	Standaard afwijking
	AVG	V	SD
Brandvermogensdichtheid [kW/m ²]	500 (standard)	+0,5 -0,3	+250 -150
Tijdconstante [s]	150 (fast)	+0,5 -0,3	+75 -45
Verbrandingswaarde [MJ/kg]	17,5	+0,1 -0,1	+1,75 -1,75
Brandhoogte [m]	1	+1,0 -1,0	+1,0 -1,0

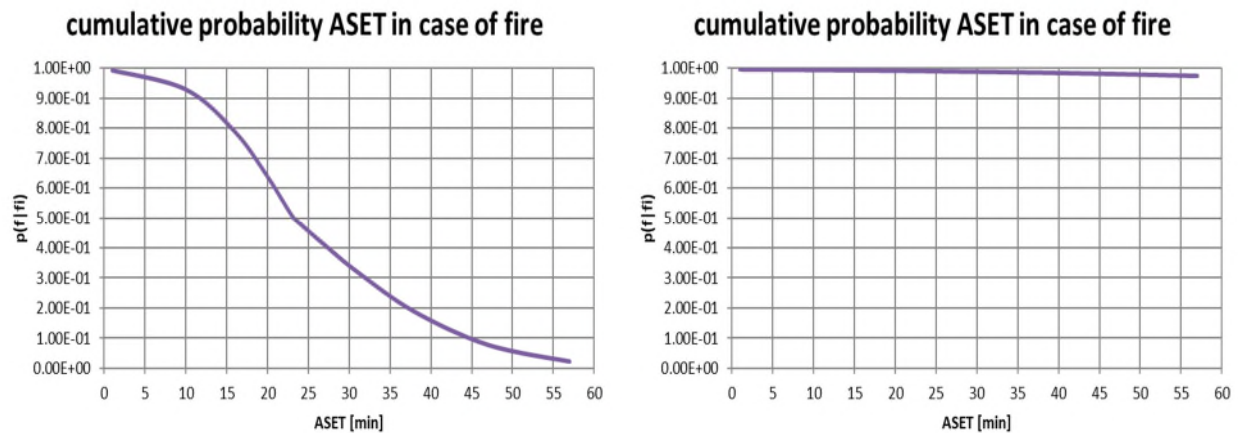
(NB: SD = V x AVG)

De gevoeligheidsanalyse is voor de ongesprinklerde referentiesituatie en de gesprinklerde situatie in bijlage 1 opgenomen.

Het resultaat is grafisch in een cumulatieve kansverdeling van de ASET weergegeven voor het criterium gezondheidsschade. Figuur 8 geeft het resultaat weer voor de maximale rooklaagtemperatuur van 200 °C en figuur 9 het resultaat voor de minimale rookvrije hoogte van 2,5 m.



Figuur 8: Cumulatieve kansverdeling ASET in de grote hoge ruimte, criterium gezondheidsschade – rooklaagtemperatuur < 200 °C
 (links: ongesprinklerde referentiesituatie; rechts: gesprinklerde situatie)



Figuur 9: Cumulatieve kansverdeling ASET in de grote hoge ruimte, criterium gezondheidsschade – rookvrije hoogte > 2,5 m
 (links: ongesprinklerde referentiesituatie; rechts: gespreinklerde situatie)

Uit figuren 8 en 9 blijkt de cumulatieve kansverdeling voor persoonlijke veiligheid, gebaseerd op het criterium gezondheidsschade positief beïnvloed te worden wanneer een sprinklerbeveiliging wordt toegepast. De rookvrije hoogte is in dit geval maatgevend voor het criterium gezondheidsschade. De kans op veilig vluchten is afhankelijk van de tijdsduur van het brandscenario. Tabel 2 geeft een samenvatting.

Tabel 2. Kans op gezondheidsschade in de grote hoge ruimte in de ongesprinklerde en de gespreinklerde situatie

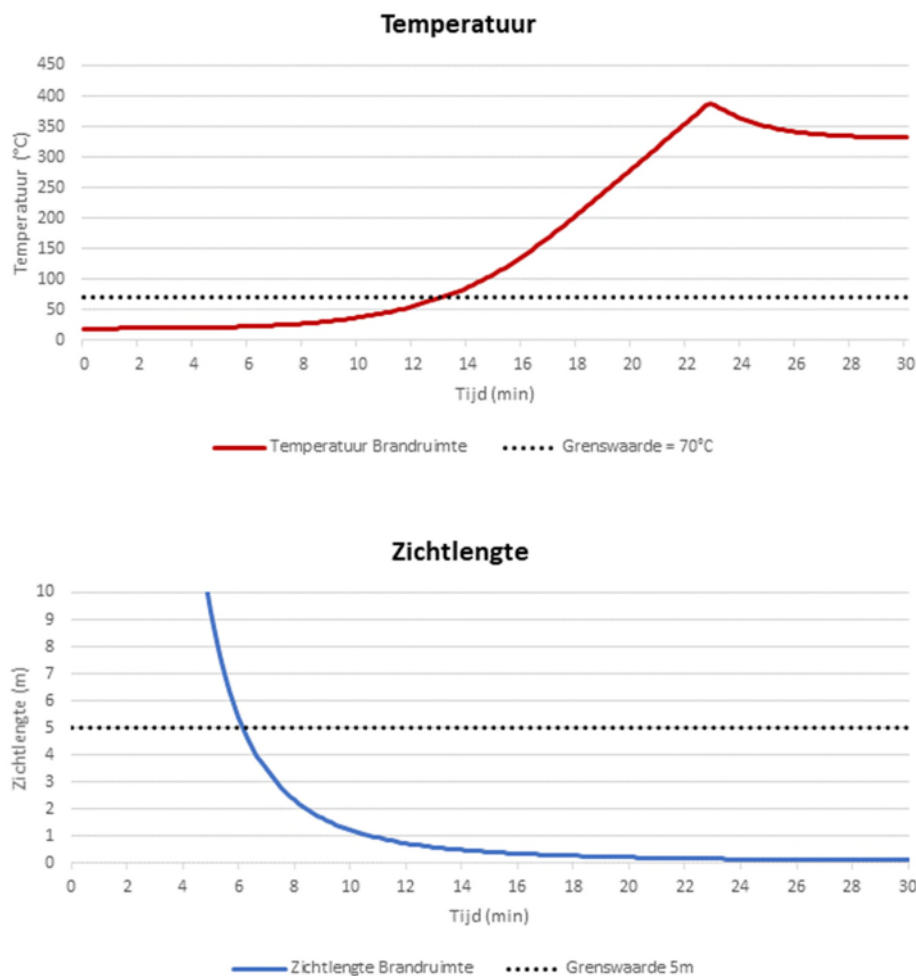
Tijd na ontstaan brand [min]	ongesprinklerd [%]	gesprinklerd [%]
1	0	0
5	2	1
10	7	1
30	66	1
60	99	3

De vluchttijd ASET in de grote hoge ruimte is in de gestratificeerde situatie ten gevolge van een sprinklerbeveiliging groter dan de brandduur. Daardoor is de ASET theoretisch oneindig groot en ligt er dank zij de sprinklerbeveiliging geen tijdsdruk op het evacueren van de grote ruimte.

4.3. Resultaten grote lage ruimte

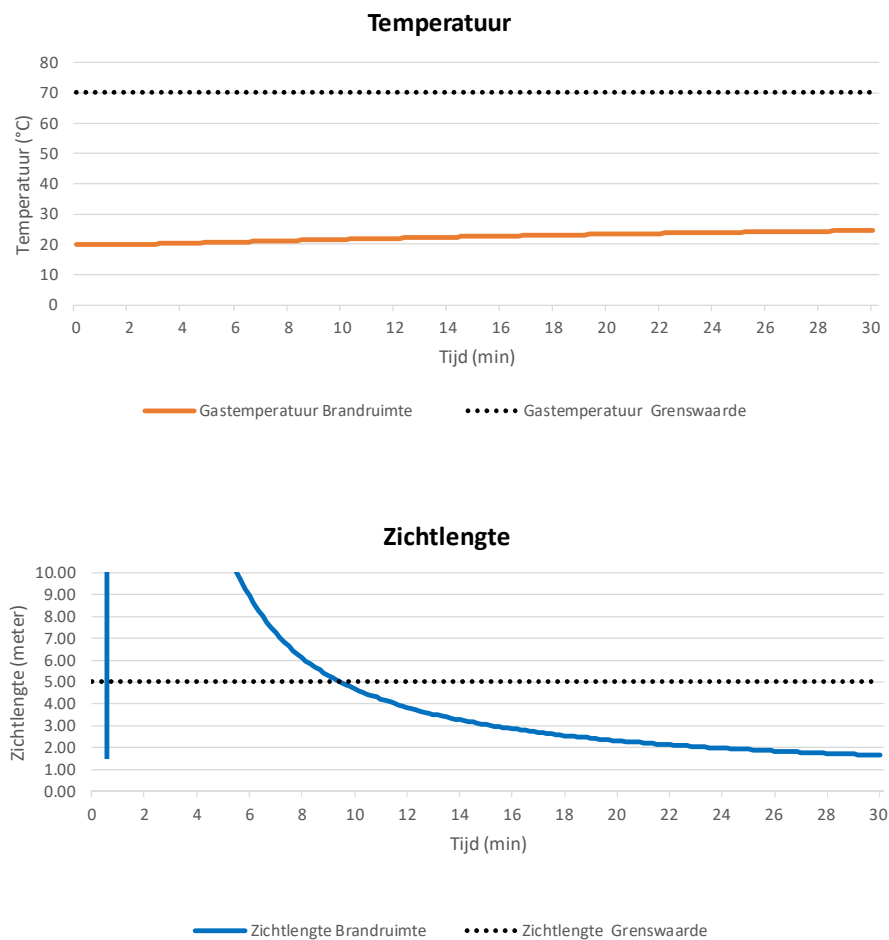
4.3.1. Deterministische benadering

Voor de grote lage ruimte zonder sprinklerbeveiliging (referentiesituatie) zijn de CFAST-invoer en de relevante uitvoer opgenomen in bijlage 2. Figuur 10 geeft in grafische weergave een samenvatting van de simulatieresultaten in de grote lage ruimte. Hierbij is uitgegaan van een opgemengde situatie bij een lokale brand.



Figuur 10: Simulatieresultaat grote lage ruimte, referentiesituatie (ongesprinklerd), toetsing criterium gezondheidsschade

Wanneer in deze casus een sprinklerinstallatie wordt toegepast, volgens het Detact algoritme van paragraaf 2.3 (activeringstemperatuur 68 °C, RTI van 50 (m.s)^{0,5} in een grid van 3 x 3 meter), wordt het resultaat verkregen volgens figuur 11. De CFAST-invoer en relevante uitvoer hiervan is in bijlage 2 opgenomen.



Figuur 11: Simulatieresultaat grote lage ruimte, gesprinklerde situatie, toetsing criterium gezondheidsschade

Door de toepassing van een sprinklerbeveiliging worden de condities in de grote lage ruimte verbeterd. Voor het criterium gezondheidsschade wordt de ASET van 6 minuten in de ongesprinklerde referentiesituatie vergroot tot een ASET van circa 9,5 minuten in de gesprinklerde situatie.

4.3.2. Probabilistische benadering

De resultaten in 4.2.1 moeten genuanceerd vanwege de onzekerheid in randcondities. In 2.4 is aangegeven met welke onzekere randcondities rekening moet worden gehouden. Tabel 3 geeft een overzicht van die randcondities met de gehanteerde gemiddelde waarden en standaard afwijkingen.

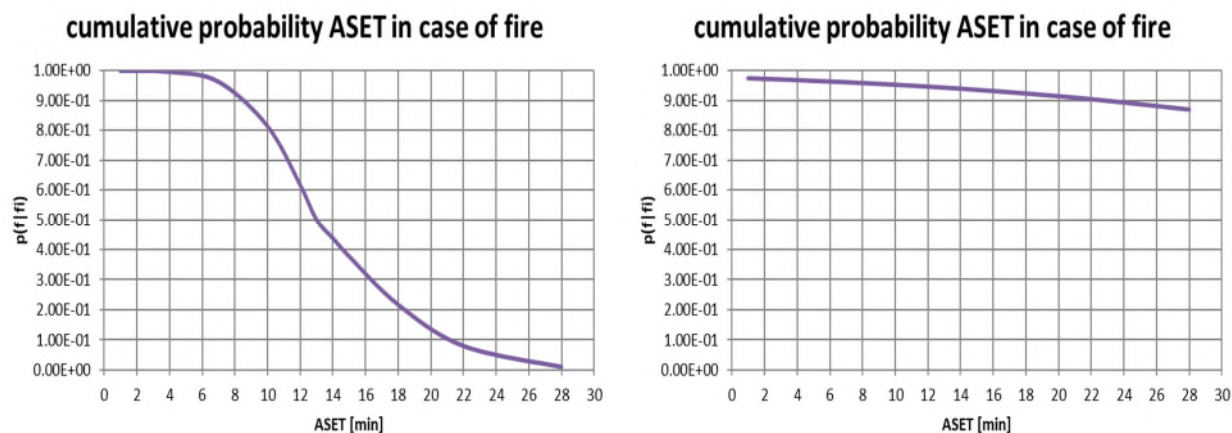
Tabel 3. Overzicht van stochasten met gemiddelde waarden en standaard afwijkingen

Grootheid	gemiddelde AVG	variatie- coëfficiënt V	Standaard afwijking SD
Brandvermogensdichtheid [kW/m ²]	500 (standard)	+0,5 -0,3	+250 -150
Tijdconstante [s]	150 (fast)	+0,5 -0,3	+75 -45
Verbrandingswaarde [MJ/kg]	17,5	+0,1 -0,1	+1,75 -1,75
Soot yield [%]	2,6 (referentie)	+0,5 -0,5	+1,3 -1,3
	5,2 (gesprinklerd)	+0,5 -0,5	+2,6 -2,6
CO yield [%]	1,0 (referentie)	+0,5 -0,5	+0,5 -0,5
	10,0 (gesprinklerd)	+0,5 -0,5	+5,0 -5,0

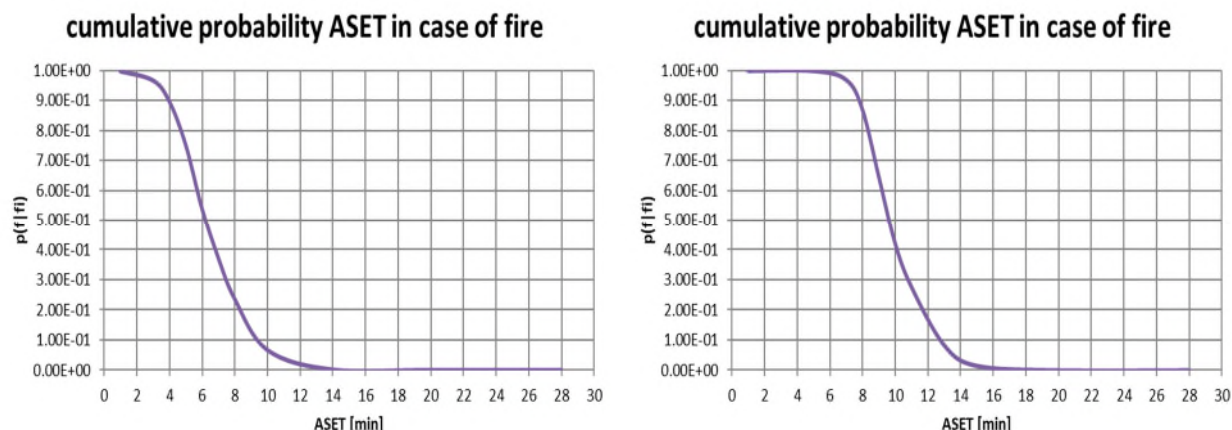
(NB: SD = V x AVG)

De gevoeligheidsanalyse is voor de ongesprinklerde referentiesituatie en de gespreinklerde situatie in bijlage 2 opgenomen.

Het resultaat is grafisch in een cumulatieve kansverdeling van de ASET weergegeven voor het criterium gezondheidsschade. Figuur 12 geeft het resultaat weer voor de maximale gastemperatuur van 70 °C en figuur 13 het resultaat voor de minimale zichtlengte van 5 m.



Figuur 12: Cumulatieve kansverdeling ASET in de grote lage ruimte, criterium gezondheidsschade – gastemperatuur < 70 °C
 (links: ongesprinklerde referentiesituatie; rechts: gesprinklerde situatie)



Figuur 13: Cumulatieve kansverdeling ASET in de grote lage ruimte, criterium gezondheidsschade – zichtlengte > 5 m
 (links: ongesprinklerde referentiesituatie; rechts: gesprinklerde situatie)

Uit figuren 12 en 13 blijkt de cumulatieve kansverdeling voor persoonlijke veiligheid, gebaseerd op het criterium gezondheidsschade positief beïnvloed te worden wanneer een sprinklerbeveiliging wordt toegepast. De zichtlengte is in dit geval maatgevend voor het criterium gezondheidsschade. De kans op veilig vluchten is afhankelijk van de tijdsduur van het brandscenario. Tabel 4 geeft een samenvatting.

Tabel 4. Kans op gezondheidsschade in de grote lage ruimte in de ongesprinklerde en de gesprinklerde situatie

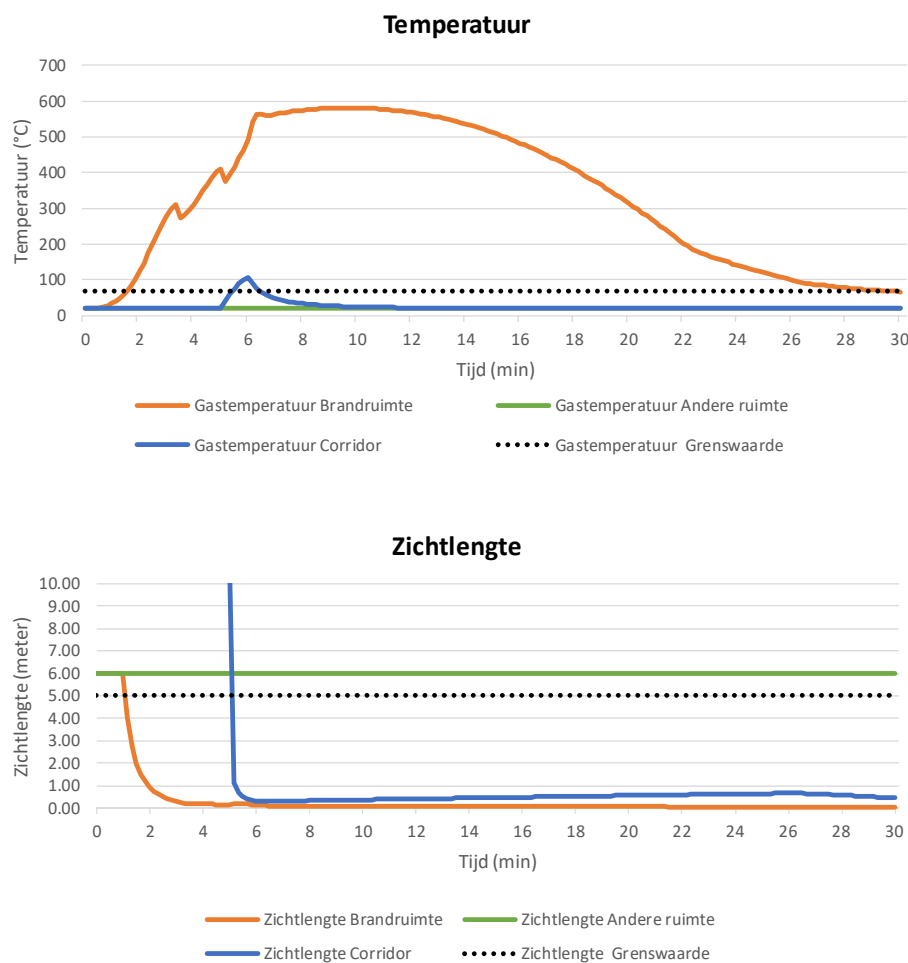
Tijd na ontstaan brand [min]	ongesprinklerd [%]	gesprinklerd [%]
1	0	0
5	25	0
10	93	58
15	100	98
30	100	100

De beschikbare vluchttijd ASET in de grote lage ruimte (opgemengde situatie) wordt bij toepassing van een sprinklerbeveiliging met een factor 1,6 (bij 50% betrouwbaarheid) à 2,2 (bij 95% betrouwbaarheid) verbeterd ten opzichte van de ongesprinklerde referentie situatie.

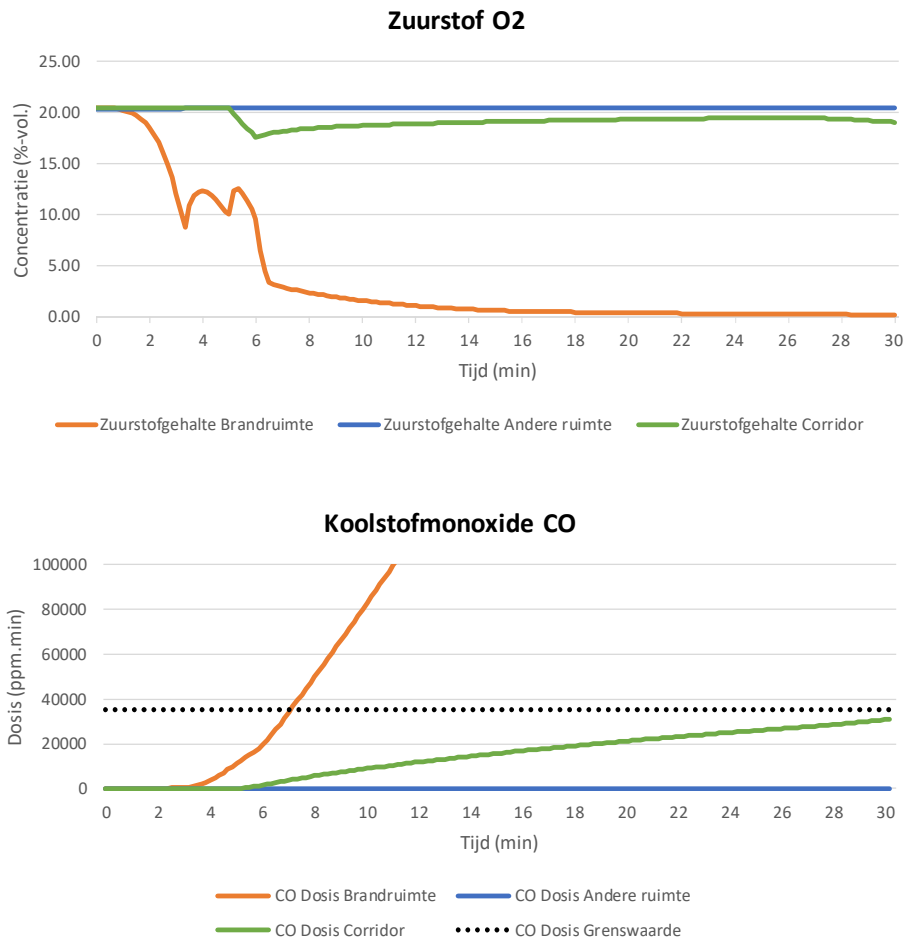
4.4. Resultaten corridorontsluiting met kleine ruimten

4.4.1. Deterministische benadering

Voor de corridorontsluiting met kleine ruimten zonder sprinklerbeveiliging (referentiesituatie) zijn de CFAST-invoer en de relevante uitvoer opgenomen in bijlage 3. De figuren 14 en 15 geven in grafische weergave een samenvatting van de simulatieresultaten in de brandruimte, de corridor en een andere ruimte grenzend aan de corridor.

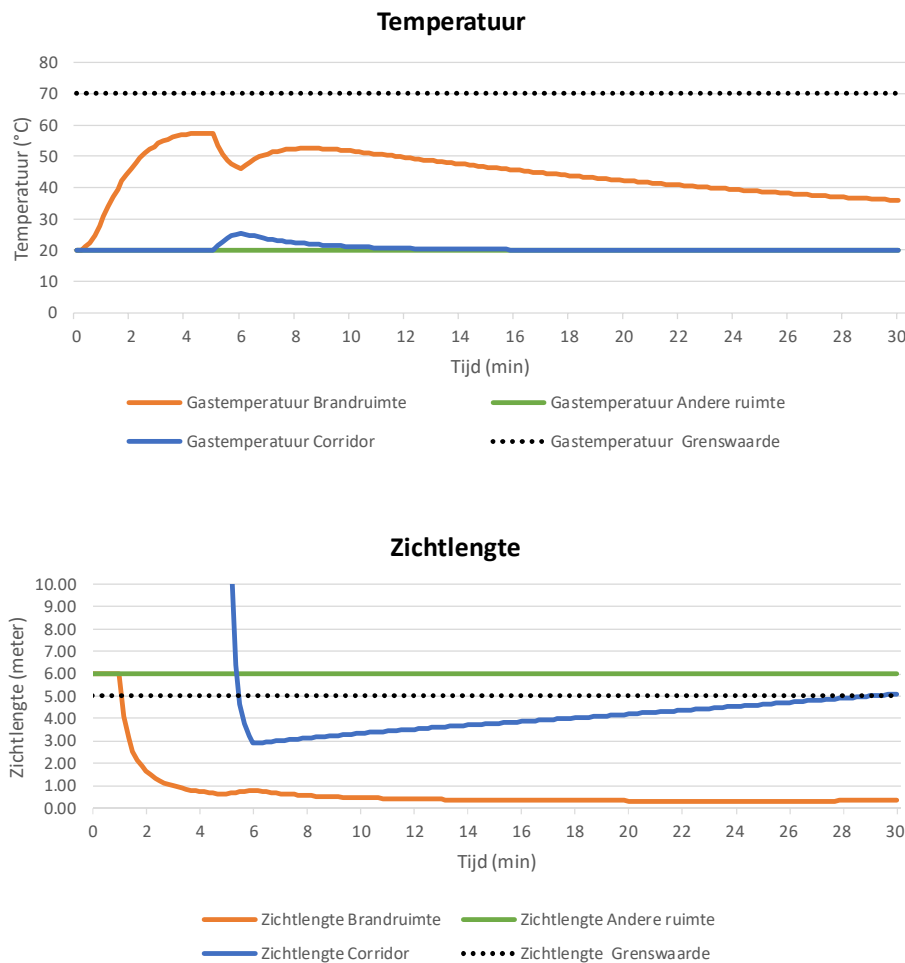


Figuur 14: Simulatieresultaat corridorontsluiting referentiesituatie (ongesprinklerd), toetsing criterium gezondheidsschade



Figuur 15: Simulatieresultaat corridorontsluiting referentiesituatie (ongesprinklerd), toetsing criterium overleefbaarheid

Wanneer in deze casus een sprinklerinstallatie wordt toegepast, volgens de meer geavanceerde definitie van paragraaf 2.3 (activeringstemperatuur 68 °C, RTI van 35 (m.s)^{0,5} en sproeidichtheid van 2,25 mm/min), wordt het resultaat verkregen volgens figuren 16 en 17. De CFAST-invoer en relevante uitvoer hiervan is in bijlage 3 opgenomen.

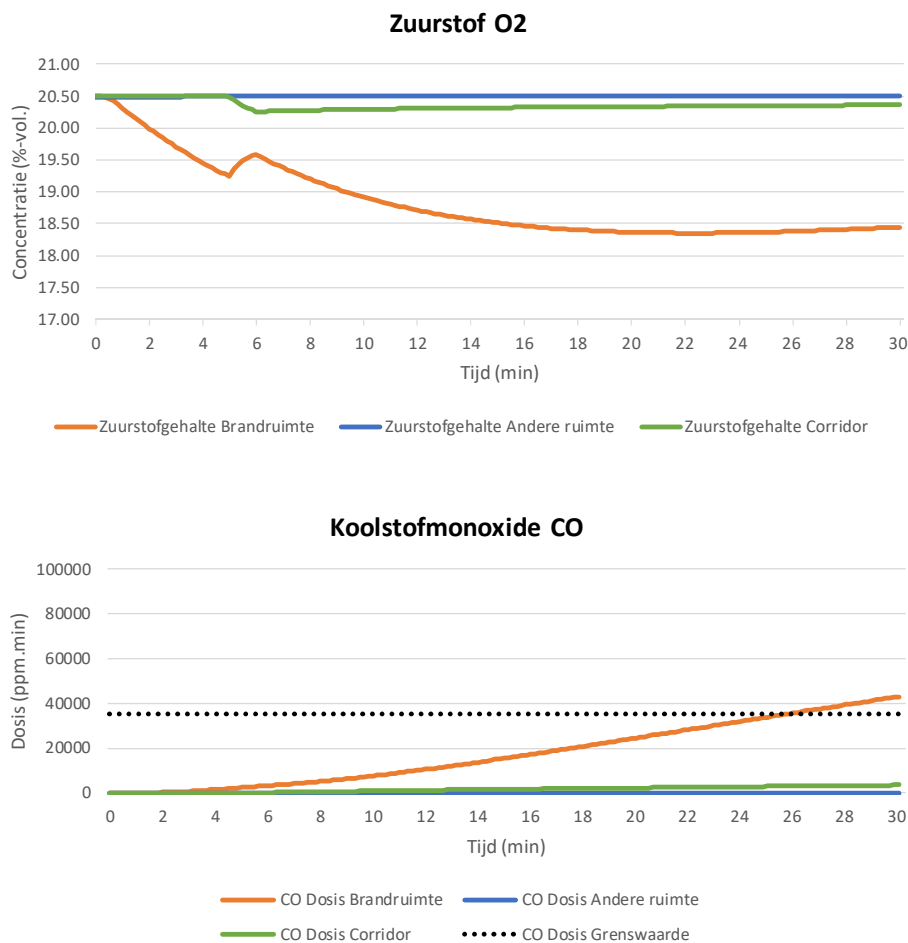


Figuur 16: Simulatieresultaat corridorontsluiting met sprinklerbeveiliging, toetsing criterium gezondheidsschade

Door de toepassing van een sprinklerbeveiliging worden de condities in alle ruimten van de corridorontsluiting aanzienlijk verbeterd. Echter, voor het criterium gezondheidsschade worden de condities in brandruimte en corridor nog steeds binnen korte tijd onacceptabel.

Wanneer wordt getoetst op overleefbaarheid levert een sprinklerbeveiliging een meer significante verbetering van de ruimtecondities. Uit vergelijking van figuur 15 en 17 blijkt dat de overleefbaarheid in de brandruimte van 6 minuten in de ongesprinklerde referentiesituatie wordt verlengd tot 25 minuten in de gesprinklerde situatie. De toelaatbare CO-dosis van 35.000 ppm.min is daarvoor bepalend.

De overleefbaarheid in de corridor wordt van 32 minuten in de ongesprinklerde referentiesituatie verlengd tot de volledige brandduur (feitelijk dus oneindig lang) in de gesprinklerde situatie.



Figuur 17: Simulatieresultaat corridorontsluiting met sprinklerbeveiliging, toetsing criterium overleefbaarheid

In zowel de ongesprinklerde referentiesituatie als de gesprinklerde situatie blijken de condities in de corridor voor het criterium gezondheidsschade sterk afhankelijk te zijn van het tijdstip dat de deur van de brandruimte geopend wordt (na 5 minuten), zie figuren 14 en 16. Het openen van de deur van de brandruimte betekent dus dat vanaf dat moment de corridor niet meer bruikbaar is als vluchtroute.

4.4.2. Probabilistische benadering

Uit 4.4.1 blijkt dat het tijdstip van openen van de deur van de brandruimte een belangrijke stochastische randconditie is. Daarnaast is er nog een aantal andere stochastische randcondities, zodat een gevoeligheidsanalyse op die stochastische randcondities noodzakelijk is. Tabel 5 geeft een overzicht van die randcondities met de gehanteerde gemiddelde waarden en standaardafwijkingen.

Tabel 5. Overzicht van stochasten met gemiddelde waarden en standaard afwijkingen

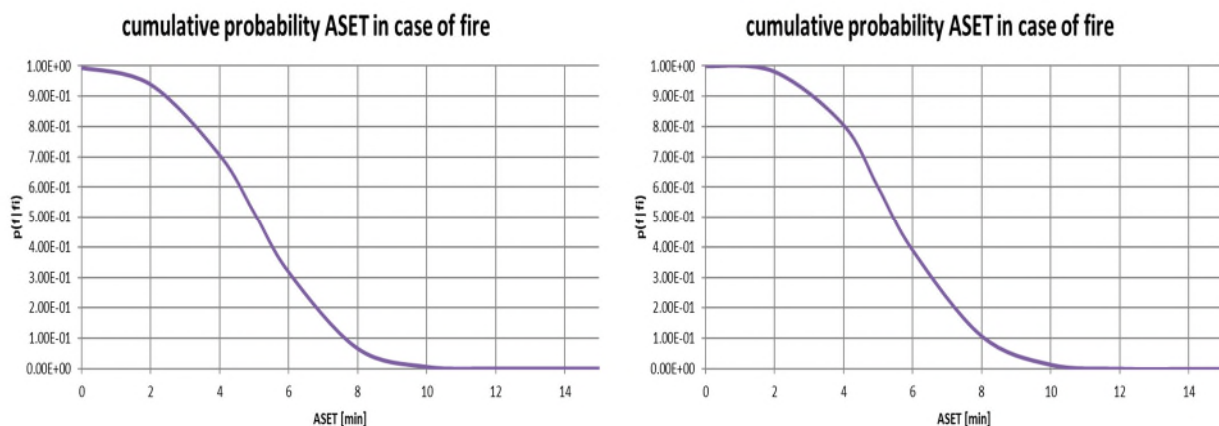
Grootheid	gemiddelde	variatie- coëfficiënt	Standaard afwijking
	AVG	V	SD
Brandvermogensdichtheid [kW/m ²]	250 (standard)	+0,5 -0,3	+125 -75
Tijdconstante [s]	150 (fast)	+0,5 -0,3	+75 -45
Verbrandingswaarde [MJ/kg]	17,5	+0,1 -0,1	+1,75 -1,75
Soot yield [%]	2,6 (referentie)	+0,5 -0,5	+1,3 -1,3
	5,2 (gesprinklerd)	+0,5 -0,5	+2,6 -2,6
CO yield [%]	1,0 (referentie)	+0,5 -0,5	+0,5 -0,5
	10,0 (gesprinklerd)	+0,5 -0,5	+5,0 -5,0
Tijdstip deur open [min]	5	+0,4 -0,4	+2,0 -2,0
Tijdsduur deur open [min]	1	+0,5 -0,5	+0,5 -0,5

(NB: SD = V x AVG)

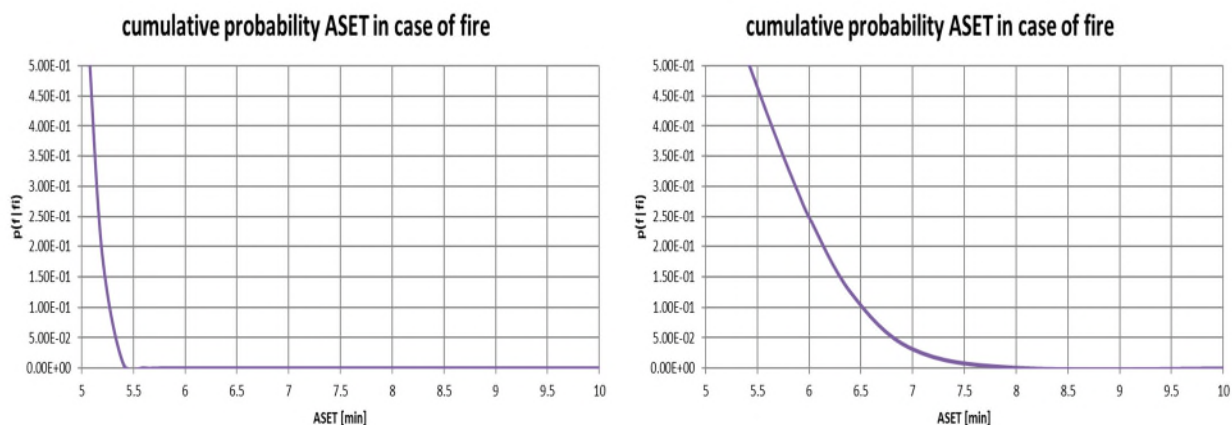
De gevoeligheidsanalyse is voor de ongesprinklerde referentiesituatie en de gespreinklerde situatie in bijlage 3 opgenomen.

Het resultaat is grafisch in een cumulatieve kansverdeling van de ASET weergegeven in figuur 18 voor het criterium gezondheidsschade (zichtlengte > 5 m) in de corridor. De kansverdelingen van de ongesprinklerde en gespreinklerde situatie zijn hierin vrijwel gelijk, de invloed van de sprinklerbeveiliging is dus nihil.

Echter, omdat het tijdstip van openen van de deur van de brandruimte de stochast is met een allesbepalende invloed is in figuur 19 de cumulatieve kansverdeling van de ASET gegeven na openen van de deur van de brandruimte. Dan blijkt de sprinklerbeveiliging enige positieve invloed te hebben, zij het dat die invloed in de praktijk beperkt is.



Figuur 18: Cumulatieve kansverdeling ASET in corridor, criterium gezondheidsschade
(links: ongesprinklerde referentiesituatie; rechts: gesprinklerde situatie)

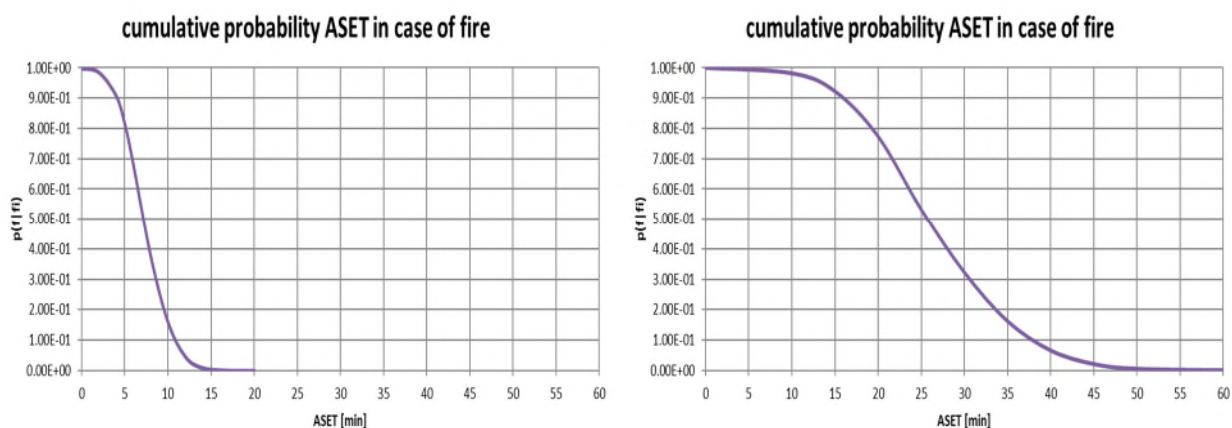


Figuur 19: Cumulatieve kansverdeling ASET in corridor, criterium gezondheidsschade, met vast tijdstip van openen deur brandruimte (5 minuten)
(links: ongesprinklerde referentiesituatie; rechts: gesprinklerde situatie)

Wanneer in plaats van het criterium gezondheidsschade het criterium overleefbaarheid ($\text{CO-dosis} < 35.000 \text{ ppm.min}$) wordt gehanteerd is in de corridor een duidelijk positieve invloed van de sprinklerbeveiliging waarneembaar. Zie hiervoor figuur 20. Wanneer de corridor aan dit criterium wordt getoetst zijn de condities in de gesprinklerde situatie gedurende de totale brandduur acceptabel. Ook in de brandruimte zelf heeft de spinklerbeveiliging een duidelijk positieve invloed op de overleefbaarheid, zie figuur 21.



Figuur 20: Cumulatieve kansverdeling ASET in corridor, criterium overleefbaarheid, met vast tijdstip van openen deur brandruimte (5 minuten)
 (links: ongesprinklerde referentiesituatie; rechts: gesprinklerde situatie)



Figuur 21: Cumulatieve kansverdeling ASET in brandruimte, criterium overleefbaarheid
 (links: ongesprinklerde referentiesituatie; rechts: gesprinklerde situatie)

De beschikbare overlevingstijd ASET in de corridor is in geval van een sprinklerbeveiliging langer dan de brandduur. De ASET in de corridor is in de gesprinklerde situatie daardoor theoretisch oneindig groot. Dat houdt in dat er geen tijdsdruk ligt op de evacuatie, beschouwd op het criterium overleefbaarheid.

De beschikbare overlevingstijd ASET in de brandruimte wordt bij toepassing van een sprinklerbeveiliging met een factor 3,6 (bij 50% betrouwbaarheid) à 4,5 (bij 95% betrouwbaarheid) verbeterd ten opzichte van de ongesprinklerde referentie situatie.

5. Conclusie

In deze rapportage is in opdracht van VEBON-NOVB / EFSN (European Fire Sprinkler Network) voor een aantal kenmerkende casussen de waarde van sprinklerbeveiliging onderzocht voor de vluchtveiligheid van de gebouwgebruikers onder brandcondities. Het onderzoek is beperkt tot de volgende drie casussen, waarin de ongesprinklerde situatie wordt vergeleken met de gesprinklerde situatie:

1. Grote hoge ruimte (gestratificeerde situatie) met winkel-, bijeenkomst- of industriefunctie
2. Grote lage ruimte (opgemengde situatie) met winkel-, bijeenkomst- of industriefunctie
3. Corridorontsluiting met kleine ruimten (opgemengde situatie) met woon- of logiesfunctie

Voor de drie casussen zijn met behulp van het multizone model CFAST de vluchtcondities gesimuleerd in zowel een referentiesituatie zonder sprinklerbeveiliging als een situatie met sprinklerbeveiliging. Uit die vergelijking kan de volgende conclusie worden getrokken, in antwoord op de in 1.1 gestelde onderzoeksvraag:

Een sprinklerbeveiliging vertraagd in alle casussen de verslechtering van de ruimtecondities en heeft daardoor een positief effect op de persoonlijke veiligheid van gebouwgebruikers.

Meer genuanceerd kan worden gesteld, voor het criterium gezondheidsschade (zie hoofdstuk 3):

- In een grote ruimte waarin een gestratificeerde situatie optreedt in geval van brand is door een sprinklerbeveiliging gedurende het hele brandscenario de persoonlijke veiligheid van gebouwgebruikers gegarandeerd. Dankzij de sprinklerbeveiliging ligt er dus geen tijdsdruk op de evacuatie van gebouwgebruikers. Met een gestratificeerde situatie wordt bedoeld dat bovenin de ruimte een rooklaag ontstaat, waaronder een relatief schone en koude zone aanwezig blijft.
- In een grote ruimte waarin een opgemengde situatie optreedt wordt in geval van brand de beschikbare vluchttijd ASET bij toepassing van een sprinklerbeveiliging verbeterd met een factor 1,6 (bij 50% betrouwbaarheid van ASET) à 2,2 (bij 95% betrouwbaarheid van ASET) ten opzichte van de ongesprinklerde referentie situatie. Echter, ook in de gesprinklerde situatie blijft de vluchttijd beperkt en ligt er tijdsdruk op de evacuatie van gebouwgebruikers.
- In een corridorontsluiting neemt de zichtlengte in brandruimte en corridor bij sprinklerbeveiliging weliswaar minder snel af dan in de ongesprinklerde referentie situatie, maar de beschikbare vluchttijd ASET is ook bij toepassing van een sprinklerbeveiliging kort.

De deelconclusie betreffende de corridorontsluiting gaat tegen de heersende opvatting in (Williams et al., 2005, Wieczorek et al., 2010). De oorzaak daarvan ligt in het toetscriterium. Het criterium ter voorkoming van gezondheidsschade is zeer streng. Enige gezondheidsschade wordt doorgaans geaccepteerd. Pas bij ernstige gezondheidsschade worden maatschappelijke grenzen bereikt. Letaliteit

is de meest ernstige vorm van gezondheidsschade. Overleefbaarheid is dus een maatschappelijke voorwaarde.

Wanneer op het criterium overleefbaarheid wordt getoetst kan voor sprinklerbeveiliging in de corridorontsluiting worden gesteld:

- In geval van brand wordt de beschikbare vluchttijd ASET in de brandruimte bij toepassing van een sprinklerbeveiliging met een factor 3,6 (bij 50% betrouwbaarheid van ASET) à 4,5 (bij 95% betrouwbaarheid van ASET) verbeterd ten opzichte van de ongesprinklerde referentie situatie.
- De beschikbare overlevingstijd ASET in de corridor is in geval van een sprinklerbeveiliging langer dan de brandduur. De ASET in de corridor is in de gesprinklerde situatie daardoor theoretisch oneindig groot.

Overigens moet worden opgemerkt dat de hier getrokken conclusies alleen geldig zijn voor de in dit rapport gesimuleerde casussen. Naar verwachting is extrapolatie van de conclusies binnen redelijke grenzen mogelijk.

Als afsluiting van dit onderzoek wordt daarom een excel hulpmiddel ontwikkeld, op basis waarvan de waarde van sprinklerbeveiliging voor grote ruimten en kleine ruimten aan een corridor kan worden afgeschat bij verschillende ruimte-afmetingen.

Nieman Raadgevende Ingenieurs BV,
Zwolle



Ir. Ruud van Herpen FIFireE

Bronnen

European guideline 19 – *Fire safety engineering, concerning evacuation from buildings* – CFPA Europe, Zürich, 2009

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

IFEG – *International fire engineering guidelines* – Australian Government, Canberra, Australia, 2005.

Herpen, R.A.P. van – *Doelgerichte vluchtveiligheid: noodzakelijke marges als gevolg van onzekere randcondities* – Saxion University of applied sciences, Enschede, 2017

Herpen, R.A.P. van, R. Hamerlinck, P.H.E. van de Leur, N. Scholten, A.C.W.M. Vrouwenvelder – *Risicogebaseerde brandveiligheid van draagconstructies* – Nederlands Normalisatie Instituut / Nieman R.I. (Wu040430adA0.rhe), Zwolle, 2014

Kobes, M., N. Oberijé – *Analysemodel vluchtveiligheid, systematische analyse voor vluchtveiligheid uit gebouwen* – Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid, Arnhem, 2010

Peacock, R.D., K.B. McGrattan, G.P. Forney, P.A. Reneke – *CFAST: Consolidated Fire And Smoke Transport (version 7)* – NIST, US, 2017

Quintiere, J.G. - *Principles of Fire Behavior* - Delmar Publishers, Albany, U.S., 1998

Wade, C.A. – *Branzfire Technical Reference Guide* – Building Research Association of New Zealand, 2004

Wade, C.A., M. Spearpoint, K. Tsai, A. Bittern – *Assessing the sprinkler activation predictive capability of the Branzfire Fire Model* – Fire Technology 43, pp 175 – 193, 2007

Wieczorek, C.J., B. Ditch, R.G. Bill – *Environmental impact of automatic fire sprinklers* – FM Global, Norwood, US, 2010

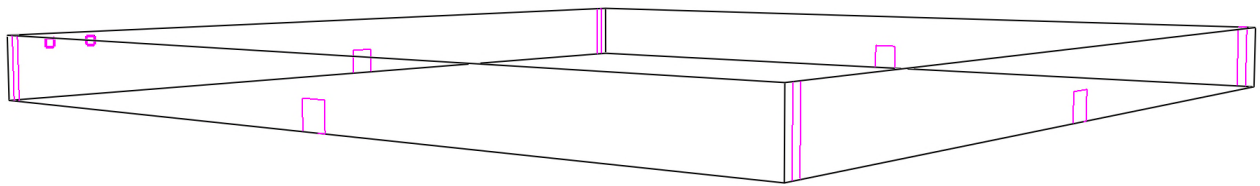
Williams, C., S. Campbell – *Effectiveness of sprinklers in residential premises* – BRE, project 204505, UK, 2005

NB:

NEN-, EN- en ISO-normbladen zijn buiten het overzicht van bronnen gelaten. Waar naar NEN- en EN-normen wordt verwezen, wordt bedoeld de laatst uitgegeven versie, met inbegrip van bijbehorende wijzigingsbladen.

Bijlage 1

Grote hoge ruimte, referentiesituatie



Isometrie (smokeview) van de grote hoge ruimte:

100 m x 100 m x 7 m (l x b x h)

B.1.1. Grote hoge ruimte, referentiesituatie, geen sprinkler

Cfast inputfile grote hoge ruimte, referentiesituatie, geen sprinkler

CFAST

Release Version : CFAST 7.2.3
Revision : CFAST7.2.3-2-gd969295b
Revision Date : Tue Nov 21 15:35:22 2017 -0500
Compilation Date : Tue 11/21/2017 03:35 PM

Data file: I:\Projecten\Nieman\2016\20162025\Gevoelighedsanalyse - Scenario_1\Variant1_1\Variant1_1_Gebouw_7m.in
Title: Variant 1_1 Gebouw 7m

OVERVIEW

Compartments	Doors, ...	Ceil. Vents, ...	MV Connects
1	8	0	2
Simulation Time (s)	Output Interval (s)	Smokeview Interval (s)	Spreadsheet Interval (s)
1800	60	10	10

AMBIENT CONDITIONS

Interior Temperature (C)	Interior Pressure (Pa)	Exterior Temperature (C)	Exterior Pressure (Pa)
20.	101325.	20.	101325.

COMPARTMENTS

Compartment	Name	Width (m)	Depth (m)	Height (m)	Floor Height (m)	Ceiling Height (m)
1	Brandruimte	100.00	100.00	7.00	0.00	7.00

VENT CONNECTIONS

Horizontal Natural Flow Connections (Doors, Windows, ...)

From Compartment	To Compartment	Vent Number	Width (m)	Sill Height (m)	Soffit Height (m)	Open/Close Type	Trigger Value (C/W/m^2)	Target	Initial Time (s)	Initial Fraction	Final Time (s)	Final Fraction
Brandruimte	Outside	1	3.00	0.00	3.00	Time			0.00	1.00	120.00	1.00
Brandruimte	Outside	2	3.00	0.00	3.00	Time			0.00	1.00	120.00	1.00
Brandruimte	Outside	3	3.00	0.00	3.00	Time			0.00	1.00	120.00	1.00
Brandruimte	Outside	4	3.00	0.00	3.00	Time			0.00	1.00	120.00	1.00
Brandruimte	Outside	5	1.00	0.00	7.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte	Outside	6	1.00	0.00	7.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte	Outside	7	1.00	0.00	7.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte	Outside	8	1.00	0.00	7.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00

There are no vertical natural flow connections

FANS

From Compartment	To Compartment	Fan Number	Area (m^2)	Flowrate (m^3/s)	Open/Close Type	Trigger Value (C/W/m^2)	Target	Initial Time (s)	Initial Fraction	Final Time (s)	Final Fraction
Outside	Brandruimte	1	0.00	6.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte	Outside	2	0.00	6.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00

VENT RAMPS

There are no vent opening ramp specifications

THERMAL PROPERTIES

Compartment	Ceiling	Wall	Floor
Brandruimte	CONCRETE	CONCRETE	CONCRETE

Name	Conductivity	Specific Heat	Density	Thickness	Emissivity
CONCRETE	1.75	1.000E+03	2.200E+03	0.150	0.940
DEFAULT	0.120	900.	800.	1.200E-02	0.900

FIRES

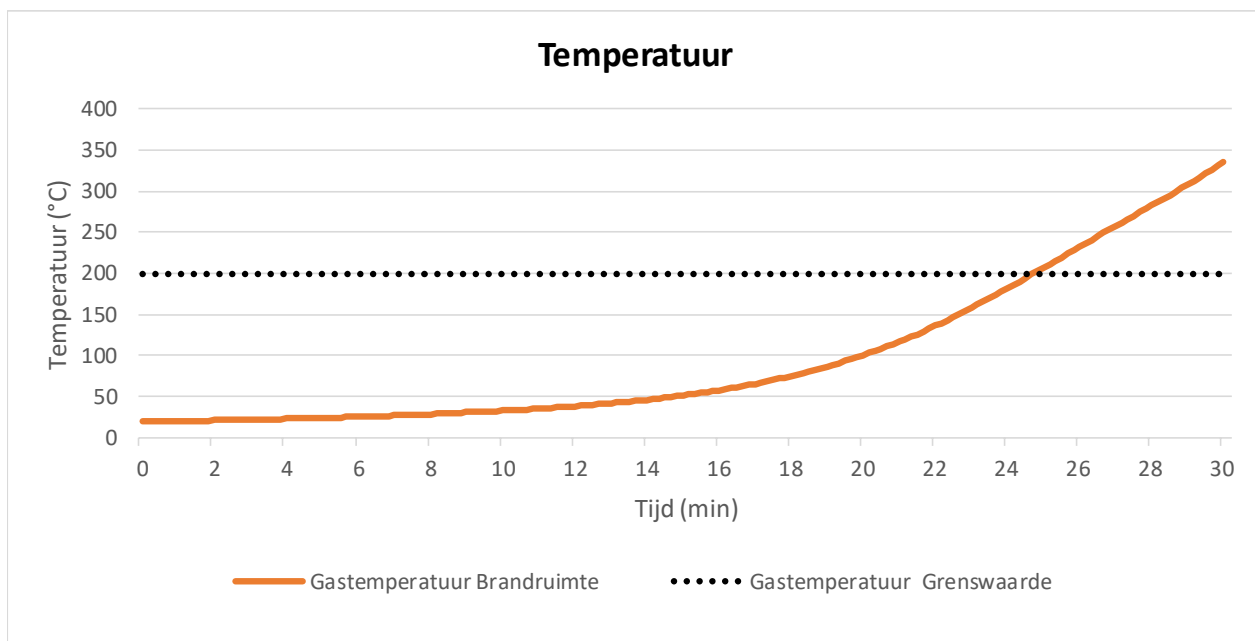
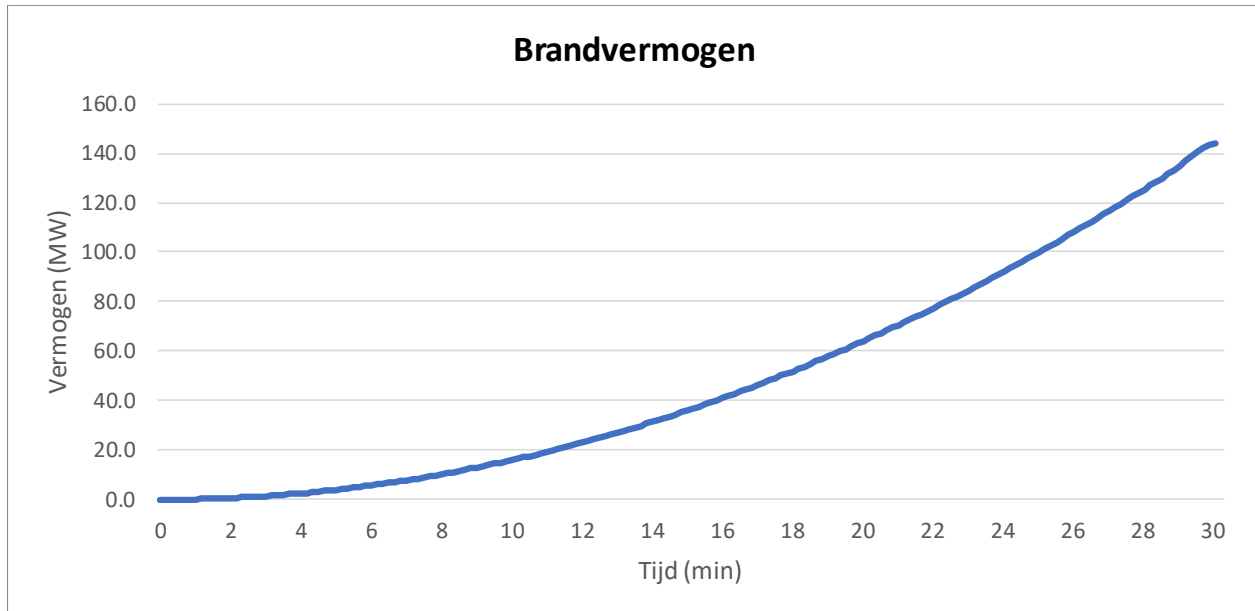
Name: Cellulosebrand Referenced as object # 1 Normal fire

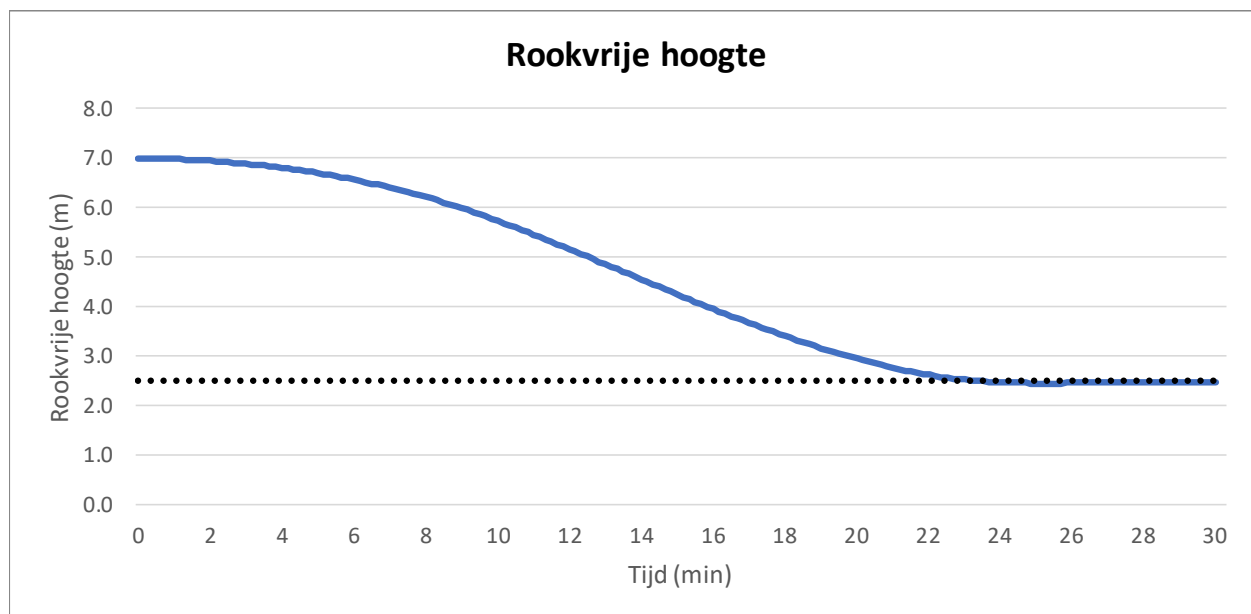
Compartment	Fire Type	Position (x,y,z)			Relative Humidity	Lower O2 Limit	Radiative Fraction
Brandruimte	Constrained	50.00	50.00	1.00	50.0	0.00	0.30

Chemical formula of the fuel				
Carbon	Hydrogen	Oxygen	Nitrogen	Chlorine
4.000	6.000	3.000	0.000	0.000

Time (s)	Mdot (kg/s)	Hcomb (J/kg)	Qdot (W)	Zoffset (m)	Soot (kg/kg)	CO (kg/kg)	HCN (kg/kg)	HCl (kg/kg)	TS (kg/kg)
0.	0.0	1.75E+07	0.0	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
30.	2.29E-03	1.75E+07	4.00E+04	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
60.	9.14E-03	1.75E+07	1.60E+05	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
90.	2.06E-02	1.75E+07	3.60E+05	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
120.	3.66E-02	1.75E+07	6.40E+05	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
150.	5.71E-02	1.75E+07	1.00E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
180.	8.23E-02	1.75E+07	1.44E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
210.	0.11	1.75E+07	1.96E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
240.	0.15	1.75E+07	2.56E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
270.	0.19	1.75E+07	3.24E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
300.	0.23	1.75E+07	4.00E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
330.	0.28	1.75E+07	4.84E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
360.	0.33	1.75E+07	5.76E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
390.	0.39	1.75E+07	6.76E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
420.	0.45	1.75E+07	7.84E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
450.	0.51	1.75E+07	9.00E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
480.	0.59	1.75E+07	1.02E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
510.	0.66	1.75E+07	1.16E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
540.	0.74	1.75E+07	1.30E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
570.	0.83	1.75E+07	1.44E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
600.	0.91	1.75E+07	1.60E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
630.	1.0	1.75E+07	1.76E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
660.	1.1	1.75E+07	1.94E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
690.	1.2	1.75E+07	2.12E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
720.	1.3	1.75E+07	2.30E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
750.	1.4	1.75E+07	2.50E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
780.	1.5	1.75E+07	2.70E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
810.	1.7	1.75E+07	2.92E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
840.	1.8	1.75E+07	3.14E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
870.	1.9	1.75E+07	3.36E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
900.	2.1	1.75E+07	3.60E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
930.	2.2	1.75E+07	3.84E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
960.	2.3	1.75E+07	4.10E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
990.	2.5	1.75E+07	4.36E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1020.	2.6	1.75E+07	4.62E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1050.	2.8	1.75E+07	4.90E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1080.	3.0	1.75E+07	5.18E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1110.	3.1	1.75E+07	5.48E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1140.	3.3	1.75E+07	5.78E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1170.	3.5	1.75E+07	6.08E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1200.	3.7	1.75E+07	6.40E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1230.	3.8	1.75E+07	6.72E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1260.	4.0	1.75E+07	7.06E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1290.	4.2	1.75E+07	7.40E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1320.	4.4	1.75E+07	7.74E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1350.	4.6	1.75E+07	8.10E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1380.	4.8	1.75E+07	8.46E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1410.	5.0	1.75E+07	8.84E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1440.	5.3	1.75E+07	9.22E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1470.	5.5	1.75E+07	9.60E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1500.	5.7	1.75E+07	1.00E+08	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1530.	5.9	1.75E+07	1.04E+08	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1560.	6.2	1.75E+07	1.08E+08	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1590.	6.4	1.75E+07	1.12E+08	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1620.	6.7	1.75E+07	1.17E+08	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1650.	6.9	1.75E+07	1.21E+08	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1680.	7.2	1.75E+07	1.25E+08	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1710.	7.4	1.75E+07	1.30E+08	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1740.	7.7	1.75E+07	1.35E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1770.	8.0	1.75E+07	1.41E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1800.	8.2	1.75E+07	1.44E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0

Grote hoge ruimte, referentiesituatie, geen sprinkler





B.1.2. Grote hoge ruimte, referentiesituatie, sprinklerbeveiliging

Cfast inputfile grote hoge ruimte, referentiesituatie, met sprinklerbeveiliging

CFAST

Release Version : CFAST 7.2.3
Revision : CFAST7.2.3-2-gd969295b
Revision Date : Tue Nov 21 15:35:22 2017 -0500
Compilation Date : Tue 11/21/2017 03:35 PM
Data file: I:\Projecten\Nieman\2016\20162025\Gevoeligheidsanalyse - Scenario_1\Variant1_2\Variant1_2_Gebouw_7m.in
Title: Variant1_2_Gebouw_7m

OVERVIEW

Compartments	Doors, ...	Ceil. Vents, ...	MV Connects
1	8	0	2
Simulation Time (s)	Output Interval (s)	Smokeview Interval (s)	Spreadsheet Interval (s)
1800	60	10	10

AMBIENT CONDITIONS

Interior Temperature (C)	Interior Pressure (Pa)	Exterior Temperature (C)	Exterior Pressure (Pa)
20.	101325.	20.	101325.

COMPARTMENTS

Compartment	Name	Width (m)	Depth (m)	Height (m)	Floor Height (m)	Ceiling Height (m)
1	Brandruimte	100.00	100.00	7.00	0.00	7.00

VENT CONNECTIONS

Horizontal Natural Flow Connections (Doors, Windows, ...)

From Compartment	To Compartment	Vent Number	Width (m)	Sill Height (m)	Soffit Height (m)	Open/Close Type (m)	Trigger Value (C/W/m^2)	Target	Initial Time (s)	Initial Fraction	Final Time (s)	Final Fraction
Brandruimte	Outside	1	3.00	0.00	3.00	Time			0.00	1.00	120.00	1.00
Brandruimte	Outside	2	3.00	0.00	3.00	Time			0.00	1.00	120.00	1.00
Brandruimte	Outside	3	3.00	0.00	3.00	Time			0.00	1.00	120.00	1.00
Brandruimte	Outside	4	3.00	0.00	3.00	Time			0.00	1.00	120.00	1.00
Brandruimte	Outside	5	1.00	0.00	7.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte	Outside	6	1.00	0.00	7.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte	Outside	7	1.00	0.00	7.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte	Outside	8	1.00	0.00	7.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00

There are no vertical natural flow connections

FANS

From Compartment	To Compartment	Fan Number	Area (m^2)	Flowrate (m^3/s)	Open/Close Type	Trigger Value (C/W/m^2)	Target	Initial Time (s)	Initial Fraction	Final Time (s)	Final Fraction
Outside	Brandruimte	1	0.00	6.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte	Outside	2	0.00	6.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00

VENT RAMPS

There are no vent opening ramp specifications

THERMAL PROPERTIES

Compartment	Ceiling	Wall	Floor		
Brandruimte	CONCRETE	CONCRETE	CONCRETE		
Name	Conductivity	Specific Heat	Density	Thickness	Emissivity
CONCRETE	1.75	1.000E+03	2.200E+03	0.150	0.940
DEFAULT	0.120	900.	800.	1.200E-02	0.900

FIRES

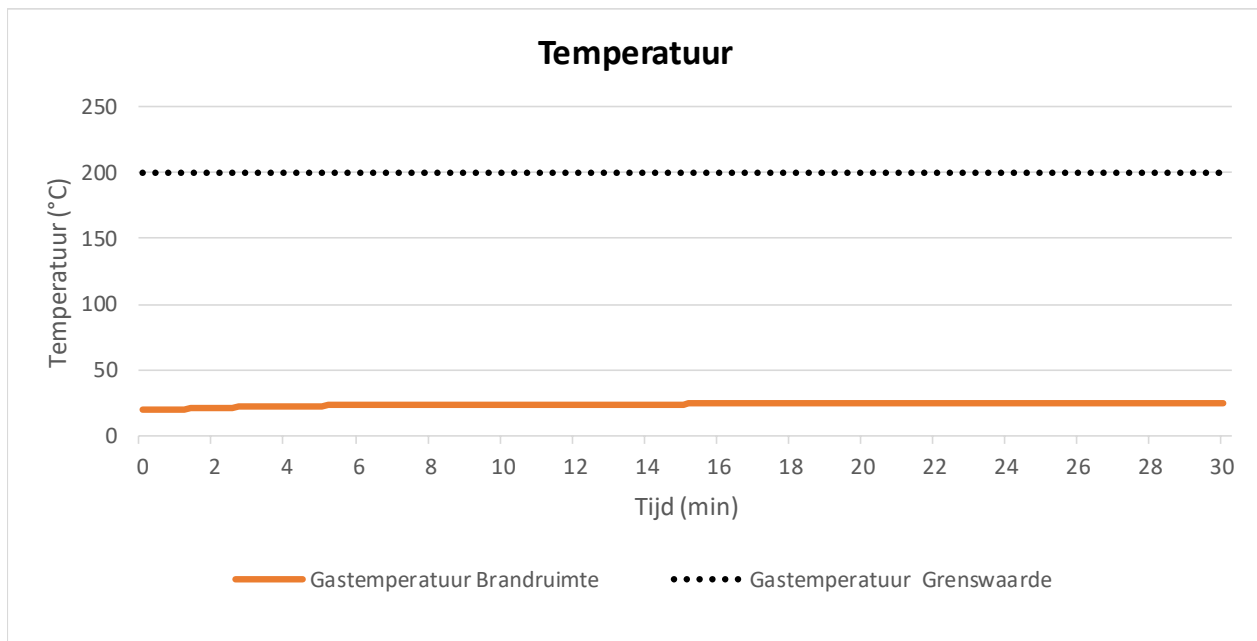
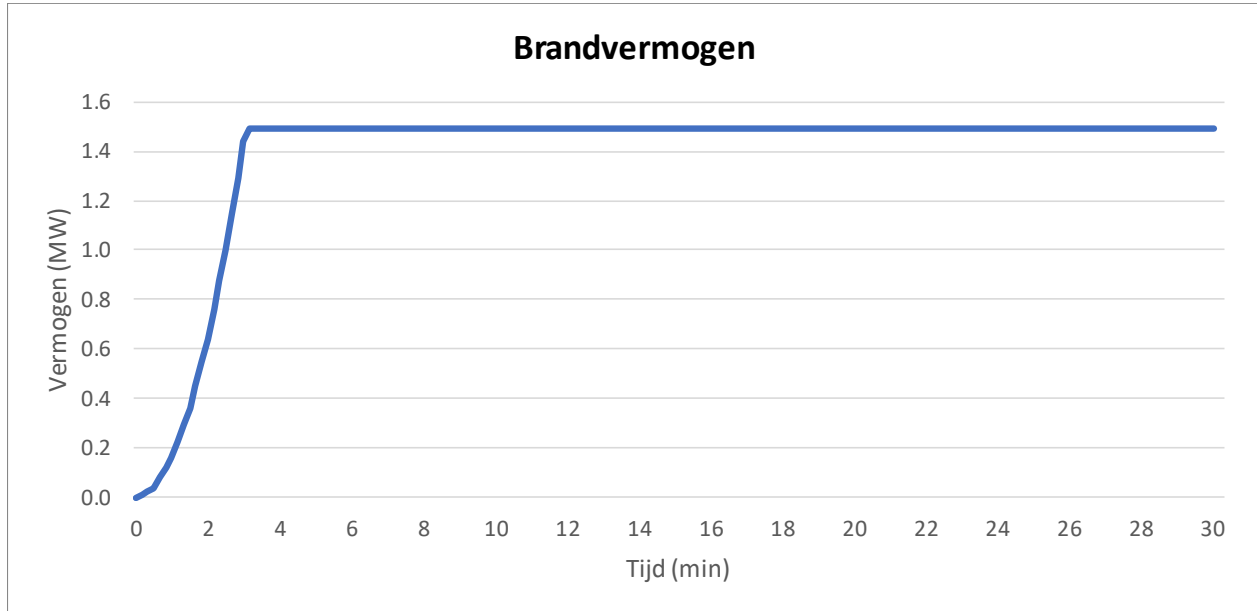
Name: Cellulosebrand Referenced as object # 1 Normal fire

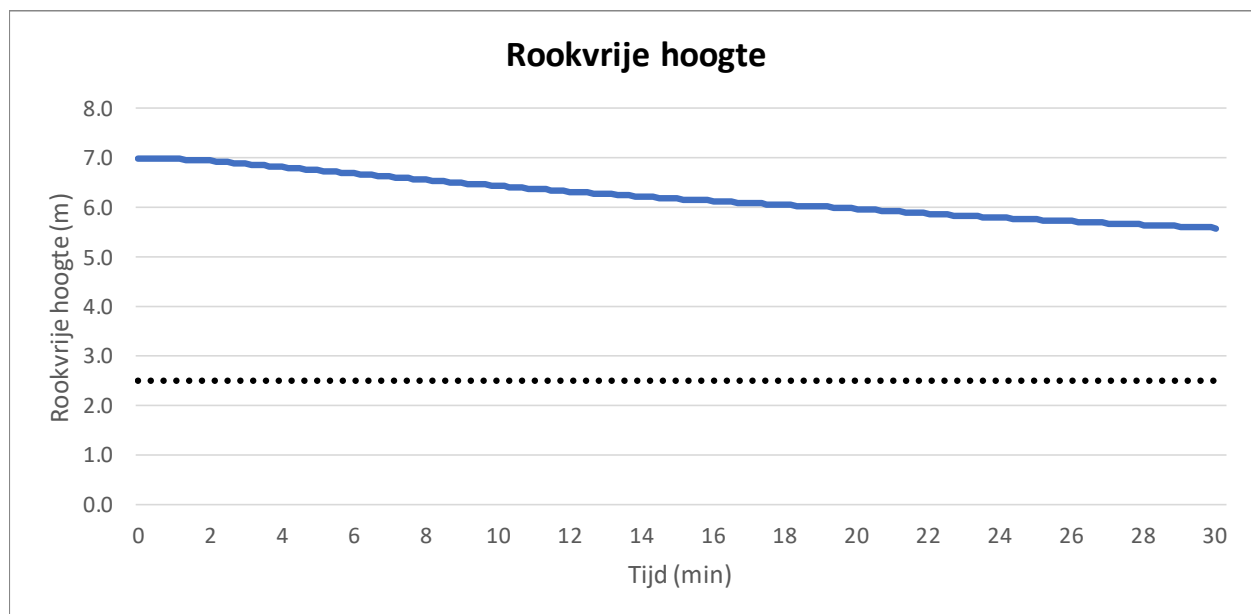
Compartment	Fire Type	Position (x,y,z)			Relative Humidity	Lower O2 Limit	Radiative Fraction
Brandruimte	Constrained	50.00	50.00	1.00	50.0	0.00	0.30

Chemical formula of the fuel	Carbon	Hydrogen	Oxygen	Nitrogen	Chlorine
	4.000	6.000	3.000	0.000	0.000

Time (s)	Mdot (kg/s)	Hcomb (J/kg)	Qdot (W)	Zoffset (m)	Soot (kg/kg)	CO (kg/kg)	HCN (kg/kg)	HCl (kg/kg)	TS (kg/kg)
0.	0.0	1.75E+07	0.0	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
30.	2.29E-03	1.75E+07	4.00E+04	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
60.	9.14E-03	1.75E+07	1.60E+05	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
90.	2.06E-02	1.75E+07	3.60E+05	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
120.	3.66E-02	1.75E+07	6.40E+05	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
150.	5.71E-02	1.75E+07	1.00E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
180.	8.23E-02	1.75E+07	1.44E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
183.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
210.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
240.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
270.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
300.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
330.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
360.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
390.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
420.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
450.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
480.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
510.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
540.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
570.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
600.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
630.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
660.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
690.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
720.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
750.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
780.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
810.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
840.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
870.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
900.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
930.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
960.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
990.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1020.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1050.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1080.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1110.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1140.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1170.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1200.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1230.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1260.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1290.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1320.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1350.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1380.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1410.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1440.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1470.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1500.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1530.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1560.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1590.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1620.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1650.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1680.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1710.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1740.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1770.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1800.	8.51E-02	1.75E+07	1.49E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0

Grote hoge ruimte, referentiesituatie, met sprinklerbeveiliging





B.1.3. Grote hoge ruimte, gevoeligheidsanalyses

Cfast simulaties grote hoge ruimte.

De gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd voor het criterium gezondheidsschade op de onderstaande stochastische randcondities:

- Brandvermogensdichtheid [kW/m^2]
- Tijdconstante voor branduitbreiding [s]
- Verbrandingswaarde brandstof [MJ/kg]
- Brandhoogte t.o.v. vloer [m]

De invloed van variatie van elke stochast op de ASET is bepaald in Cfast en vervolgens probabilistisch uitgewerkt, waarbij de totale variantie de som van de deelvarianties van alle stochasten is. De daaruit volgende gemiddelde waarde en standaard afwijking in de ASET is normaal verdeeld verondersteld, op basis van de centrale limietstelling.

De navolgende pagina's geven het rekenkundige resultaat van de probabilistische uitwerking van de ongesprinklerde grote hoge ruimte. Bij de gesprinklerde hoge ruimte is de ASET in alle variaties zo groot dat dat buiten de simulatieduur valt. Een rekenkundige probabilistische uitwerking is daardoor niet mogelijk, maar ingeschat door extrapolatie.

De kans op gezondheidsschade in de grote hoge ruimte ten gevolge van brand, afhankelijk van de verblijfsduur, is in onderstaande tabel samengevat:

Tijd na ontstaan brand [min]	ongesprinklerd [%]	gesprinklerd [%]
1	0	0
5	2	1
10	7	1
30	66	1
60	99	3

PROBABILISTISCHE BEREKENING GROTE HOGE RUIMTE
BESCHIKBARE TIJD VOOR VLUCHTEN

ASET

Casus: Ongesprinklerd
Toets: Rookvrije hoogte > 2,5 m

variantenstudie
randcondities

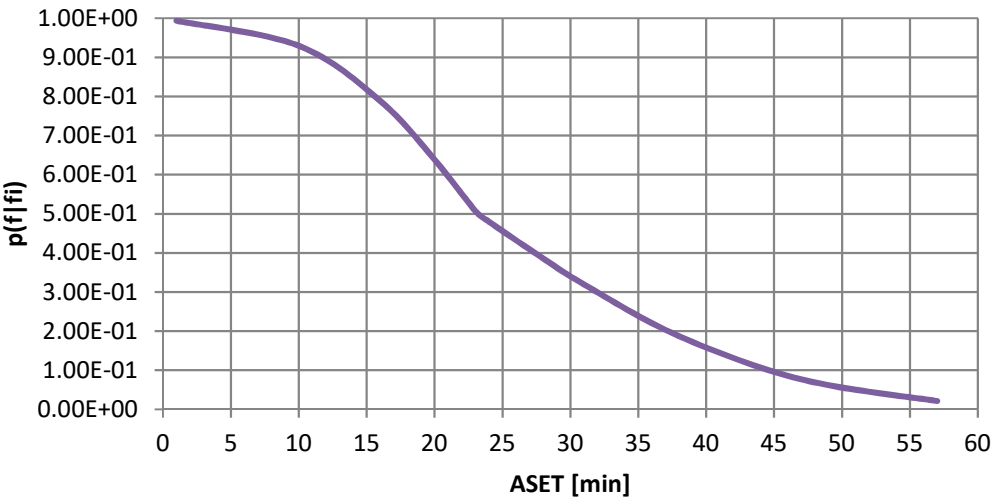
RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ²
RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ³
tc	tijdconstante	s
tc	tijdconstante	s
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg
hbron	bronhoogte	m
hbron	bronhoogte	m

deterministisch	
gemiddeld x	ASET t [min]
500	
500	
150	
150	
17.5	
17.5	
1	
1	
ASET	23.17

gevoeligheidsanalyse			
variatie V	st. deviatie s	variant x + dx	ASET t [min]
-0.33	-165	335	18.83
0.50	250	750	31.67
-0.33	-49.5	100.5	16.67
0.50	75	225	31.33
-0.10	-1.75	15.75	23.00
0.10	1.75	19.25	23.33
-1.00	-1	0	18.83
1.00	1	2	35.00

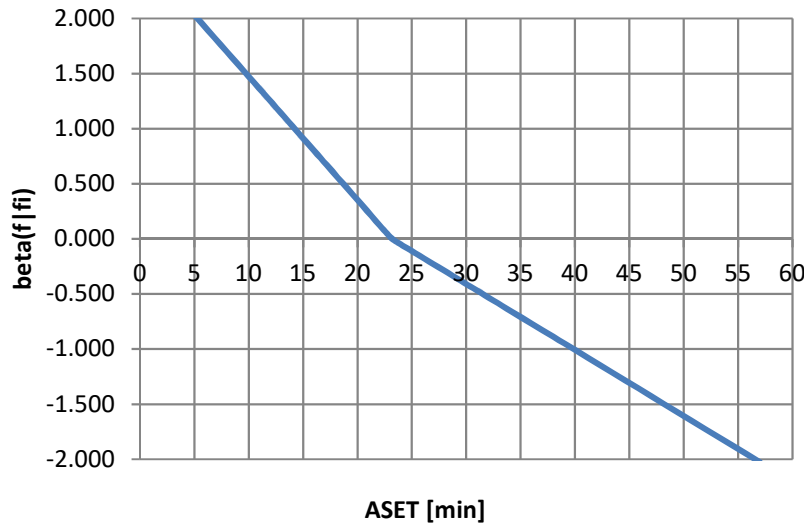
standaardafwijking			
dt/dx	s·dt/dx	(s·dt/dx) ² specifieke variantie	
0.03	-4.33	18.78	72.25
0.03	8.50		
0.13	-6.50	42.25	
0.11	8.17		66.69
0.10	-0.17	0.03	0.03
0.10	0.17		
4.33	-4.33	18.78	
11.83	11.83		140.03
variantie(t) =		79.833	279.000
s(t) =		8.935	16.703

cumulative probability ASET in case of
fire



betrouwbaarheid en faalkans (overschrijding)			
t [min]	s(t)	beta(f fi)	p(f fi)
1	8.93495	2.481	9.93E-01
10	8.93495	1.474	9.30E-01
16	8.93495	0.802	7.89E-01
20	8.93495	0.354	6.38E-01
23	8.93495	0.019	5.07E-01
24	16.70329	-0.050	4.80E-01
27	16.70329	-0.229	4.09E-01
31	16.70329	-0.469	3.20E-01
38	16.70329	-0.888	1.87E-01
47	16.70329	-1.427	7.68E-02
57	16.70329	-2.026	2.14E-02

reliability index



PROBABILISTISCHE BEREKENING GROTE HOGE RUIMTE
BESCHIKBARE TIJD VOOR VLUCHTEN

ASET

Casus: Ongesprinklerd
Toets: Temperatuur < 200 °C

variantenstudie
randcondities

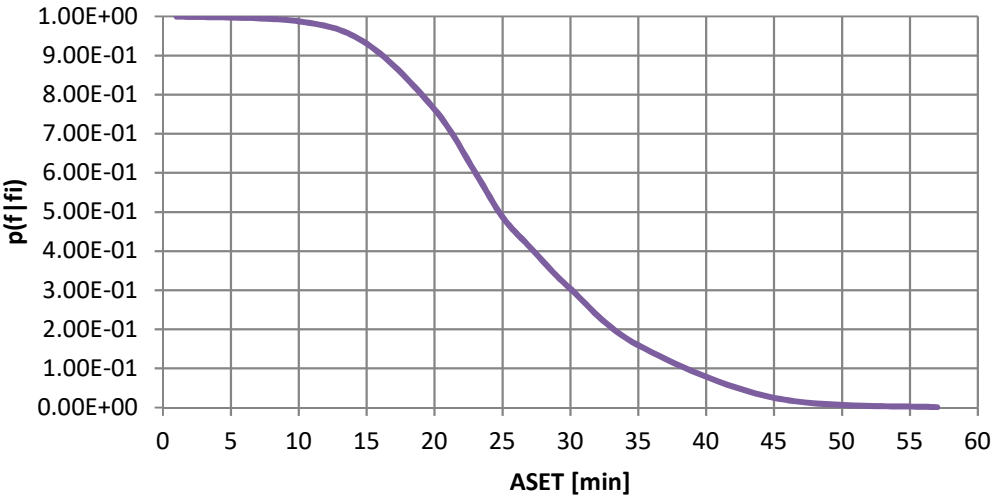
RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ²
RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ³
tc	tijdconstante	s
tc	tijdconstante	s
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg
hbron	bronhoogte	m
hbron	bronhoogte	m

deterministisch	
gemiddeld x	ASET t [min]
500	
500	
150	
150	
17.5	
17.5	
1	
1	
ASET	24.67

gevoeligheidsanalyse			
variatie V	st. deviatie s	variant x + dx	ASET t [min]
-0.33	-165	335	25.00
0.50	250	750	24.50
-0.33	-49.5	100.5	18.17
0.50	75	225	35.00
-0.10	-1.75	15.75	24.67
0.10	1.75	19.25	24.83
-1.00	-1	0	25.33
1.00	1	2	24.00

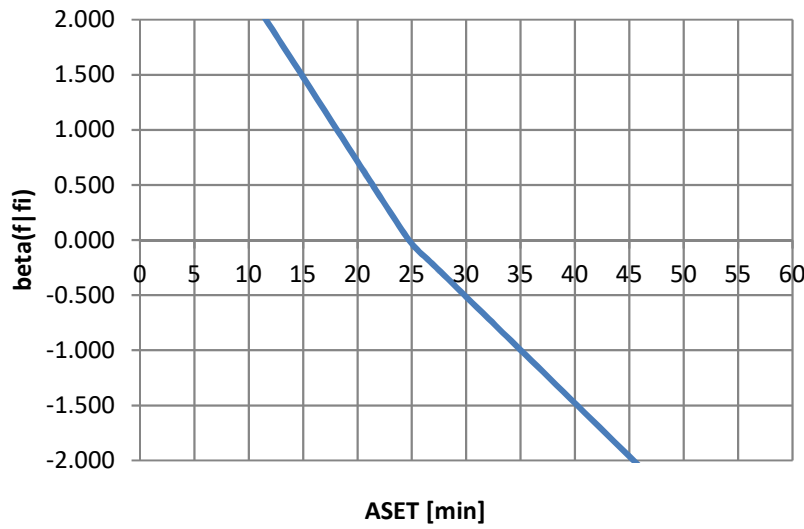
standaardafwijking			
dt/dx	s·dt/dx	(s·dt/dx) ² specifieke variantie	
0.00	0.33	0.03 42.25	0.11
0.00	-0.17		106.78
0.13	-6.50		
0.14	10.33		
0.00	0.00	0.03 0.44	0.03
0.10	0.17		0.44
-0.67	0.67		
-0.67	-0.67		
variantie(t) =		42.722	107.361
s(t) =		6.536	10.362

cumulative probability ASET in case of
fire



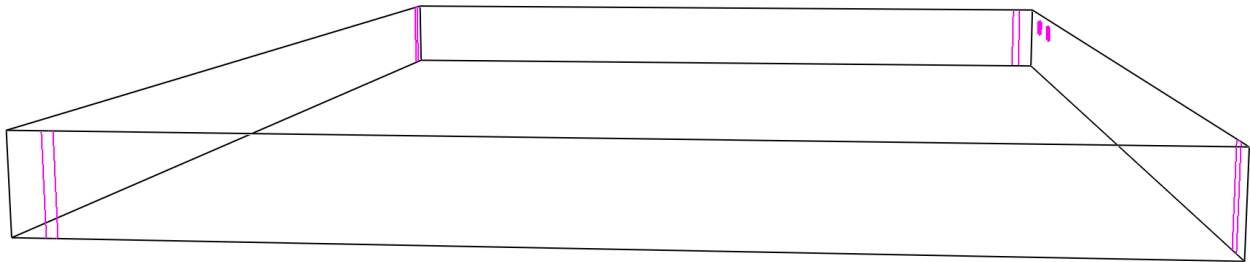
betrouwbaarheid en faalkans (overschrijding)			
t [min]	s(t)	beta(f fi)	p(f fi)
1	6.53622	3.621	1.00E+00
10	6.53622	2.244	9.88E-01
15	6.53622	1.479	9.30E-01
20	6.53622	0.714	7.62E-01
23	6.53622	0.255	6.01E-01
25	10.36152	-0.032	4.87E-01
27	10.36152	-0.225	4.11E-01
30	10.36152	-0.515	3.03E-01
35	10.36152	-0.997	1.59E-01
45	10.36152	-1.962	2.49E-02
57	10.36152	-3.121	9.03E-04

reliability index



Bijlage 2

Grote lage ruimte, referentiesituatie



Isometrie (smokeview) van de grote hoge ruimte:

70 m x 50 m x 4,5 m (l x b x h)

B.2.1. Grote lage ruimte, referentiesituatie, geen sprinkler

Cfast inputfile grote lage ruimte, referentiesituatie, geen sprinkler

CFAST

Release Version : CFAST 7.2.3
Revision : CFAST7.2.3-2-gd969295b
Revision Date : Tue Nov 21 15:35:22 2017 -0500
Compilation Date : Tue 11/21/2017 03:35 PM

Data file: \\10.242.1.85\Projecten\Nieman\2016\20162025\Gevoelighedsanalyse - Scenario_2\Variant2_1\Variant 2_1 Grote lage ruimte.in
Title: Variant 2_1 Grote lage ruimte

OVERVIEW

Compartments	Doors, ...	Ceil. Vents, ...	MV Connects
1	4	0	2
Simulation Time (s)	Output Interval (s)	Smokeview Interval (s)	Spreadsheet Interval (s)
1800	60	10	10

AMBIENT CONDITIONS

Interior Temperature (C)	Interior Pressure (Pa)	Exterior Temperature (C)	Exterior Pressure (Pa)
20.	101325.	20.	101325.

COMPARTMENTS

Compartment	Name	Width (m)	Depth (m)	Height (m)	Floor Height (m)	Ceiling Height (m)
1	Brandruimte	50.00	70.00	4.50	0.00	4.50

VENT CONNECTIONS

Horizontal Natural Flow Connections (Doors, Windows, ...)

From Compartment	To Compartment	Vent Number	Width (m)	Sill Height (m)	Soffit Height (m)	Open/Close Type	Trigger Value (C/W/m^2)	Target	Initial Time (s)	Initial Fraction	Final Time (s)	Final Fraction
Brandruimte	Outside	1	0.50	0.00	4.50	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte	Outside	2	0.70	0.00	4.50	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte	Outside	3	0.50	0.00	4.50	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte	Outside	4	0.70	0.00	4.50	Time			0.00	1.00	0.00	1.00

There are no vertical natural flow connections

FANS

From Compartment	To Compartment	Fan Number	Area (m^2)	Flowrate (m^3/s)	Open/Close Type	Trigger Value (C/W/m^2)	Target	Initial Time (s)	Initial Fraction	Final Time (s)	Final Fraction
Outside	Brandruimte	1	0.00	3.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte	Outside	2	0.00	3.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00

VENT RAMPS

There are no vent opening ramp specifications

THERMAL PROPERTIES

Compartment	Ceiling	Wall	Floor
Brandruimte	CONCRETE	CONCRETE	CONCRETE

Name	Conductivity	Specific Heat	Density	Thickness	Emissivity
CONCRETE	1.75	1.000E+03	2.200E+03	0.150	0.940
DEFAULT	0.120	900.	800.	1.200E-02	0.900

FIRES

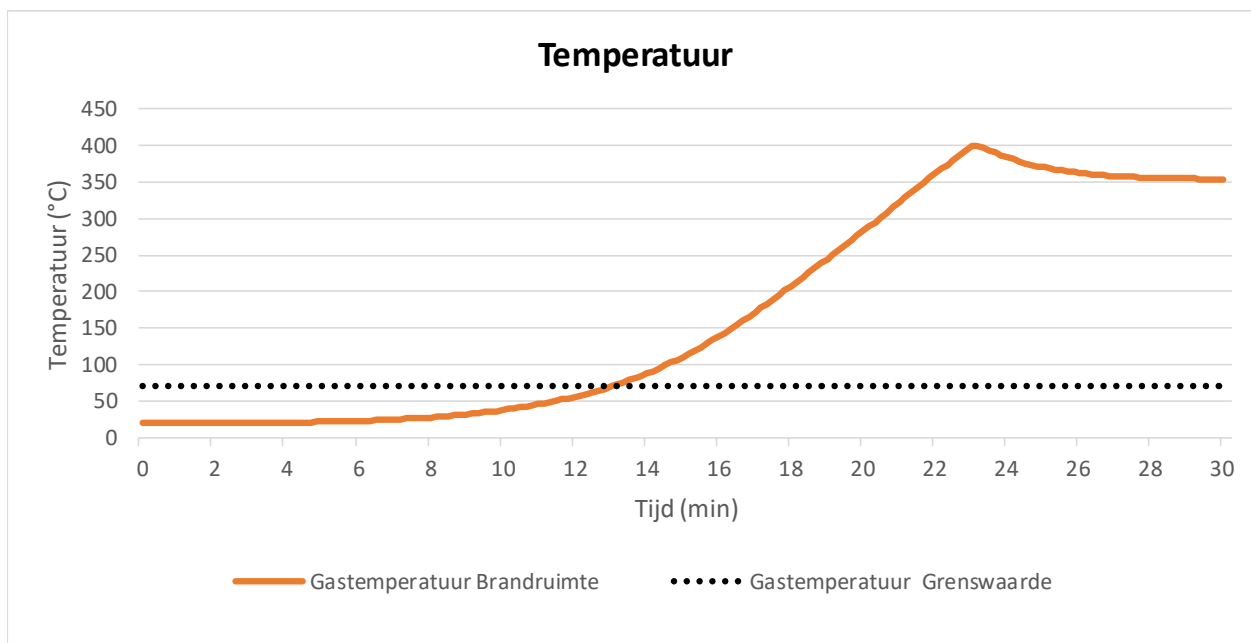
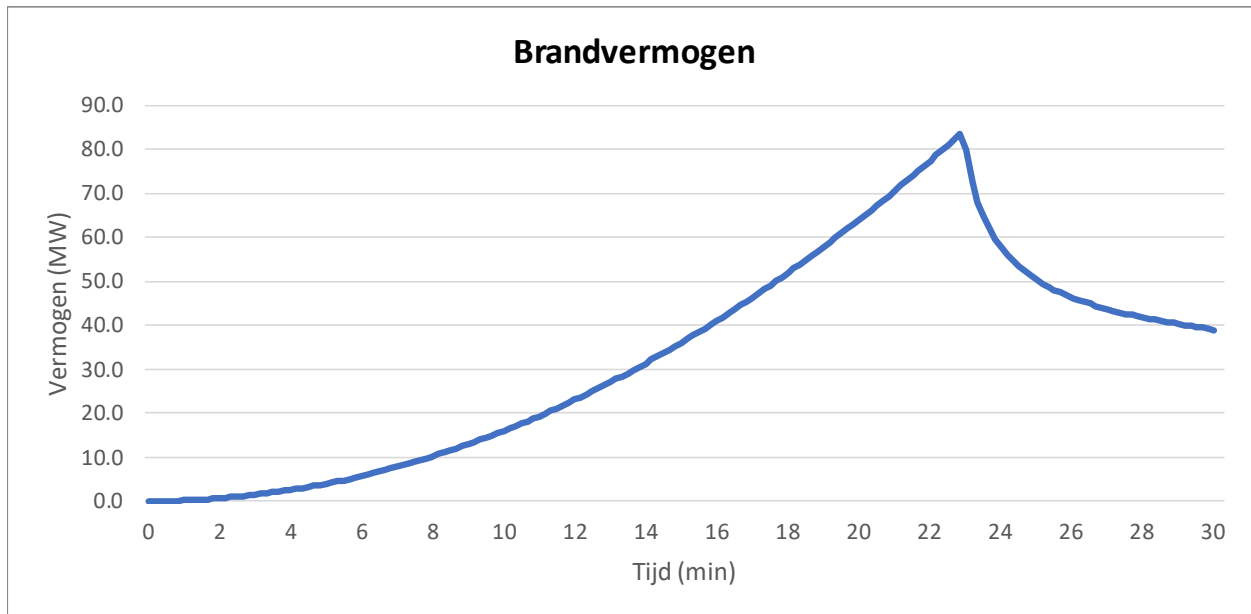
Name: Cellulosebrand Referenced as object # 1 Normal fire

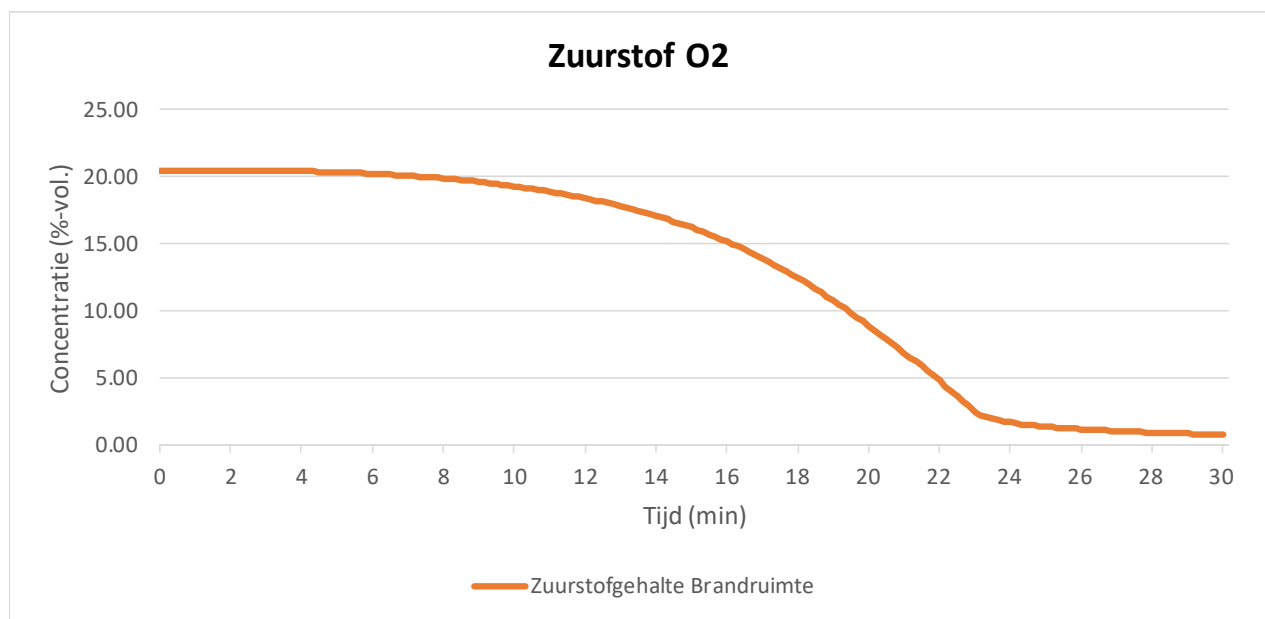
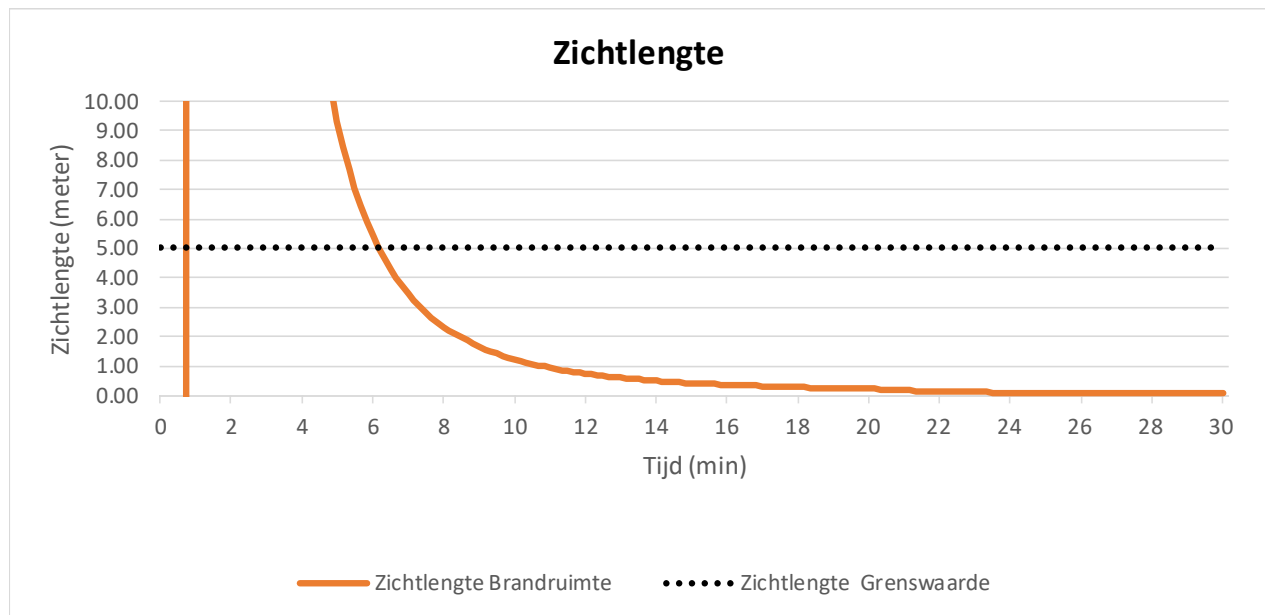
Compartment	Fire Type	Position (x,y,z)			Relative Humidity	Lower O2 Limit	Radiative Fraction
Brandruimte	Constrained	25.00	35.00	1.00	50.0	0.00	0.30

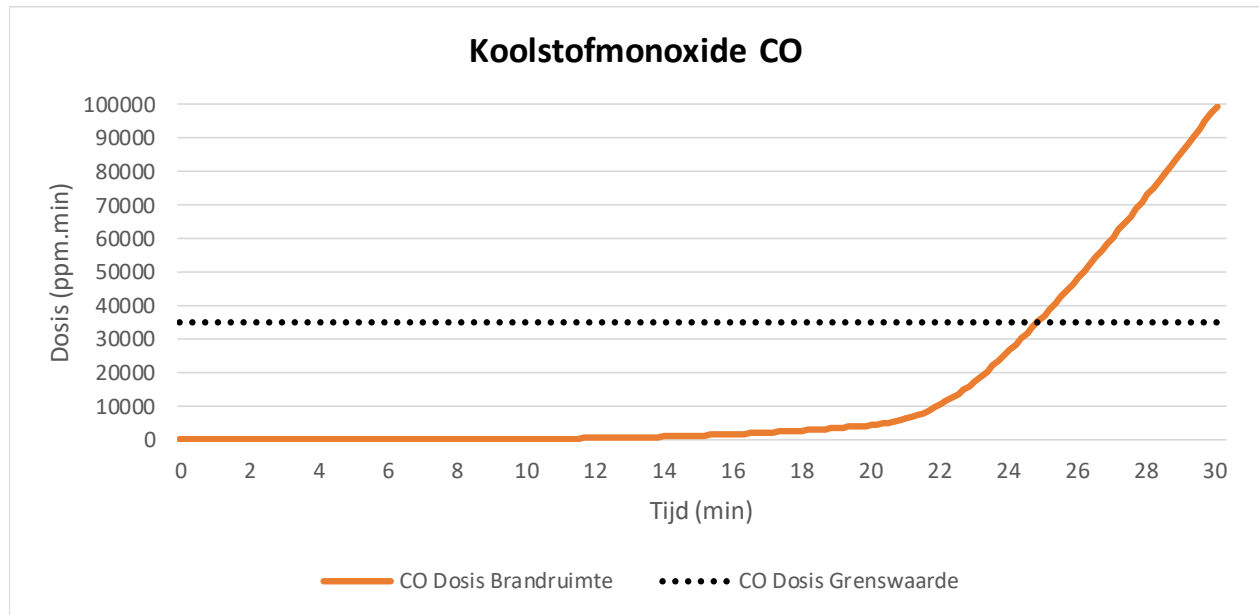
Chemical formula of the fuel				
Carbon	Hydrogen	Oxygen	Nitrogen	Chlorine
4.000	6.000	3.000	0.000	0.000

Time (s)	Mdot (kg/s)	Hcomb (J/kg)	Qdot (W)	Zoffset (m)	Soot (kg/kg)	CO (kg/kg)	HCN (kg/kg)	HCl (kg/kg)	TS (kg/kg)
0.	0.0	1.75E+07	0.0	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
30.	2.29E-03	1.75E+07	4.00E+04	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
60.	9.14E-03	1.75E+07	1.60E+05	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
90.	2.06E-02	1.75E+07	3.60E+05	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
120.	3.66E-02	1.75E+07	6.40E+05	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
150.	5.71E-02	1.75E+07	1.00E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
180.	8.23E-02	1.75E+07	1.44E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
210.	0.11	1.75E+07	1.96E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
240.	0.15	1.75E+07	2.56E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
270.	0.19	1.75E+07	3.24E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
300.	0.23	1.75E+07	4.00E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
330.	0.28	1.75E+07	4.84E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
360.	0.33	1.75E+07	5.76E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
390.	0.39	1.75E+07	6.76E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
420.	0.45	1.75E+07	7.84E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
450.	0.51	1.75E+07	9.00E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
480.	0.59	1.75E+07	1.02E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
510.	0.66	1.75E+07	1.16E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
540.	0.74	1.75E+07	1.30E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
570.	0.83	1.75E+07	1.44E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
600.	0.91	1.75E+07	1.60E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
630.	1.0	1.75E+07	1.76E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
660.	1.1	1.75E+07	1.94E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
690.	1.2	1.75E+07	2.12E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
720.	1.3	1.75E+07	2.30E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
750.	1.4	1.75E+07	2.50E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
780.	1.5	1.75E+07	2.70E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
810.	1.7	1.75E+07	2.92E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
840.	1.8	1.75E+07	3.14E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
870.	1.9	1.75E+07	3.36E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
900.	2.1	1.75E+07	3.60E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
930.	2.2	1.75E+07	3.84E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
960.	2.3	1.75E+07	4.10E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
990.	2.5	1.75E+07	4.36E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1020.	2.6	1.75E+07	4.62E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1050.	2.8	1.75E+07	4.90E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1080.	3.0	1.75E+07	5.18E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1110.	3.1	1.75E+07	5.48E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1140.	3.3	1.75E+07	5.78E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1170.	3.5	1.75E+07	6.08E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1200.	3.7	1.75E+07	6.40E+07	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
1230.	3.8	1.75E+07	6.72E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1260.	4.0	1.75E+07	7.06E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1290.	4.2	1.75E+07	7.40E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1320.	4.4	1.75E+07	7.74E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1350.	4.6	1.75E+07	8.10E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1380.	4.8	1.75E+07	8.46E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1410.	5.0	1.75E+07	8.84E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1440.	5.3	1.75E+07	9.22E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1470.	5.5	1.75E+07	9.60E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1500.	5.7	1.75E+07	1.00E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1530.	5.9	1.75E+07	1.04E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1560.	6.2	1.75E+07	1.08E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1590.	6.4	1.75E+07	1.12E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1620.	6.7	1.75E+07	1.17E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1650.	6.9	1.75E+07	1.21E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1680.	7.2	1.75E+07	1.25E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1710.	7.4	1.75E+07	1.30E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1740.	7.7	1.75E+07	1.35E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1770.	8.0	1.75E+07	1.39E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1800.	8.2	1.75E+07	1.44E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0

Grote lage ruimte, referentiesituatie, geen sprinkler







B.2.2. Grote lage ruimte, referentiesituatie, sprinklerbeveiliging

Cfast inputfile grote lage ruimte, referentiesituatie, met sprinklerbeveiliging

CFAST

Release Version : CFAST 7.2.3
Revision : CFAST7.2.3-2-gd969295b
Revision Date : Tue Nov 21 15:35:22 2017 -0500
Compilation Date : Tue 11/21/2017 03:35 PM

Data file: \\10.242.1.85\Projecten\Nieman\2016\20162025\Gevoelighedsanalyse - Scenario_2\Variant2_2\Variant 2_2 Grote lage ruimte.in
Title: Variant 2_2 Grote lage ruimte

OVERVIEW

Compartments	Doors, ...	Ceil. Vents, ...	MV Connects
1	4	0	2
Simulation Time (s)	Output Interval (s)	Smokeview Interval (s)	Spreadsheet Interval (s)
1800	60	10	10

AMBIENT CONDITIONS

Interior Temperature (C)	Interior Pressure (Pa)	Exterior Temperature (C)	Exterior Pressure (Pa)
20.	101325.	20.	101325.

COMPARTMENTS

Compartment	Name	Width (m)	Depth (m)	Height (m)	Floor Height (m)	Ceiling Height (m)
1	Brandruimte	50.00	70.00	4.50	0.00	4.50

VENT CONNECTIONS

Horizontal Natural Flow Connections (Doors, Windows, ...)

From Compartment	To Compartment	Vent Number	Width (m)	Sill Height (m)	Soffit Height (m)	Open/Close Type	Trigger Value (C/W/m^2)	Target	Initial Time (s)	Initial Fraction	Final Time (s)	Final Fraction
Brandruimte	Outside	1	0.50	0.00	4.50	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte	Outside	2	0.70	0.00	4.50	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte	Outside	3	0.50	0.00	4.50	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte	Outside	4	0.70	0.00	4.50	Time			0.00	1.00	0.00	1.00

There are no vertical natural flow connections

FANS

From Compartment	To Compartment	Fan Number	Area (m^2)	Flowrate (m^3/s)	Open/Close Type	Trigger Value (C/W/m^2)	Target	Initial Time (s)	Initial Fraction	Final Time (s)	Final Fraction
Outside	Brandruimte	1	0.00	3.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte	Outside	2	0.00	3.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00

VENT RAMPS

There are no vent opening ramp specifications

THERMAL PROPERTIES

Compartment	Ceiling	Wall	Floor
Brandruimte	CONCRETE	CONCRETE	CONCRETE

Name	Conductivity	Specific Heat	Density	Thickness	Emissivity
CONCRETE	1.75	1.000E+03	2.200E+03	0.150	0.940
DEFAULT	0.120	900.	800.	1.200E-02	0.900

FIRES

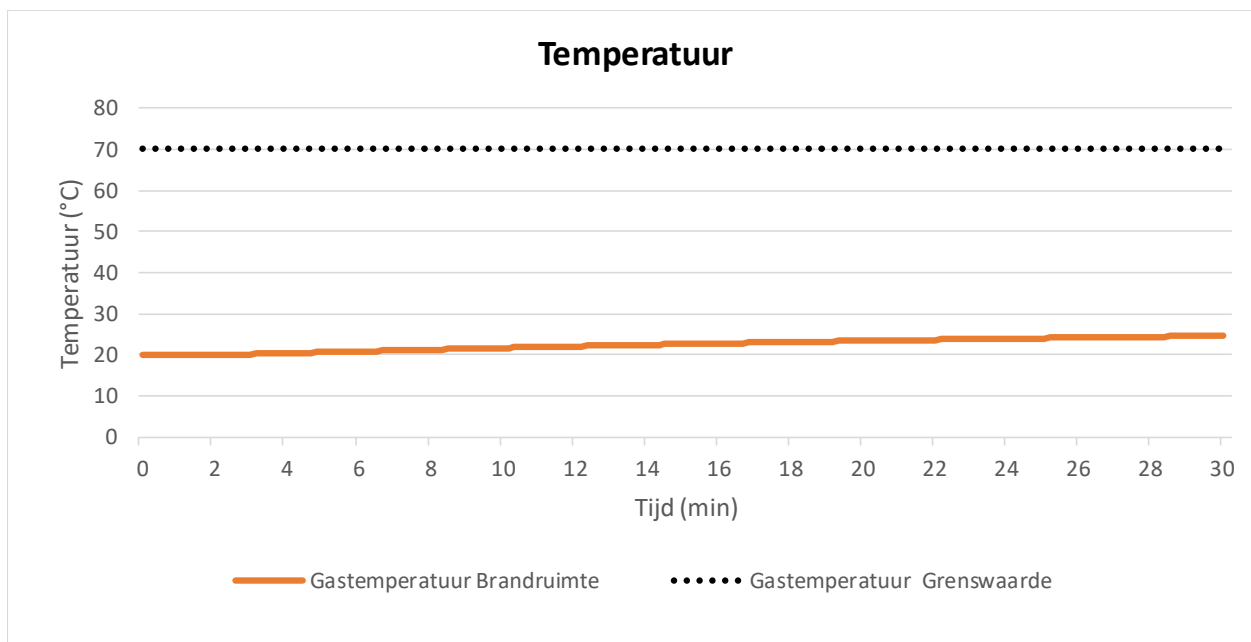
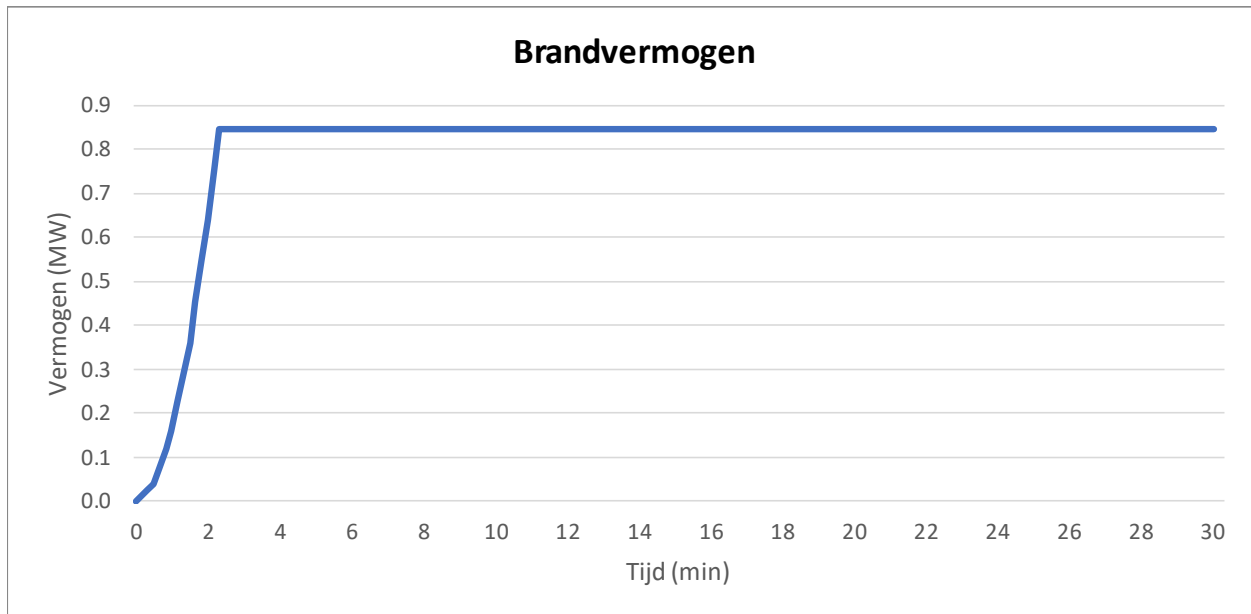
Name: Cellulosebrand Referenced as object # 1 Normal fire

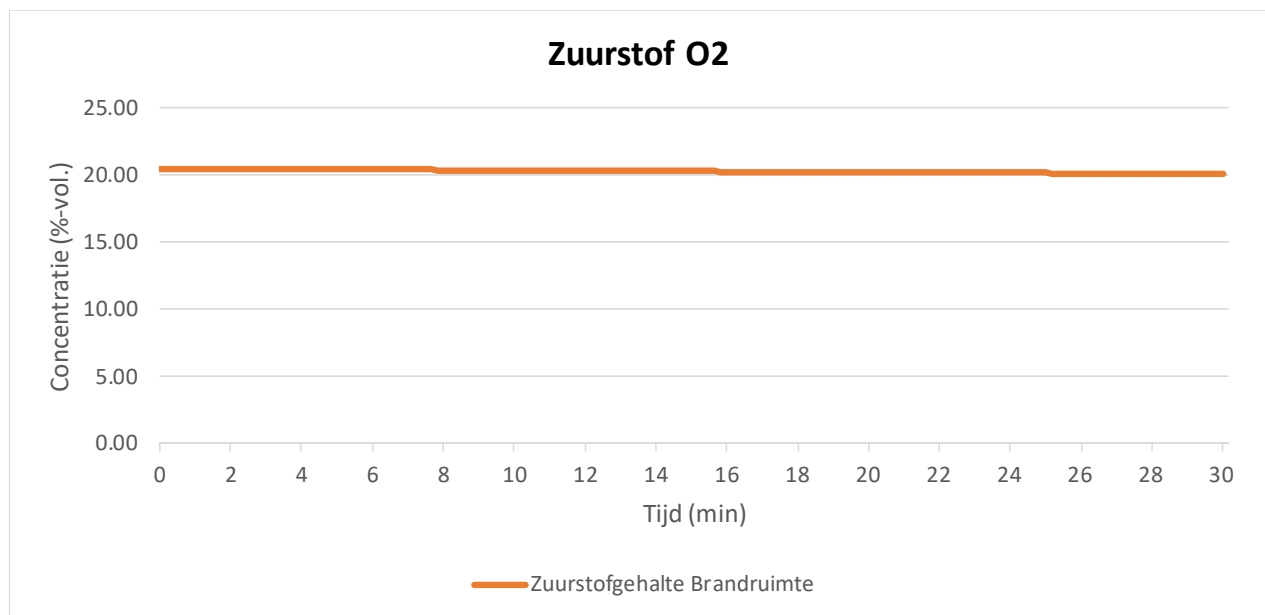
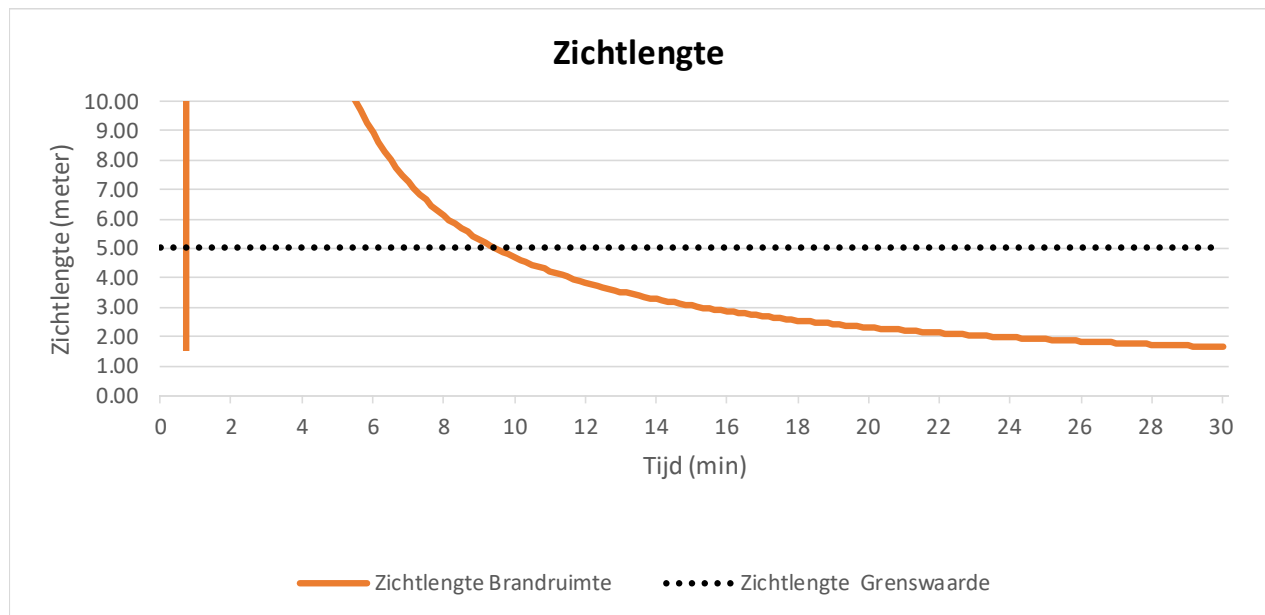
Compartment	Fire Type	Position (x,y,z)			Relative Humidity	Lower O2 Limit	Radiative Fraction
Brandruimte	Constrained	25.00	35.00	1.00	50.0	0.00	0.30

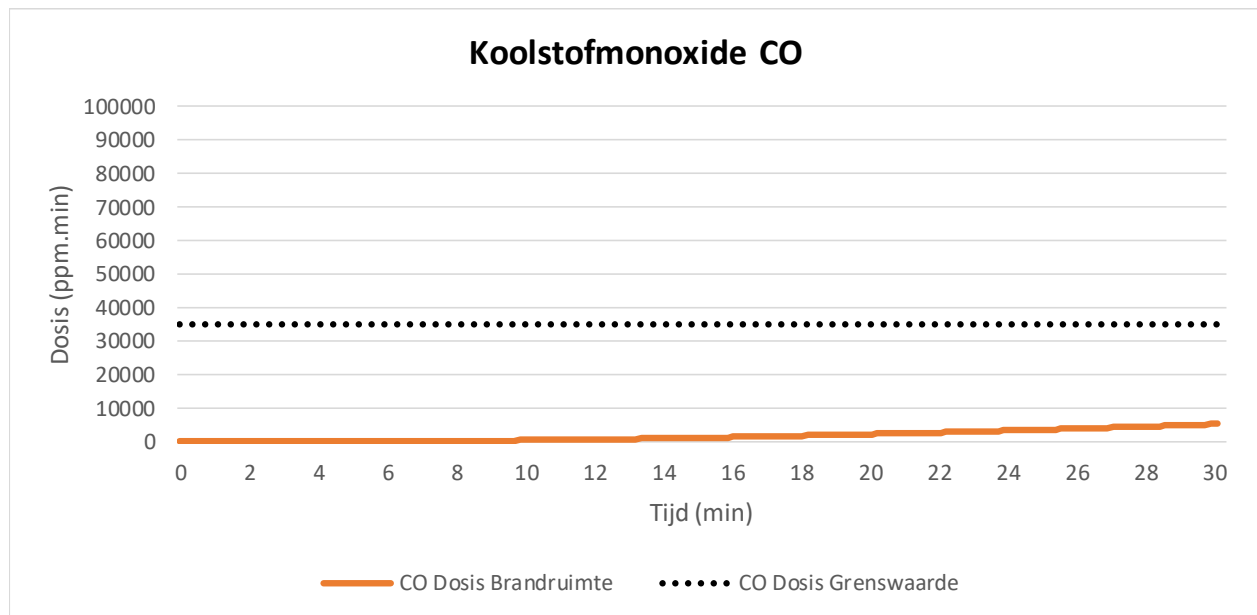
Chemical formula of the fuel	Carbon	Hydrogen	Oxygen	Nitrogen	Chlorine
	4.000	6.000	3.000	0.000	0.000

Time (s)	Mdot (kg/s)	Hcomb (J/kg)	Qdot (W)	Zoffset (m)	Soot (kg/kg)	CO (kg/kg)	HCN (kg/kg)	HCl (kg/kg)	TS (kg/kg)
0.	0.0	1.75E+07	0.0	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
30.	2.29E-03	1.75E+07	4.00E+04	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
60.	9.14E-03	1.75E+07	1.60E+05	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
90.	2.06E-02	1.75E+07	3.60E+05	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
120.	3.66E-02	1.75E+07	6.40E+05	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
138.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
180.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
210.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
240.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
270.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
300.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
330.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
360.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
390.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
420.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
450.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
480.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
510.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
540.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
570.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
600.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
630.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
660.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
690.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
720.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
750.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
780.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
810.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
840.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
870.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
900.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
930.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
960.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
990.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1020.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1050.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1080.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1110.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1140.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1170.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1200.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1230.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1260.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1290.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1320.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1350.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1380.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1410.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1440.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1470.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1500.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1530.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1560.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1590.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1620.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1650.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1680.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1710.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1740.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1770.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1800.	4.84E-02	1.75E+07	8.46E+05	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0

Grote lage ruimte, referentiesituatie, met sprinklerbeveiliging







B.2.3. Grote lage ruimte, gevoeligheidsanalyses

Cfast simulaties grote lage ruimte.

De gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd voor het criterium gezondheidsschade op de onderstaande stochastische randcondities:

- Brandvermogensdichtheid [kW/m^2]
- Tijdconstante voor branduitbreiding [s]
- Verbrandingswaarde brandstof [MJ/kg]
- Roetproductie (soot yield) [kg/kg]
- CO productie (CO yield) [kg/kg]

De invloed van variatie van elke stochast op de ASET is bepaald in Cfast en vervolgens probabilistisch uitgewerkt, waarbij de totale variantie de som van de deelvarianties van alle stochasten is. De daaruit volgende gemiddelde waarde en standaard afwijking in de ASET is normaal verdeeld verondersteld, op basis van de centrale limietstelling.

De navolgende pagina's geven het rekenkundige resultaat van de probabilistische uitwerking van de ongesprinklerde grote lage ruimte en de gesprinklerde grote lage ruimte. In dat laatste geval bleek dat goed mogelijk voor de toetsing aan de zichtlengte. Voor de toetsing aan de acceptabele convectieve temperatuur is de ASET in de gesprinklerde situatie voor alle stochasten zo groot dat dat buiten de simulatieduur valt. Een rekenkundige probabilistische uitwerking is daardoor niet mogelijk, maar ingeschat door extrapolatie.

De kans op gezondheidsschade in de grote lage ruimte ten gevolge van brand, afhankelijk van de verblijfsduur, is in onderstaande tabel samengevat:

Tijd na ontstaan brand [min]	ongesprinklerd [%]	gesprinklerd [%]
1	0	0
5	25	0
10	93	58
15	100	98
30	100	100

PROBABILISTISCHE BEREKENING GROTE LAGE RUIMTE
BESCHIKBARE TIJD VOOR VLUCHTEN

ASET

Casus: Ongesprinklerd
Toets: Temperatuur < 70 °C

variantenstudie
randcondities

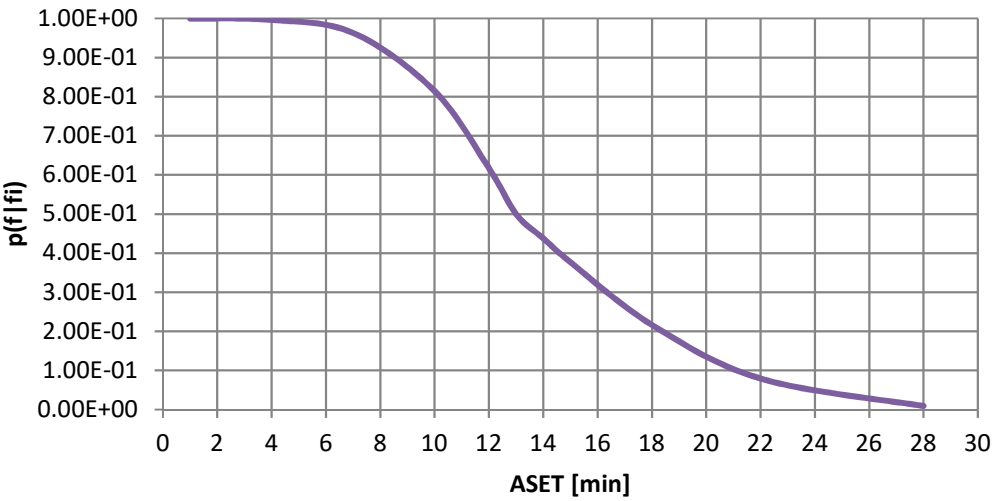
RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ²
RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ³
tc	tijdconstante	s
tc	tijdconstante	s
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg
soot	soot yield	% (rel.)
soot	soot yield	% (rel.)
CO	CO yield	% (rel.)
CO	CO yield	% (rel.)

deterministisch	
gemiddeld x	ASET t [min]
500	
500	
150	
150	
17.5	
17.5	
100	
100	
100	
100	
ASET	13.00

gevoeligheidsanalyse			
variatie V	st. deviatie s	variant x + dx	ASET t [min]
-0.33	-165	335	13.00
0.50	250	750	17.67
-0.33	-49.5	100.5	9.67
0.50	75	225	17.33
-0.10	-1.75	15.75	12.83
0.10	1.75	19.25	13.00
-0.50	-50	50	13.33
0.50	50	150	12.67
-0.50	-50	50	13.00
0.50	50	150	13.00

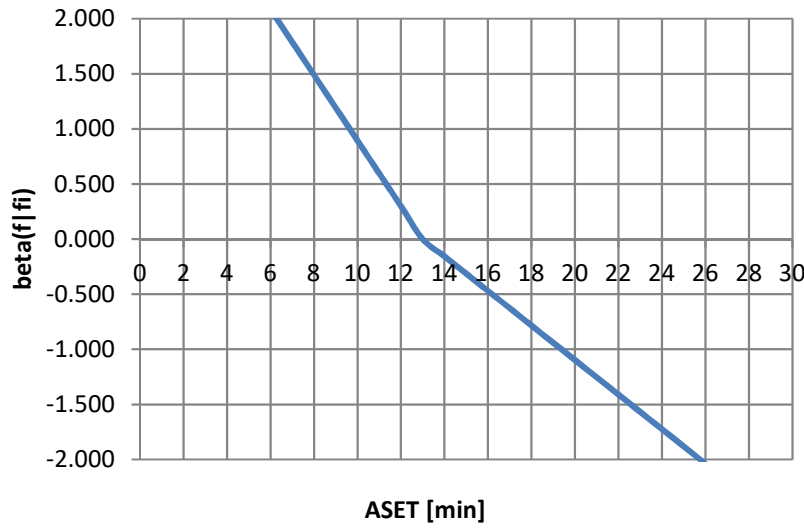
standaardafwijking			
dt/dx	s·dt/dx	(s·dt/dx) ² specifieke variantie	
0.00	0.00	11.11	21.78
0.02	4.67		
0.07	-3.33		
0.06	4.33		
0.10	-0.17	0.03	18.78
0.00	0.00	0.11	0.11
-0.01	0.33		
-0.01	-0.33		
0.00	0.00		
0.00	0.00		
variantie(t) =		11.250	40.667
s(t) =		3.354	6.377

cumulative probability ASET in case of
fire



betrouwbaarheid en faalkans (overschrijding)			
t [min]	s(t)	beta(f fi)	p(f fi)
1	3.35410	3.578	1.00E+00
4	3.35410	2.683	9.96E-01
7	3.35410	1.789	9.63E-01
10	3.35410	0.894	8.14E-01
12	3.35410	0.298	6.17E-01
13	3.35410	0.000	5.00E-01
14	6.37704	-0.157	4.38E-01
15	6.37704	-0.314	3.77E-01
18	6.37704	-0.784	2.17E-01
22	6.37704	-1.411	7.91E-02
28	6.37704	-2.352	9.33E-03

reliability index



PROBABILISTISCHE BEREKENING GROTE LAGE RUIMTE
BESCHIKBARE TIJD VOOR VLUCHTEN

ASET

Casus: Ongesprinklerd
Toets: Zichtlengte > 5 m

variantenstudie
randcondities

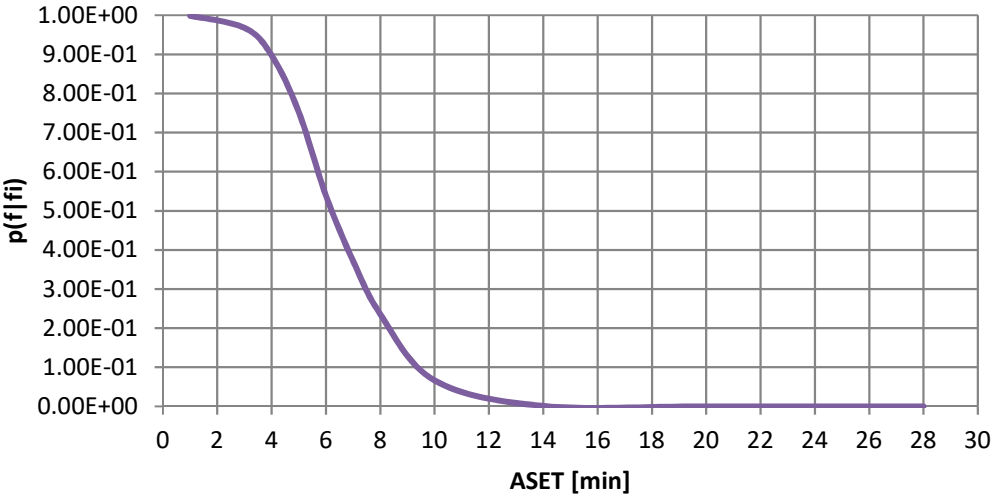
RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ²
RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ³
tc	tijdconstante	s
tc	tijdconstante	s
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg
soot	soot yield	% (rel.)
soot	soot yield	% (rel.)
CO	CO yield	% (rel.)
CO	CO yield	% (rel.)

deterministisch	
gemiddeld x	ASET t [min]
500	
500	
150	
150	
17.5	
17.5	
100	
100	
100	
100	
ASET	6.17

gevoeligheidsanalyse			
variatie V	st. deviatie s	variant x + dx	ASET t [min]
-0.33	-165	335	6.17
0.50	250	750	6.17
-0.33	-49.5	100.5	4.67
0.50	75	225	8.08
-0.10	-1.75	15.75	5.92
0.10	1.75	19.25	6.37
-0.50	-50	50	7.83
0.50	50	150	5.38
-0.50	-50	50	6.17
0.50	50	150	6.17

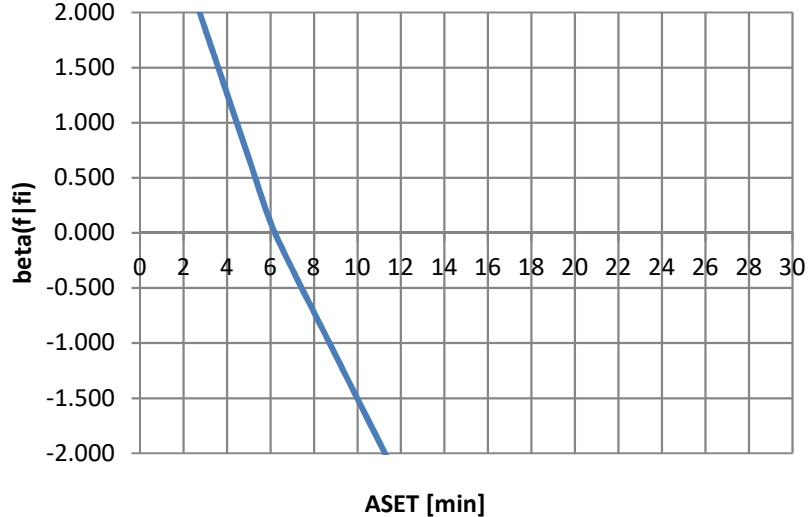
standaardafwijking			
dt/dx	s·dt/dx	(s·dt/dx) ² specifieke variantie	
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.03	-1.50	2.25	
0.03	1.92		3.67
0.14	-0.25	0.06	
0.11	0.20		0.04
-0.03	1.67		2.78
-0.02	-0.78	0.61	
0.00	0.00		
0.00	0.00		
variantie(t) =		2.926	6.491
s(t) =		1.711	2.548

cumulative probability ASET in case of
fire



betrouwbaarheid en faalkans (overschrijding)			
t [min]	s(t)	beta(f fi)	p(f fi)
1	1.71059	3.020	9.99E-01
3	1.71059	1.851	9.68E-01
4	1.71059	1.267	8.97E-01
5	1.71059	0.682	7.52E-01
6	1.71059	0.097	5.39E-01
7	2.54782	-0.327	3.72E-01
8	2.54782	-0.720	2.36E-01
10	2.54782	-1.505	6.62E-02
14	2.54782	-3.075	1.05E-03
20	2.54782	-5.429	2.83E-08
28	2.54782	-8.569	5.20E-18

reliability index



PROBABILISTISCHE BEREKENING GROTE LAGE RUIMTE
BESCHIKBARE TIJD VOOR VLUCHTEN

ASET

Casus: Gesprinklerd
Toets: Zichtlengte > 5 m

variantenstudie
randcondities

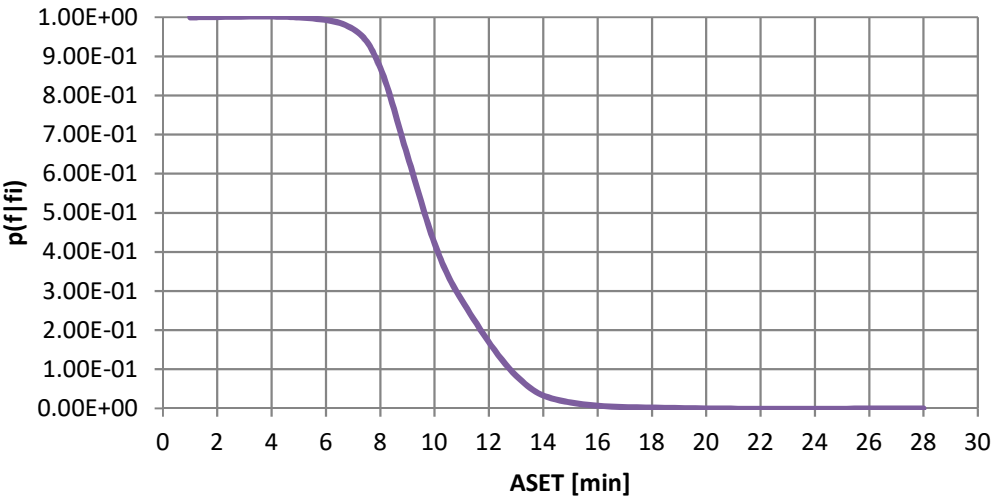
RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ²
RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ³
tc	tijdconstante	s
tc	tijdconstante	s
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg
soot	soot yield	% (rel.)
soot	soot yield	% (rel.)
CO	CO yield	% (rel.)
CO	CO yield	% (rel.)

deterministisch	
gemiddeld x	ASET t [min]
500	
500	
150	
150	
17.5	
17.5	
100	
100	
100	
100	
ASET	9.50

gevoeligheidsanalyse			
variatie V	st. deviatie s	variant x + dx	ASET t [min]
-0.33	-165	335	9.50
0.50	250	750	9.50
-0.33	-49.5	100.5	8.80
0.50	75	225	11.20
-0.10	-1.75	15.75	8.70
0.10	1.75	19.25	10.30
-0.50	-50	50	11.20
0.50	50	150	8.70
-0.50	-50	50	9.50
0.50	50	150	9.50

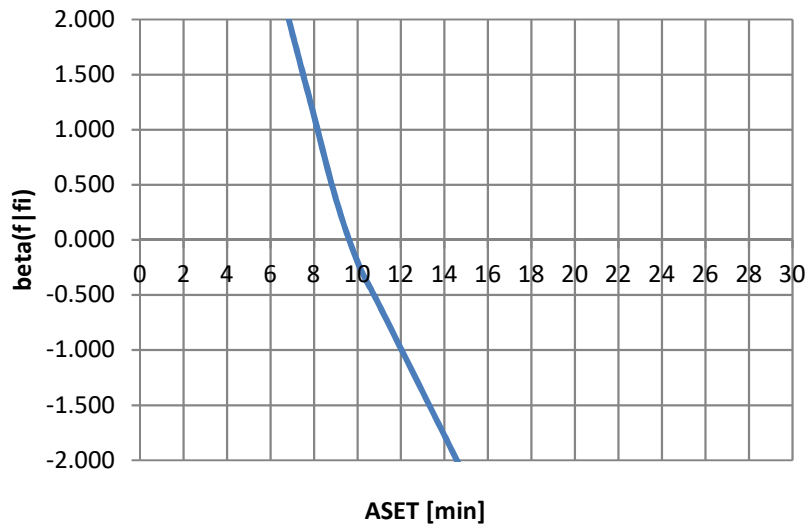
standaardafwijking			
dt/dx	s·dt/dx	(s·dt/dx) ² specifieke variantie	
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.01	-0.70	0.49	
0.02	1.70		2.89
0.46	-0.80	0.64	
0.46	0.80		0.64
-0.03	1.70		2.89
-0.02	-0.80	0.64	
0.00	0.00		
0.00	0.00		
variantie(t) =		1.770	6.420
s(t) =		1.330	2.534

cumulative probability ASET in case of
fire



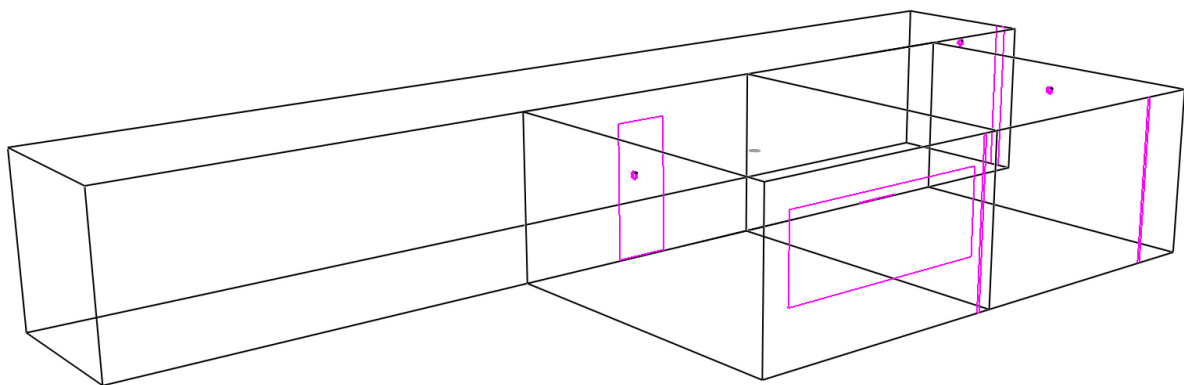
betrouwbaarheid en faalkans (overschrijding)			
t [min]	s(t)	beta(f fi)	p(f fi)
1	1.33041	6.389	1.00E+00
5	1.33041	3.382	1.00E+00
7	1.33041	1.879	9.70E-01
8	1.33041	1.127	8.70E-01
9	1.33041	0.376	6.46E-01
10	2.53377	-0.197	4.22E-01
11	2.53377	-0.592	2.77E-01
13	2.53377	-1.381	8.36E-02
15	2.53377	-2.171	1.50E-02
20	2.53377	-4.144	1.71E-05
28	2.53377	-7.301	1.42E-13

reliability index



Bijlage 3

Corridorontsluiting, referentiesituatie



Isometrie (smokeview) van de corridorontsluiting:

30 m² x 3,0 m (brandruimte)

B.3.1. Corridorontsluiting, referentiesituatie, geen sprinkler

Cfast inputfile corridorontsluiting, referentiesituatie, geen sprinkler

CFAST

Release Version : CFAST 7.2.3
Revision : CFAST7.2.3-2-gd969295b
Revision Date : Tue Nov 21 15:35:22 2017 -0500
Compilation Date : Tue 11/21/2017 03:35 PM

Data file: I:\Projecten\Nieman\2016\20162025\Gevoeligheidsanalyse - Scenario 3 - (met cfast sprinkler)\1 Variant 3_1\Variant 3_1 Brandruimte met corridor.in
Title: Variant 3_1 Brandruimte met corridor

OVERVIEW

Compartments	Doors, ...	Ceil. Vents, ...	MV Connects
3	7	0	3
Simulation Time (s)	Output Interval (s)	Smokeview Interval (s)	Spreadsheet Interval (s)
1800	60	10	10

AMBIENT CONDITIONS

Interior Temperature (C)	Interior Pressure (Pa)	Exterior Temperature (C)	Exterior Pressure (Pa)
20.	101325.	20.	101325.

COMPARTMENTS

Compartment	Name	Width (m)	Depth (m)	Height (m)	Floor Height (m)	Ceiling Height (m)
1	Brandruimte 1	5.00	6.00	3.00	0.00	3.00
2	Brandruimte 2	5.00	6.00	3.00	0.00	3.00
3	Corridor	20.00	3.00	3.00	0.00	3.00

VENT CONNECTIONS

Horizontal Natural Flow Connections (Doors, Windows, ...)

From Compartment	To Compartment	Vent Number	Width (m)	Sill Height (m)	Soffit Height (m)	Open/Close Type	Trigger Value (C/W/m^2)	Target	Initial Time (s)	Initial Fraction	Final Time (s)	Final Fraction
Corridor	Outside	1	0.21	0.00	3.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte 1	Outside	1	0.05	0.00	3.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte 1	Corridor	1	1.00	0.00	0.02	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte 2	Outside	1	0.05	0.00	3.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte 2	Corridor	1	1.00	0.00	0.02	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte 1	Outside	2	4.00	1.00	2.50	RAMP # 1						
Brandruimte 1	Corridor	2	1.00	0.00	2.50	RAMP # 2						

There are no vertical natural flow connections

FANS

From Compartment	To Compartment	Fan Number	Area (m^2)	Flowrate (m^3/s)	Open/Close Type	Trigger Value (C/W/m^2)	Target	Initial Time (s)	Initial Fraction	Final Time (s)	Final Fraction
Outside	Brandruimte 1	1	0.00	0.02	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Corridor	Outside	2	0.00	0.04	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Outside	Brandruimte 2	3	0.00	0.02	Time			0.00	1.00	0.00	1.00

VENT RAMPS

Type	From Compartment	To Compartment	Vent Number	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)
H	Brandruimte 1	Outside	2	Time	0	199	200					
H	Brandruimte 1	Corridor	2	Fraction	0.00	0.00	0.50					
				Time	0	299	300	359	360			
				Fraction	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00			

THERMAL PROPERTIES

Compartment	Ceiling	Wall	Floor
Brandruimte 1	CONCRETE	CONCRETE	CONCRETE
Brandruimte 2	CONCRETE	CONCRETE	CONCRETE
Corridor	CONCRETE	CONCRETE	CONCRETE

Name	Conductivity	Specific Heat	Density	Thickness	Emissivity
CONCRETE	1.75	1.000E+03	2.200E+03	0.150	0.940
DEFAULT	0.120	900.	800.	1.200E-02	0.900

FIRES

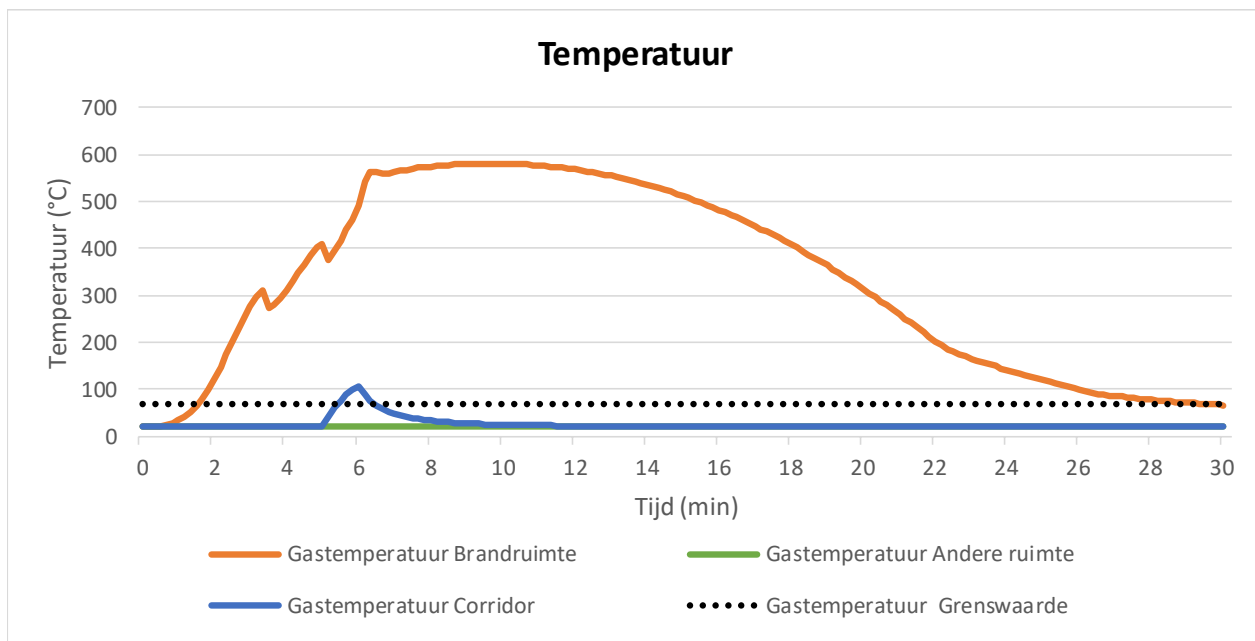
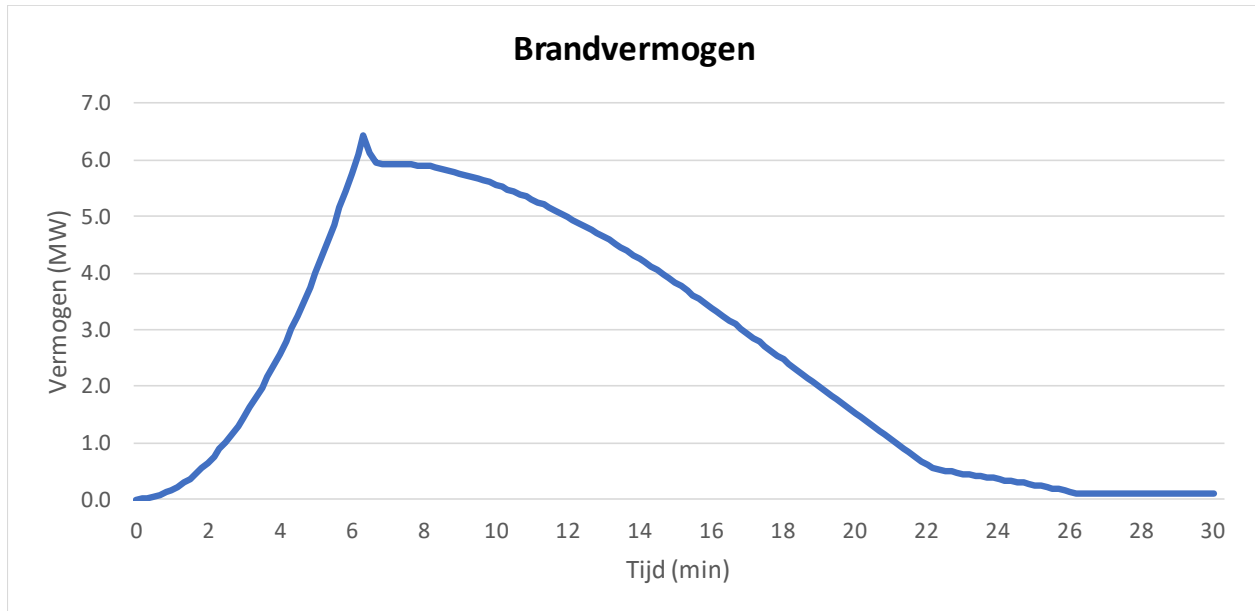
Name: Cellulosebrand Referenced as object # 1 Normal fire

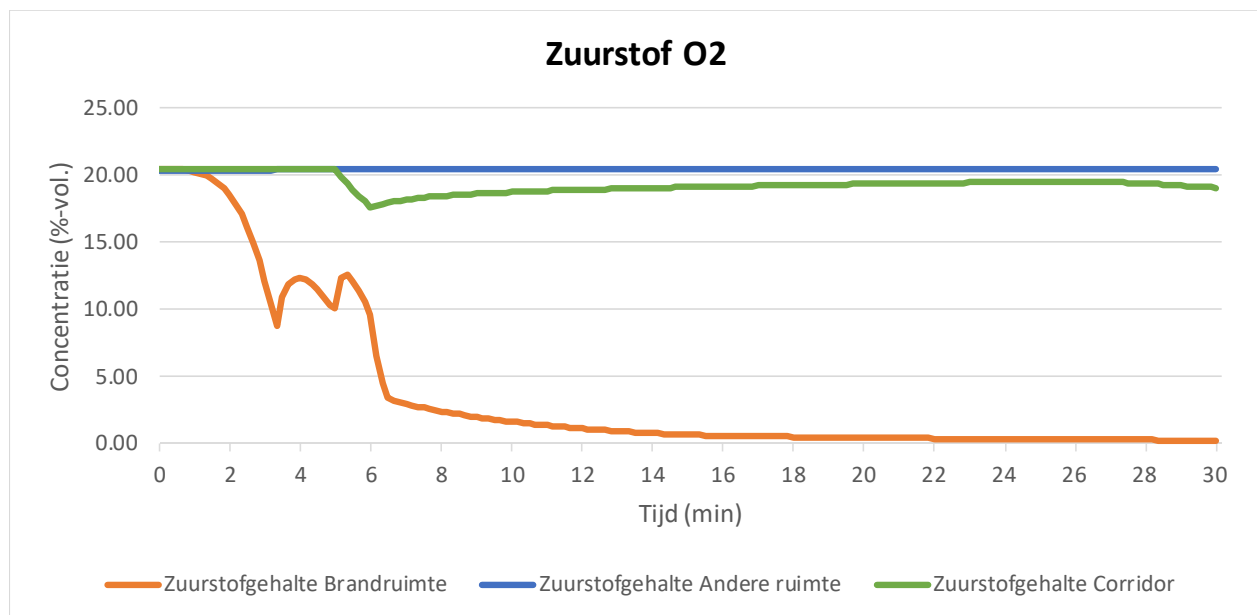
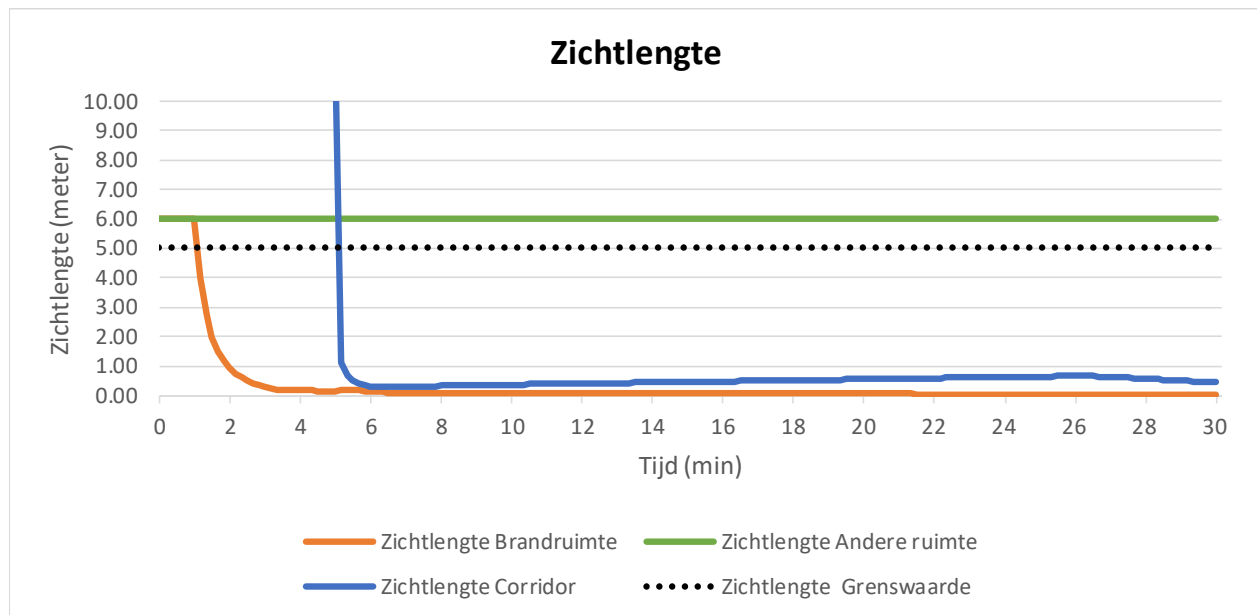
Compartment	Fire Type	Position (x,y,z)			Relative Humidity	Lower O2 Limit	Radiative Fraction
Brandruimte 1	Constrained	2.50	3.00	1.00	50.0	0.00	0.30

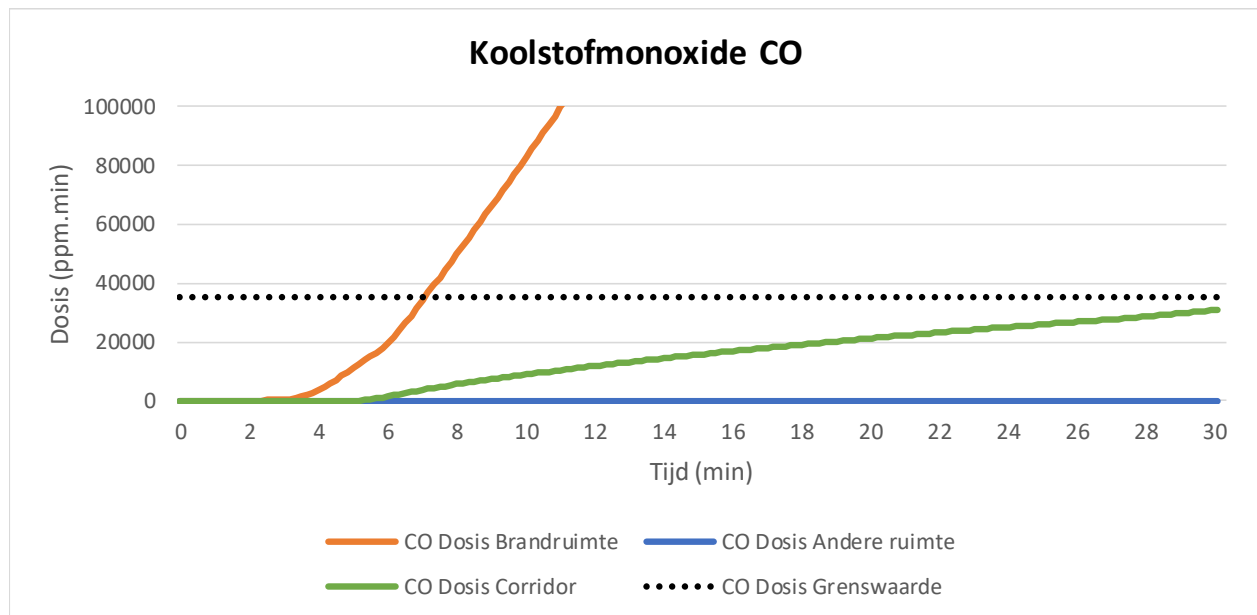
Chemical formula of the fuel				
Carbon	Hydrogen	Oxygen	Nitrogen	Chlorine
4.000	6.000	3.000	0.000	0.000

Time (s)	Mdot (kg/s)	Hcomb (J/kg)	Qdot (W)	Zoffset (m)	Soot (kg/kg)	CO (kg/kg)	HCN (kg/kg)	HCl (kg/kg)	TS (kg/kg)
0.	0.0	1.75E+07	0.0	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
30.	2.29E-03	1.75E+07	4.00E+04	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
60.	9.14E-03	1.75E+07	1.60E+05	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
90.	2.06E-02	1.75E+07	3.60E+05	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
120.	3.66E-02	1.75E+07	6.40E+05	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
150.	5.71E-02	1.75E+07	1.00E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
180.	8.23E-02	1.75E+07	1.44E+06	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
210.	0.11	1.75E+07	1.96E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
240.	0.15	1.75E+07	2.56E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
270.	0.19	1.75E+07	3.24E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
300.	0.23	1.75E+07	4.00E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
330.	0.28	1.75E+07	4.84E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
360.	0.33	1.75E+07	5.76E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
390.	0.39	1.75E+07	6.76E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
420.	0.45	1.75E+07	7.84E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
450.	0.51	1.75E+07	9.00E+06	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
480.	0.59	1.75E+07	1.02E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
510.	0.66	1.75E+07	1.16E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
540.	0.74	1.75E+07	1.30E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
570.	0.83	1.75E+07	1.44E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
600.	0.91	1.75E+07	1.60E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
630.	1.0	1.75E+07	1.76E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
660.	1.1	1.75E+07	1.94E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
690.	1.2	1.75E+07	2.12E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
720.	1.3	1.75E+07	2.30E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
750.	1.4	1.75E+07	2.50E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
780.	1.5	1.75E+07	2.70E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
810.	1.7	1.75E+07	2.92E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
840.	1.8	1.75E+07	3.14E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
870.	1.9	1.75E+07	3.36E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
900.	2.1	1.75E+07	3.60E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
930.	2.2	1.75E+07	3.84E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
960.	2.3	1.75E+07	4.10E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
990.	2.5	1.75E+07	4.36E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1020.	2.6	1.75E+07	4.62E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1050.	2.8	1.75E+07	4.90E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1080.	3.0	1.75E+07	5.18E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1110.	3.1	1.75E+07	5.48E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1140.	3.3	1.75E+07	5.78E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1170.	3.5	1.75E+07	6.08E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1200.	3.7	1.75E+07	6.40E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1230.	3.8	1.75E+07	6.72E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1260.	4.0	1.75E+07	7.06E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1290.	4.2	1.75E+07	7.40E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1320.	4.4	1.75E+07	7.74E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1350.	4.6	1.75E+07	8.10E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1380.	4.8	1.75E+07	8.46E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1410.	5.0	1.75E+07	8.84E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1440.	5.3	1.75E+07	9.22E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1470.	5.5	1.75E+07	9.60E+07	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1500.	5.7	1.75E+07	1.00E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1530.	5.9	1.75E+07	1.04E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1560.	6.2	1.75E+07	1.08E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1590.	6.4	1.75E+07	1.12E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1620.	6.7	1.75E+07	1.17E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1650.	6.9	1.75E+07	1.21E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1680.	7.2	1.75E+07	1.25E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1710.	7.4	1.75E+07	1.30E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1740.	7.7	1.75E+07	1.35E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1770.	8.0	1.75E+07	1.39E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1800.	8.2	1.75E+07	1.44E+08	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0

Corridorontsluiting, referentiesituatie, geen sprinkler







B.3.2. Corridorontsluiting, referentiesituatie, sprinklerbeveiliging

Cfast inputfile corridorontsluiting, referentiesituatie, met sprinklerbeveiliging

CFAST

Release Version : CFAST 7.2.3
Revision : CFAST7.2.3-2-gd969295b
Revision Date : Tue Nov 21 15:35:22 2017 -0500
Compilation Date : Tue 11/21/2017 03:35 PM

Data file: I:\Projecten\Nieman\2016\20162025\Gevoeligheidsanalyse - Scenario 3 - (met cfast sprinkler)\1 Variant 3_2\Variant 3_2 Brandruimte met corridor.in
Title: Variant 3_2 Brandruimte met corridor

OVERVIEW

Compartments	Doors, ...	Ceil. Vents, ...	MV Connects
3	7	0	3
Simulation Time (s)	Output Interval (s)	Smokeyview Interval (s)	Spreadsheet Interval (s)
1800	60	10	10

AMBIENT CONDITIONS

Interior Temperature (C)	Interior Pressure (Pa)	Exterior Temperature (C)	Exterior Pressure (Pa)
20.	101325.	20.	101325.

COMPARTMENTS

Compartment	Name	Width (m)	Depth (m)	Height (m)	Floor Height (m)	Ceiling Height (m)
1	Brandruimte 1	5.00	6.00	3.00	0.00	3.00
2	Brandruimte 2	5.00	6.00	3.00	0.00	3.00
3	Corridor	20.00	3.00	3.00	0.00	3.00

VENT CONNECTIONS

Horizontal Natural Flow Connections (Doors, Windows, ...)

From Compartment	To Compartment	Vent Number	Width (m)	Sill Height (m)	Soffit Height (m)	Open/Close Type	Trigger Value (C/W/m^2)	Target	Initial Time (s)	Initial Fraction	Final Time (s)	Final Fraction
Corridor	Outside	1	0.21	0.00	3.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte 1	Outside	1	0.05	0.00	3.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte 1	Corridor	1	1.00	0.00	0.02	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte 2	Outside	1	0.05	0.00	3.00	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte 2	Corridor	1	1.00	0.00	0.02	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Brandruimte 1	Outside	2	4.00	1.00	2.50	Time			0.00	0.00	0.00	0.00
Brandruimte 1	Corridor	2	1.00	0.00	2.50	RAMP # 1						

There are no vertical natural flow connections

FANS

From Compartment	To Compartment	Fan Number	Area (m^2)	Flowrate (m^3/s)	Open/Close Type	Trigger Value (C/W/m^2)	Target	Initial Time (s)	Initial Fraction	Final Time (s)	Final Fraction
Outside	Brandruimte 1	1	0.00	0.02	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Corridor	Outside	2	0.00	0.04	Time			0.00	1.00	0.00	1.00
Outside	Brandruimte 2	3	0.00	0.02	Time			0.00	1.00	0.00	1.00

VENT RAMPS

Type	From Compartment	To Compartment	Vent Number	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)
H	Brandruimte 1	Corridor	2	Time Fraction	0	299	300	359	360			
				Fraction	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00			

THERMAL PROPERTIES

Compartment	Ceiling	Wall	Floor
Brandruimte 1	CONCRETE	CONCRETE	CONCRETE
Brandruimte 2	CONCRETE	CONCRETE	CONCRETE
Corridor	CONCRETE	CONCRETE	CONCRETE

Name	Conductivity	Specific Heat	Density	Thickness	Emissivity
CONCRETE DEFAULT	1.75 0.120	1.000E+03 900.	2.200E+03 800.	0.150 1.200E-02	0.940 0.900

FIRES

Name: Cellulosebrand Referenced as object # 1 Normal fire

Compartment	Fire Type	Position (x,y,z)			Relative Humidity	Lower O2 Limit	Radiative Fraction
Brandruimte 1	Constrained	2.50	3.00	1.00	50.0	0.00	0.30

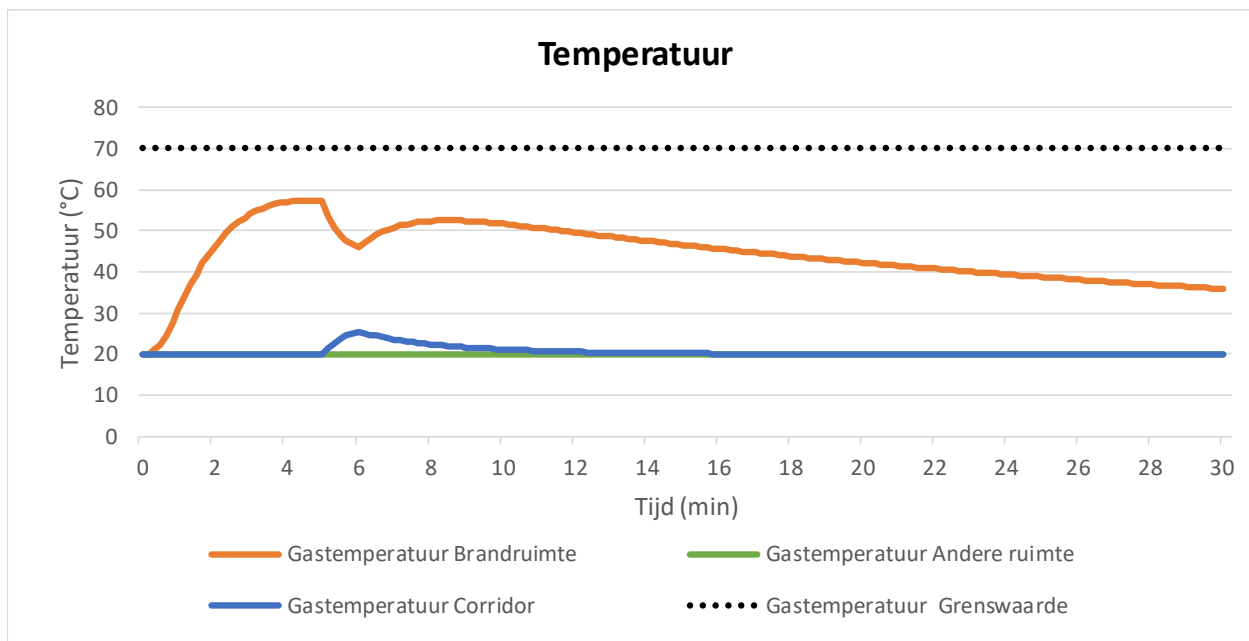
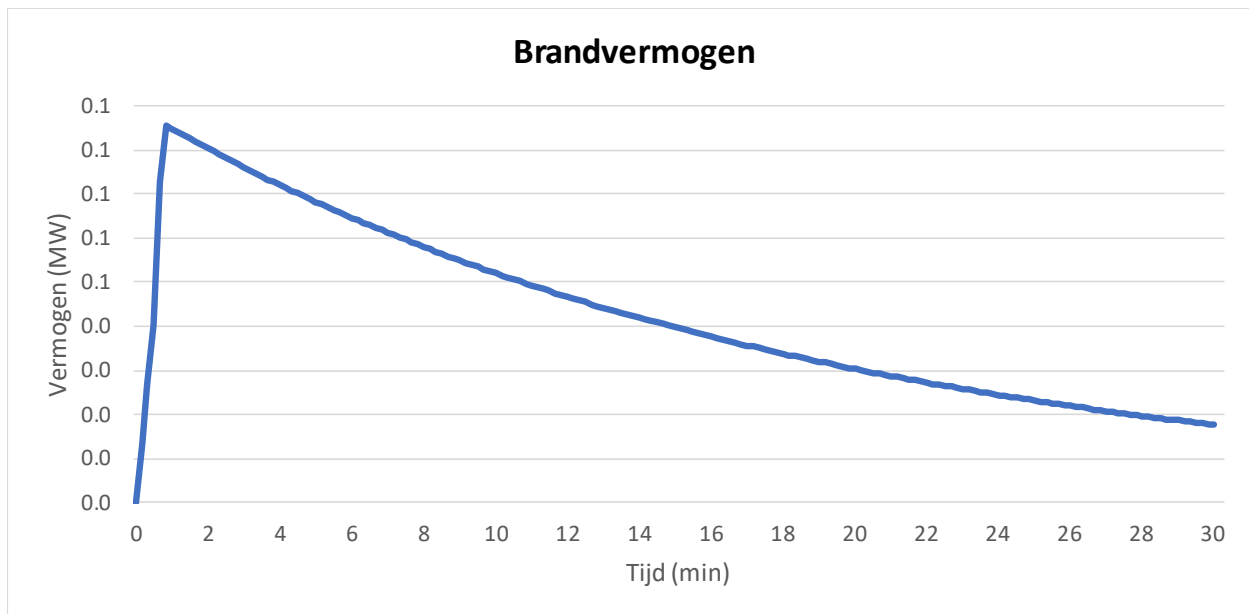
Chemical formula of the fuel				
Carbon	Hydrogen	Oxygen	Nitrogen	Chlorine
4.000	6.000	3.000	0.000	0.000

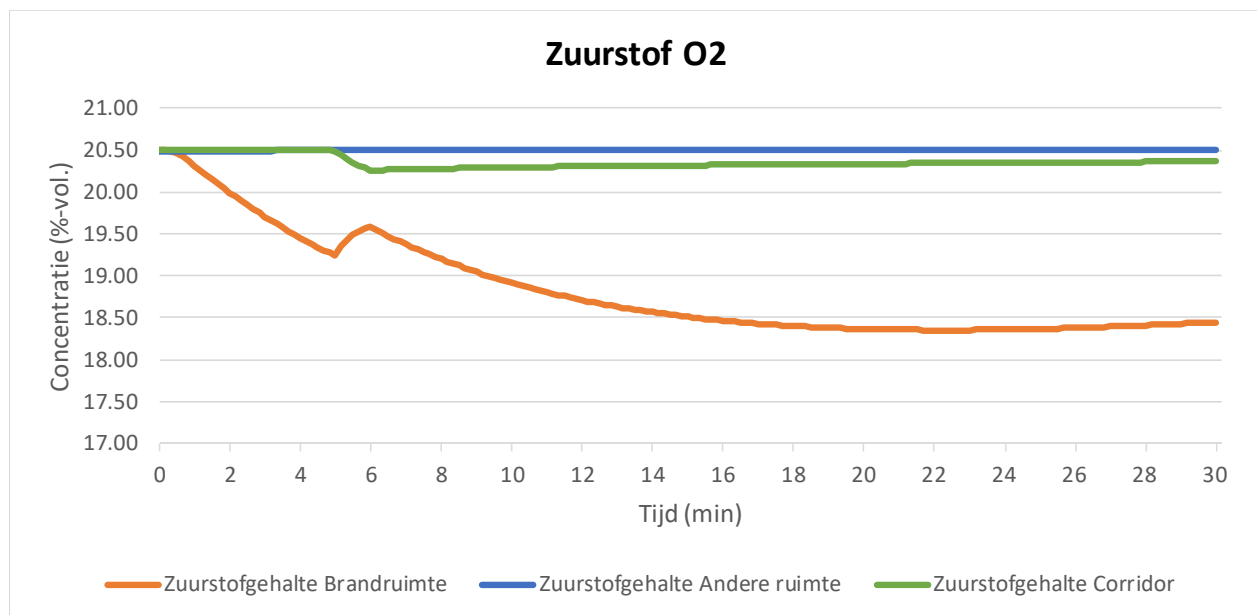
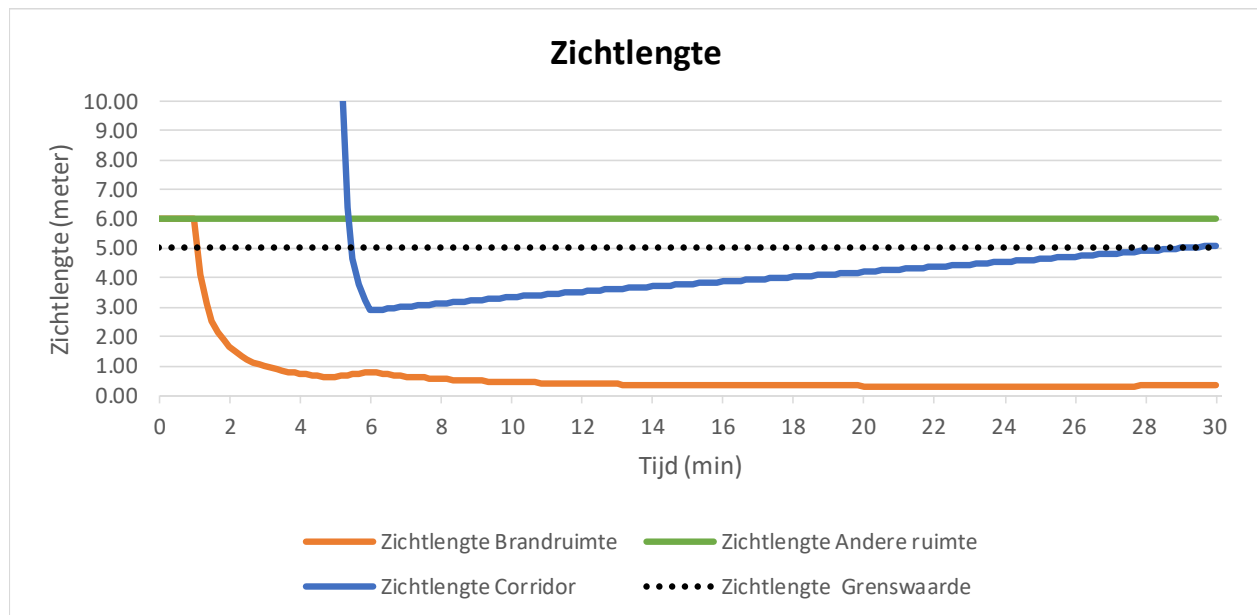
Time (s)	Mdot (kg/s)	Hcomb (J/kg)	Qdot (W)	Zoffset (m)	Soot (kg/kg)	CO (kg/kg)	HCN (kg/kg)	HCl (kg/kg)	TS (kg/kg)
0.	0.0	1.75E+07	0.0	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
30.	2.29E-03	1.75E+07	4.00E+04	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
44.	4.92E-03	1.75E+07	8.60E+04	1.0	2.60E-02	1.00E-02	0.0	0.0	0.0
60.	4.85E-03	1.75E+07	8.48E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
90.	4.72E-03	1.75E+07	8.25E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
120.	4.59E-03	1.75E+07	8.03E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
129.	4.55E-03	1.75E+07	7.97E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
150.	4.47E-03	1.75E+07	7.82E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
180.	4.35E-03	1.75E+07	7.61E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
210.	4.23E-03	1.75E+07	7.41E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
240.	4.12E-03	1.75E+07	7.21E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
270.	4.01E-03	1.75E+07	7.01E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
300.	3.90E-03	1.75E+07	6.83E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
330.	3.80E-03	1.75E+07	6.64E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
360.	3.70E-03	1.75E+07	6.47E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
390.	3.60E-03	1.75E+07	6.29E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
420.	3.50E-03	1.75E+07	6.13E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
450.	3.41E-03	1.75E+07	5.96E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
480.	3.32E-03	1.75E+07	5.80E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
510.	3.23E-03	1.75E+07	5.65E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
540.	3.14E-03	1.75E+07	5.50E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
570.	3.06E-03	1.75E+07	5.35E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
600.	2.97E-03	1.75E+07	5.21E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
630.	2.89E-03	1.75E+07	5.07E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
660.	2.82E-03	1.75E+07	4.93E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
690.	2.74E-03	1.75E+07	4.80E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
720.	2.67E-03	1.75E+07	4.67E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
750.	2.60E-03	1.75E+07	4.55E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
780.	2.53E-03	1.75E+07	4.42E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
810.	2.46E-03	1.75E+07	4.31E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
840.	2.39E-03	1.75E+07	4.19E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
870.	2.33E-03	1.75E+07	4.08E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
900.	2.27E-03	1.75E+07	3.97E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
930.	2.21E-03	1.75E+07	3.86E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
960.	2.15E-03	1.75E+07	3.76E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
990.	2.09E-03	1.75E+07	3.66E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1020.	2.03E-03	1.75E+07	3.56E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1050.	1.98E-03	1.75E+07	3.47E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1080.	1.93E-03	1.75E+07	3.37E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1110.	1.88E-03	1.75E+07	3.28E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1140.	1.83E-03	1.75E+07	3.19E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1170.	1.78E-03	1.75E+07	3.11E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1200.	1.73E-03	1.75E+07	3.03E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1230.	1.68E-03	1.75E+07	2.95E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1260.	1.64E-03	1.75E+07	2.87E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1290.	1.59E-03	1.75E+07	2.79E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1320.	1.55E-03	1.75E+07	2.72E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1350.	1.51E-03	1.75E+07	2.64E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1380.	1.47E-03	1.75E+07	2.57E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1410.	1.43E-03	1.75E+07	2.50E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1440.	1.39E-03	1.75E+07	2.44E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1470.	1.35E-03	1.75E+07	2.37E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1500.	1.32E-03	1.75E+07	2.31E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1530.	1.28E-03	1.75E+07	2.25E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1560.	1.25E-03	1.75E+07	2.19E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1590.	1.22E-03	1.75E+07	2.13E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1620.	1.18E-03	1.75E+07	2.07E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1650.	1.15E-03	1.75E+07	2.01E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1680.	1.12E-03	1.75E+07	1.96E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1710.	1.09E-03	1.75E+07	1.91E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1740.	1.06E-03	1.75E+07	1.86E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1770.	1.03E-03	1.75E+07	1.81E+04	1.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0
1800.	1.01E-03	1.75E+07	1.76E+04	0.0	5.20E-02	0.10	0.0	0.0	0.0

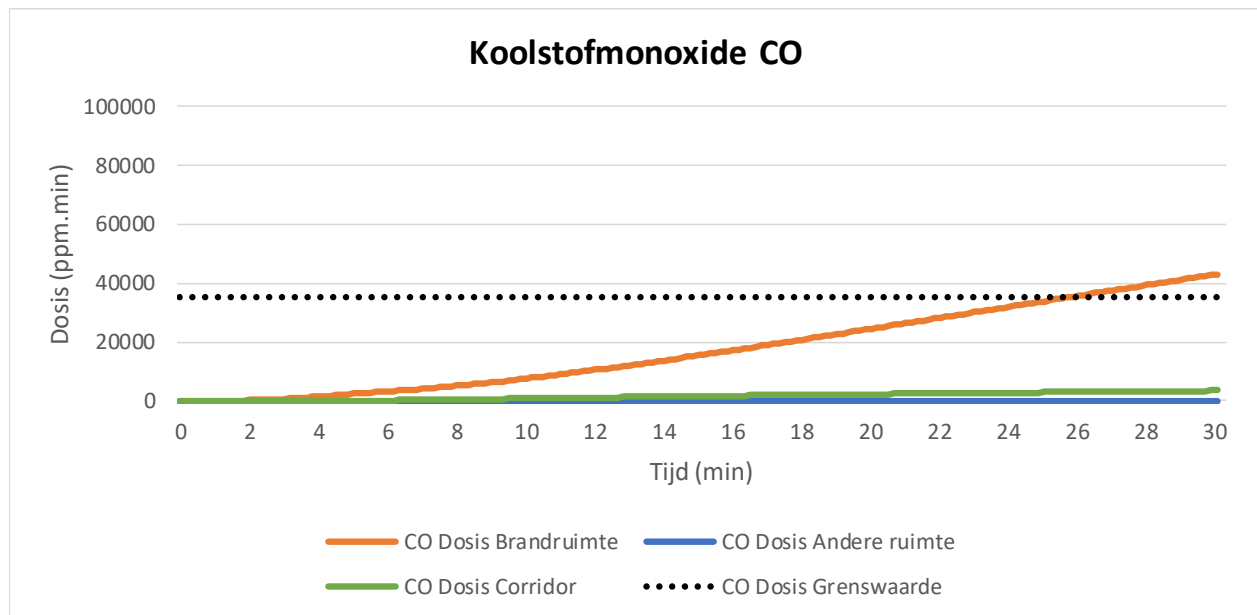
DETECTORS/ALARMS/SPRINKLERS

Target	Compartment	Type	Position (x, y, z)			Activation Obscuration (%/m)	Temperature (C)	RTI (m s) ^{1/2}	Spray Density (m/s)
			(m)	(m)	(m)				
1	Brandruimte 1	SPRINK	1.50	2.00	2.97		68.00	35.00	3.13E-03
2	Brandruimte 1	SPRINK	1.50	4.00	2.97		68.00	35.00	3.13E-03
3	Brandruimte 1	SPRINK	3.50	2.00	2.97		68.00	35.00	3.13E-03
4	Brandruimte 1	SPRINK	3.50	4.00	2.97		68.00	35.00	3.13E-03

Corridorontsluiting, referentiesituatie, met sprinklerbeveiliging







B.3.3. Corridorontsluiting, gevoeligheidsanalyses

Cfast simulaties corridorontsluiting.

De gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd voor zowel het criterium gezondheidsschade als het criterium letaliteit, op de onderstaande stochastische randcondities:

- Brandvermogensdichtheid [kW/m^2]
- Tijdconstante voor branduitbreiding [s]
- Verbrandingswaarde brandstof [MJ/kg]
- Roetproductie (soot yield) [kg/kg]
- CO productie (CO yield) [kg/kg]
- Tijdstip deur brandruimte open [min]
- Tijdsduur deur brandruimte open [min]

De invloed van variatie van elke stochast op de ASET is bepaald in Cfast en vervolgens probabilistisch uitgewerkt, waarbij de totale variantie de som van de deelvarianties van alle stochasten is. De daaruit volgende gemiddelde waarde en standaard afwijking in de ASET is normaal verdeeld verondersteld, op basis van de centrale limietstelling.

De navolgende pagina's geven het rekenkundige resultaat van de probabilistische uitwerking van zowel de ongesprinklerde als de gesprinklerde brandruimte, grenzend aan de corridor. In dit geval maakt het veel uit of getoetst wordt aan het criterium gezondheidsschade of het criterium letaliteit. Daarnaast maakt het uit waar wordt getoetst: de brandruimte, de corridor (vluchtroute) of een andere aangrenzende ruimte.

De belangrijkste stochast is het tijdstip van openen van de deur van de brandruimte. Om die reden is er ook een probabilistische uitwerking opgenomen wanneer een vast tijdstip van openen van de deur van de brandruimte wordt gehanteerd.

PROBABILISTISCHE BEREKENING CORRIDORONTSLUITING
BESCHIKBARE TIJD VOOR VLUCHTEN

ASET CORRIDOR

Casus: Ongesprinklerde brandruimte aan corridor

Toets: Zichtlengte > 5 m

variantenstudie

randcondities

RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ²
RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ³
tc	tijdconstante	s
tc	tijdconstante	s
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg
tdeur-1	tijdstip deur brandruimte open	min
tdeur-1	tijdstip deur brandruimte open	min
tdeur-2	duur deur brandruimte open	min
tdeur-2	duur deur brandruimte open	min
soot	soot yield	%
soot	soot yield	%
CO	CO yield	%
CO	CO yield	%

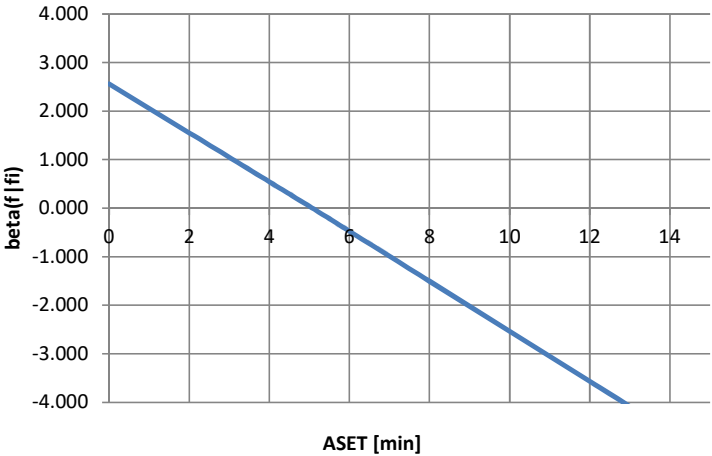
deterministisch	
gemiddeld x	ASET t [min]
250	
250	
150	
150	
17.5	
17.5	
5	
5	
1	
1	
100	
100	
100	
100	
ASET	5.08

gevoeligheidsanalyse			
variatie V	st. deviatie s	variant x + dx	ASET t [min]
	-75	175	5.08
	125	375	5.08
	-50	100	5.02
	75	225	5.08
	-1.75	15.75	5.02
	1.75	19.25	5.08
	-2	3	3.10
	2	7	7.02
	-0.5	0.5	5.08
	0.5	1.5	5.02
	-50	50	5.08
	50	150	5.02
	-50	50	5.08
	50	150	5.08

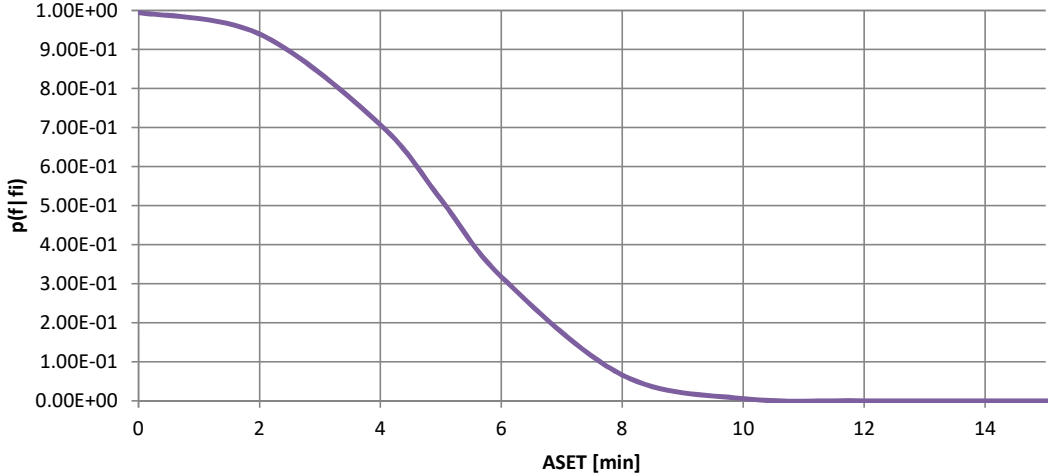
standaardafwijking			
dt/dx	s·dt/dx	(s·dt/dx) ²	
0.00	0.00	0.00	3.76
0.00	0.00		
0.00	-0.06		
0.00	0.00		
0.03	-0.06		
0.00	0.00	0.00	
0.99	-1.98	3.92	
0.97	1.94		
0.00	0.00		
-0.12	-0.06	0.00	
0.00	0.00		
0.00	-0.06	0.00	
0.00	0.00		
0.00	0.00		
variantie(t) =		3.935	3.764
s(t) =		1.984	1.940

betrouwbaarheid en faalkans (overschrijding)			
t [min]	s(t)	beta(f fi)	p(f fi)
0	1.98363	2.561	9.95E-01
2	1.98363	1.553	9.40E-01
4	1.98363	0.544	7.07E-01
5	1.98363	0.040	5.16E-01
6	1.94000	-0.474	3.18E-01
8	1.94000	-1.505	6.61E-02
10	1.94000	-2.536	5.61E-03
12	1.94000	-3.567	1.81E-04
14	1.94000	-4.598	2.13E-06
17	1.94000	-6.144	4.02E-10
20	1.94000	-7.691	7.32E-15

reliability index



cumulative probability ASET in case of fire



PROBABILISTISCHE BEREKENING CORRIDORONTSLUITING
BESCHIKBARE TIJD VOOR VLUCHTEN

ASET CORRIDOR

Casus: Gesprinklerde brandruimte aan corridor

Toets: Zichtlengte > 5 m

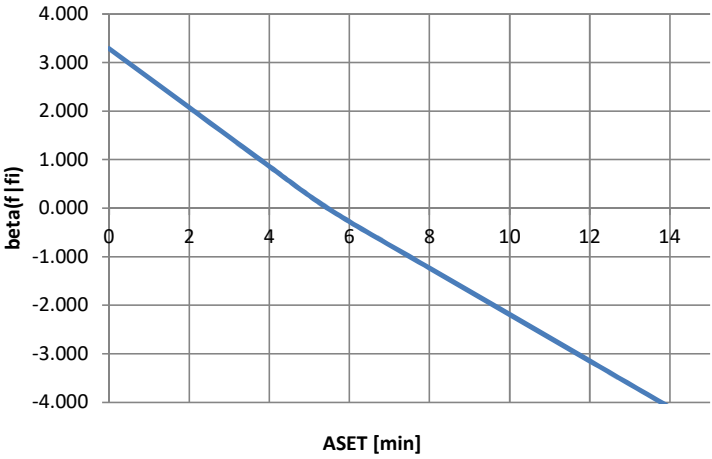
variantenstudie			deterministisch	
randcondities			gemiddeld x	ASET t [min]
RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ²	250	
RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ³	250	
tc	tijdconstante	s	150	
tc	tijdconstante	s	150	
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg	17.5	
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg	17.5	
tdeur-1	tijdstip deur brandruimte open	min	5	
tdeur-1	tijdstip deur brandruimte open	min	5	
tdeur-2	duur deur brandruimte open	min	1	
tdeur-2	duur deur brandruimte open	min	1	
soot	soot yield	%	100	
soot	soot yield	%	100	
CO	CO yield	%	100	
CO	CO yield	%	100	
			ASET	5.42

gevoeligheidsanalyse			
variatie V	st. deviatie s	variant x + dx	ASET t [min]
	-75	175	5.40
	125	375	5.62
	-50	100	5.32
	75	225	6.00
	-1.75	15.75	5.42
	1.75	19.25	5.42
	-2	3	3.78
	2	7	7.33
	-0.5	0.5	5.42
	0.5	1.5	5.42
	-50	50	6.00
	50	150	5.28
	-50	50	5.52
	50	150	5.42

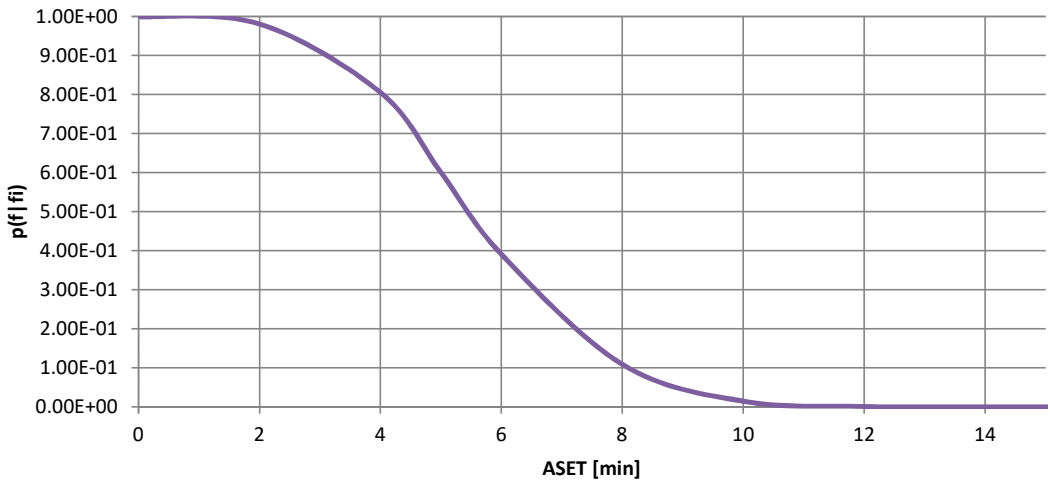
standaardafwijking			
dt/dx	s·dt/dx	(s·dt/dx) ²	
0.00	-0.02	0.00	0.04
0.00	0.20		
0.00	-0.10	0.01	
0.01	0.58		0.34
0.00	0.00		3.65
0.00	0.00		
0.82	-1.64	2.69	
0.96	1.91		
0.00	0.00		0.34
-0.01	0.58		
0.00	-0.14	0.02	
0.00	0.10		0.01
0.00	0.00		
variantie(t) =		2.720	4.371
s(t) =		1.649	2.091

betrouwbaarheid en faalkans (overschrijding)			
t [min]	s(t)	beta(f fi)	p(f fi)
0	1.64912	3.287	9.99E-01
2	1.64912	2.074	9.81E-01
4	1.64912	0.861	8.05E-01
5	1.64912	0.255	6.01E-01
6	2.09067	-0.277	3.91E-01
8	2.09067	-1.234	1.09E-01
10	2.09067	-2.191	1.42E-02
12	2.09067	-3.147	8.24E-04
14	2.09067	-4.104	2.03E-05
17	2.09067	-5.539	1.52E-08
20	2.09067	-6.974	1.54E-12

reliability index



cumulative probability ASET in case of fire



PROBABILISTISCHE BEREKENING CORRIDORONTSLUITING
BESCHIKBARE TIJD VOOR VLUCHTEN

ASET CORRIDOR

Casus: Ongesprinklerde brandruimte aan corridor

Toets: Zichtlengte > 5 m

Vanaf tijdstip t=5 min: deur open

variantenstudie
randcondities

RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ²
RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ³
tc	tijdconstante	s
tc	tijdconstante	s
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg
Hv	verbrandingswaarde	MJ/kg
tdeur-2	duur deur brandruimte open	min
tdeur-2	duur deur brandruimte open	min
soot	soot yield	%
soot	soot yield	%
CO	CO yield	%
CO	CO yield	%

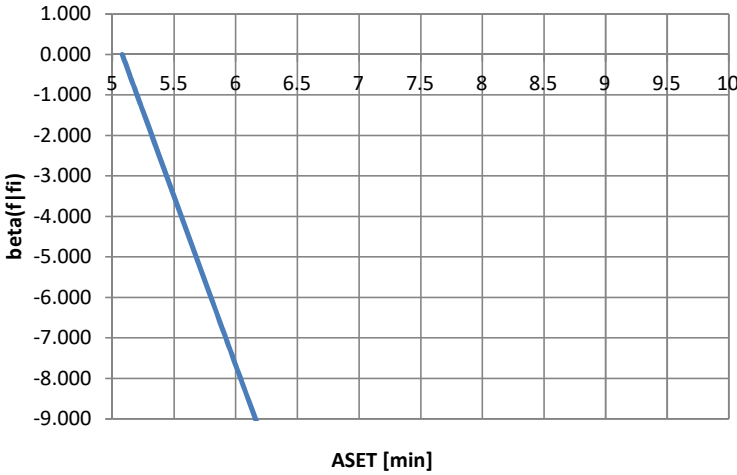
deterministisch	
gemiddeld x	ASET t [min]
250	
250	
150	
150	
17.5	
17.5	
1	
1	
100	
100	
100	
100	
ASET	5.08

gevoeligheidsanalyse			
variatie V	st. deviatie s	variant x + dx	ASET t [min]
	-75	175	5.08
	125	375	5.08
	-50	100	5.02
	75	225	5.08
	-1.75	15.75	5.02
	1.75	19.25	5.08
	-0.5	0.5	5.08
	0.5	1.5	5.02
	-50	50	5.08
	50	150	5.02
	-50	50	5.08
	50	150	5.08

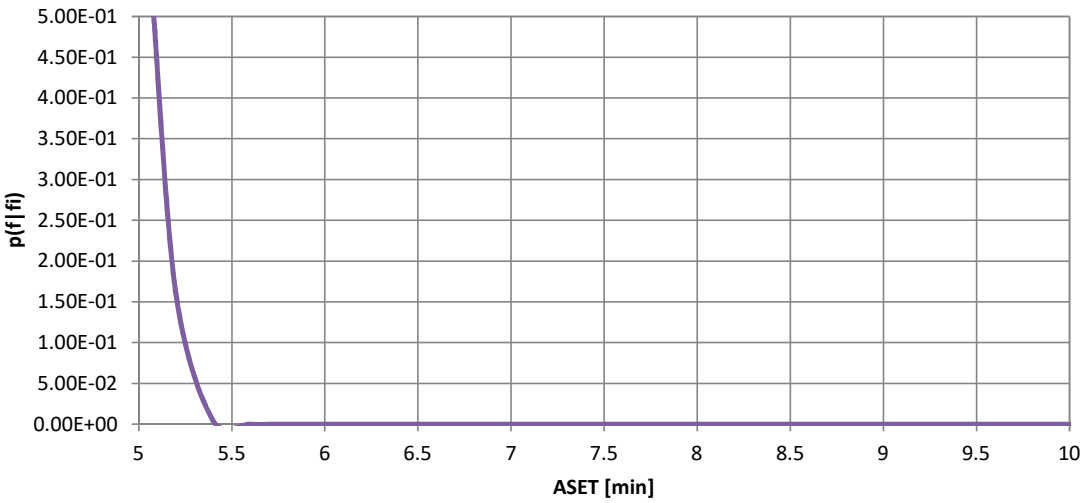
standaardafwijking			
dt/dx	s·dt/dx	(s·dt/dx) ²	
0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00		
0.00	-0.06		
0.00	0.00		
0.03	-0.06		
0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00		
-0.12	-0.06		
0.00	0.00		
0.00	-0.06		
0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00		
variantie(t) =		0.014	0.000
s(t) =		0.120	0.000

betrouwbaarheid en faalkans (overschrijding)			
t [min]	s(t)	beta(f fi)	p(f fi)
5.08	0.12000	0.000	5.00E-01
5.2	0.12000	-1.000	1.59E-01
5.4	0.12000	-2.667	3.83E-03
5.6	0.12000	-4.333	7.34E-06
5.8	0.12000	-6.000	9.87E-10
6	0.12000	-7.667	8.83E-15
6.3	0.12000	-10.167	1.40E-24
6.6	0.12000	-12.667	4.52E-37
7	0.12000	-16.000	6.39E-58
8	0.12000	-24.333	4.35E-131
10	0.12000	-41.000	0.00E+00

reliability index



cumulative probability ASET in case of fire



PROBABILISTISCHE BEREKENING CORRIDORONTSLUITING
BESCHIKBARE TIJD VOOR VLUCHTEN

ASET CORRIDOR

Casus: Gesprinklerde brandruimte aan corridor

Toets: Zichtlengte > 5 m

Vanaf tijdstip t=5 min: deur open

variantenstudie
randcondities

RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ²
RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ³
tc	tijdconstante	s
tc	tijdconstante	s
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg
tdeur-2	duur deur brandruimte open	min
tdeur-2	duur deur brandruimte open	min
soot	soot yield	%
soot	soot yield	%
CO	CO yield	%
CO	CO yield	%

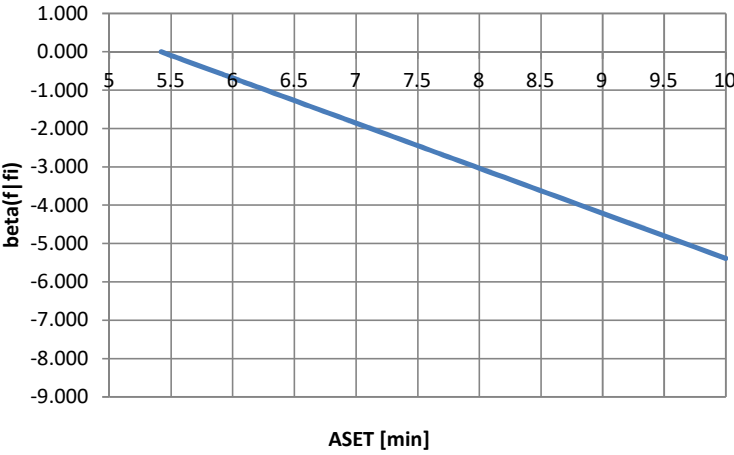
deterministisch	
gemiddeld x	ASET t [min]
250	
250	
150	
150	
17.5	
17.5	
1	
1	
100	
100	
100	
100	
ASET	5.42

gevoeligheidsanalyse			
variatie V	st. deviatie s	variant x + dx	ASET t [min]
	-75	175	5.40
	125	375	5.62
	-50	100	5.30
	75	225	6.00
	-1.75	15.75	5.42
	1.75	19.25	5.42
	-0.5	0.5	5.42
	0.5	1.5	5.42
	-50	50	6.00
	50	150	5.28
	-50	50	5.52
	50	150	5.42

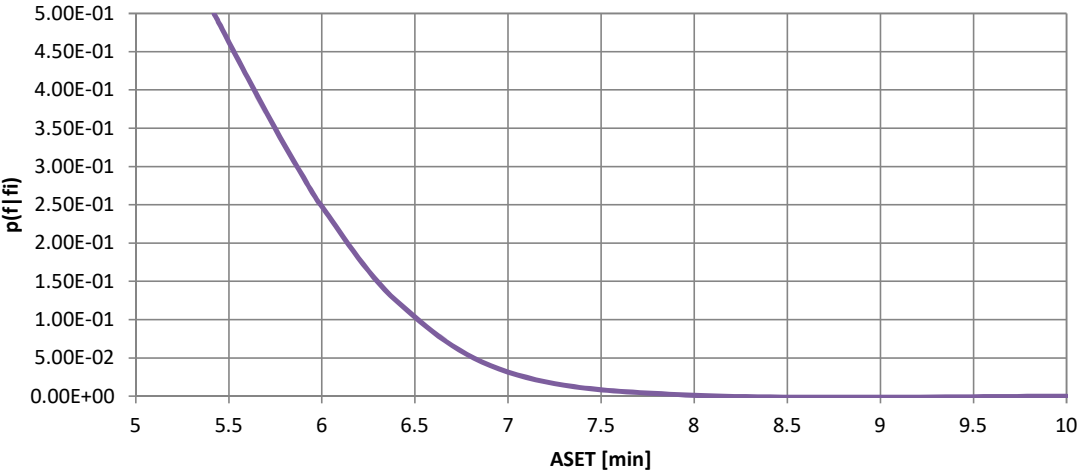
standaardafwijking			
dt/dx	s·dt/dx	(s·dt/dx) ²	
0.00	-0.02	0.00	0.04
0.00	0.20		
0.00	-0.12	0.01	0.34
0.01	0.58		
0.00	0.00		
0.00	0.00		
0.00	0.00		0.34
0.00	0.00		
0.00	0.00		
-0.01	0.58		
0.00	-0.14	0.02	0.01
0.00	0.10		
0.00	0.00		
variantie(t) =		0.034	0.723
s(t) =		0.185	0.850

betrouwbaarheid en faalkans (overschrijding)			
t [min]	s(t)	beta(f fi)	p(f fi)
5.42	0.18547	0.000	5.00E-01
5.5	0.85018	-0.094	4.63E-01
5.6	0.85018	-0.212	4.16E-01
5.7	0.85018	-0.329	3.71E-01
5.8	0.85018	-0.447	3.27E-01
5.9	0.85018	-0.565	2.86E-01
6	0.85018	-0.682	2.48E-01
6.4	0.85018	-1.153	1.25E-01
7	0.85018	-1.858	3.16E-02
8	0.85018	-3.035	1.20E-03
10	0.85018	-5.387	3.58E-08

reliability index



cumulative probability ASET in case of fire



PROBABILISTISCHE BEREKENING CORRIDORONTSLUITING
BESCHIKBARE TIJD VOOR VLUCHTEN

ASET CORRIDOR

Casus: Ongesprinklerde brandruimte aan corridor

Toets: Overleefbaarheid (CO)

Vanaf tijdstip t=5 min: deur open

variantenstudie
randcondities

RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ²
RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ³
tc	tijdconstante	s
tc	tijdconstante	s
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg
tdeur-2	duur deur brandruimte open	min
tdeur-2	duur deur brandruimte open	min
soot	soot yield	%
soot	soot yield	%
CO	CO yield	%
CO	CO yield	%

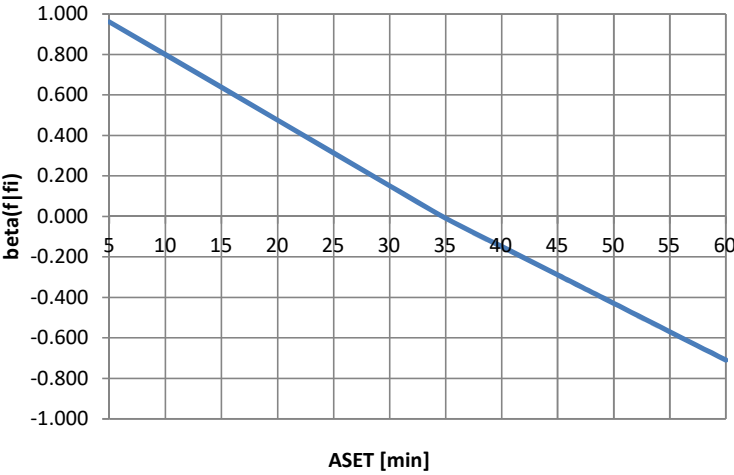
deterministisch	
gemiddeld x	ASET t [min]
250	
250	
150	
150	
17.5	
17.5	
1	
1	
100	
100	
100	
100	
ASET	34.70

gevoeligheidsanalyse			
variatie V	st. deviatie s	variant x + dx	ASET t [min]
	-75	175	34.70
	125	375	34.70
	-50	100	18.40
	75	225	58.00
	-1.75	15.75	29.80
	1.75	19.25	37.80
	-0.5	0.5	48.00
	0.5	1.5	12.20
	-50	50	34.70
	50	150	34.70
	-50	50	58.00
	50	150	22.10

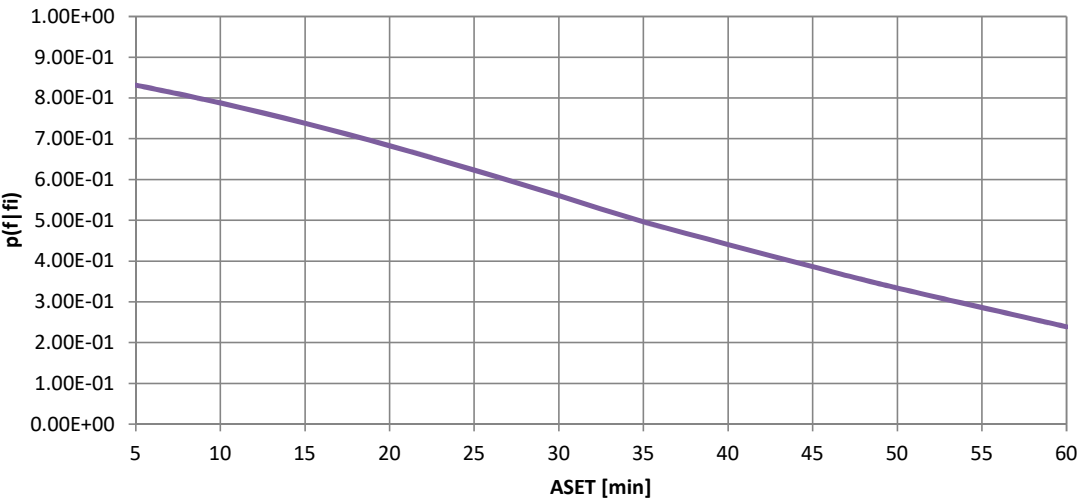
standaardafwijking			
dt/dx	s·dt/dx	(s·dt/dx) ²	
0.00	0.00	265.69	542.89
0.00	0.00		
0.33	-16.30		
0.31	23.30		
2.80	-4.90	24.01	9.61
1.77	3.10		
-26.60	13.30	506.25	176.89
-45.00	-22.50		
0.00	0.00		
0.00	0.00	542.89	542.89
-0.47	23.30		
-0.25	-12.60		
variantie(t) =		954.710	1272.280
s(t) =		30.898	35.669

betrouwbaarheid en faalkans (overschrijding)			
t [min]	s(t)	beta(f fi)	p(f fi)
5	30.89838	0.961	8.32E-01
10	30.89838	0.799	7.88E-01
15	30.89838	0.638	7.38E-01
20	30.89838	0.476	6.83E-01
25	30.89838	0.314	6.23E-01
30	30.89838	0.152	5.60E-01
35	35.66903	-0.008	4.97E-01
40	35.66903	-0.149	4.41E-01
45	35.66903	-0.289	3.86E-01
50	35.66903	-0.429	3.34E-01
60	35.66903	-0.709	2.39E-01

reliability index



cumulative probability ASET in case of fire



PROBABILISTISCHE BEREKENING CORRIDORONTSLUITING
BESCHIKBARE TIJD VOOR VLUCHTEN

ASET BRANDRUIMTE

Casus: Ongesprinklerde brandruimte aan corridor

Toets: Overleefbaarheid (CO)

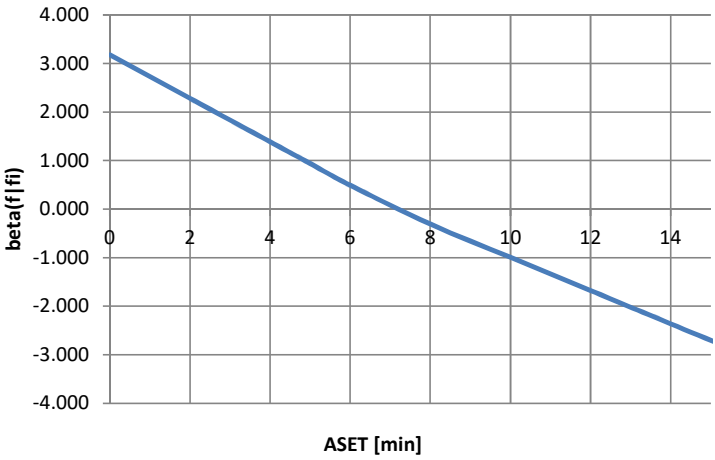
variantenstudie randcondities			deterministisch	
			gemiddeld x	ASET t [min]
RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ²	250	
RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ³	250	
tc	tijdconstante	s	150	
tc	tijdconstante	s	150	
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg	17.5	
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg	17.5	
tdeur-1	tijdstip deur brandruimte open	min	5	
tdeur-1	tijdstip deur brandruimte open	min	5	
tdeur-2	duur deur brandruimte open	min	1	
tdeur-2	duur deur brandruimte open	min	1	
soot	soot yield	%	100	
soot	soot yield	%	100	
CO	CO yield	%	100	
CO	CO yield	%	100	
			ASET	7.10

gevoeligheidsanalyse			
variatie V	st. deviatie s	variant x + dx	ASET t [min]
	-75	175	7.00
	125	375	7.15
	-50	100	5.40
	75	225	8.80
	-1.75	15.75	6.20
	1.75	19.25	8.00
	-2	3	7.10
	2	7	7.10
	-0.5	0.5	7.10
	0.5	1.5	6.30
	-50	50	7.10
	50	150	7.10
	-50	50	9.30
	50	150	6.30

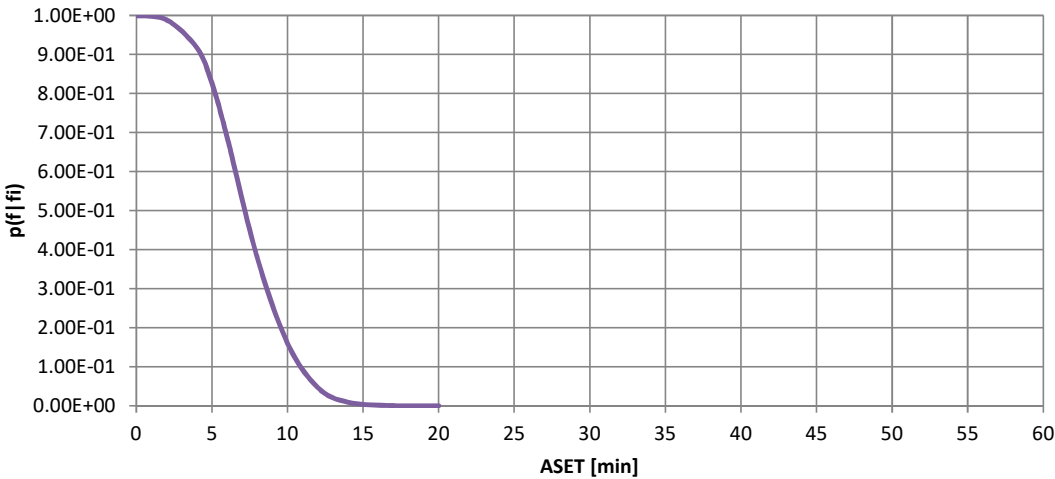
standaardafwijking			
dt/dx	s-dt/dx	(s-dt/dx) ²	
0.00	-0.10	0.01	0.00
0.00	0.05		
0.03	-1.70	2.89	
0.02	1.70		2.89
0.51	-0.90	0.81	0.81
0.51	0.90		
0.00	0.00		
0.00	0.00		0.64
0.00	0.00		
-1.60	-0.80	0.64	
0.00	0.00		4.84
0.00	0.00		
-0.04	2.20		
-0.02	-0.80	0.64	
variantie(t) =		4.990	8.543
s(t) =		2.234	2.923

betrouwbaarheid en faalkans (overschrijding)			
t [min]	s(t)	beta(f fi)	p(f fi)
0	2.23383	3.178	9.99E-01
2	2.23383	2.283	9.89E-01
4	2.23383	1.388	9.17E-01
5	2.23383	0.940	8.26E-01
6	2.23383	0.492	6.89E-01
8	2.92276	-0.308	3.79E-01
10	2.92276	-0.992	1.61E-01
12	2.92276	-1.677	4.68E-02
14	2.92276	-2.361	9.12E-03
17	2.92276	-3.387	3.53E-04
20	2.92276	-4.414	5.08E-06

reliability index



cumulative probability ASET in case of fire



PROBABILISTISCHE BEREKENING CORRIDORONTSLUITING
BESCHIKBARE TIJD VOOR VLUCHTEN

ASET BRANDRUIMTE

Casus: Gesprinklerde brandruimte aan corridor

Toets: Overleefbaarheid (CO)

variantenstudie

randcondities

RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ²
RHRPUA	ref. brandvermogensdichtheid	kW/m ³
tc	tijdconstante	s
tc	tijdconstante	s
Hc	verbrandingswaarde	MJ/lg
Hc	verbrandingswaarde	MJ/kg
tdeur-1	tijdstip deur brandruimte open	min
tdeur-1	tijdstip deur brandruimte open	min
tdeur-2	duur deur brandruimte open	min
tdeur-2	duur deur brandruimte open	min
soot	soot yield	%
soot	soot yield	%
CO	CO yield	%
CO	CO yield	%

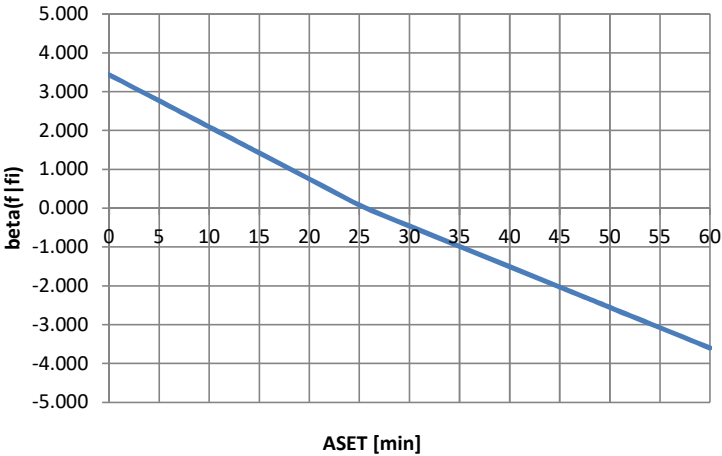
deterministisch	
gemiddeld x	ASET t [min]
250	
250	
150	
150	
17.5	
17.5	
5	
5	
1	
1	
100	
100	
100	
100	
ASET	25.60

gevoeligheidsanalyse			
variatie V	st. deviatie s	variant x + dx	ASET t [min]
	-75	175	24.60
	125	375	29.80
	-50	100	22.60
	75	225	32.60
	-1.75	15.75	25.00
	1.75	19.25	26.20
	-2	3	24.50
	2	7	25.80
	-0.5	0.5	24.30
	0.5	1.5	26.10
	-50	50	25.60
	50	150	25.60
	-50	50	30.50
	50	150	19.10

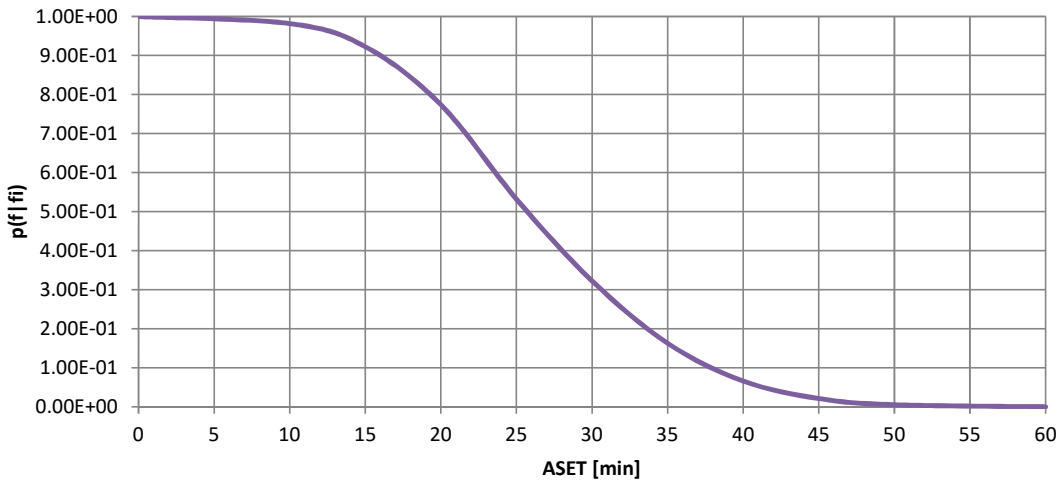
standaardafwijking			
dt/dx	s·dt/dx	(s·dt/dx) ²	
0.01	-1.00	1.00	17.64
0.03	4.20		
0.06	-3.00	9.00	
0.09	7.00		49.00
0.34	-0.60	0.36	0.36
0.34	0.60		
0.55	-1.10	1.21	
0.10	0.20		0.04
2.60	-1.30	1.69	0.25
1.00	0.50		
0.00	0.00		
0.00	0.00		24.01
-0.10	4.90		
-0.13	-6.50	42.25	
variantie(t) =		55.510	91.300
s(t) =		7.451	9.555

betrouwbaarheid en faalkans (overschrijding)			
t [min]	s(t)	beta(f fi)	p(f fi)
0	7.45050	3.436	1.00E+00
10	7.45050	2.094	9.82E-01
15	7.45050	1.423	9.23E-01
20	7.45050	0.752	7.74E-01
25	7.45050	0.081	5.32E-01
30	9.55510	-0.460	3.23E-01
35	9.55510	-0.984	1.63E-01
40	9.55510	-1.507	6.59E-02
45	9.55510	-2.030	2.12E-02
50	9.55510	-2.554	5.33E-03
60	9.55510	-3.600	1.59E-04

reliability index



cumulative probability ASET in case of fire





RAADGEVENDE INGENIEURS

Nieman

Bouwfysica, -techniek en -regelgeving

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.

Vestiging Utrecht

Atoomweg 400

Postbus 40217

3504 AA Utrecht

T 030-241 34 27

Vestiging Zwolle

Dr. Van Lookeren -

Campagneweg 16

Postbus 40147

8004 DC Zwolle

T 038-467 00 30



LID
ML INGENIEURS

In 't Hart van de Bouw