

**CFD – simulatie onderzoek warmte- en rookafvoer
bij een autobrand**

Projectnaam: Heilig Hart Hof

Opdrachtgever: Nex2us
Postbus 101
4870 AC ETTEN-LEUR
T.a.v. De heer M. Joosen

Document opgemaakt op: 03-08-2016

Document opgemaakt door: Ing. Daniek de Jager

Referentienummer: PR16067 / BR16X221

NCP erkenningnummer: NCP1980

Aantal pagina's: 11+bijlagen

Inhoudsopgave

1. Inleiding	2
2. Uitgangspunten	2
1.1 Uitgangspunten installatie ontwerp en simulatie berekening	2
2.2 Uitgangspunten prestatie eisen	3
2.3 Uitgangspunten beoordeling criteria	3
3. Gebouw uitvoering en principe werking installatie	3
3.1 Bouwkundige uitvoering parkeergarage	3
3.2 Opzet ventilatie installatie	4
3.3 Beschrijving rookbeheersing systeem	4
3.4 Cause and effect diagram rookbeheersingssysteem	5
4. Toelichting CFD berekening	6
4.1 Inleiding	6
4.2 Achtergrond CFD model	6
4.3 Brandvermogen autobrand	8
4.4 Bepaling zicht op de brand	9
5. Procesverloop autobrand, repressie en nazorg	10
5.1 Normatief brandverloop	10
6. Beoordeling van de resultaten	10
6.1 Resultaten overzicht algemeen	10
6.2 Resultaten overzicht brandlocatie 1	10
6.3 Resultaten overzicht brandlocatie 2	10
7. Conclusie	11

1. Inleiding

Het nieuwbouwproject betreft een wooncomplex met daaronder een parkeergarage (overige gebruiksfunctie voor het stallen van motorvoertuigen). Deze rapportage betreft alleen de parkeergarage. De garage bestaat uit één bouwlaag en is gedeeltelijk gelegen onder het maaiveld.

De aanvrager heeft ervoor gekozen om gebruik te maken van het gelijkwaardigheid beginsel zoals is aangegeven in Artikel 1.3 van het bouwbesluit. De aanvrager moet ten genoegen van burgemeester en wethouders aantonen dat het bouwwerk ten minste eenzelfde mate van onder andere veiligheid biedt als is beoogd met het betrokken voorschrift.

Het gebouw is beoordeeld op basis van de onderstaande uitgangspunten, conform de bouwregelgeving, die ten doel hebben om:

- 1^e het uitbreken van brand te voorkomen;
- 2^e een veilige ontvluchting in geval van brand en/of rookontwikkeling te waarborgen;
- 3^e de uitbreiding van een eenmaal uitgebroken brand te beperken;
- 4^e het blussen van het begin van een brand met een redelijke kans op succes te verzekeren.

Het gebouw is uitgerust met verschillende brandbeveiligingsinstallaties die er zorg voor moeten dragen dat de gelijkwaardige veiligheid gerealiseerd wordt ten opzichte van het niveau van veiligheid zoals beoogd met het bouwbesluit.

2. Uitgangspunten

1.1 *Uitgangspunten installatie ontwerp en simulatie berekening*

- De basis voor het ontwerp en de uitvoering van het brandveiligheidssysteem is de: NEN6098:2012.
- Het doel van de installatie is het verbeteren van de mogelijkheden voor een succesvolle binnenaanval door het snel kunnen vinden van de brand binnen de aangegeven detectiezone.
- Ten behoeve van de beoordeling van het installatie ontwerp zijn er twee brandsimulaties uitgevoerd. Zoals weergegeven in bijlage I.

2.2 Uitgangspunten prestatie eisen

§ 4.3.2 Tussen de aangewezen ingang van de brandweer en de brandhaard moet er een tenminste 5 meter brede route zijn waarover de brandhaard tot op 15 meter rookvrij kan worden benaderd.

§ 4.3.3 Zicht op de brand moet worden gerealiseerd vanaf 10 minuten tot 27 minuten na detectie, om de mogelijkheid voor repressie door de brandweer te verbeteren.

2.3 Uitgangspunten beoordeling criteria

De beoordeling van het realiseren van de gewenste zichtlengte in tijd (nazorg) conform de NEN6098 is direct uit de berekeningsresultaten af te leiden. De beoordeling van de overige berekeningsresultaten (repressief optreden) dient in overleg met bevoegd gezag plaats te vinden.

3. Gebouw uitvoering en principe werking installatie

3.1 Bouwkundige uitvoering parkeergarage

De ondergrondse parkeergarage bestaat uit een parkeerlaag met totaal ca. 116 parkeerplaatsen. De totale netto gebruiksoppervlakte van parkeergarage (GO) bedraagt ca. 2.800 m². De vrije hoogte in de garage is ca. 2,7 meter. De in- en uitrit is voorzien van een luchtdichte deur (vrije doorlaat maximaal 10%). De gehele oostgevel is grotendeels open uitgevoerd, in deze opstaande gevel zijn gevelroosters voorzien met een minimale doorlaat van 80%, zie bijlage 1 voor een aanzicht van deze gevel.

De verdiepingvloeren en de hoofd draagconstructie worden in beton uitgevoerd. De parkeergarage is voorzien van een deels vlak plafond, waarbij er in de garage diverse constructie balken zijn voorzien. In de garage zijn een aantal ruimten opgenomen waaronder liften, (vlucht)trappenhuis en technische ruimten.

Het CFD onderzoek is gebaseerd op de volgende aangeleverde tekeningen en uitgangspunten:

Tekening: 07-02-50 t/m 07-02-58 d.d. 27-06-2016

Uitgangspuntendocument CFD onderzoek: PR16067/BR16X191 d.d. 01-07-2016

3.2 Opzet ventilatie installatie

In de parkeergarage is een mechanisch ventilatiesysteem voorzien dat niet alleen de optredende CO/LPG concentraties afvoert bij normaal gebruik maar ook repressief bij een autobrand kan worden ingezet. Hierbij wordt het systeem op basis van een branddetectie-systeem aangestuurd. Het systeem is voorzien van afvoerventilatoren en stuwkrachtventilatoren. De werking van het ventilatiesysteem bij brand is afhankelijk van de locatie van de brand.

Aan de hand van uitgangspunten zoals genoemd in de NEN2443, het bouwbesluit en de NEN6098 is het uiteindelijke ventilatieontwerp tot stand gekomen. Het maximale ventilatiedebiet wordt in brandsituatie gerealiseerd. Het minimale ventilatiedebiet ten behoeve van CO/LPG ventilatie is conform de NEN2443:2013 bepaald. Door toepassing van een CO/LPG - detectiesysteem kan de ventilatie-installatie in deelbedrijf geschakeld worden.

3.3 Beschrijving rookbeheersing systeem

Het ventilatiesysteem bestaat uit drie afvoerschachten. Twee schachten die uitblazen op maaiveld en alleen voor brandventilatie worden gebruikt en een schacht die bovendaks afblaast en alleen voor dagelijkse CO/LPG ventilatie worden gebruikt. Het afvoerdebiet van de brandschachten bedraagt 250.000 m³/h per schacht het afvoerdebiet van de CO/LPG schacht bedraagt 32.000 m³/h. De toevoer van lucht geschiedt door onderdruk via de gedeeltelijk open Oostgevel. Er zijn in totaal drie induceerventilatoren voorzien om in totaal twee rookzones te creëren op basis van aansturing uit het branddetectiesysteem. De toegepaste ventilatoren zijn van het fabricaat ExcelAir; type CPC300 4-8S Exceljet 100. Deze ventilatoren hebben een stuwdruk in hoog/laag toeren van 100/24 N.

In het model is uitgegaan van een detectietijd van 3 minuten, gedurende deze tijd draait het systeem in continu CO/LPG bedrijf. Na detectie wordt het systeem direct uitgezet, na twee minuten (na vaststellen exacte detectiezone en verwerkingstijd) wordt het ventilatiesysteem in brandbedrijf aangestuurd, in het model zal op dat moment het volledige systeem in brandbedrijf functioneren.

Projectnaam: Heilig Hart Hof
 Onze referentie: PR16067 / BR16X221
 Datum: 03-08-2016



3.4 Cause and effect diagram rookbeheersingssysteem

Onderdeel:	Continu bedrijf:	Brandlocatie/ventilatiezone:	
		1	2
Induceerventilator:			
IDV01	0%	0%	0%
IDV02	0%	0%	0%
IDV03	0%	0%	100%
Afvoerventilator brand:			
AV01	0%	100%	100%
AV02	0%	100%	100%
AV03	0%	100%	100%
AV04	0%	100%	100%
Afvoerventilator CO/LPG:			
AV05	30%	0%	0%
AV06	30%	0%	0%
Toevoervoorziening:			
In-uitrit	Open/Dicht	Dicht	Dicht
Zijgevel-Oostzijde	Open	Open	Open

4. Toelichting CFD berekening

4.1 Inleiding

Het voornaamste gevaar bij en brand in een parkeergarage ontstaat door sterke rookontwikkeling. De opstijgende hete brandgassen breiden zich onder het plafond van de parkeerlaag uit. Door afkoeling aan plafond en wanden kan de rook naar beneden zakken. Hierdoor kan de oriëntatie van vluchtende personen uit de parkeergarage bemoeilijkt worden. De lokalisering van de brand door de brandweer kan door de rook al na enkele minuten problematisch worden.

Om een voorspelling te doen naar de situatie in de parkeergarage in geval van brand, is met behulp van "Computational Fluid Dynamics" (CFD) de werking van het ventilatiesysteem tijdens een autobrand gesimuleerd. Voor het uitvoeren van deze simulatie wordt een 3-dimensionaal model van de parkeergarage opgezet. In dit model worden vervolgens de technische installaties en de regelstrategieën met behulp van wiskundige formules verwerkt.

Om op juiste wijze het verloop van de rook –en warmte verspreiding in tijd te kunnen beoordelen is gekozen voor een tijdsafhankelijke benadering.

4.2 Achtergrond CFD model

De berekeningen zijn uitgevoerd met gebruik van het CFD (Computational Fluid Dynamics) pakket van Phoenix, versie 2015. Deze software is gebaseerd op het zogenaamde eindige volume methode. Bij deze methode wordt de geometrie waarin de te simuleren stroming plaatsvindt, verdeeld in een eindig aantal volumecellen waarbinnen de van belang zijnde stromingsgrootheden constant worden verondersteld. In dit project is gemodelleerd met totaal ca. 1.200.000 rekencellen.

De stroming-grootheden zijn de statische druk, snelheidscomponenten, de luchttemperatuur en de grootheden welke behoren bij het turbulentiemodel. In deze berekeningen is gebruik gemaakt van het zogenaamde $k\epsilon$ - turbulentiemodel. De relaties tussen de stromingseenheden in elke volumecel en de aangrenzende volumecellen zijn vastgelegd met elementaire thermische en mechanische differentiaalvergelijkingen (de zogenaamde Navier-Stokes vergelijkingen). Na toevoeging van de randvoorwaarden wordt het stromingsprobleem op iteratieve wijze opgelost.

Bij de onderhavige berekeningen is gebruik gemaakt van een instationaire (dynamische) berekening. De benadering houdt rekening met het veranderen van het stromingsbeeld als functie van tijd, ten gevolge van tijdsafhankelijke randvoorwaarden. Bijvoorbeeld het verloop van het brandvermogen. De brand is gesimuleerd door binnen een vereenvoudigde geometrie een warmtebron en een rookbron aan te brengen. De warmte overdracht vindt plaats middels convectie. Bij de berekeningen is voor het bepalen van de zichtlengte de rookconcentratie per cel berekend. Hieruit is in het model de zichtlengte afgeleid.

In het model is opgenomen:

- Betonvloer aan de onder- en bovenzijde;
- Randon betonwanden;
- Deels open zijgevel aan de oostzijde;
- De wrijvingsweerstand van de vloerconstructies en wandconstructies.
- Eventuele balken aan het plafond van de parkeergarage.
- Bouwkundige obstakels in de garage, zoals kolommen e.d.

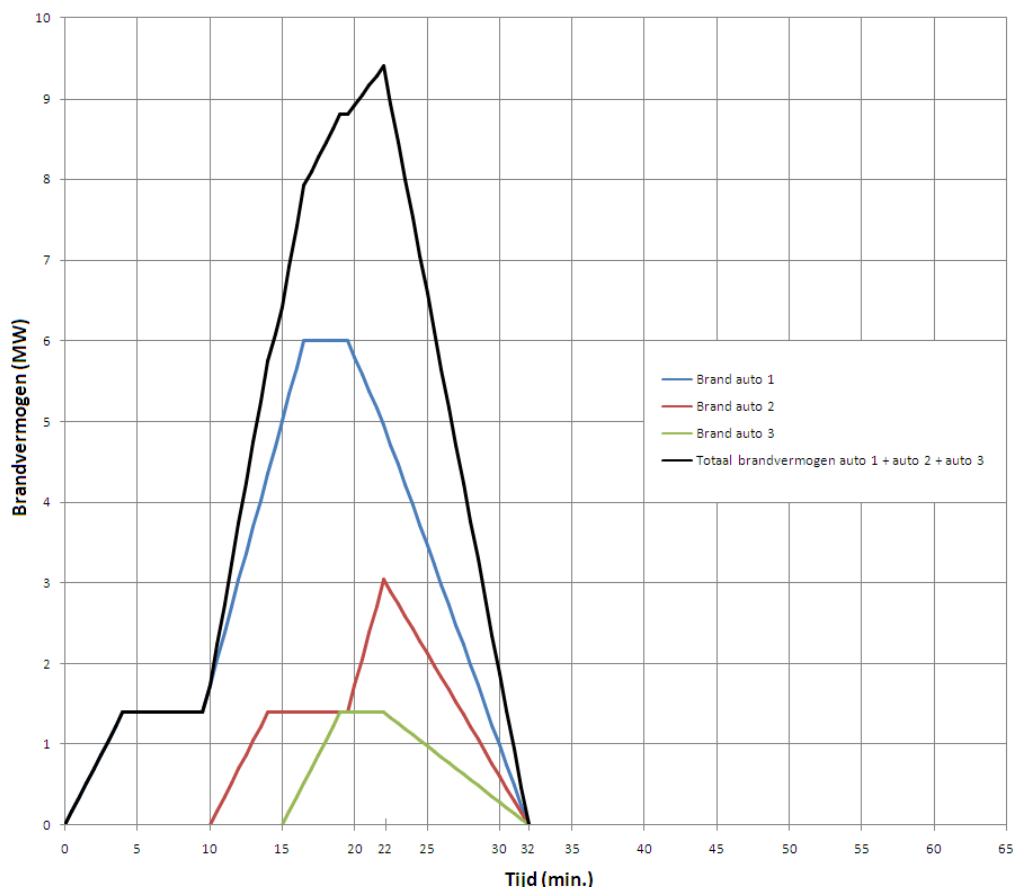
De positie van de brandende auto's is in overleg met bevoegd gezag dusdanig gekozen dat een grote verspreiding van rook en warmte wordt aangenomen. Deze locatie is maatgevend voor de gehele garage. De uitkomsten van deze berekeningen worden grafisch weergegeven.

De opzet van het rekenmodel in Phoenix is weergegeven in bijlage I.

Relevante parameters en uitgangspunten CFD onderzoek:

Parameter:	Instelling:
Tijdstappen:	5 seconden per tijdstap
Aantal iteraties	Tussen de 50 en de 1000 per tijdstap
Convergentie	Maximaal 0,1% (Global Convergence Criterion)
Gridverdeling	Cartesian, lineair grid cellen variërend van 0,2 x 0,2 x 0,07 tot 0,28 x 0,28 x 0,25 (lxbxh)
Samenstelling lucht	Lucht, gemodelleerd als ideaal gas.
Rook	Gemodelleerd als scalaire variabele
Straling	Geen straling gemodelleerd, warmte afgifte aangenomen als 70% van het totale vermogen als compensatie voor het stralingsverlies
Wanden/vloeren/balken	Opgelegde ruwheid van beton incl. kleine obstakels zoals armaturen e.d. opgenomen.
Warmtegeleiding beton	2 W/m ² /K
Conditie bij start simulatie	0 Pa druk en omgevingstemperatuur van T = 20 °C
Conditie rond natuurlijke toevoer	Aangenomen omgevingstemperatuur van T = 20 °C
Rookpotentieel	400 m ² /kg
Optische dichtheid	Zie paragraaf 4.4
Mechanische afvoer	Object met afmetingen van geprojecteerde roosters met daarin een opgelegde volumestroom
Natuurlijke toevoer	Object met 80% doorlaat met aan de buitenzijde atmosferische druk.
Brandmodel	Statisch volume, Energie op basis van grafiek in paragraaf 4.3 en rookmassastroom conform bijlage B van de NEN6098.
Verbrandingswaarde	25 MJ/kg
Turbulentiemodel	k _ε Model (k Epsilon)

4.3 Brandvermogen autobrand



De- tectie	Opkomst	Inzet	Blussen	Rook- en warmteafvoer
5 min	10 min	7 min	10 min	33 min

Figuur 2: Brandcurve brandvermogen autobrand en normatief brandverloop autobrand

Door de autobrand ontstaat per MJ energie een hoeveelheid rook die in een volume van 1 m³ bij een temperatuur van 20 °C een rookdichtheid van 16 m⁻¹ veroorzaakt. Deze waarde komt overeen met een rookpotentieel van 400 m²/kg, uitgaande van de voorgeschreven verbrandingswaarde van 25 MJ/kg voor een autobrand. Voor het oppervlak van de autobrand moet worden gerekend met een parkeervak met de afmeting van 2,5 m × 5 m per auto.

OPMERKING 1 Deze curve is gebaseerd op de door TNO aangegeven ontwerpbrand uit 1999 (*Effectiviteit van stuwkrachtventilatie in gesloten parkeergarages, brandproeven en simulatie* TNO rapport 1999-CVB-R1442). Bij de proeven van TNO is aangegeven dat er 10 min à 15 min na de eerste auto de brand over kan slaan naar de ernaast geparkeerde auto's (afhankelijk van onder meer de onderlinge afstand). De vermogenscurve voor één auto is een veilige (conservatieve) inschatting van het vermogen dat vrijkomt volgens TNO. Dat na 15 min in de ontwerpcurve van deze norm drie auto's in brand staan, mag daarom als een conservatief scenario worden beschouwd.

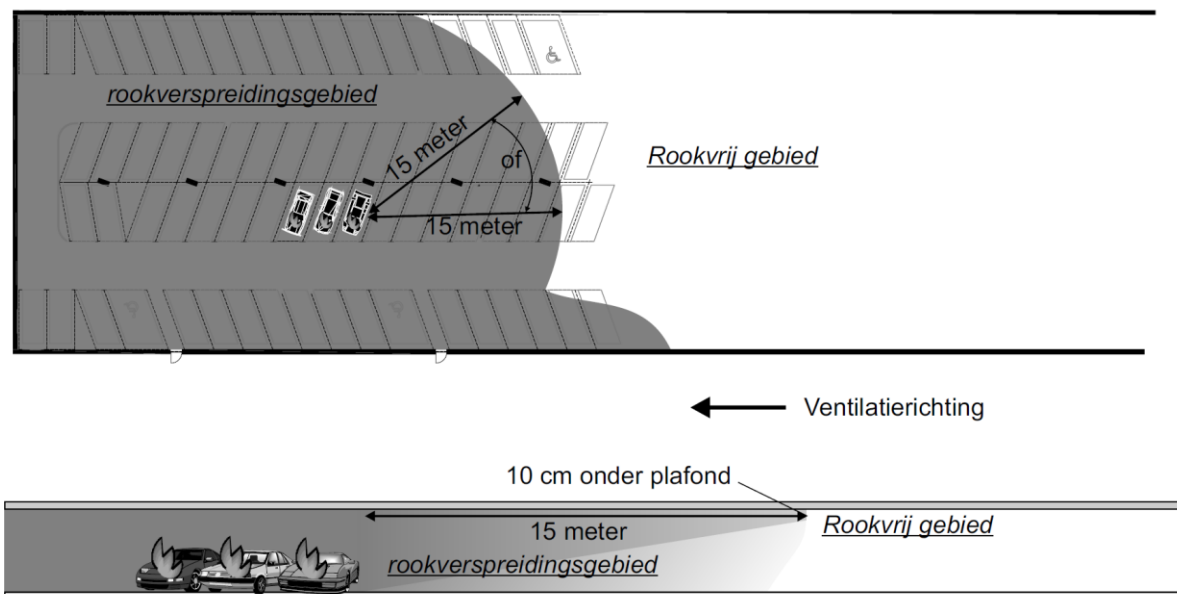
OPMERKING 2 Door veranderingen in materiaalgebruik is de hoeveelheid brandbaar materiaal in een auto gestegen. Dat betekent dat de vermogenscurve van een auto waarschijnlijk is gestegen, maar dat vermoeden is vooralsnog niet hard gemaakt in proeven of berekeningen. De werkgroep is van mening dat de huidige curve gehandhaafd moet worden tot nieuwe, betrouwbare gegevens ter beschikking zijn gekomen.

4.4 Bepaling zicht op de brand

Om te bepalen of er zicht op de brand is dient het volgende te worden vastgesteld:

De maximale rookconcentratie op 15 meter van de brand is $0,02 \text{ gr/m}^3$

De wijze van toetsing wordt met onderstaande afbeelding weergegeven.



5. Procesverloop autobrand, repressie en nazorg

5.1 Normatief brandverloop

De- tectie	Opkomst	Inzet	Blussen	Rook- en warmteafvoer
5 min	10 min	7 min	10 min	33 min

6. Beoordeling van de resultaten

6.1 Resultaten overzicht algemeen

De resultaten met betrekking tot de luchtstroming en rookgedrag is ten behoeve van de beeldvorming bijgevoegd als AVI bestand. Dit bestand bevat de ontwikkeling van de brand in tijd, in stappen van 60 seconden.

De resultaten gegeven de relevante grootheden op een hoogte van 2 meter weer, de rookverspreiding wordt aangegeven in rookconcentratie. Aan de linkerkant kunnen de waarden van de berekeningen afgelezen worden, de schaal van rookconcentratie loopt van 0 tot 0,02 gr/m³ (overige variabelen op een, voor dat tijdstip in het onderzoek, relevante schaal).

De afstand van 15 meter tot de brand is aangegeven met een halve cirkel:



6.2 Resultaten overzicht brandlocatie 1

Movie PR16067-107c brandlocatie 1.AVI; rookconcentratie bovenaanzicht op 2 meter +vloer

6.3 Resultaten overzicht brandlocatie 2

Movie PR16067-207b brandlocatie 2.AVI; rookconcentratie bovenaanzicht op 2 meter +vloer

7. Conclusie

In opdracht van Nex2us is voor het project Heilig Hart Hof een CFD-studie verricht waarin de rookverspreiding bij een autobrand inclusief brandoverslag wordt gesimuleerd. De berekeningen zijn verricht op een tweetal maatgevende locaties die in overleg met het bevoegd gezag bepaald zijn.

Uit de in het rapport gepresenteerde simulaties blijkt dat voor de onderzochte situaties bij de simulatie van brandlocatie 1 en brandlocatie 2 wat betreft repressie en nazorg aan de gestelde eisen en toetsingscriteria wordt voldaan.

In de uitgevoerde simulaties is bij alle brandlocaties de brand te benaderen vanuit de nabij gelegen trappenhuizen.

Door de toepassing van een plaatsafhankelijk branddetectiesysteem kan de brandweer bij aankomst aan de hand van het brandmeldpaneel beoordelen waar de brand zicht bevindt, (zones van 1.000 m²) op basis daarvan kan worden bepaald hoe het best de brand kan worden benaderd.

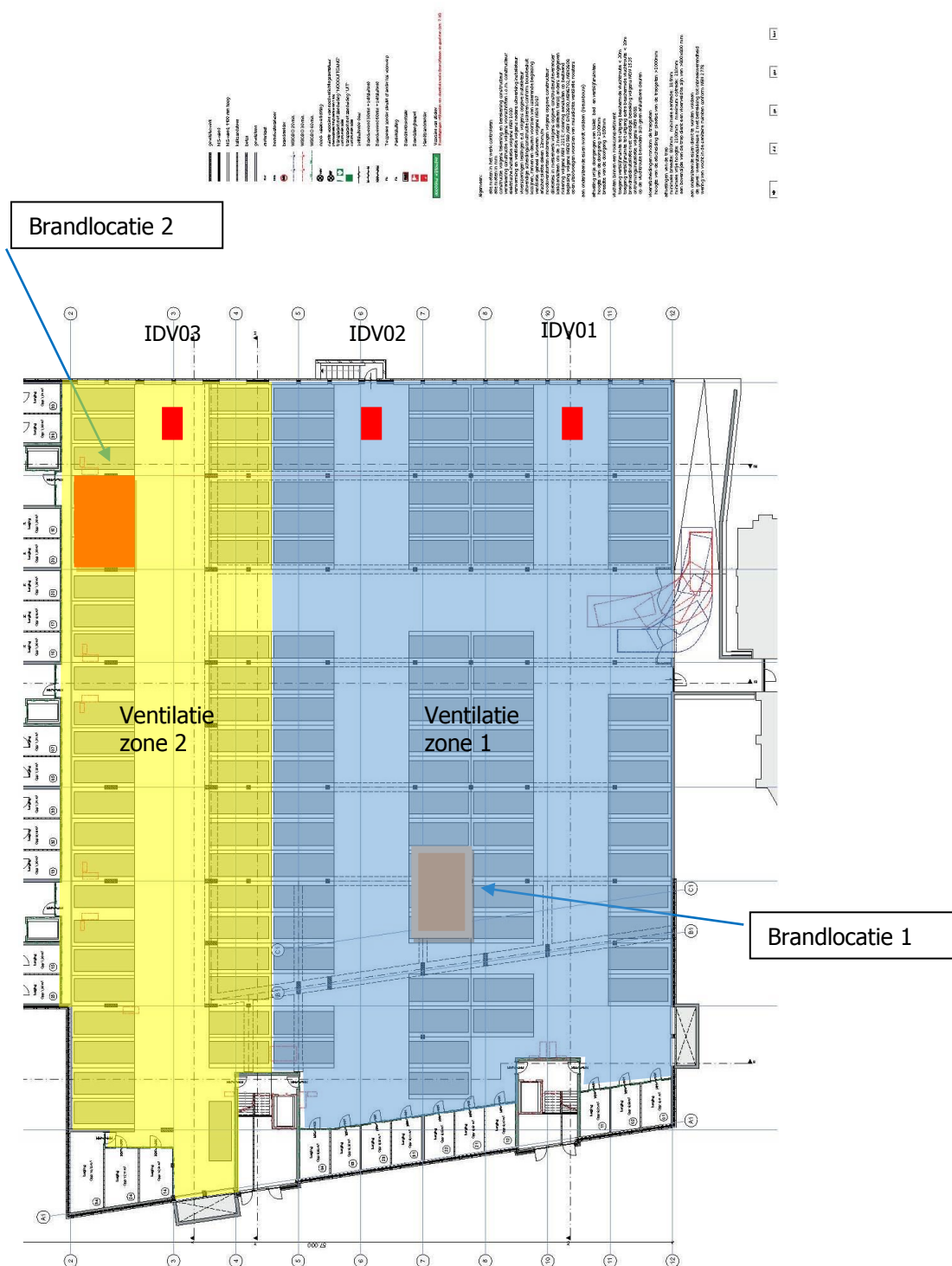
Aangaande repressie en nazorg kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- De vereiste rookbeheersing wordt gerealiseerd, waardoor een goede benadering van de brandweer gewaarborgd is;
- Het patroon van temperatuurverspreiding is nagenoeg gelijk aan het patroon van rookverspreiding;
- In het gebied voor de brandhaard zijn de temperaturen vrijwel gelijk aan de temperaturen van de aangevoerde lucht;
- Na het blussen van de brand is de gewenste zichtlengte van 30 meter ruim binnen het gestelde tijdbestek van 45 minuten gerealiseerd.

Op basis van de resultaten van de berekeningen kan geconcludeerd worden dat het geprojecteerde ventilatiesysteem bij een ontstane brand met het ingeschatte brandvermogen voldoet aan de gestelde eisen.

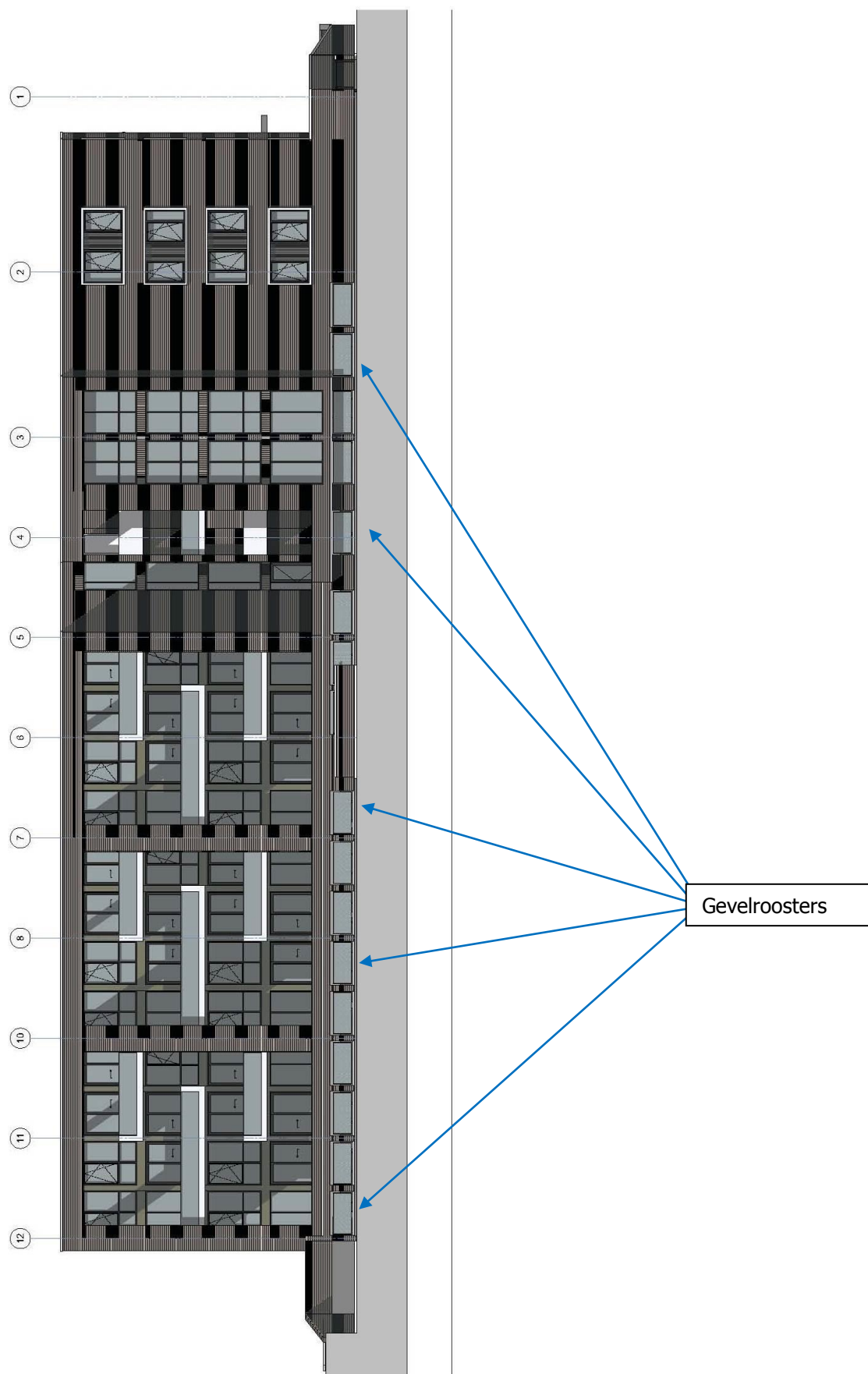
De uiteindelijke beoordeling betreffende veiligheid bij brand geschiedt door het bevoegd gezag.

Figuur a: Plattegrond parkeergarage

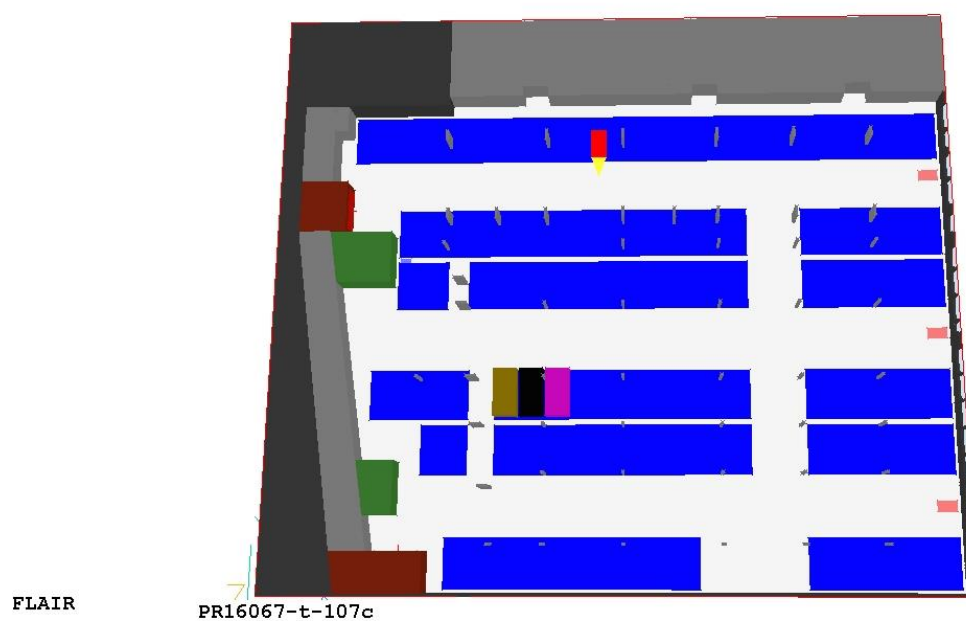


Projectnaam: Heilig Hart Hof
Onze referentie: PR16067 / BR16X221
Datum: 03-08-2016

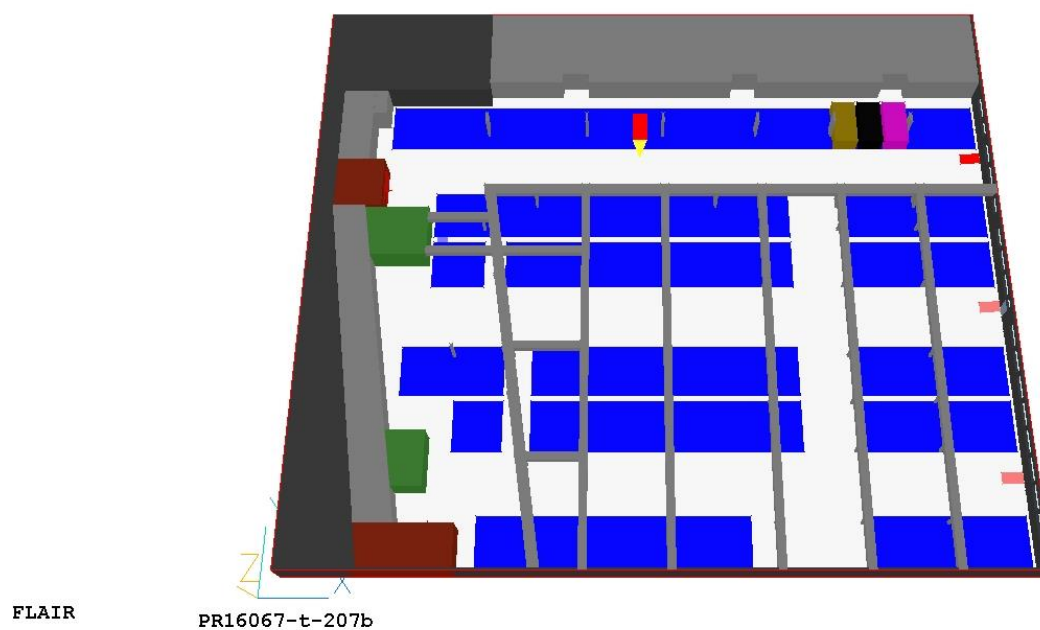
Figuur b: Aanzicht oostgevel



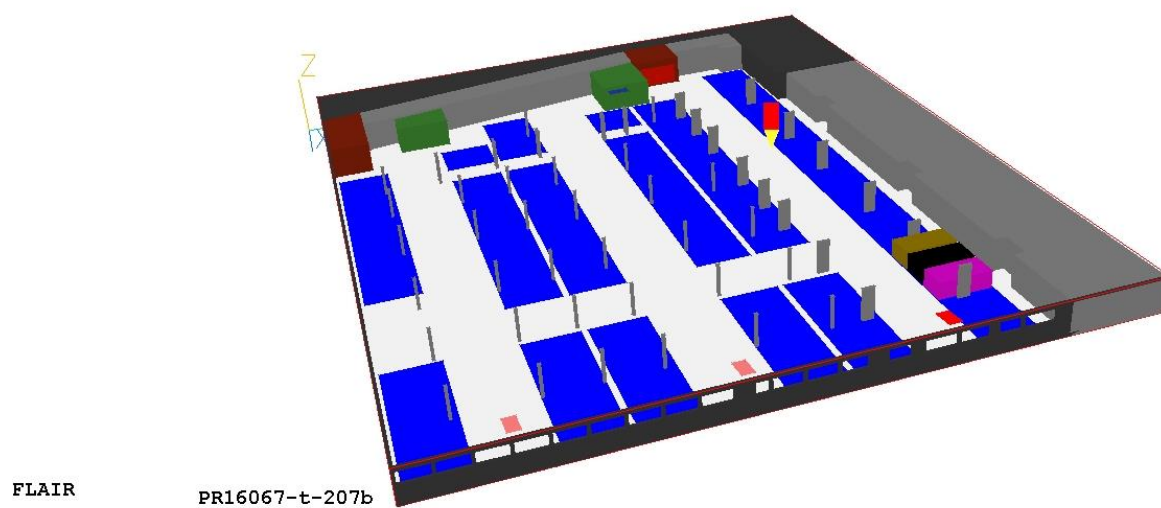
Figuur c: 3D opzet in CFD



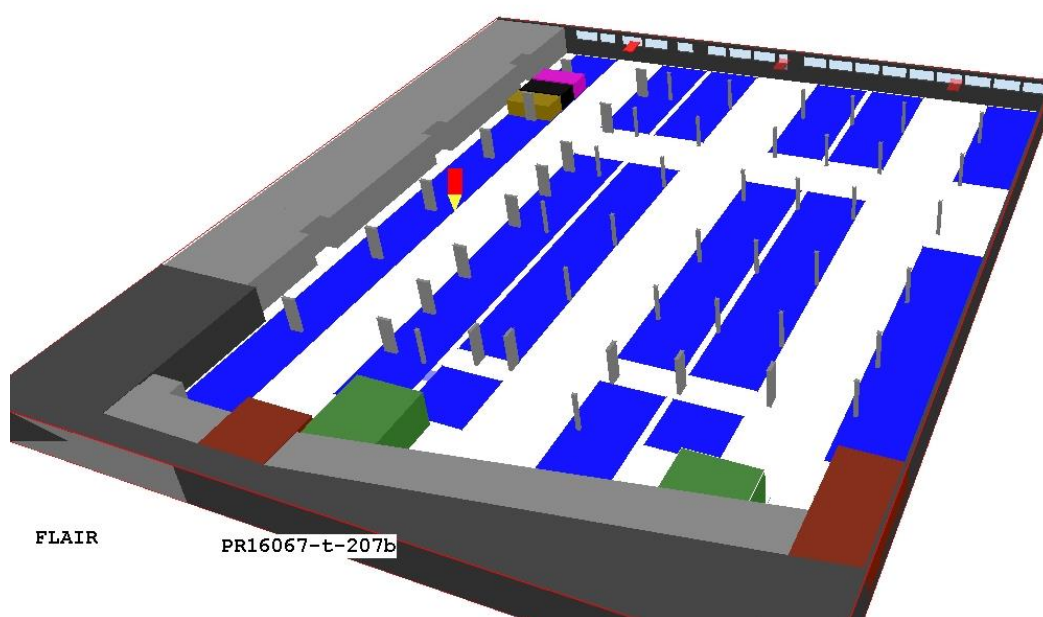
Figuur d: 3D opzet in CFD



Figuur e: 3D opzet in CFD



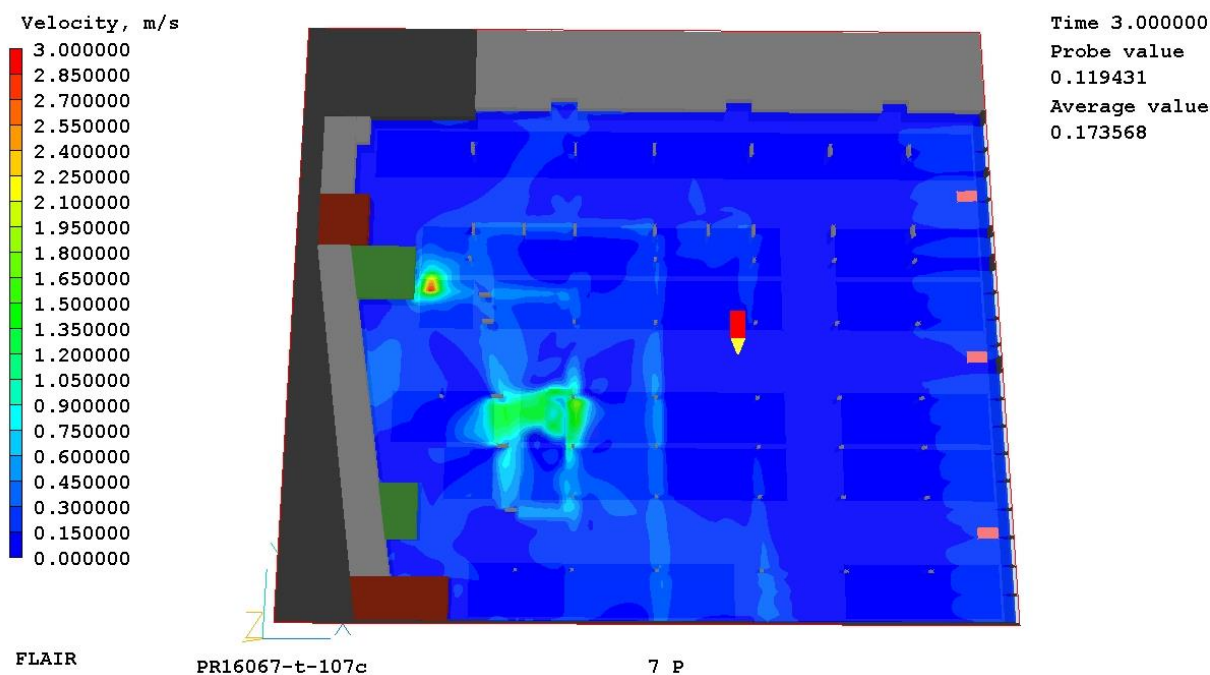
Figuur f: 3D opzet in CFD



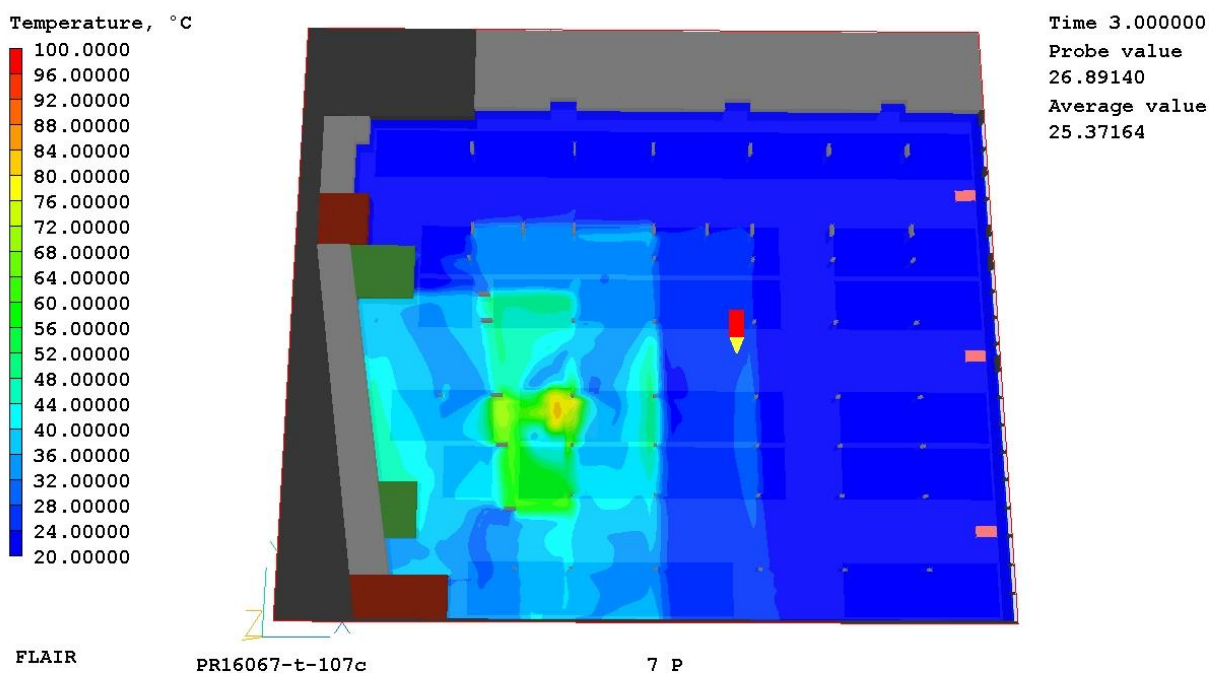
Brandlocatie 1:

Figuur 101: Luchtsnelheden 3 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter

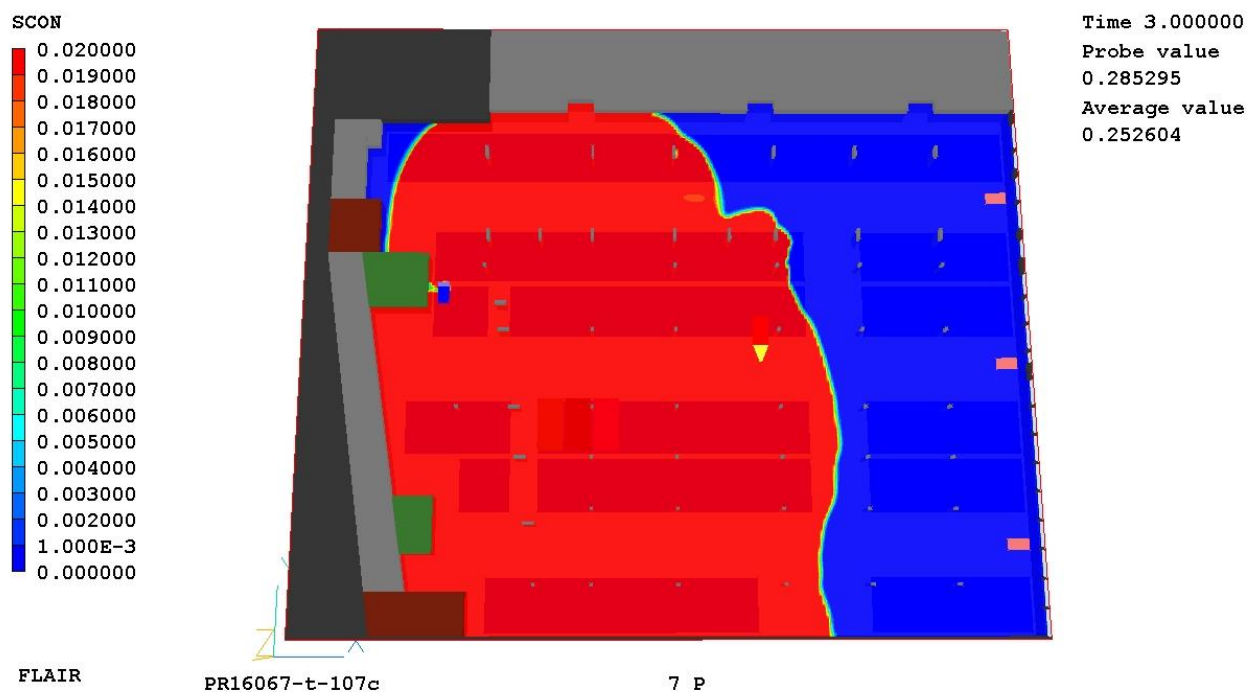
Dit is het moment dat de brand net is gedetecteerd, op dit moment word het systeem naar de rust situatie geschakeld.



Figuur 102: Temperatuur 3 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter

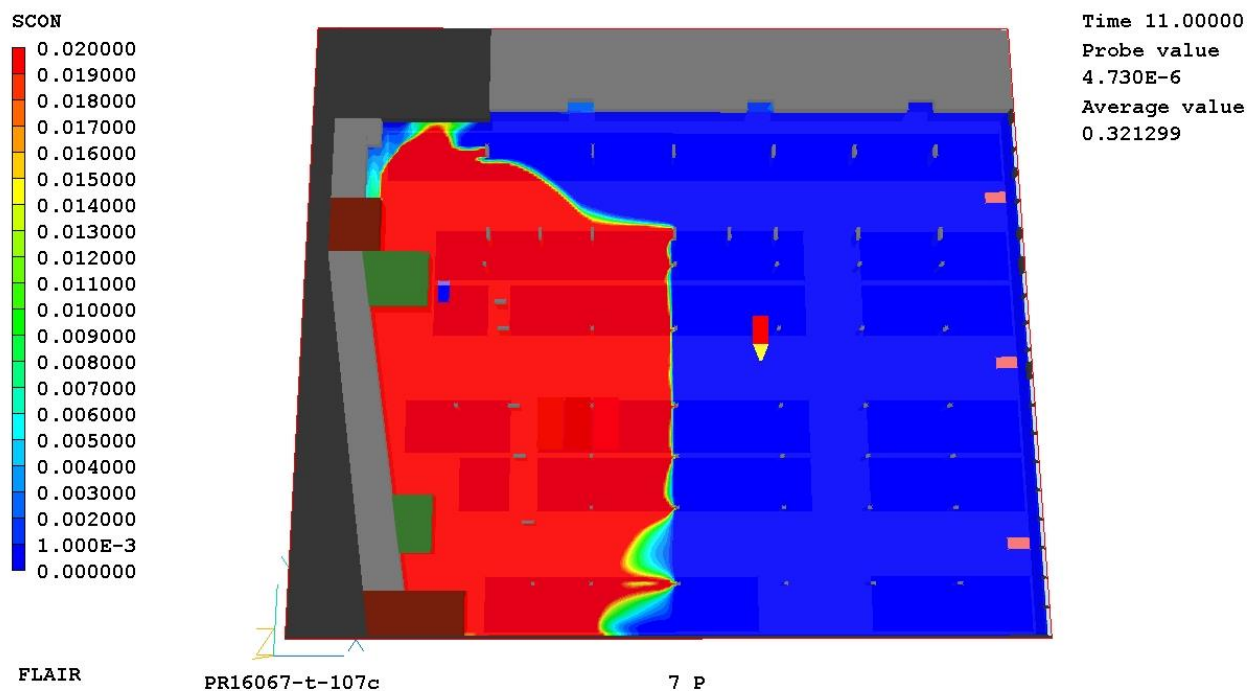


Figuur 103: Rookconcentratie 3 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter



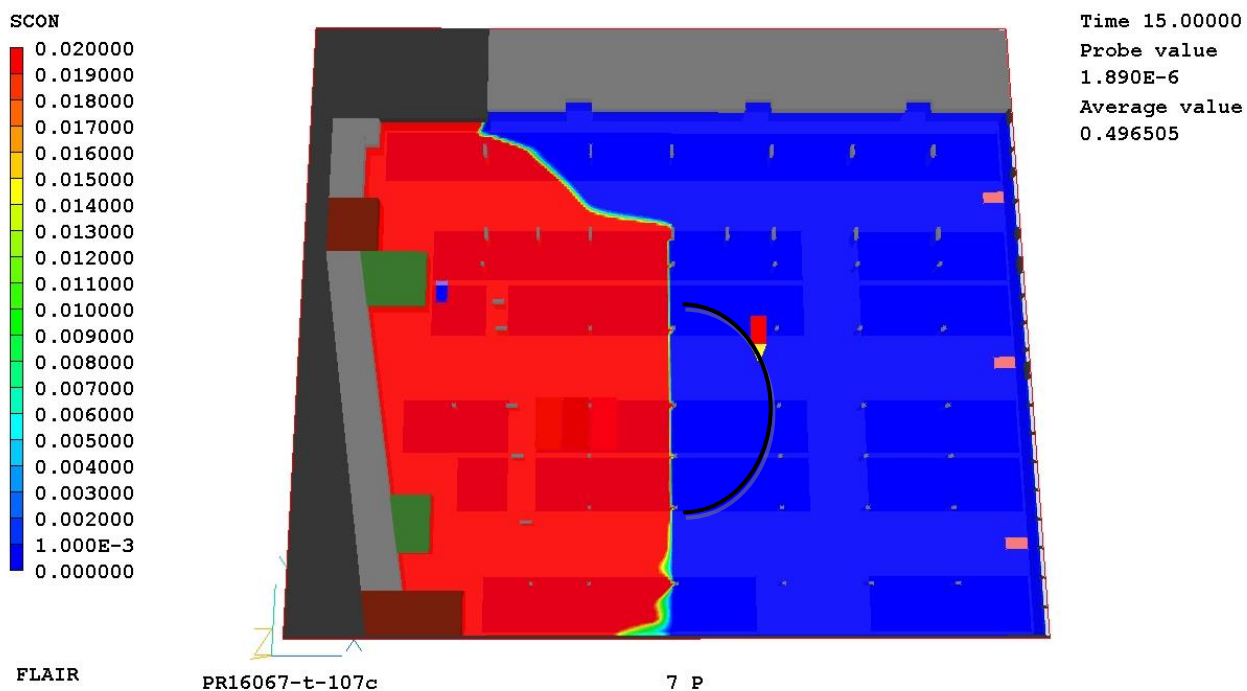
Figuur 104: Rookconcentratie 11 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter

Dit is 8 minuten nadat de brand is gedetecteerd en het systeem draait in 'brandbedrijf'.

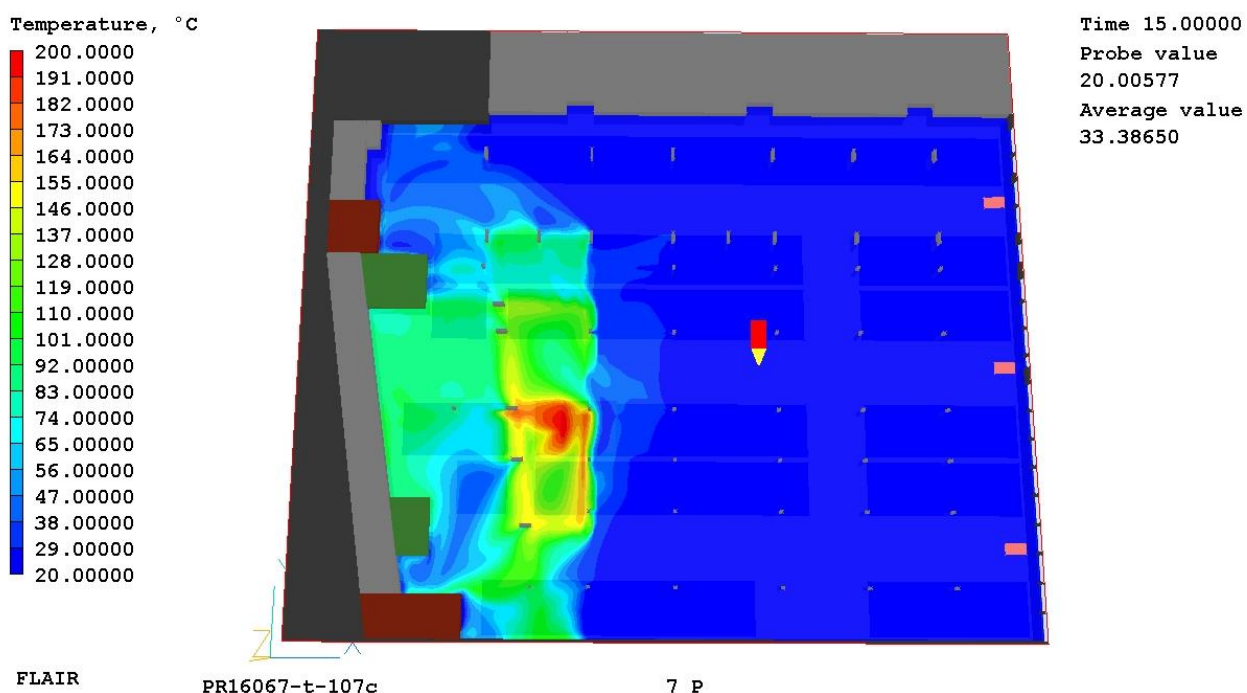


Figuur 105: Rookconcentratie 15 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter

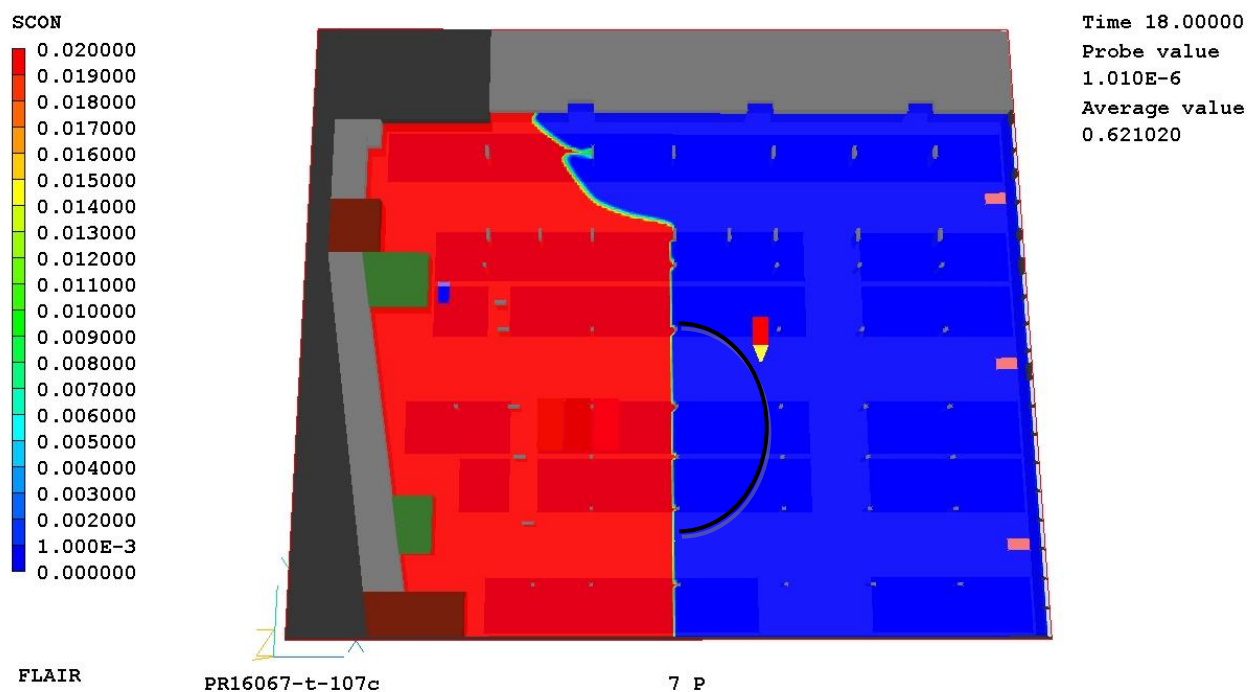
Dit is 12 minuten nadat de brand is gedetecteerd, en wordt aangehouden als het punt waarop de brandweer de garage betreedt en de brand gaat lokaliseren.



Figuur 106: Temperatuur 15 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter

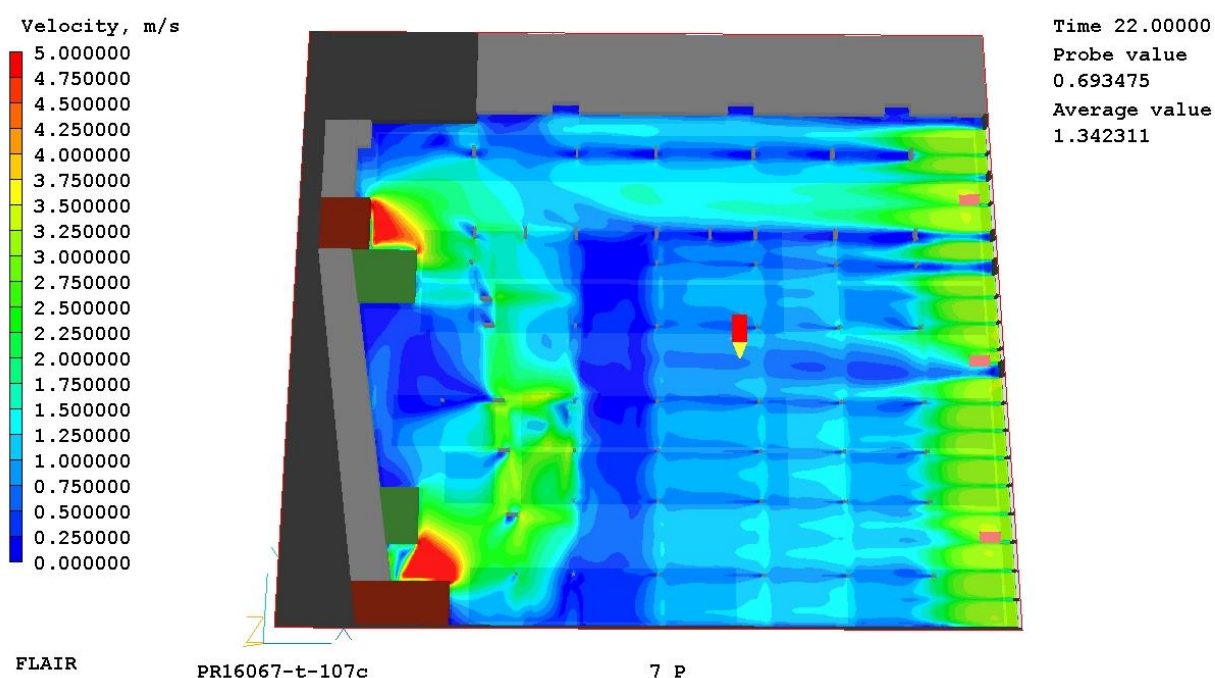


Figuur 107: Rookconcentratie 18 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter

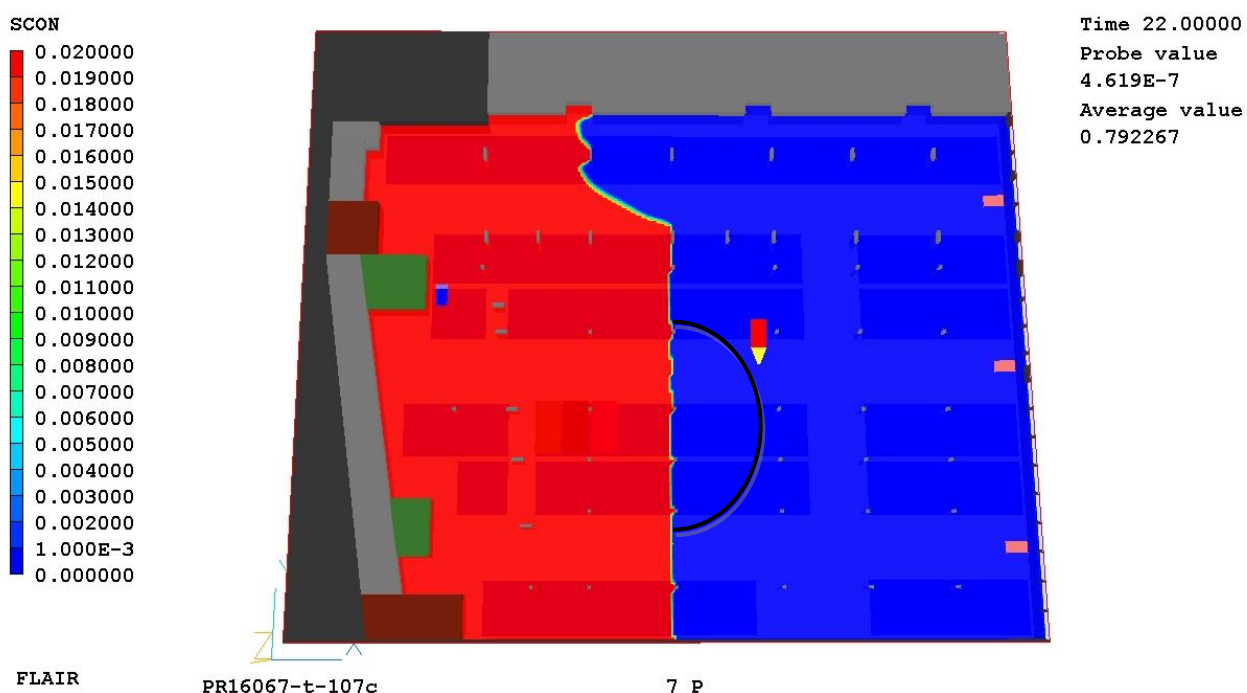


Figuur 108: Luchtsnelheden 22 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter

22 minuten na aanvang brand, dus ca. 19 minuten na detectie is het moment dat de brand zijn punt van maximale vermogens afgifte bereikt. Dit is tevens het uitgangspunt voor het moment dat de brandweer 'water op het vuur' heeft.



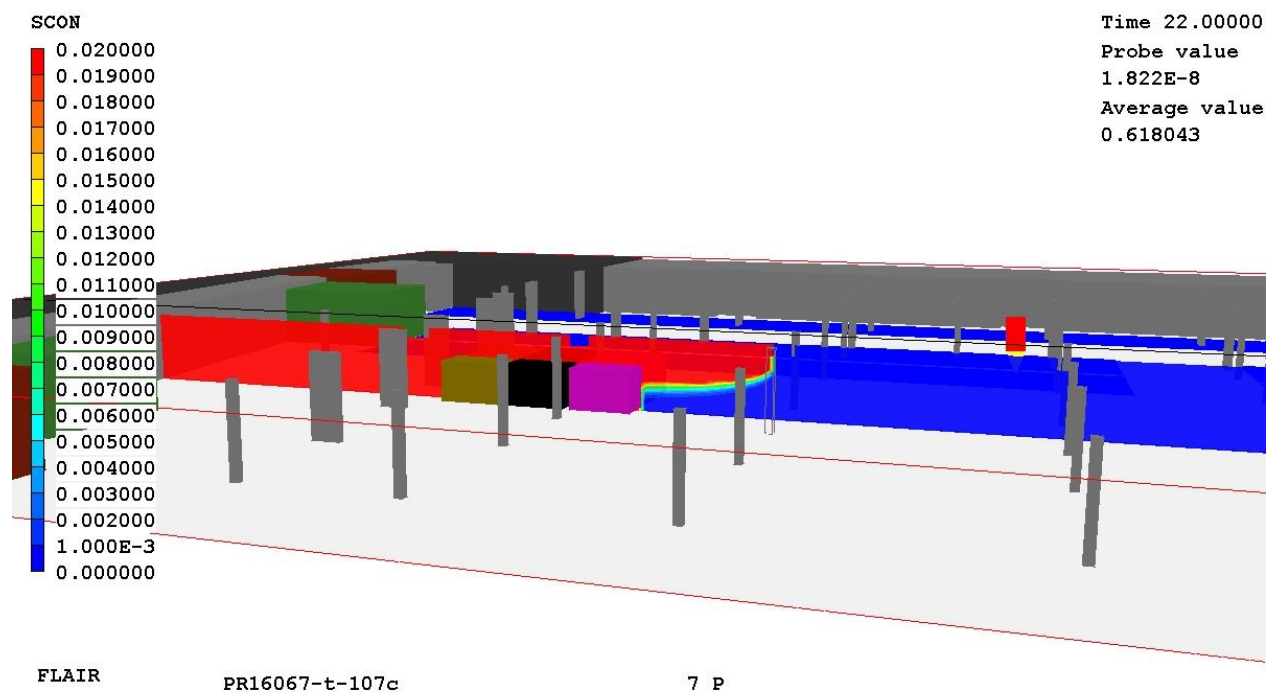
Figuur 109: Rookconcentratie 22 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter



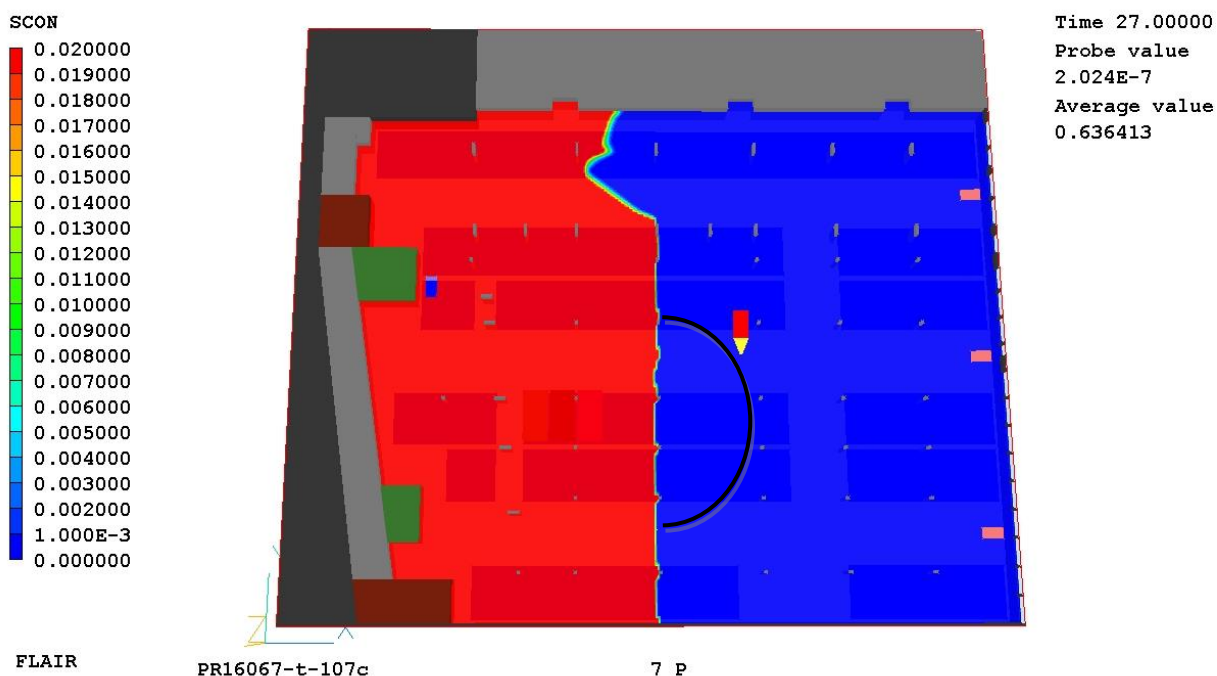
Projectnaam: Heilig Hart Hof
Onze referentie: PR16067 / BR16X221
Datum: 03-08-2016



Figuur 110: Rookconcentratie 22 minuten na aanvang brand, doorsnede

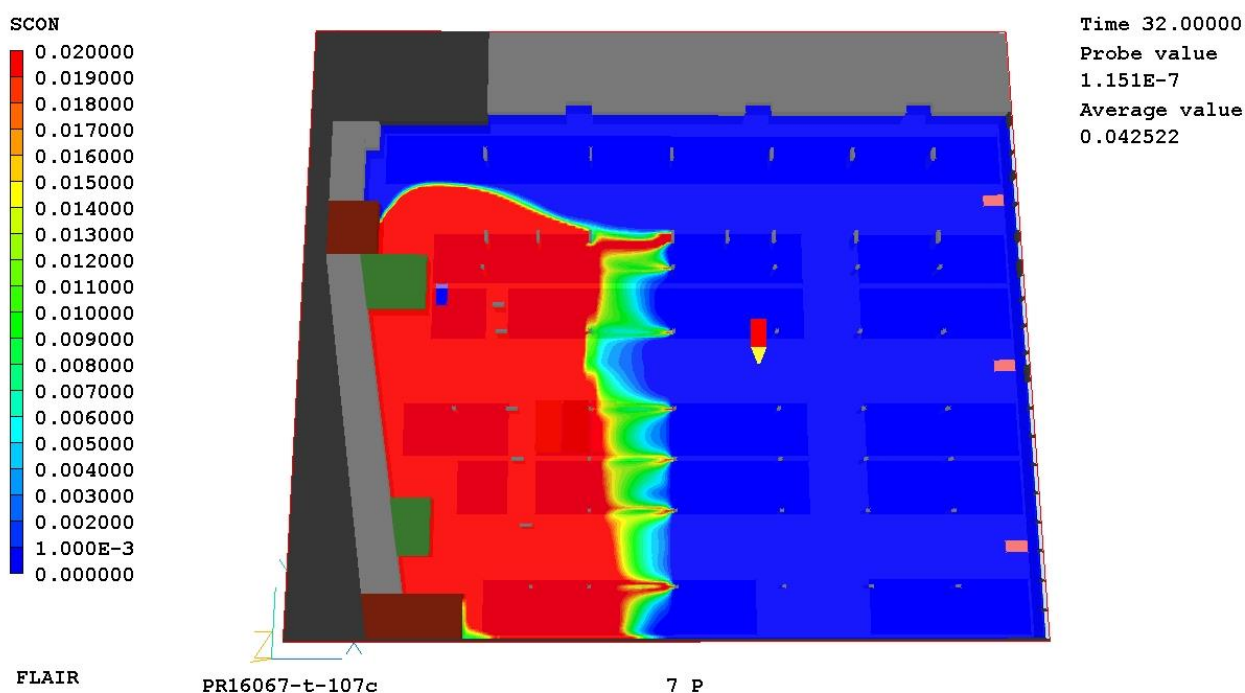


Figuur 111: Rookconcentratie 27 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter

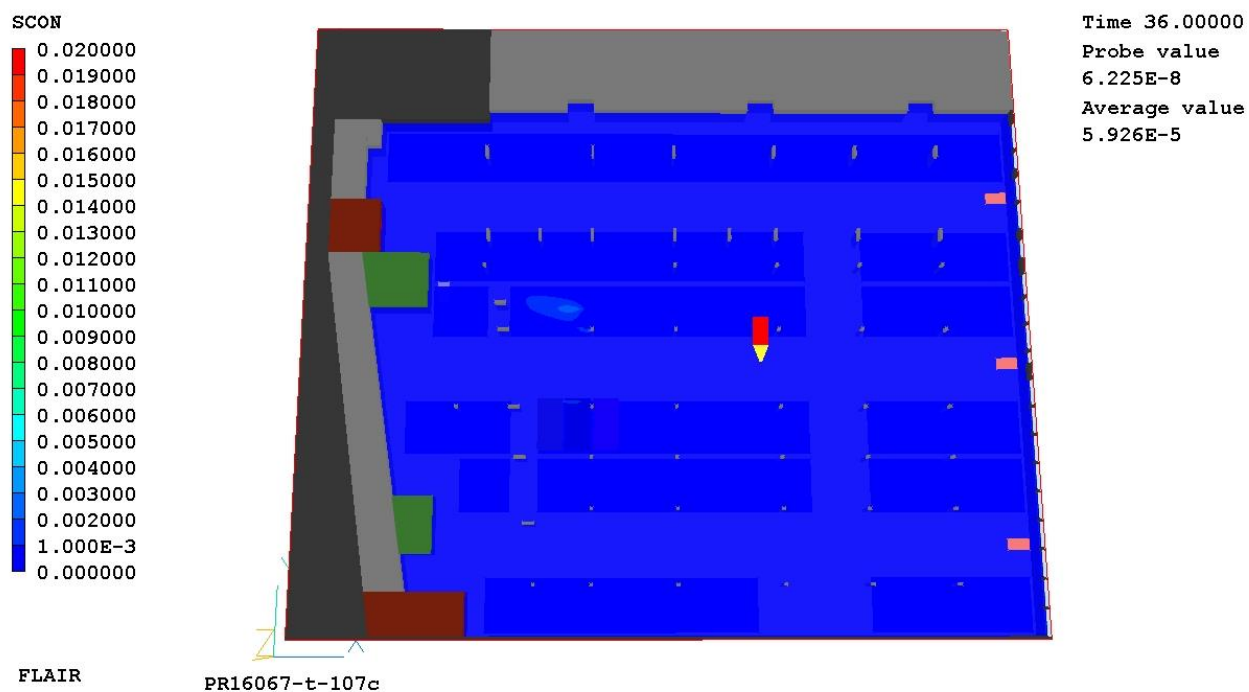


Figuur 112: Rookconcentratie 32 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter

32 minuten na aanvang brand, dus ca. 10 minuten na aanvang blussing is het moment dat de brand geen warmte en rook meer afgeeft en de garage verder moet worden schoongespoeld voor nazorg.



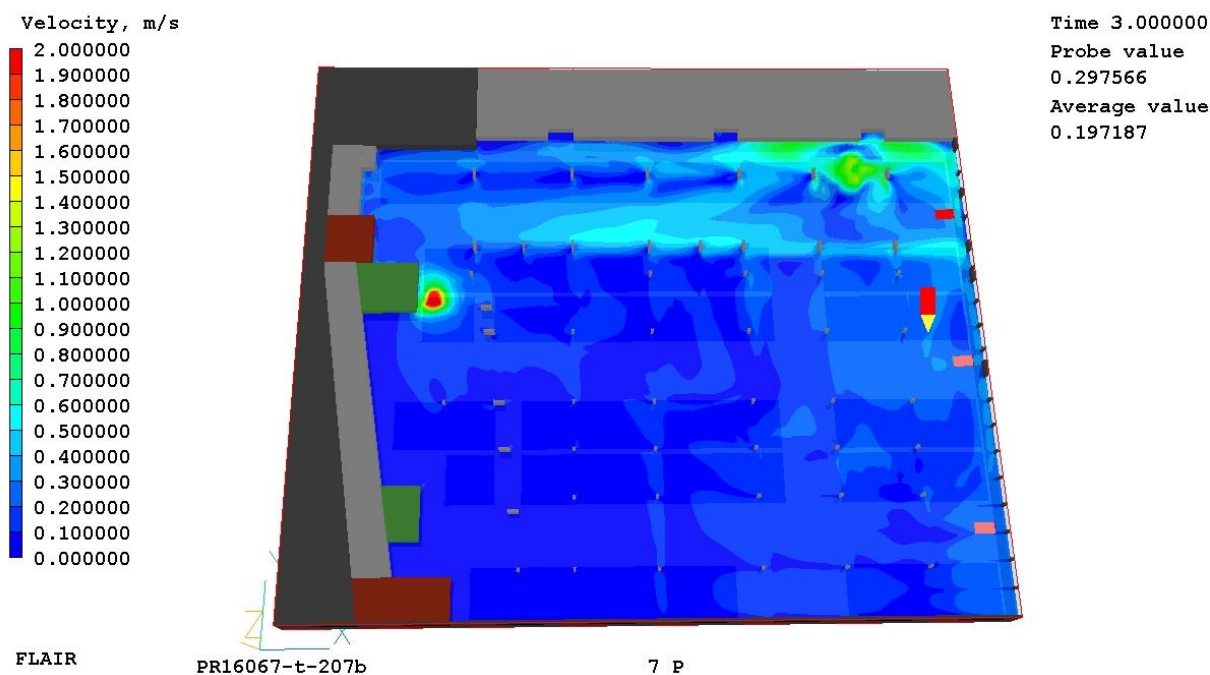
Figuur 113: Rookconcentratie 36 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter



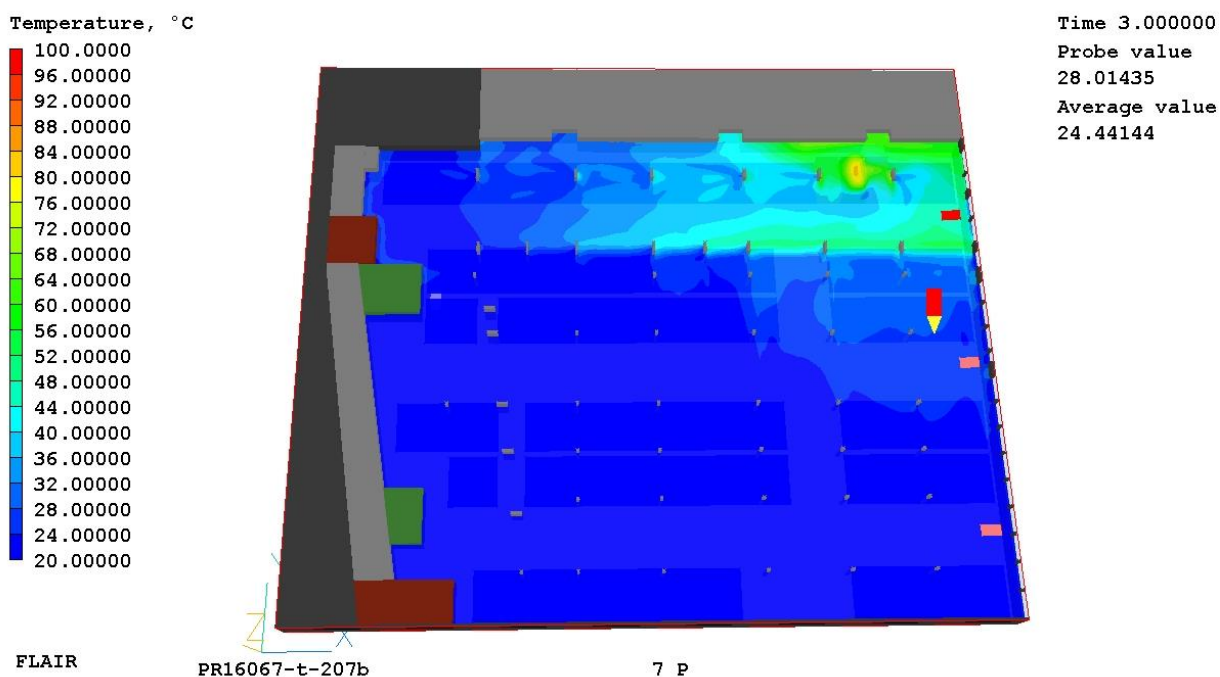
Brandlocatie 2:

Figuur 201: Luchtsnelheden 3 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter

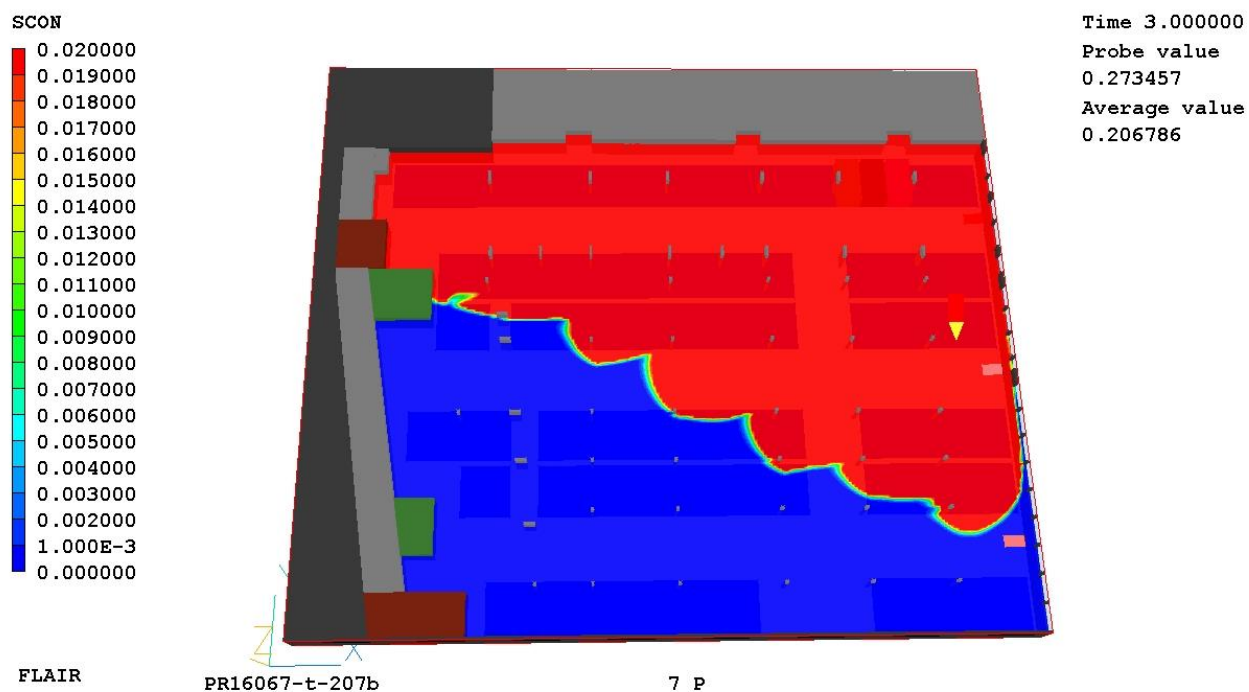
Dit is het moment dat de brand net is gedetecteerd, op dit moment word het systeem net naar de rust situatie geschakeld.



Figuur 202: Temperatuur 3 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter



Figuur 203: Rookconcentratie 3 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter

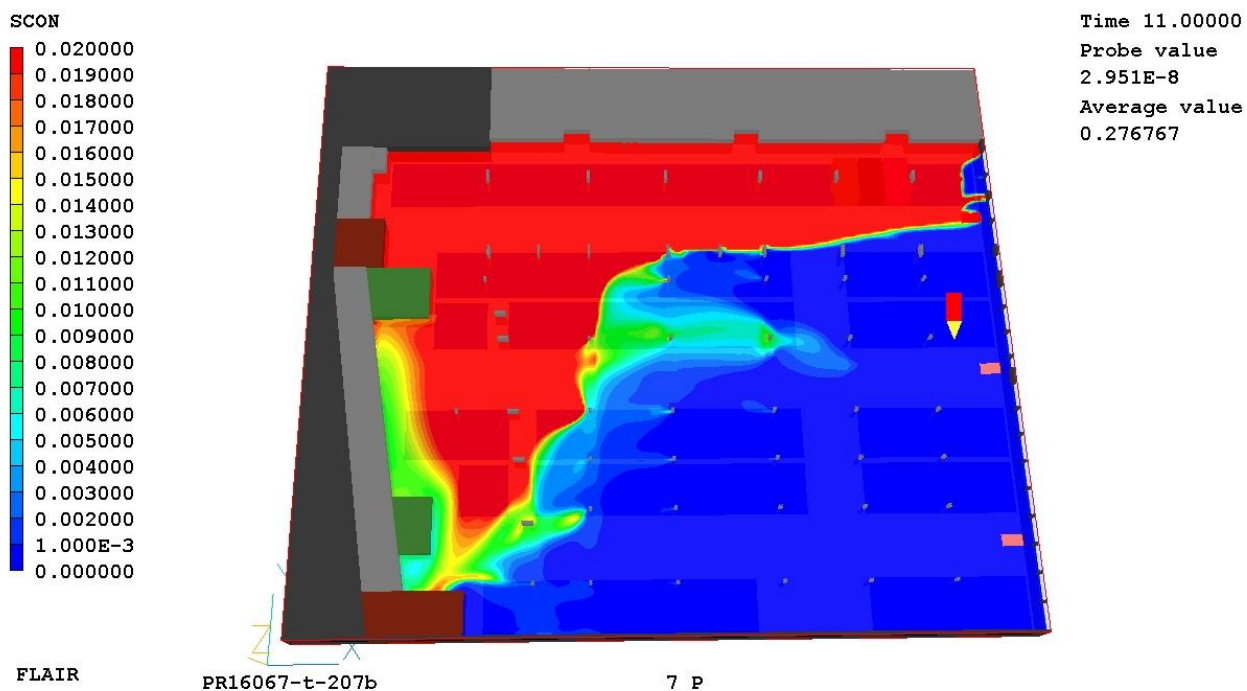


Projectnaam: Heilig Hart Hof
Onze referentie: PR16067 / BR16X221
Datum: 03-08-2016



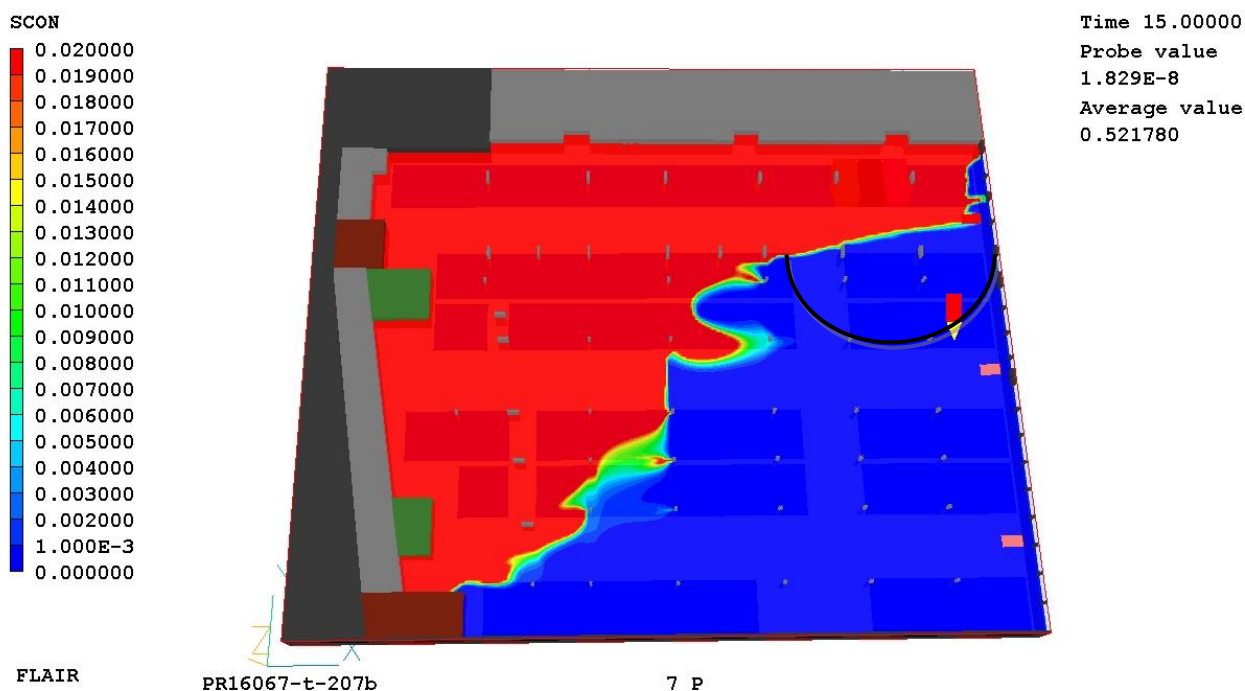
Figuur 204: Rookconcentratie 11 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter

Dit is 8 minuten nadat de brand is gedetecteerd en het systeem draait in 'brandbedrijf'.

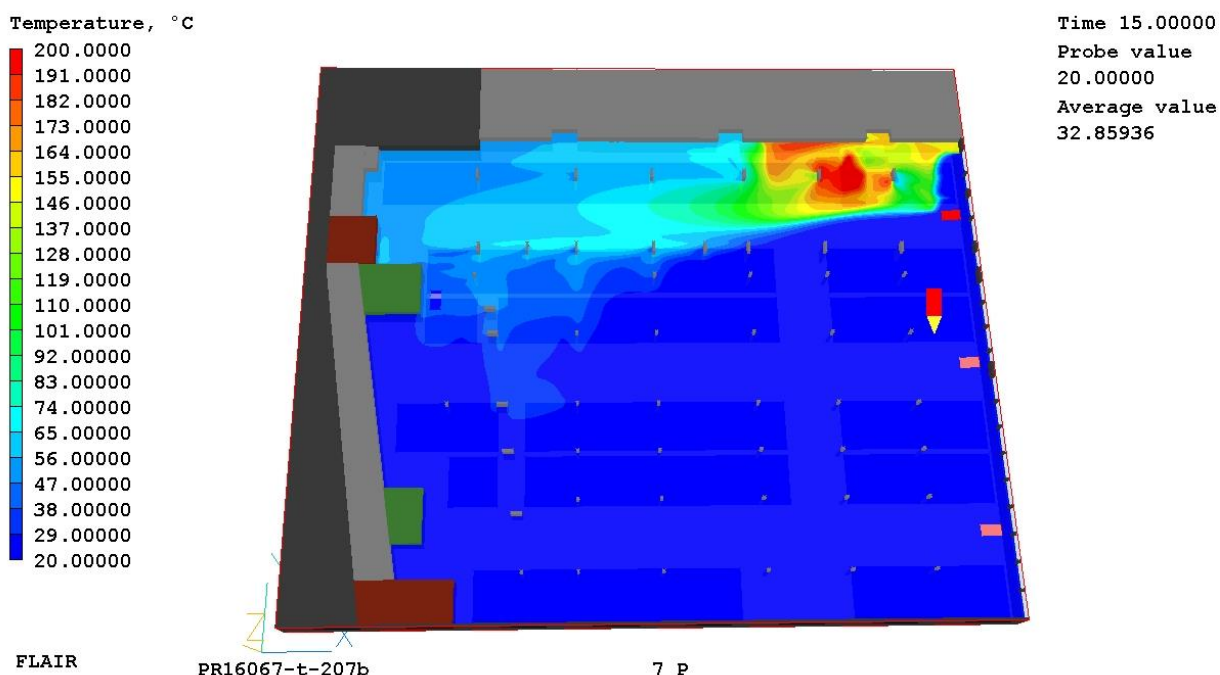


Figuur 205: Rookconcentratie 15 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter

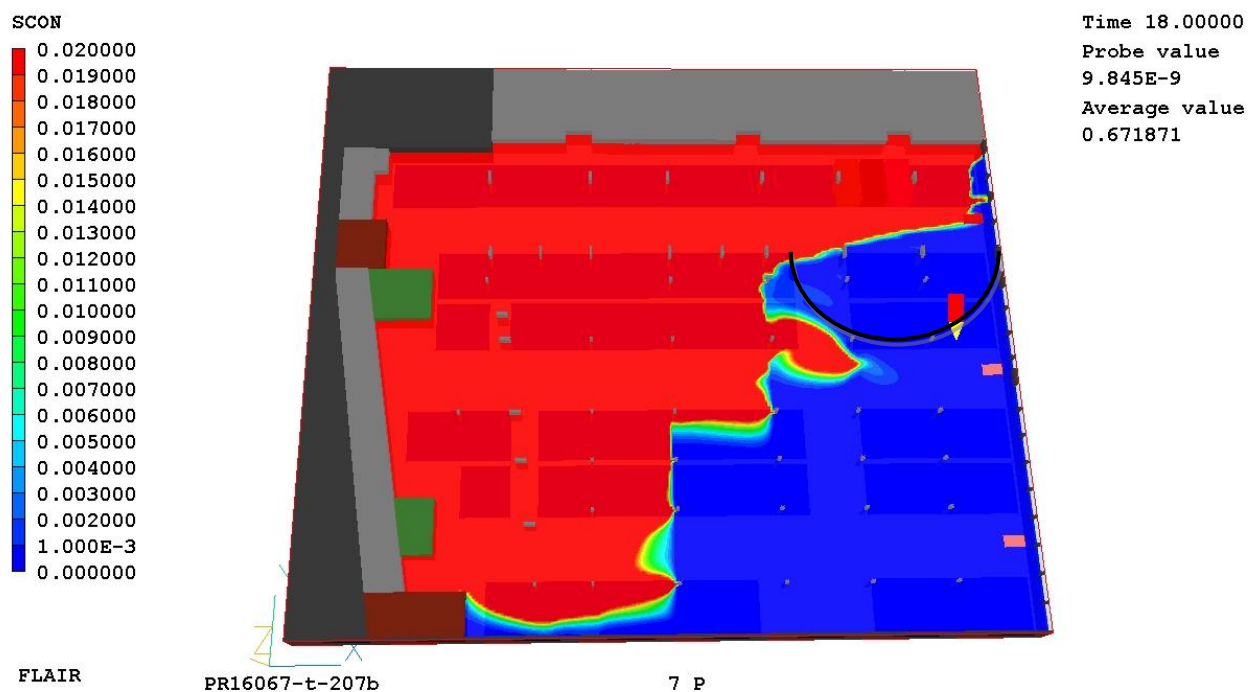
Dit is 12 minuten nadat de brand is gedetecteerd, en wordt aangehouden als het punt waarop de brandweer de garage betreed en de brand moet gaan lokaliseren.



Figuur 206: Temperatuur 15 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter

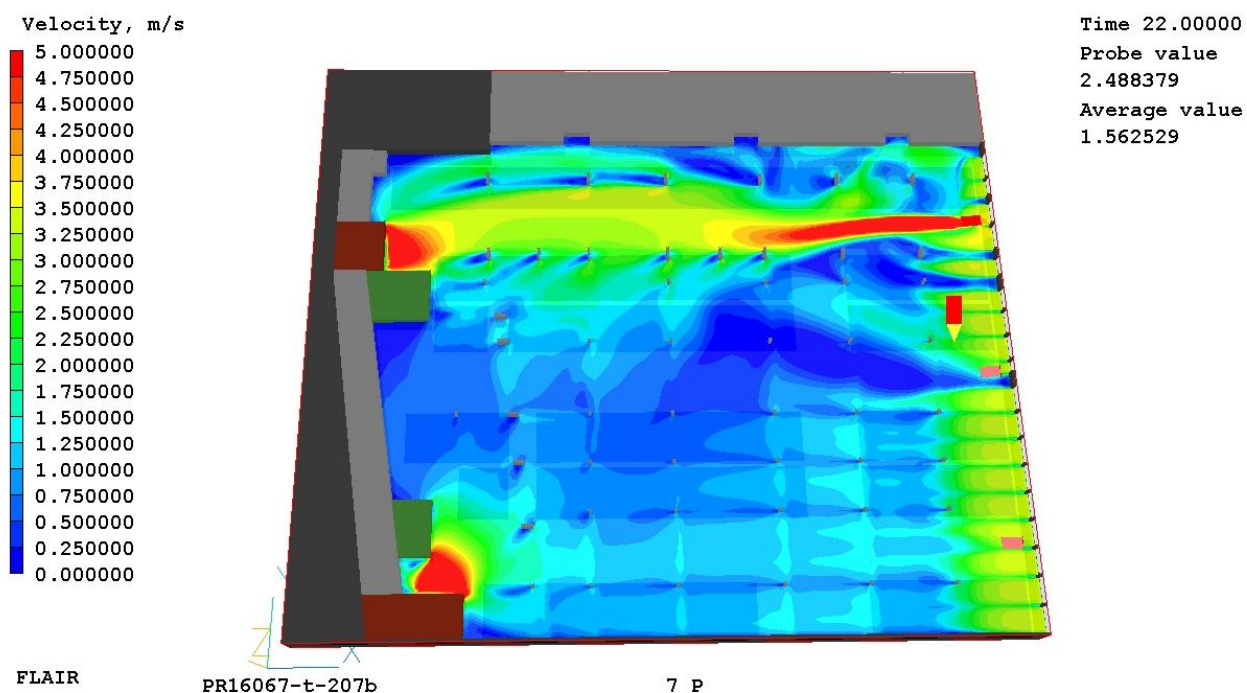


Figuur 207: Rookconcentratie 18 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter

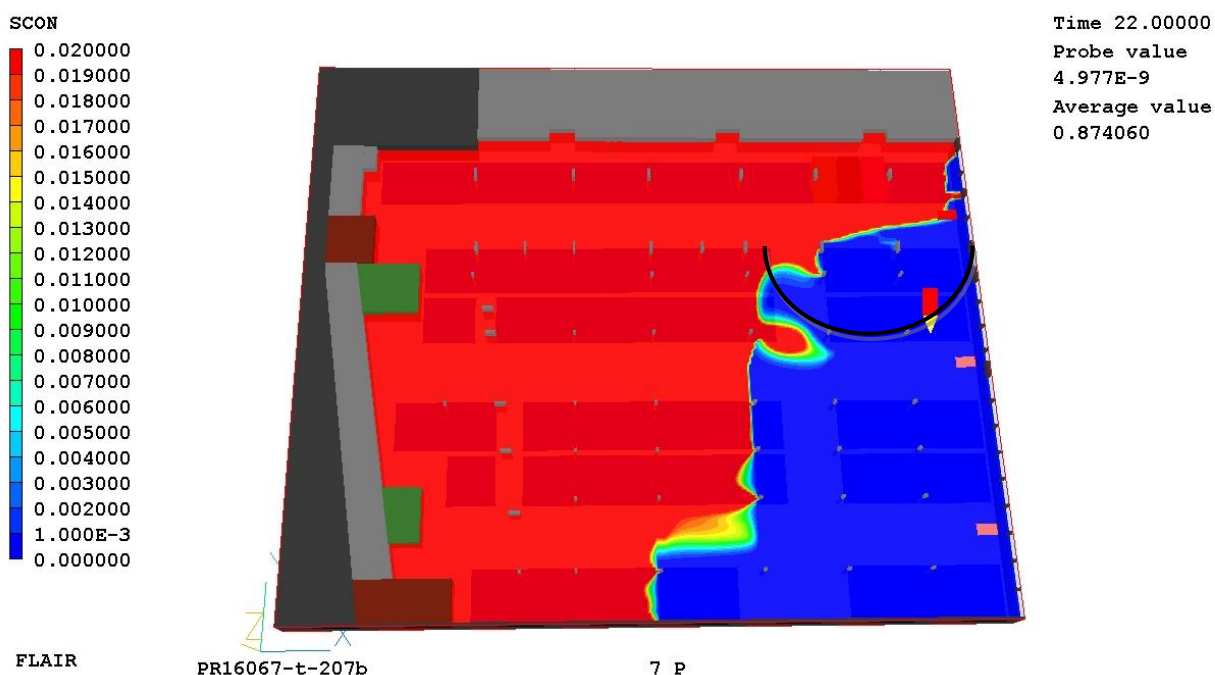


Figuur 208: Luchtsnelheden 22 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter

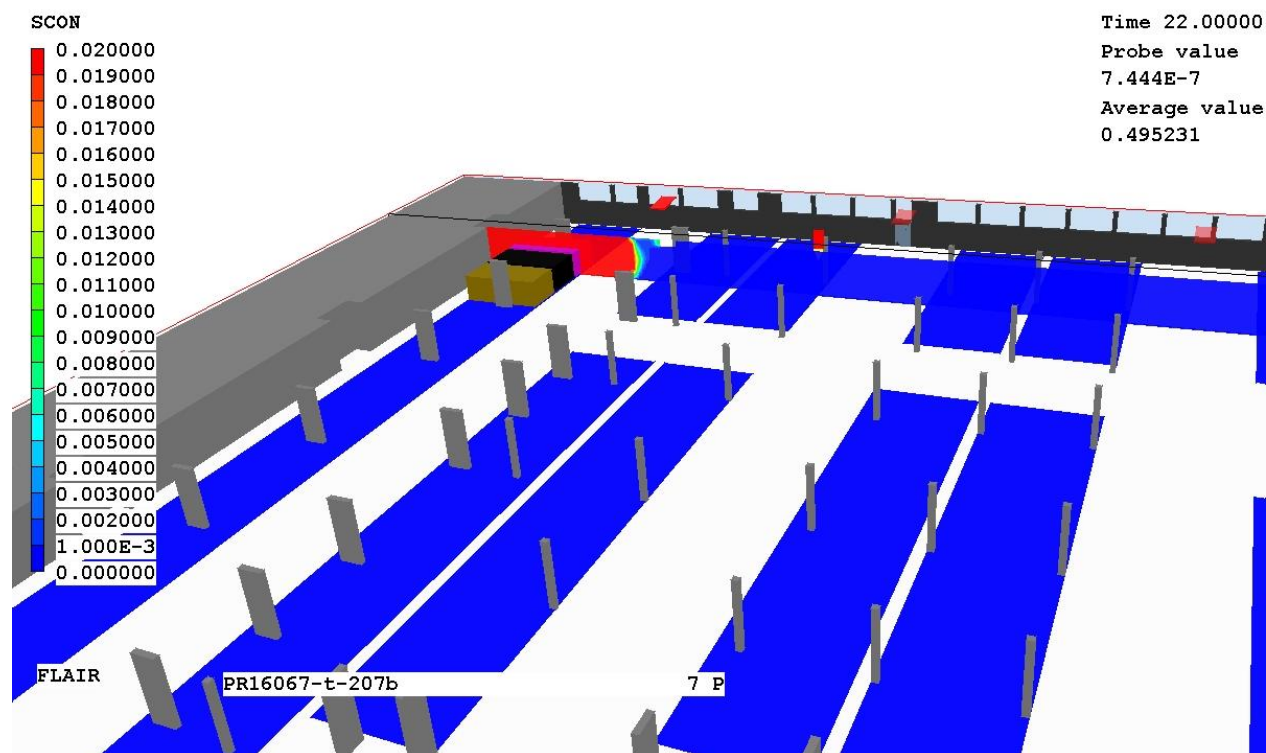
22 minuten na aanvang brand, dus ca. 19 minuten na detectie is het moment dat de brand zijn punt van maximale vermogens afgifte bereikt. Dit is tevens het uitgangspunt voor het moment dat de brandweer 'water op het vuur' heeft.



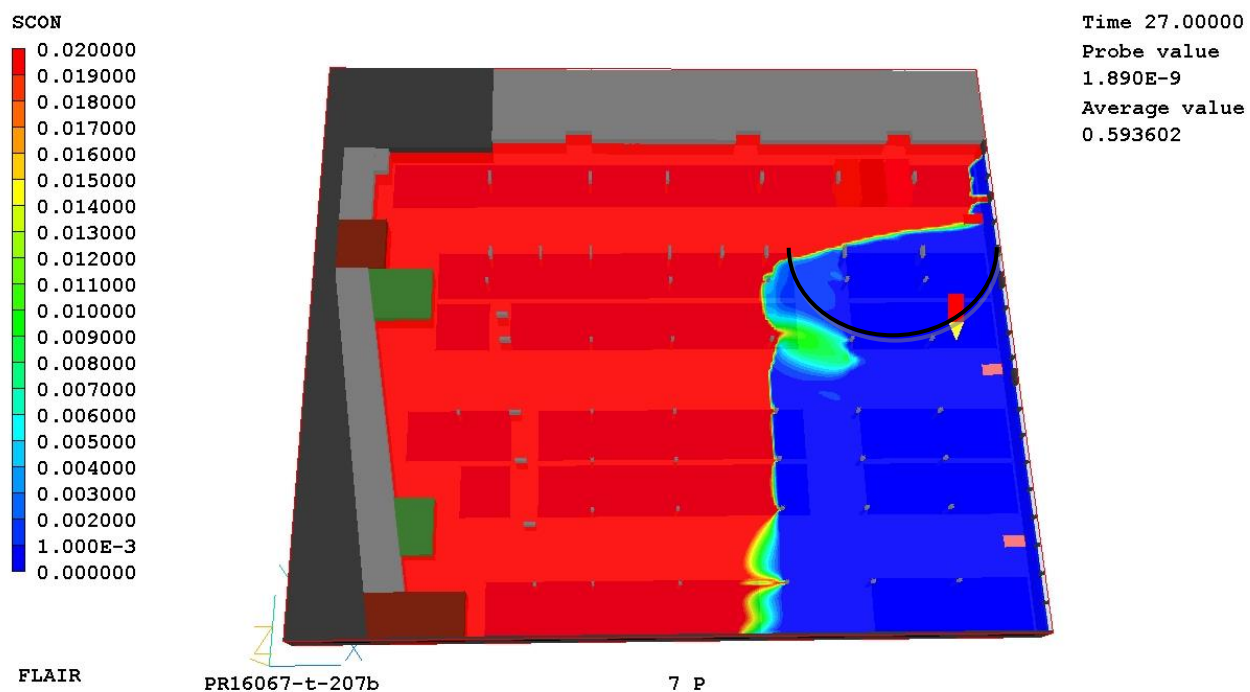
Figuur 209: Rookconcentratie 22 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter



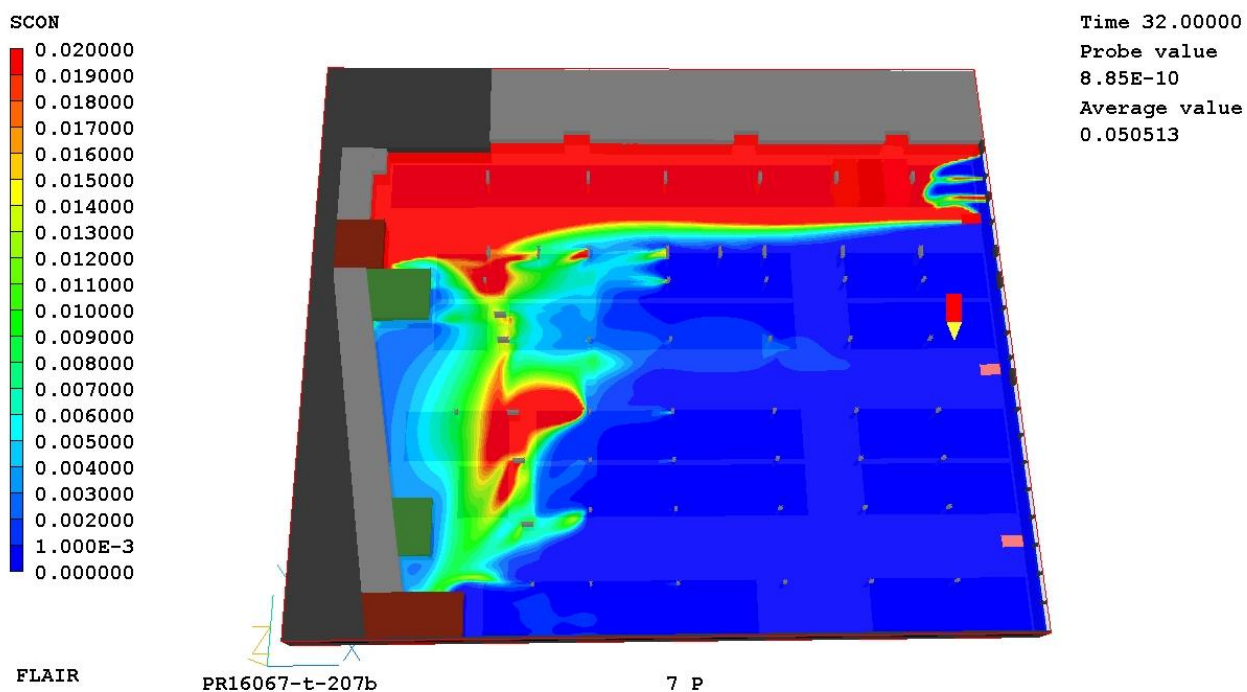
Figuur 210: Rookconcentratie 22 minuten na aanvang brand, doorsnede



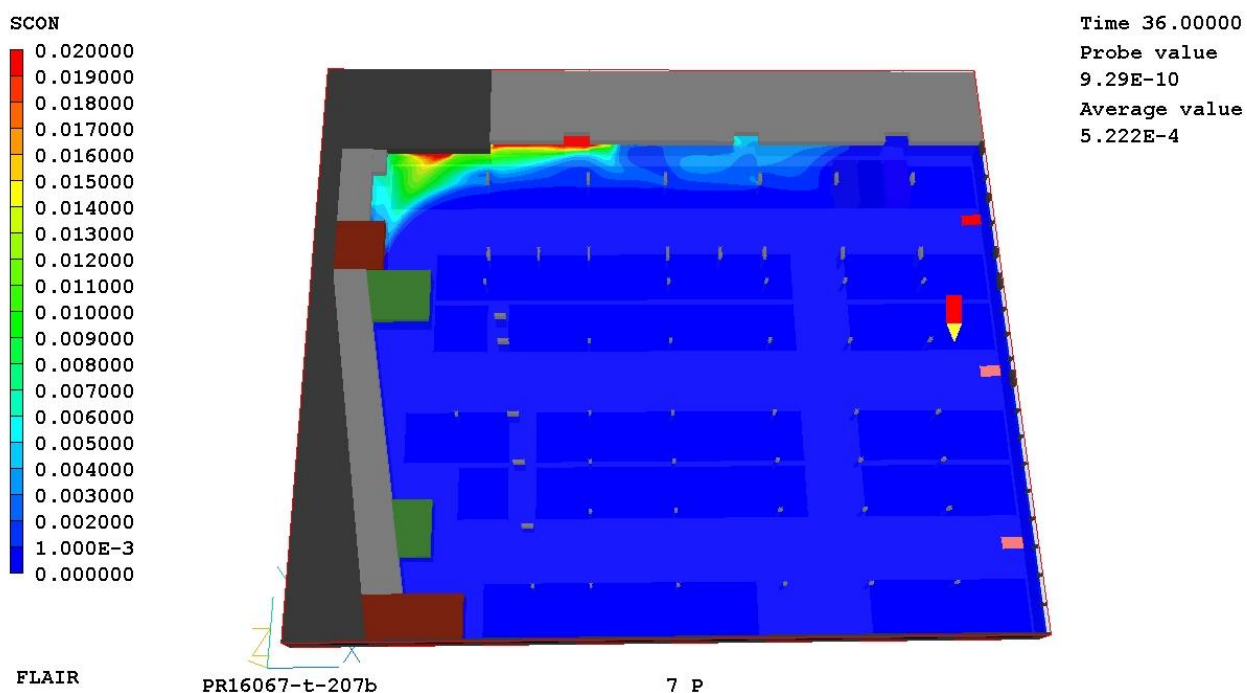
Figuur 211: Rookconcentratie 27 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter



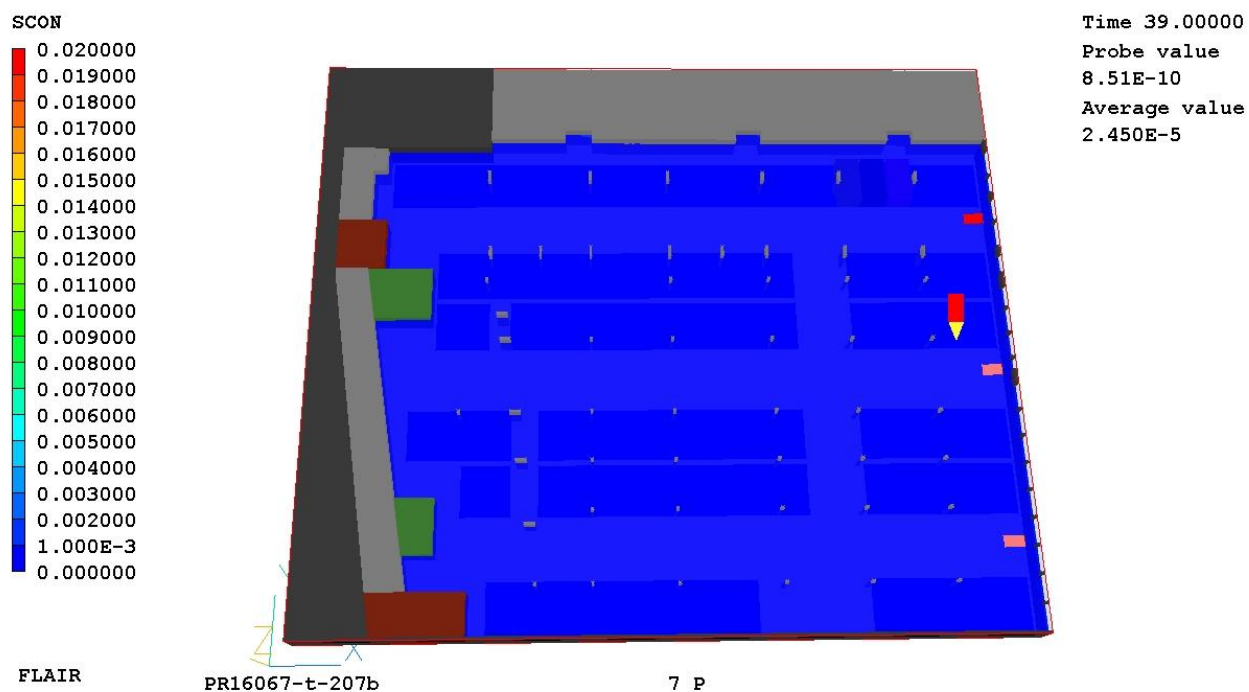
Figuur 212: Rookconcentratie 32 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter



Figuur 213: Rookconcentratie 36 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter



Figuur 214: Rookconcentratie 39 minuten na aanvang brand, op 2,0 meter



Projectnaam: Heilig Hart Hof
Onze referentie: PR16067 / BR16X221
Datum: 03-08-2016



Bijlage II AVI bestanden

De volgende bestanden behoren bij deze rapportage:

Movie PR16067-107c Brandlocatie 1 SCON@ 2m.AVI

Movie PR16067-207b Brandlocatie 2 SCON@ 2m.AVI