

# Bijlage 20. Analyse: routes en factoren

# Bijlage 20. Analyse: routes en factoren

## A. Analyse rookverspreidingsroute I en J

Bij test 1 en test 3 (variant 0) is de mate van rookverspreiding – dat wil zeggen de hoeveelheid aanwezig rook – groter dan bij de andere testen, is geconstateerd op basis van camerabeelden.

## B. Analyse factoren die een rol spelen bij rookverspreiding

### Brandobject

Een van de factoren die een rol speelt bij de verspreiding van rook in het woongebouw, is het soort brandobject. De bank werd als standaard brandobject gebruikt bij zeventien van de negentien testen. Bij twee testen is gebruik gemaakt van een organische vuurlast (hout).

Met de organische vuurlast is er eenmaal met de deur open (variant 6, test 15) en eenmaal met de deur dicht (variant 7, test 14) getest. De camerabeelden van de test met organische vuurlast met de deur open zijn vergeleken met de beelden van de overige testen met de deur open (variant 0, testen 1, 3,5 en 17). De test met organische vuurlast met de deur dicht zijn vergeleken met de beelden van de overige testen met de deur dicht (variant 1, testen 2, 4 en 16).

### Deur open

Op de camerabeelden is te zien dat de rook zich naar alle verdiepingen verspreid bij de testen met de bank, dit in tegenstelling tot de test met de organische vuurlast. Woning 1.20, gang 1.3, de tweede en derde verdieping en de begane grond blijven gedurende de vluchtfase (0 tot 20 minuten) van de test met organische vuurlast vrij van zichtbare rook. Ook blijft woning 1.24 langer vrij van zichtbare rook tijdens de test met organische vuurlast (17 minuten) dan bij de testen met de bank (5 tot 5,5 minuten).

### Deur dicht

Bij de test met organische vuurlast beperkt de verspreiding van rook zich tot gang 1.2 en woning 1.25. De andere woningen, gangen en verdiepingen blijven gedurende de vluchtfase vrij van zichtbare rook. Bij de testen met de bank verspreidt de rook zich naar alle verdiepingen, behalve de begane grond.

### Mobiele watermist en rookwerende scheiding

Om te kijken of preventieve voorzieningen (mobiele watermist en rookwerende scheiding) invloed hebben op de rookverspreiding, zijn verschillende testen met elkaar vergeleken. Een overzicht van de testen die met elkaar zijn vergeleken, is weergegeven in tabel 1.

Tabel 1 Overzicht van de testen die met elkaar zijn vergeleken

Variant	Testen	Omschrijving	Vergeleken met		
			Variant	Testen	Omschrijving
2	7 en 9	Mobiele watermist, deur open	0	1, 3, 5 en 17	Deur open
3	6 en 8	Mobiele watermist, deur dicht	1	2, 4 en 16	Deur dicht
5	12 en 13	Rookwerende scheiding, deur dicht	1	2, 4 en 16	Deur dicht
			3	6 en 8	Mobiele watermist, deur dicht
4	10 en 11	Rookwerende scheiding en mobiele watermist, deur dicht	1	2, 4 en 16	Deur dicht
			3	6 en 8	Mobiele watermist, deur dicht
			5	12 en 13	Rookwerende scheiding, deur dicht

Zowel bij de testen met de deur van de brandruimte open als dicht heeft de mobiele watermist een beperkende invloed op de rookverspreiding in het woongebouw.

#### Combinatie van mobiele watermist en rookwerende scheiding (variant 4)

Als de testen met rookwerende scheiding en mobiele watermist naast de testen met alleen de rookwerende scheiding worden gelegd, is te zien dat de combinatie van preventieve voorzieningen ervoor zorgt dat de rookverspreiding nog meer beperkt wordt. Er komt namelijk geen zichtbare rook in woning 1.20, gang 1.3 en de tweede verdieping ten opzichte van testen met alleen de rookwerende scheiding. Daarnaast is te zien dat de combinatie van preventieve voorzieningen effect heeft op het zicht in gang 1.2. Tijdens testen met de rookwerende scheiding neemt het zicht in gang 1.2<sup>1</sup> af tot het einde van de vluchtfase. Dit is het geval bij veertien van de in totaal negentien testen die zijn uitgevoerd. Camerabeelden laten zien dat het zicht ook afneemt bij de testen met gecombineerde preventieve voorzieningen, maar dit na een halve minuut weer verbetert; het zicht komt terug en blijft tot het einde van de vluchtfase.

De testen met de combinatie van voorzieningen (variant 4) zijn ook vergeleken met de testen waarbij alleen gebruik gemaakt is van de mobiele watermist. De verschillen tussen deze testen zijn klein. De rookverspreiding bij de testen met de mobiele watermist blijft net zoals bij de testen met de gecombineerde preventieve voorzieningen beperkt tot de eerste verdieping. De twee duidelijkste verschillen zijn waarneembaar in woning 1.24 en gang 1.1. Bij de testen met de mobiele watermist is er sprake van een korte periode (0,5 minuut) waarin rook woning 1.24 binnenkomt, terwijl tijdens de testen met de combinatie van voorzieningen de woning vrij van zichtbare rook blijft. In gang 1.1 is bij beide varianten

<sup>1</sup> Zichtlengte van vijf meter op 1,5 meter hoogte gemeten

sprake van kortstondige rooktoevoer, met uitzondering van test 11 (variant 4). Bij test 11 blijft gang 1.3 vrij van zichtbare rook gedurende de vluchtfase.

Ten opzichte van de testen met alleen de mobiele watermist heeft de combinatie van een rookwerende scheiding en mobiele watermist weinig tot geen meerwaarde met betrekking tot de zichtbare rookverspreiding in het woongebouw.

### Locatie brandruimte

Gedurende de praktijkexperimenten is gebruikgemaakt van twee brandruimten, namelijk woning 1.19 en woning 1.21. Uit analyse van de camerabeelden blijkt dat de locatie van de brandruimte een rol speelt bij de rookverspreiding in het woongebouw, zowel op de eerste verdieping (horizontaal) als de verdiepingen erboven (verticaal).

### Rookverspreiding eerste verdieping

De deur naar woning 1.25 heeft bij elke test open gestaan. De deur van de woning ernaast (1.24) was bij elke test dicht. De verwachting was dat de rook eerder zichtbaar zou zijn in de woning met de deur open, dan in de woning met de deur dicht. Volgens de camerabeelden is bij vijf testen eerder of tegelijk rook zichtbaar in woning 1.24 ten opzichte van woning 1.25. Deze testen hebben plaatsgevonden in brandruimte 1.21 waarbij rook is waargenomen in woning 1.24. Dat er eerder rook te zien is woning 1.24 bij deze testen heeft te maken met de locatie van de brandruimte. Brandruimte 1.21 ligt namelijk recht tegenover woning 1.24. Op het moment dat na vijf minuten in de test de deur van de brandruimte open gaat, stroomt de rook de gang in en botst als het ware tegen de deur van woning 1.24 aan. Dit is weergegeven in figuur 1. Daardoor komt er rook langs de deur van woning 1.24, soms wel een halve minuut eerder dan in woning 1.25. Bij de testen in brandruimte 1.19 stroomt de rook in gang 1.2 eerst langs woning 1.25, waardoor er veelal eerder rook in woning 1.25 zichtbaar is dan in woning 1.24.

De locatie van de brandruimte ten opzichte van de woningen heeft dus invloed op het moment waarop er rook zichtbaar is in de woning, ook al is de deur naar deze woning dicht.



**Figuur 1** Camerbeelden na het openen van de deur van de brandruimte, rook 'botst' tegen woning 1.24

### Rookverspreiding tweede en derde verdieping

Op de tweede en derde verdieping is ook de invloed te zien van de locatie van de brandruimte. Bij de testen waarbij sprake is van rookverspreiding naar de verdieping(en) boven de eerste verdieping, is alleen rook te zien in de gang en de woning(en) die direct

boven de brandruimte. Bij alle testen waarbij rook zichtbaar is in woning 2.19 en/of woning 3.19, was de brand in woning 1.19. Er is te zien dat woning 2.21 vrij van zichtbare rook is, terwijl in woning 2.19 de rook via de openingen in de ventilatiekanalen in de hal (boven de badkamerdeur) en badkamer en via de wandcontactdoos in de woonkamer naar binnen komt. Hetzelfde principe geldt voor alle testen waarbij er rook te zien is in woning 2.21, hierbij was de brand in woning 1.21.

De locatie van de brandruimte speelt een rol in waar de rook zich naartoe verspreidt op de verdiepingen erboven. Daarnaast speelt ook de bouwconstructie (met name de lekdichtheid) van de brandruimte mogelijk mee in de verspreiding van rook.

## **Brandweerinzet**

### **Offensieve binneninzet**

Zoals beschreven in paragraaf 2.4.3 van het rapport is bij de offensieve inzet eerst de brand geblust, waarna wordt gestart met de ontruiming van het gebouw en het ventileren van de brandruimte en gang 1.2. Bij het openen van de deur naar de brandruimte stroomt de rook, die nog aanwezig is in deze ruimte, de gang in. Vervolgens zijn de deuren en ramen van de woningen die grenzen aan gang 1.2 opengezet en daarna van de woningen op de andere verdiepingen. Om de brandruimte en gang 1.2 te ventileren is gebruik gemaakt van elektrische ventilatoren.

Op de camerabeelden is te zien dat door het openen van de deur naar de brandruimte en door het gebruik van elektrische ventilatoren door de brandweer er (opnieuw) toevoer van zichtbare rook plaatsvindt in woningen en gangen op voornamelijk de eerste verdieping. De rook die aanwezig is in de gang 1.2 na het openen van de deur naar de brandruimte, wordt door de ventilator langs de onderkant van de deuren naar de woningen geperst. Doordat de deuren tussen gang 1.2 en 1.3 open staan in verband met de inzet van de ventilator, stroomt ook rook vanuit gang 1.2 naar gang 1.3.

Vanaf het moment dat de brand geblust is, vindt er geen temperatuurstijging meer plaats en nog maar een beperkte rookontwikkeling.

### **Defensieve binneninzet**

Bij de defensieve inzet wordt, (beschreven in paragraaf 2.4.3 van het rapport), eerst iedere woning op gang 1.2 gesimuleerd ontruimd. Hierbij wordt de deur naar iedere woning geopend en na dertig seconden weer gesloten. Pas nadat de ontruiming van de woningen is voltooid, wordt er geblust en daarna de brandruimte en gang 1.2 geventileerd. Daarna worden de woningen op gang 1.2 geventileerd en de woningen op de andere verdiepingen.

Bij testen met de defensieve inzet is te zien dat op het moment dat de deur naar een woning wordt opengezet om een ontruiming te simuleren, een deel van de rook die nog aanwezig is op gang 1.2 de woning instroomt.

De handelingen die de brandweer uitvoert tijdens de inzet heeft invloed op de rookverspreiding in het woongebouw. Door het openen van de deur naar de brandruimte, de deuren naar woningen en gangen en het gebruik van elektrische ventilatoren, vindt er (opnieuw) rookverspreiding plaats naar woningen en gangen. Ook naar gangen en woningen die tijdens de vluchtfase vrij van rook zijn gebleven.

## Openingen

In de scheidingsconstructies van de brandruimten en andere woningen zitten naden en kieren en grotere openingen, zoals kanalen en open deuren.

Bij de testen is te zien dat de eerste rook via een opening (route) zichtbaar is vanaf het moment dat de rooklaag de opening heeft bereikt. Ook is er te zien dat de rook zichtbaar sneller of langzamer uit een opening komt.

Als een deur van een woning / ruimte geopend of gesloten wordt, heeft dat invloed op de rookverspreiding via openingen. Als een deur van een woning vol rook tijdens de test geopend wordt, is te zien dat de rook direct de woning uit stroomt. Als de deur gesloten wordt, kan rook niet meer via deze opening de woning uit stromen, maar is te zien dat direct na het sluiten van de deur er rookverspreiding naar de aangrenzende woning plaatsvindt via andere openingen zoals wandcontactdozen. Via de opening(en) waarlangs dit gebeurt, was in sommige gevallen tijdens het open staan van de deur geen rookverspreiding te zien. Bij bijna alle varianten is direct na het sluiten van de deuren zichtbaar dat er rook onder de deur door de gang in wordt gedrukt. Bij variant 5 met de rookwerende deur is daarbij duidelijk een geluid hoorbaar en komt rook met meer snelheid de aangrenzende woningen binnen.

## Buitengevel

Vanuit de brandruimte is er een route van rookverspreiding via de buitengevel naar buiten toe. Dit onderzoek gaat over de inpandige rookverspreiding, daarom is deze route niet nader beschouwd.

## Doorvoeringen

In hoofdstuk 2 (paragraaf 2.2.2) en bijlage 3 zijn de gebouwinstallaties omschreven. Deze installaties gaan door de gebouwconstructie heen en kunnen routes zijn voor rookverspreiding. Zichtbare rookverspreiding via routes die verband houden met de gebouwinstallaties is vastgesteld bij de praktijkexperimenten.

Gebouwinstallaties spelen een rol bij zowel verticale als horizontale rookverspreiding. Deze installaties staan tussen de verschillende ruimten, op dezelfde verdieping en de aangrenzende verdiepingen, met elkaar in verbinding. Ventilatiekanalen ten behoeve van natuurlijke ventilatie en voorzieningen voor stroom (wandcontactdoos) en andere aansluitingen (CAI), zijn belangrijke routes van rookverspreiding op de verdiepingen. Verticale rookverspreiding naar alle verdiepingen heeft plaatsgevonden via de ventilatiekanalen. Van de eerste verdieping naar de tweede verdieping waren de wandcontactdozen met CAI in de woningen boven de brandruimte een route voor rookverspreiding. Het is niet altijd mogelijk de exacte invloed van deze installaties en de afgelegde route van de rookverspreiding via deze installaties naar andere gebouwdelen te duiden, omdat de exacte uitvoering van de ventilatiekanalen en andere gebouwinstallaties niet bekend is.

## Rookverspreiding via wandcontactdozen

De woningen grenzend aan gang 1.2 worden gevoed vanuit een centrale meterkast op deze gang. Wandcontactdozen, die op dezelfde positie aan weerszijde van de wand tussen twee woningen zijn geplaatst, vormen een opening waarlangs waar langs rookverspreiding kan plaatsvinden. Op de camerabeelden voor woning 1.20 en woning 1.24 is meerdere malen te zien dat rook uit de wandcontactdozen komt op het moment dat er rook is de aangrenzende woning is. Rookverspreiding via deze route is te zien als de rooklaag in de aangrenzende

woning de hoogte van de wandcontactdoos heeft bereikt of als er drukopbouw in de aangrenzende woning plaats vindt. Rookverspreiding via de wandcontactdozen zonder CAI aansluiting is alleen waargenomen op de eerste verdieping.

### **Rookverspreiding via wandcontactdoos met CAI aansluiting**

De wandcontactdoos met daarin ook de CAI aansluiting zitten tevens aan weerszijden van de scheidingsconstructie tussen woningen. Zowel op de eerste als de tweede verdieping is er sprake van rookverspreiding via deze subroute. rookverspreiding via deze subroute is weergegeven in figuur 2.



**Figuur 2 Rook uit wandcontactdoos, test 13 woning 2.19**

De rookverspreiding via de wandcontactdoos met daarin de CAI-aansluiting naar de tweede verdieping vindt bij enkele testen plaats als de brandruimte onder de woning is gesitueerd. Deze route van rookverspreiding is alleen waargenomen op de tweede verdieping en niet op de derde verdieping.

### **Het natuurlijke ventilatiesysteem**

Het gebouw is voorzien van een natuurlijk ventilatiesysteem. In bijlage 3 is de uitvoering van de ventilatiekanalen weergegeven. De ventilatiekanalen van de woningen die boven elkaar zijn gelegen, staan met elkaar in verbinding. Bij variant 4 en 5 zijn de ventilatieopeningen in de brandruimte, in de hal en in de badkamer, dichtgezet.

Via de ventilatiekanalen heeft rookverspreiding plaatsgevonden vanuit de brandruimte naar de boven elkaar gelegen woningen en naar de uitstroom op het dak. Alleen bij de testen die zijn uitgevoerd in brandruimte 1.19 is er rookverspreiding zichtbaar via de ventilatiekanalen naar de bovengelegen woning 2.19 op de tweede verdieping en/of woning 3.19 op de derde verdieping. Bij testen in brandruimte 2.21 is er geen rookverspreiding waargenomen via de ventilatiekanalen.

Bij test 3 is er rook zichtbaar in gang 0.1. In een van de toiletten zit in het plafond volgens de bouwtekeningen een ventilatiekanaal. Deze zit op gelijke positie als ventilatiekanaal S15. Deze grenst aan woning 1.25 waarvan de deur tijdens de testen open staat. Mogelijk heeft rookverspreiding plaatsgevonden via deze route van de eerste verdieping naar de begane grond, de exacte route is echter onbekend. De rook in gang 0.2 komt uit een opening van

het ventilatiekanaal in het plafond die in de nabijheid van het ventilatiekanaal S18 is gepositioneerd.

### Ventilatiesysteem gang

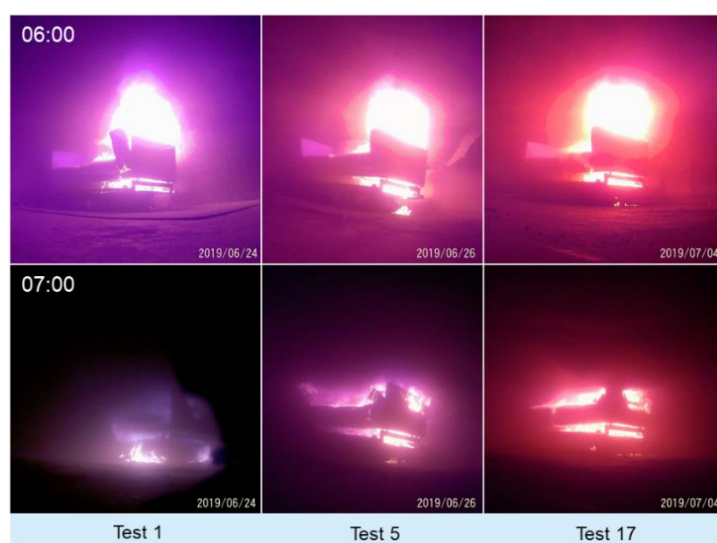
In elke gang zijn drie ventilatieopeningen aanwezig. Elk van deze openingen staat in verbinding met de verticale ventilatiekanalen die de gangen op de verschillende verdiepingen. Via deze route heeft er rookverspreiding naar de begane grond, de eerste, tweede en derde verdieping plaatsgevonden. Deze routes zijn relatief grote openingen waarlangs rookverspreiding kon plaatsvinden naar de gangen.

### Overige factoren

Twee factoren zijn mogelijk van invloed op de rookverspreiding en worden hieronder nader toegelicht.

### Brandverloop

Bij elke test is het brandobject, een bank of hout als organische vuurlast, op uniforme wijze in brand gestoken. Uit de analyse van de camerabeelden uit de brandruimte blijkt dat de banken grotendeels hetzelfde verbranden, maar niet op exact gelijke wijze. In figuur 3 wordt van drie van de vier testen binnen dezelfde variant (variant 0) een beeldopname weergegeven gemaakt op 6 en 7 minuten na start van de test. Bij test 3 is de camera in de brandruimte uitgevallen waardoor er geen beelden beschikbaar zijn. Kleine verschillen in verbranding (bijvoorbeeld het vallen van een kussen) kunnen mogelijk van invloed zijn geweest op de rookontwikkeling en daarmee op de rookproductie.



**Figuur 3 Brandverloop t = 6 en t = 7, voor testen: 1, 5 en 17 (variant 0)**

Bij test 1 valt tussen minuut 6 en 7 een deel van een kussen op de grond terwijl dit bij de andere twee testen niet gebeurt. De brandende oppervlakte bij test 1 wordt hierdoor groter. Dit is mogelijk van invloed op het brandvermogen en de rookontwikkeling. In minuut 7 is zichtbaar dat de rooklaag bij test 1 lager is dan bij de andere twee testen. Bij test 5 brandt in minuut 7 de linker leuning van de bank en bij test 17 nog niet.

### Weersomstandigheden

Op basis van een analyse van de weersomstandigheden tijdens de testen, is het mogelijk dat de temperatuur (die was met name hoog tijdens de eerste testdagen) een rol gespeeld kan



hebben bij de rookverspreiding. Bij test 1 en 2 was in een aantal ruimtes de temperatuur binnen, net iets hoger dan de buitentemperatuur. Bij aanvang van de test 3 is de temperatuur binnen 4 °C kouder dan de buitentemperatuur van 32 °C. Dergelijke verschillen tussen binnen- en buitentemperatuur kunnen een rol hebben gespeeld bij de rookverspreiding. De exacte invloed hiervan is niet met zekerheid vast te stellen, omdat meer factoren en variabelen een rol kunnen spelen. Tevens kunnen andere variabelen die te maken hebben met de weersomstandigheden (windrichting/ - hoek en luchtdruk) mogelijk van invloed zijn geweest op de rookverspreiding. Verschillen in temperatuur en windrichting, zijn niet de enige factoren die met zekerheid kunnen worden aangewezen als factoren met een invloed op de rookverspreiding.

Tot slot zijn er enkele afwijkingen van het protocol geconstateerd, bijvoorbeeld het open staan van een binnendeur (die gesloten had moeten zijn) en het open staan van ramen in een andere gebouwdeel. Bij twee testen zouden deze afwijkingen, mogelijk invloed hebben gehad op de rookverspreiding, maar is dit niet vastgesteld aan de hand van de analyse van de camerabeelden. In bijlage 16 is een overzicht van de weersomstandigheden bij alle testen weergegeven.