

Ventilatieopeningen & Brand

Er bestaat heel wat verwarring binnen de brandweer over het maken/gebruiken van openingen om te ventileren bij brandbestrijding. In België wordt er in het algemeen pas overdrukventilatie gebruikt nadat de brand geblust is. In dat geval is er geen invloed van de ventilatie op het brandgedrag. In andere landen is het gebruikelijk om tijdens de brandbestrijding of zelfs voorafgaand aan de binnenaanval te ventileren. Deze laatste werkwijze kan wel een invloed hebben op brandgedrag. Dit is zelfs het geval als er gewerkt wordt met natuurlijke ventilatie. Voor de brandweer is het belangrijk om te beseffen dat het openen van de voordeur gelijk staat aan natuurlijke ventilatie. Dit leidt ertoe dat zelfs de Belgische aanpak (zonder overdrukventilatie) een invloed kan hebben op de evolutie in brandgedrag.

1 Invloed op brandgedrag

Om te begrijpen wat de invloed van het maken van ventilatieopeningen op het brandgedrag is, dient er eerst een goed begrip te zijn van het brandgedrag zelf. Hierin maken we onderscheid tussen twee soorten brandgedrag. We spreken over het "geventileerd" brandverloop en het "ondergeventileerd" brandverloop. Om deze twee begrippen te definiëren moeten eerst de twee brandregimes toegelicht worden: brandstofgecontroleerd en ventilatiegecontroleerd.

1.1 Brandregimes

Bij het ontstaan van brand is het zo dat een beperkte hoeveelheid materiaal deelneemt aan de verbrandingsreactie. Er is meer dan voldoende lucht beschikbaar om deze brand te voeden. De eigenschappen van de materialen (brandstof) en de verdeling ervan in de ruimte gaat bepalen wat er gebeurt. Belangrijke eigenschappen zijn de flame spread, de snelheid waarmee de vlammen zich verspreiden over het oppervlak, en de heat release rate, de snelheid waarmee de brandstof energie produceert. In de beginfase van de brand bepaalt de brandstof het verdere verloop van de brand. Daarom spreken we van een "brandstofgecontroleerde" brand.

Na verloop van tijd zal de brand groeien. De temperatuur neemt toe terwijl de zuurstofconcentratie afneemt. Er komt een rooklaag tot stand. Nog later zal deze rooklaag ontbranden (de rollover). Hierdoor neemt de stralingswarmte naar de brandstof onder de rooklaag sterk toe. Flashover treedt op. Opdat dit scenario zich kan voordoen, is er voldoende lucht nodig. Dit houdt in dat er een deur of een raam moet geopend zijn. Een andere optie is dat een raam (bv met enkel glas) breekt tijdens de ontwikkeling van de brand.

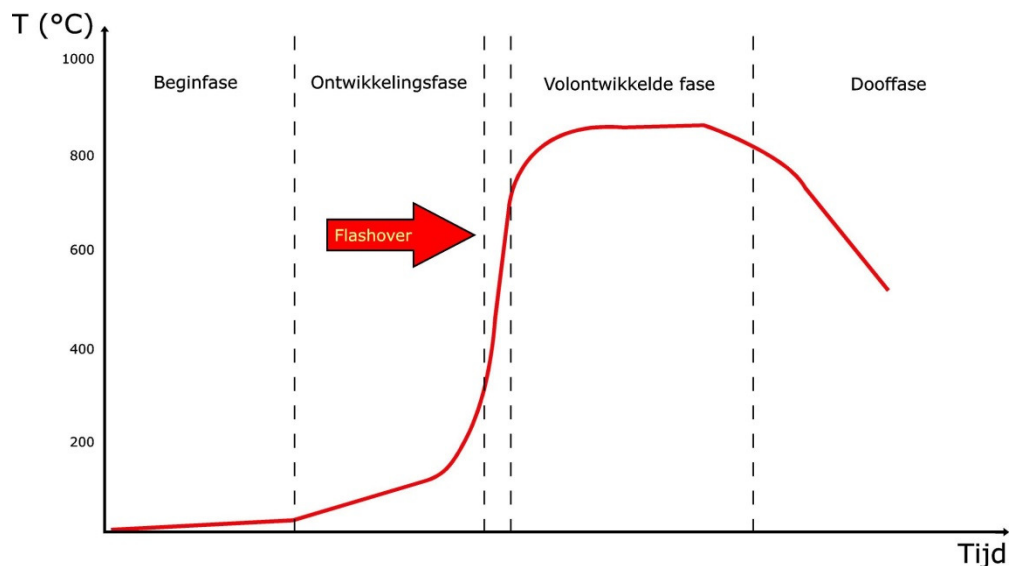
Na flashover staat de volledige ruimte in brand. Deze brand betreft zijn zuurstof door de aanwezige openingen. Typisch is de brand dan uitslaand. Dit komt omdat de luchttoevoer doorheen de openingen niet voldoende is voor de brand. Doordat er binnen niet genoeg zuurstof beschikbaar is, wordt een deel van de rookgassen buiten verbrand. Daar is immers wel genoeg zuurstof. De intensiteit van de brand binnen wordt niet langer bepaald door de aanwezige brandstof. Het is de ventilatie (de zuurstof) die bepaalt wat er gebeurt. Per kilogram zuurstof die de ruimte binnenkomt kan ongeveer 13,1 Megajoule (MJ) aan energie geproduceerd worden. Praktisch kan men stellen dat 3 MJ

energie vrij kan komen per kubieke meter lucht. Als er een luchtstroom van 1 m/s doorheen een deur van 2 m² krijgt, kan dit een brand van 6 MW voeden. Aangezien de ventilatie nu bepaalt wat er gebeurt, spreken we van een "ventilatiegecontroleerde" brand.

1.2 Twee soorten brandverloop

1.2.1 Het geventileerde brandverloop

Het geventileerde brandverloop kent 5 fasen. De brand start in de beginfase en evolueert naar de ontwikkelingsfase. In beide fasen is de brand brandstofgecontroleerd. Daarna treedt flashover op. In deze fase wordt de overgang gemaakt van een brandstofgecontroleerd regime naar een ventilatiegecontroleerd regime. De vierde fase is de volontwikkelde brand. Tijdens deze fase is de brand ventilatiegecontroleerd. Als de brandstof in de ruimte opraakt, zal het vermogen van de brand afnemen. De zuurstofbehoefte neemt ook af. Op een bepaald moment zal de brand terug brandstofgecontroleerd worden.



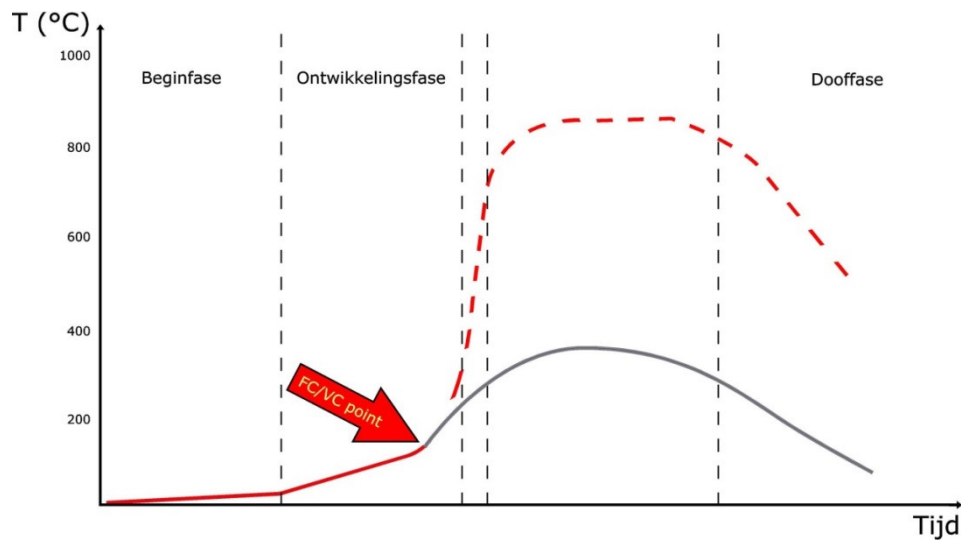
Figuur 1 Het geventileerde brandverloop (Grafiek: Karel Lambert)

Het geventileerde brandverloop start brandstofgecontroleerd, maakt dan de overgang naar een ventilatiegecontroleerd regime en eindigt vervolgens terug bij het brandstofgecontroleerde regime.

1.2.2 Het ondergeventileerde brandverloop

Het ondergeventileerde brandverloop start op dezelfde manier als het geventileerde brandverloop. In de beginfase is de brand brandstofgecontroleerd. Dit is ook het geval in de ontwikkelingsfase. Het grote verschil zit in de beschikbaarheid van ventilatieopeningen. Als er weinig of geen ventilatieopeningen beschikbaar zijn, zal het zuurstofpercentage erg snel dalen. De brand zal ventilatiegecontroleerd worden voordat flashover kan optreden. De brand zal ventilatiegecontroleerd blijven totdat de brand dooft of totdat de brandweer hem blust.

"Een ondergeventileerde brand is een brand die ventilatiegecontroleerd wordt voor flashover."



Figuur 2 Het ondergeventileerde brandverloop: de rode lijn is het stuk dat beide types brandverloop gemeen hebben. De rode stippellijn is het natuurlijke of geventileerde brandverloop terwijl de grijze lijn het ondergeventileerde brandverloop voorstelt. (Grafiek: Karel Lambert)

Het ondergeventileerde brandverloop start ook brandstofgecontroleerd maar het maakt vroeger de overgang naar een ventilatiegecontroleerd regime. Dit gebeurt immers voor flashover. De brand blijft dan ventilatiegecontroleerd tot hij dooft of gedoofd wordt.

1.3 Invloed van ventilatie

In de VS is het erg gebruikelijk om te ventileren bij brandbestrijding. In de meeste korpsen betekent dit dat er extra ventilatieopeningen gemaakt worden. Dit kan door het breken van ramen (horizontale ventilatie) en door het maken van openingen in het dak (verticale ventilatie). Meestal gaat het hier over natuurlijke ventilatie. Dit wil zeggen dat er geen overdrukventilatoren gebruikt worden. Op YouTube zijn talloze beelden terug te vinden van branden waarbij de ventilatie ervoor zorgt dat de situatie uit de hand loopt.

Nochtans heeft ooit iemand deze tactiek bedacht. In de VS wordt deze tactiek toegeschreven aan Benjamin Franklin (1706-1790). Deze uitvinder en brandweerman bedacht deze tactiek om rookgassen af te voeren bij brandbestrijding. Deze tactiek heeft jarenlang goede resultaten opgeleverd. Dit kwam omdat brand zich in de voorbije eeuwen anders gedroeg dan nu. Brandstof bestond voornamelijk uit natuurlijke producten terwijl de brandstof in een woning nu voornamelijk bestaat uit producten die afgeleid zijn van olie. Steve Kerber toonde aan dat de tijd tot flashover sterk afgenomen is. Deze tijd bedroeg ongeveer 30 minuten in de jaren '50 en is gereduceerd tot ongeveer 3 à 4 minuten nu. Dit betekent dat branden nu veel korter brandstofgecontroleerd blijven dan vroeger.

Bij een brandstofgecontroleerde brand heeft het toepassen van ventilatie slechts een beperkte invloed. Hetgeen gebeurt met de brand wordt immers bepaald door de eigenschappen van de brandstof. Dit verklaart waarom het toepassen van ventilatie in de

VS zo lang een standaard tactiek geweest is. Tot lang in de 20^{ste} eeuw was het immers een heel goede tactiek.

In moderne gebouwen wordt de brand erg snel ventilatiegecontroleerd. Als de brand ventilatiegecontroleerd wordt voor flashover spreken we van een ondergeventileerde brand. Deze laatste soort branden komt steeds vaker voor. Als er een nieuwe opening gemaakt wordt in de wand van een ruimte waar een ondergeventileerde brand woedt, zal het vermogen van deze brand toenemen. Bij dit type branden bepaalt de ventilatie wat er gebeurt. Door het maken van een opening komt er extra ventilatie ter beschikking van de brand. Er bestaan verschillende formules om te berekenen wat het maximaal vermogen is dat een brand kan ontwikkelen in functie van de oppervlakte en de hoogte van de opening. Het openen van een deur die 2 m hoog is en 0,9 m breed, zorgt ervoor dat het brandvermogen in de kamer kan oplopen tot 3 à 4 MW. Het breken van een raam dat 2 m breed is en 1,5 m hoog, zal een brand voeden die een vermogen heeft van 4,7 tot 5,5 MW.

Bij ondergeventileerde branden dient dus erg voorzichtig omgesprongen te worden met ventilatie. Het brandvermogen zal altijd toenemen nadat de opening gemaakt is. In de VS begint men dit meer en meer te beseffen. Het heeft er o.a. geleid tot het invoeren van een "door man". Deze brandweerman zorgt ervoor dat de inkomdeur zoveel mogelijk gesloten blijft. Door dit toe te passen, wordt het vermogen van de brand beperkt gehouden.

2 Efficiëntie van ventilatieopeningen

Een andere belangrijke vraag die aan bod komt, gaat over de grootte van de ventilatieopeningen. In brandweer literatuur is daar erg veel over geschreven. In de VS is een uitlaatopening van 4 op 4 voet (1,2 x 1,2 m) lange tijd de standaard geweest. Dit komt overeen met een gat van 1,44 m². Sinds korte tijd wordt vooropgesteld dat dit niet groot genoeg meer is. Een gat van 4 op 8 voet wordt nu meer en meer gebruikt. Dit komt neer op 2,88 m².

In Europa is het maken van gaten in het dak niet zo gebruikelijk. Wij beperken ons meestal tot het openen of breken van ramen. In dergelijke gevallen wordt de grootte van de uitlaatopening meestal bepaald door de grootte van de ramen die beschikbaar zijn. Het openen van ramen heeft de voorkeur boven het breken van ramen. Een geopend raam dat een ongewenste ventilatiestroom op gang brengt, kan meestal eenvoudigweg terug gesloten worden. Bij een gebroken raam is dit niet het geval.

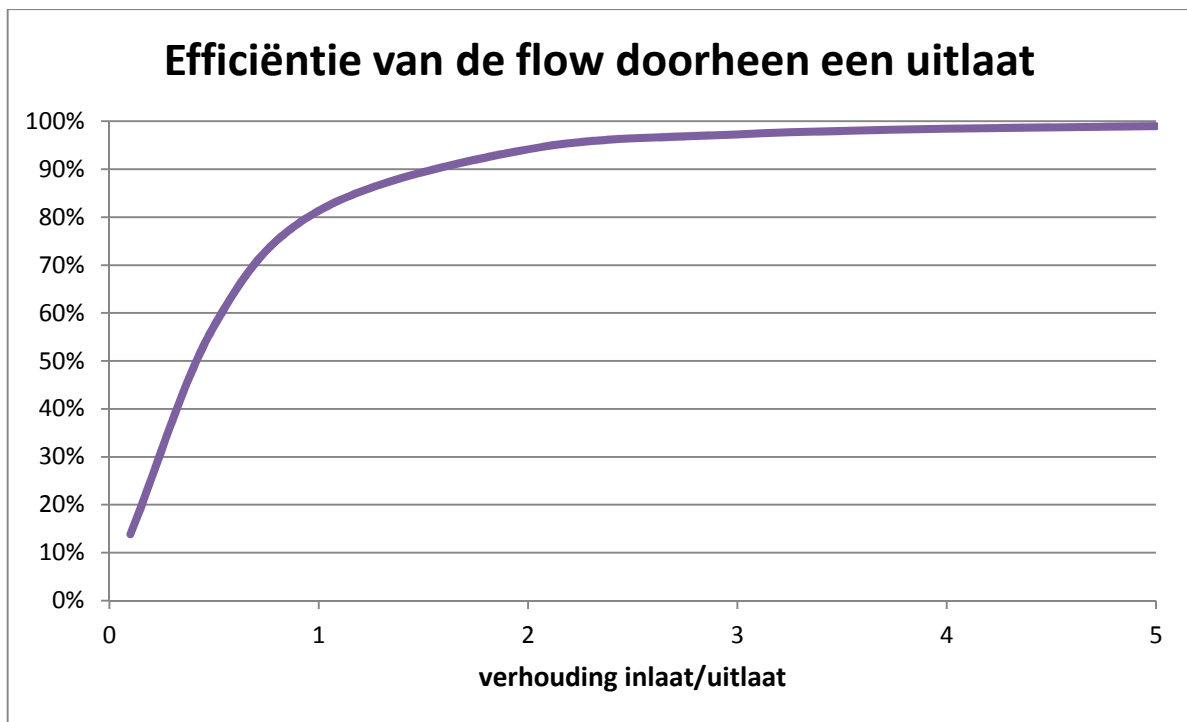
Door een bepaalde verhouding te respecteren tussen de inlaat- en de uitlaatopening, kan de ventilatie zo efficiënt mogelijk gemaakt worden. Dit betekent dat zoveel mogelijk debiet gerealiseerd wordt doorheen een bepaalde opening.

Voor het bepalen van deze ideale verhouding wordt een onderscheid gemaakt tussen natuurlijke en overdrukventilatie. Het onderstaande is uitgewerkt voor situaties waarbij één opening volledig gebruikt wordt als inlaatopening terwijl een andere opening gebruikt wordt als uitlaatopening. Dit is meestal het geval bij verticale ventilatie. In praktijk wordt het bij horizontale ventilatie al snel complexer. Veelal worden openingen dubbel gebruikt. In elke opening komt dan een dubbele stroming op gang. Dit is echter niet meer

eenvoudig te bespreken. Vandaar de keuze om het hieronder op een simpele manier te doen.

2.1 Natuurlijke ventilatie.

Ventilatie komt neer op het verplaatsen van een massa rook van binnen naar buiten. Omdat het niet mogelijk is om een vacuüm te creëren, moet deze massa rook vervangen worden door een even grote massa lucht. Bij natuurlijke ventilatie zal de rook het pand verlaten omwille van de archimedeskracht ("buoyancy"). Deze opwaartse kracht komt tot stand door het verschil in dichtheid (\sim temperatuur) tussen de lucht en de rookgassen. Omdat de ventilatie goed zou werken, dient er voldoende verse lucht binnen te komen. Onderzoek heeft uitgewezen dat een rendement van ca. 90% gehaald wordt als de inlaatopening dubbel zo groot is als de uitlaatopening voor een gegeven uitlaatopening. Dit wordt beperkt tot ca. 80% als de inlaatopening even groot is als de uitlaatopening (zie Figuur 3).



Figuur 3 Efficiëntie in functie van verhouding tussen inlaat en uitlaat voor rookgassen met een temperatuur van 300 °C. Als de inlaat twee keer zo groot is als de uitlaat, wordt de efficiëntie 94%. Als de inlaat even groot is als de uitlaat, dan wordt de efficiëntie beperkt tot 81%.

Een rekenvoorbeeld zal meer duidelijkheid brengen. Stel dat er een ruimte dient geventileerd te worden die beschikt over een deur ($b \times h$: 1 x 2 m) en vier ramen van telkens 1 m². Stel dat de rookgassen een temperatuur hebben van 300 °C terwijl het buiten 20 °C is. Als één raam geopend wordt als uitlaatopening en de deur als inlaat opening, dan bekomt men een verhouding van 2 voor de inlaat/uitlaat ratio. Dit leidt tot een efficiëntie van 94% (t.o.v. de maximale theoretische capaciteit) doorheen de uitlaatopening. Er zal dan 2,67 kg rook per seconde verwijderd worden. Indien het tweede raam eveneens geopend wordt, daalt de verhouding inlaat/uitlaat tot 1. De efficiëntie per raam zal dalen tot 81%. Echter, de totale uitlaattooppervlakte verdubbelt. Dit zorgt ervoor dat 1,62 keer de theoretische maximale capaciteit van één raam gehaald

wordt. Dit is beter dan de 0,94 keer die gehaald werd met één raam. Concreet wordt er dan 4,81 kg/s afgevoerd. Als alle vier de ramen worden geopend, daalt de verhouding inlaat/uitlaat tot 0,5. De efficiëntie per raam wordt nu 57%. Er zijn echter vier ramen open. Dit betekent dat er 2,28 keer de theoretische capaciteit van één raam gehaald wordt. In dit voorbeeld betekent dit 7,26 kg/s. Op het moment dat er nog meer ramen geopend worden zal het rendement per raam verder dalen. Als de uitlaat drie keer groter is dan de inlaat, heeft het eigenlijk niet veel zin om nog meer ramen te openen.

Samengevat kan er gezegd worden dat een verhouding inlaat/uitlaat van 2/1 voor één opening het beste rendement geeft. Meer ramen openzetten leidt tot een lager rendement per raam maar tot een grotere afvoer. Bij een verhouding van 1/3 heeft het geen zin meer om nog verder ramen te openen. Het is hierbij belangrijk om te herinneren dat het gaat over verticale ventilatie. De deur bevindt zich volledig onder de rooklaag en de ramen bevinden zich helemaal boven de neutrale laag. De ramen worden dan volledig als uitlaatopening gebruikt.

2.2 Overdrukventilatie

Bij het toepassen van overdrukventilatie dienen de verhoudingen tussen inlaaten en uitlaatopening anders te zijn voor een optimaal rendement. De verhoudingen zijn omgekeerd aan de verhoudingen voor de natuurlijke ventilatie. Met andere woorden, voor de optimale situatie dient de uitlaatopening dubbel zo groot te zijn als de inlaatopening. In het



bovenstaand voorbeeld wil dit zeggen dat de optimale situatie bereikt wordt als alle vier de ramen worden

Figuur 4 Opstelling van 2 overdrukventilatoren in een V-opstelling. (Foto: Frank Meurisse)

geopend. De verhouding tussen inlaat/uitlaat is dan 1/2. De stroming komt dan niet tot stand door het temperatuurverschil tussen de rookgassen en de lucht maar wordt opgelegd door de ventilator. Hier is het ook mogelijk om het effect van de ventilatie iets te verhogen door meer ramen open te zetten. Net zoals bij natuurlijke ventilatie heeft het geen zin om te streven naar een verhouding die kleiner is dan 1/3.

3 Wind

In het bovenstaande stuk is gekeken naar het rendement van één opening los van de plaatselijke omstandigheden. In praktijk is dit niet direct de juiste aanpak. Vooraleer ventilatieopeningen gemaakt worden dient gekeken te worden of er wind is en vanuit welke richting die waait.

Bij natuurlijke ventilatie zal de wind een zeer grote invloed uitoefenen. Het is dan ook belangrijk om steeds te proberen om "met de wind" mee te ventileren. Dit houdt in dat de inlaatopening gemaakt wordt in de gevel waar die wind op blaast (de loefzijde). De uitlaatopening komt dan bij voorkeur aan de tegenovergestelde kant (de lijzijde). Ook indien de uitlaatopening in een schuin dak gemaakt wordt, is het beter om deze regel te respecteren. Indien dit niet mogelijk is, kan gestreefd worden naar een zo hoog mogelijke efficiëntie voor de ventilatieopening (zie boven).

Bij overdrukventilatie is de situatie iets minder windgevoelig. In beperkte mate kan men tegen de wind in ventileren. Op zo'n momenten kan men de uitlaatopening beperken. Dit zal zorgen voor een grotere overdruk binnen. Bij kleine windsnelheden is dat voldoende om de winddruk te overwinnen. Dit kan handig zijn in situaties waar het niet mogelijk is om openingen te maken in de gevel aan de lijzijde. Het is echter belangrijk om te beseffen dat deze mogelijkheid erg beperkt is. Uit onderzoek blijkt dat overdrukventilatoren zoals we deze vinden in de autopompen een overdruk tot 26 Pascal kunnen opbouwen. Dit komt ongeveer overeen met druk die opgebouwd wordt door de wind als de windsnelheid 20 km/u is. Ventileren tegen wind kan maar het kan enkel als de windsnelheid laag is. In verschillende bronnen wordt 10 km/u vermeld als drempelwaarde. Bij windsnelheden lager dan deze is ventilatie tegen de wind efficiënt. Boven deze snelheid daalt de efficiëntie erg snel.

4 Bronnen

- [1] *Lambert Karel, Nieuwe inzichten omtrent ventilatie, De brandweerman, mei 2011*
- [2] *Hartin Ed, www.cfbt-us.com*
- [3] *Kerber Steve, Impact of ventilation on fire behavior in legacy and contemporary residential Construction, 2011*
- [4] *Kerber Steve, Analysis of changing residential fire dynamics and its implications on firefighter operational timeframes, Fire Technology, vol. 48, p 865-891, 2012*
- [5] *Merci Bart, Active fire protection II: smoke and heat control, postgraduate studies in fire safety engineering, Universiteit Gent, 2010*
- [6] *Svensson Stefan, Fire Ventilation, Swedish Rescue Services Agency, 2000*
- [7] *Christian Gryspeert, persoonlijke communicatie, 2014*
- [8] *Kerber Steve, Madrzykowski Dan & Stroup David, Evaluating positive pressure ventilation in large structures: high-rise pressure experiments, NISTIR 7412, Gaithersburg, MD, USA: National Institute of Standards and Technology, 2007*

Karel Lambert