

## De betekenis van efficiëntie

# Afzuigluchtdebiet van commerciële keukens

*Om op een economische manier in alle behoeften te voorzien met betrekking tot de binnenluchtcondities, dient een complete benadering van de ventilatiestrategie te worden gehanteerd. Dit betekent dat het ventilatiesysteem wordt ontworpen op basis van streefwaarden van de binnenluchtkwaliteit, en op basis van de werkelijke warmtelasten van de keukenapparatuur. De meest nauwkeurige methode om het benodigde afzuigluchtdebiet te berekenen is een methode gebaseerd op de warmtelast. Bij deze methode wordt de hoeveelheid warmte berekend die in een convectieve pluim wordt getransporteerd, op een bepaalde hoogte boven een fornuis. Daarnaast dient rekening te worden gehouden met de efficiëntie van filters in de afzuigkap om tot een optimaal geheel van het ontwerp te komen.*

*- door R. Kosonen – Halton, Finland*

**B**ij het ontwerp van een keuken is de deskundigheid van veel verschillende specialisten vereist om ontwerpen te produceren die aan de eisen van een productieve en rendabele werkomgeving voldoen. De beslissingen van verschillende ontwerpers beïnvloeden elkaar sterk. Zowel eigenaars en uiteindelijke gebruikers als fabrikanten van kook- en ventilatieapparatuur zijn belangrijke spelers in het ontwerpproces. Door de grote verscheidenheid in deskundigheid is gemeenschappelijke consensus nodig om het proces te versnellen en om de gestelde doelen te bereiken.

### INTRODUCTIE

De afgelopen jaren zijn de zorgen aangaande het binnenklimaat toegenomen als gevolg van de groeiende kennis

over de invloed van thermische condities en luchtkwaliteit op de gezondheid, het comfort en de productiviteit van werknemers. Vooral in commerciële keukens zijn de werkomstandigheden veeleisend. Er zijn vier hoofdfactoren die het thermische comfort beïnvloeden: luchttemperatuur, straling, lichtsnelheid en luchtvochtigheid. Tegelijkertijd worden grote hoeveelheden verontreinigingen afgegeven tijdens het kookproces. Ventilatie speelt een belangrijke rol in het tot stand brengen van een comfortabele en productieve werkomgeving en in het verzekeren van verwijdering van verontreinigingen.

Ventilatie en airconditioningsystemen zijn benodigd in commerciële keukens, omdat:

1 de lucht vervuild is met geurtjes en vetdeeltjes;



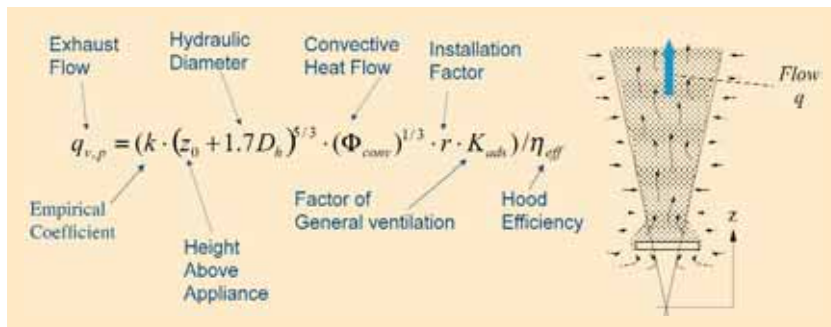
R. Kosonen

- 2 aan hygiënische eisen van de luchtkwaliteit moet worden voldaan;
- 3 warmte wordt ontwikkeld als gevolg van convectie en straling;
- 4 vocht ontstaat bij de bereiding van maaltijden en bij het afwassen;
- 5 comfortabele en productieve werkomcondities gehandhaafd moeten worden.

Om in deze taak te voorzien dienen luchttoevoer- en afvoersystemen in de keukenruimten te worden geïnstalleerd, zodat geurtjes, luchtverontreinigingen en extra warmte en vocht worden afgevoerd.

Gepubliceerde onderzoeken laten vrij duidelijk zien dat er een gezondheidsrisico is verbonden aan koken. Thiebaud [6] geeft aan dat de dampen die ontstaan bij het bakken van rundvlees en varkensvlees mutageen zijn. Daarom worden koks aan relatief hoge niveaus van mutagenen en carcinogenen

Vertaling van "The meaning of efficiency on the requested air flow rate in commercial kitchens", door ir. P.M. Briggen, afgestudeerd bij de unit Building Physics & Systems van de TU Eindhoven.



**Bij het warmtelastontwerp is het luchtafzuigdebiet berekend op basis van de algemene pluimvergelijking.**

- FIGUUR 1 -

blootgesteld die door de lucht worden verspreid. Vainiotalo [7] verrichtte metingen op acht werkplekken. Het onderzoek bevestigde dat dampen die tijdens het kookproces vrijkomen gevaarlijke bestanddelen bevatten.

Ook wordt in deze studie aangetoond dat een keukenmedewerker blootgesteld kan worden aan relatief hoge luchtverontreinigingsconcentraties. Hoewel het roken van sigaretten wordt beschouwd als de belangrijkste oorzaak van longkanker, kunnen de epidemiologische kenmerken van longkanker bij Aziatische vrouwen niet geheel worden verklaard aan de hand van het rookgedrag. Dit vanwege het feit dat zij zelden roken en toch relatief vaak longkanker hebben. Het onderzoek van Ng [4] toonde aan dat meer dan 97 % van de vrouwen in Singapore niet rookt. Daarom is passief roken en koken voor huisvrouwen een aannemelijke bron van binnenluchtverontreinigingen. Dit onderzoek toont aan dat relatief grote kansen op ademhalings symptomen zijn gerelateerd aan de wekelijkse frequentie van koken op een gasbron.

De voorgaande onderzoeken beschrijven het belang van een goed ontworpen keukenventilatie. De doeltreffendheid van het luchtafvoersysteem dient hierbij te worden benadrukt. De verwijderingsefficiëntie van het gehele systeem moet worden gegarandeerd en de verspreiding van verontreinigingen door de keukenruimte dient te worden voorkomen.

Om aan alle eisen van de binnenluchtcondities te kunnen voldoen dient een complete benadering van de ventilatiestrategie te worden uitgewerkt. Dit betekent dat het ventilatiesysteem wordt ontworpen op basis van de streefwaarden van de binnenluchtkwaliteit (IAQ) en op basis van de werke-

lijke warmtelasten van de keukenapparatuur. Daarnaast dient het ventilatiesysteem, in aanvulling op het effect van de algemene ventilatie, ten behoeve van de prestatie van het afzuigstelsel te worden geanalyseerd.

### **BEREKENING VAN HET DEBIET VAN HET AFVOERSYSTEEM**

Voor een effectieve ventilatie van de keuken is een goed ontworpen en gesitueerde afzuigkap, of een in het plafond geïntegreerd afzuigstelsel essentieel. Het ventilatiesysteem wordt gebruikt om warmte, geurtjes en dampen af te vangen die tijdens het kookproces worden afgegeven, en om deze vast te houden totdat de ventilator het naar buiten kan afvoeren. Daarnaast wordt de werkplek verfrist doordat het ventilatiesysteem de afgevoerde lucht vervangt.

Er zijn veel methoden beschikbaar om het benodigde afzuigluchtdebiet te berekenen. De "Vuistregel" bijvoorbeeld, betekent dat het ventilatievoud in aanmerking wordt genomen. Een andere methode wordt "Vlaksnelheid" genoemd, daarbij wordt het debiet verkregen door de snelheid van de afgevangen lucht en het oppervlak onder de afzuigkap in beschouwing te nemen. Beide methoden houden geen rekening met het type apparaat onder de afzuigkap, waardoor de berekeningsmethoden in veel situaties de werkelijke behoeften of eisen te hoog inschatten.

Bij de "Warmtelast" methode wordt de convectieve warmteafgifte van de kookapparatuur, het afgifteoppervlak, de afstand tot het afvoersysteem en het effect van de algemene ventilatie in beschouwing genomen voor berekening van de efficiëntie waarmee verontreinigingen worden verwijderd. De

voornaamste gedachte van deze methode is om het benodigde afzuigluchtdebiet aan te passen op de convectieve warmtelast, of meer specifiek op de thermische pluim van de keukenapparatuur. De meest bekende norm die gebruik maakt van deze methode is de Duitse VDI [8]. In figuur 1 zijn de belangrijkste parameters te zien die in aanmerking zijn genomen voor de beschrijving van het afzuigluchtdebiet.

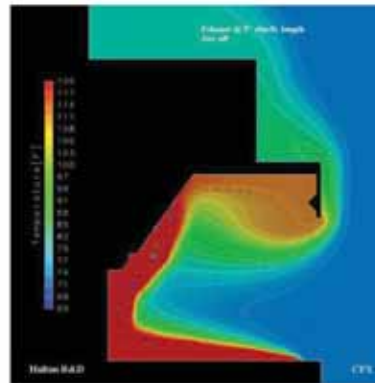
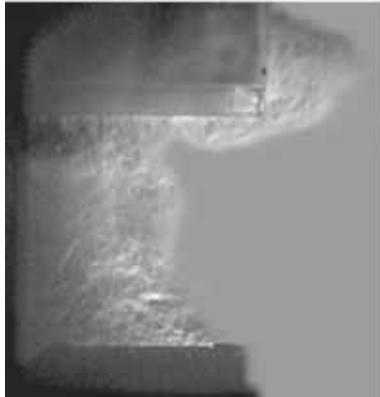
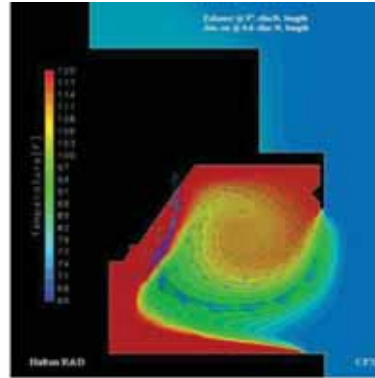
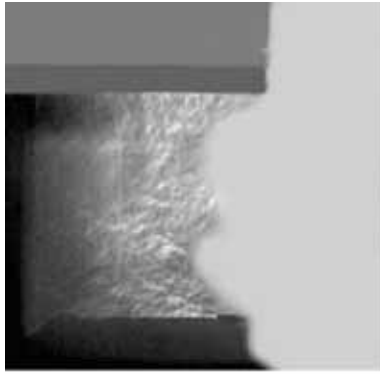
Uit een berekening die voor een case-study is verricht [1] volgt dat, in het geval van een gemiddelde warmtelast (Europees koken), de afmetingen van het gehele systeem 2 tot 3 keer groter worden gedimensioneerd met berekeningen die zijn gebaseerd op grove methoden, zoals de vlaksnelheidmethode, dan met methoden die zijn gebaseerd op de warmtelast, zoals VDI. Deze overdimensionering is zelfs in het geval van een extra hoge warmtelast (Aziatisch koken) 1,4 -1,8.

Er dient te worden opgemerkt dat het afzuigstelsel geen effect heeft op stralingswarmte. Om gedurende het hele jaar toereikende binnencondities te handhaven is daarom altijd een airconditioningsysteem benodigd in de keuken. Zonder mechanische koeling zal de luchttemperatuur in de keuken van tijd tot tijd boven de 30 °C liggen in de zomerperiode, waardoor de prestatie van de werknemers absoluut zal verminderen.

Als een afzuigkap niet in staat is om de vuile lucht boven het fornuis op te vangen en te filteren, zullen zowel de temperatuur als de luchtvochtigheid in de keuken toenemen. De verontreinigingen zullen zich vervolgens verspreiden door de keuken en mogelijk naar de omliggende eet- en winkelgedeelten. De efficiëntie waarmee de verontreinigingen worden verwijderd is in het bijzonder van belang bij restaurants, waarbij het daadwerkelijke koken dicht bij de klanten plaatsvindt.

### **BETEKENIS VAN DE AFVANGSTEFFICIËNTIE**

Zoals eerder is beschreven, is de berekening van de thermische pluim de basis voor het ontwerp van de afzuigkap. De thermische pluim die vanaf warme apparatuur opstijgt, neemt de verontreinigingen en de warmte op die vrijkomen tijdens het kookproces. De



**Vergelijking van de efficiëntie van de capture-jet (bovenste afbeeldingen) met de efficiëntie van een traditionele afzuigkap (onderste afbeeldingen) door gebruikmaking van Schliering thermografie en CFD-technologieën.**

- FIGUUR 2 -

onzuiverheden zullen zich door de keuken verspreiden als de convectieve warmte niet direct boven de kookapparatuur wordt verwijderd. Als de apparatuur onder een effectieve afzuigkap wordt geplaatst zal alleen de stralingswarmte bijdragen aan de koellast van de ruimte. Daar staat tegenover dat zowel de luchtvochtigheid als de temperatuur zal toenemen wanneer de afzuigkap niet voorziet in voldoende afvangst en buffering van de lucht. De capture-jet technologie verhoogt de efficiëntie van afzuigkappen. Het afvoersysteem dat bij deze technologie wordt gebruikt vormt een beschermende barrière die voorkomt dat warmte, rook, vet en andere verontreinigingen zich verspreiden in de keukenruimte. Daarmee wordt de koellast verminderd en wordt tevens een comfortabelere en veilige omgeving gecreëerd voor keukenpersoneel. Het is mogelijk om door het gebruik van hoogefficiënte luchtafvoersystemen opmerkelijke besparingen te verkrijgen in zowel de investeringskosten als in de kosten die optreden gedurende de levenscyclus van het systeem. Daarnaast is een energie-efficiënt systeem milieuvriendelijker; de

totale emissie van broeikasgassen is veel lager. Bij een reeks testen die in de USA is verricht door de Architectural Energy Corporation (AEC) presteerde de afzuigkap met de capture-jet technologie beter dan traditionele zogeheten 'back shelf' afzuigkappen. Er was tijdens inactieve condities bij de traditionele afzuigkap (waarbij enkel wordt afgezogen) zelfs 100 % meer afvoerlucht nodig om alles af te vangen dan bij de afzuigkap met de capture-jet, en 36 % meer tijdens kookcondities [5]. In Figuur 2 is het effect van de capture-jet op de efficiëntie van de afzuigkap getoond, door gebruikmaking van Schliering thermografie en CFD-technologieën.

Door deze optimalisatie van het afzuigluchtdebiet kunnen besparingen worden behaald op:

- a lopende kosten (stroomverbruik en kosten van airconditioning om de afgevoerde, niet-convectieve warmte te vervangen);
- b kapitale investering aan het begin (door installatie van grotere en overgedimensioneerde apparatuur).

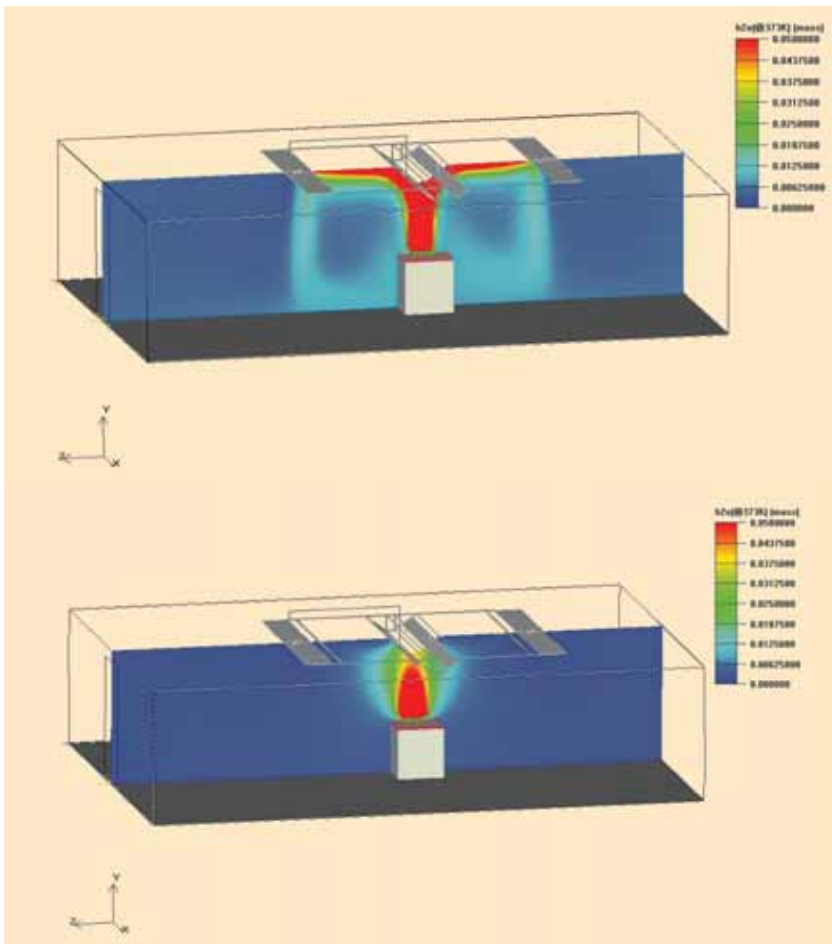
De efficiëntie van het afvoersysteem is in het bijzonder van belang bij geventileerde plafondsysteem waarbij de afvoer op plafondhoogte is gesitueerd. De afvangstefficiëntie van het totale systeem dient te worden gegarandeerd, en verspreiding van onzuiverheden door de keukenruimte dient te worden voorkomen.

De efficiëntie van het afvoersysteem kan worden verbeterd door gebruikmaking van de capture-jet technologie, waarbij een kleine jet wordt aangebracht op het plafondoppervlak. De luchtstroom wordt horizontaal langs het plafond gericht, wat helpt om de warmte en verontreinigingen naar de afvoer te leiden. De capture-jet vertegenwoordigt slechts ongeveer 10 % van het totale toevoerluchtdebiet. De efficiëntie van het capture-jet concept is onderzocht door Kosonen [3].

De verdelingsstrategie van de toevoerlucht heeft een opmerkelijke invloed op de effectiviteit waarmee verontreinigingen worden verwijderd en op thermische omgevingen. In het ventilatieplafond was de capture-jet in staat om de totale effectiviteit van het ventilatiesysteem te verbeteren. In het scenario met de capture-jet was het gemiddelde verontreinigingsniveau in de bezette zone 40 % lager en kon de geschatte energiebesparing oplopen tot 23 %. In figuur 3 is het effect van de capture-jet op het verontreinigingsniveau getoond in een keuken uit een casestudy [3].

#### **HET EFFECT VAN ALGEMENE VENTILATIE OP DE TOTALE EFFICIËNTIE**

De complete benadering voor het ventilatiesysteem dient in gedachten te worden gehouden. De toepassing van een verdringingsventilatiesysteem met lage luchtsnelheden maakt een vermindering van het afzuigluchtdebiet mogelijk met 19 % in vergelijking met een traditioneel gebalanceerd ventilatiesysteem [8]. VDI stelt voor om een verspillingsfactor van 1,05 te gebruiken voor een thermisch verdringingsventilatiesysteem, waarbij de afzuigelementen in het werkgebied zijn gesitueerd. Een factor van 1,25 wordt voorgesteld voor een normaal gebalanceerd ventilatiesysteem. Met andere woorden: het afzuigluchtdebiet dient 5-25 % groter te zijn dan de algemene pluimvergelijking aangeeft.



**Verontreinigingsniveaus in een keuken uit een casestudy zonder gebruikmaking van de capture-jet (afbeelding boven) en met gebruikmaking van de capture-jet (afbeelding onder).**

- FIGUUR 3 -

Het effect van het gekozen ventilatieconcept op de efficiëntie waarmee verontreinigingen worden verwijderd door het geventileerde plafondsysteem is onderzocht met behulp van de tracergasmethode. Voor praktijkontwerpen is een verspillingfactor van de toevoerlucht op de theoretische pluimvergelijking geïntroduceerd [1]. De thermische verdringingsventilatie buffert de verwijderde lucht het meest efficiënt; het was mogelijk om een hoge ventilatie-efficiëntie (98 %) te bereiken. De gemiddelde efficiëntie was ongeveer 5 % hoger dan bij gebruik van concepten waarbij lucht via het plafondsysteem werd toegevoerd. In de praktijk blijkt de toepassing van een thermisch verdringingsventilatiesysteem echter vaak lastig te zijn door de beperkte ruimte in keukens. Toch is thermische verdringingsventilatie de eerste keuze om te voorzien in toevoerlucht als de ruimte het toelaat. Op basis van de verrichte metingen aan het capture-jet concept is het

mogelijk om een correlatie af te leiden tussen het gebruikte luchtdebiet en de theoretische convectiestroom (verspillingfactor), als functie van de efficiëntie waarmee buffering van de verwijderde lucht plaatsvindt. Om een efficiëntie van 85 % en 90 % te bereiken leidt dit tot een uitspoelingsfactor van 1,2 en 1,5 wanneer een vangluchtsysteem in het plafond wordt toegepast [1], zie figuur 4.

### CONCLUSIES

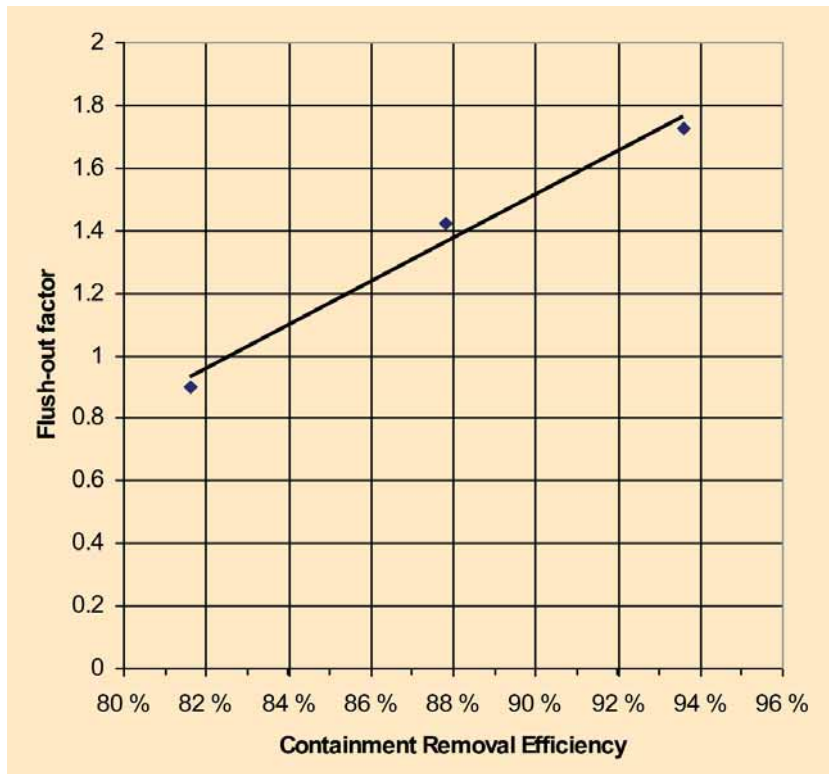
Het ontwerpen van keukens vraagt de deskundigheid van veel verschillende specialisten voor productieve en rendabele werkomgevingen. Om in alle behoeften te voorzien met betrekking tot de binnenluchtcondities dient een complete benadering van de ventilatiestrategie te worden gehanteerd. Dit betekent dat het ventilatiesysteem wordt ontworpen op basis van streefwaarden van de binnenluchtqualiteit en op basis van de werkelijke warmtelasten van de keukenapparatuur, en

dat het ventilatiesysteem in aanvulling op het effect van de algemene ventilatie voor de prestatie van het afzuigsysteem dient te worden geanalyseerd. Het is nog steeds vrij gebruikelijk dat het afzuigluchtdebiet worden berekend op basis van grove methoden. Het karakteristieke aspect van deze methoden is dat de werkelijke warmtelast van de keukenapparatuur wordt verwaarloosd. Daarmee is het afzuigluchtdebiet zelfs onder de afzuigkap voor een zware warmtelast zoals een wok gelijk aan het afzuigluchtdebiet voor een lichte warmtelast zoals een snelkookpan. Dit soort grove schattingsmethoden leiden niet tot optimale oplossingen; de afmetingen van het gehele systeem zullen overgedimensioneerd worden en daarmee zullen de investeringskosten en de lopende kosten toenemen.

Door gebruikmaking van methoden die zijn gebaseerd op de warmtelast worden de meest nauwkeurige afzuigluchtdebieten verkregen. Op basis van het verrichte onderzoek kan worden gesteld dat met grove methoden, zoals de vlaksnelheid-methode, in het geval van een gemiddelde warmtelast het gehele systeem 2 tot 3 keer te groot wordt berekend dan met methoden die zijn gebaseerd op de warmtelast. Deze overdimensionering is zelfs in het geval van een extra hoge warmtelast 1,4 -1,8.

Op dit moment zijn er moderne meet- en simulatietechnologieën beschikbaar om de keukenomgeving te onderzoeken. Schliering thermografie visualiseert de convectieve warmte die bij keukenapparatuur ontstaat. Door gebruikmaking van deze technologie is het mogelijk om daadwerkelijk de thermische pluim te zien, die normaal gesproken onzichtbaar is. Ook Computational Fluid Dynamics (CFD) is een belangrijk hulpmiddel geworden om R&D-werk te ondersteunen door te voorzien in een nauwkeurige voorspelling van resultaten, voorafgaand aan experimenten of proefopstellingen op ware grootte, voor validatiedoel-einden.


De moderne technologieoplossingen maken het mogelijk om de afmetingen van het gehele systeem te beperken. Door gebruikmaking van hoogefficiënte luchtafvoersystemen met een capture-jet concept is het mogelijk om 30 % lagere afzuigluchtdebieten te hanteren dan met normale afzuigkap-



**De afvoerfactor van de toevoerlucht van het ventilatieplafond met het capture-jet concept als functie van de efficiëntie van de afgevoerde lucht.**

- FIGUUR 4 -

pen. Door het capture-jet concept toe te passen in een ventilatieplafond is het daarnaast mogelijk om de totale effectiviteit van het geventileerde plafondsysteem te verbeteren. In het scenario met het capture-jet concept was het gemiddelde verontreinigingsniveau in de bezette zone 40 % lager en kon de geschatte energiebesparing oplopen tot 23 %.

Toepassing van een verdringingsventilatiesysteem met een lage luchtsnelheid maakt een vermindering van het afzuigluchtdebiet mogelijk met 19 %, vergeleken met een traditioneel gebalanceerd ventilatiesysteem. VDI stelt voor om een verspillingsfactor van 1,05 te hanteren voor een thermisch verdringingsventilatiesysteem en 1,25 voor een gebalanceerd ventilatiesysteem. Om een efficiëntie van 85 % en 90 % te bereiken met behulp van het ventilatieplafond voor buffering van de verwijderde lucht, dient een uitspoelingsfactor van 1,2 en 1,5 te worden gehanteerd wanneer het capture-jet concept in het plafond wordt toegepast. 

#### DANKBETUIGING

Dit onderzoek werd ondersteund door het Technology Agency of Finland (TEKES).

#### REFERENTIES

1. Kosonen, R. *The effect of supply air systems on the efficiency on a ventilated ceiling*. (Submitted to Building and Environment- journal 2005).
2. Kosonen, R. *Energy efficient design method method in commercial kitchens*. 2001, ASHRAE Asia Pacific Conference on the Built Environment. 14 – 17 November Singapore.
3. Kosonen R and Mustakallio P. 2003, *The influence of a capture jet on the efficiency of a ventilated ceiling*, International Journal of Ventilation, 1, Issue 3, pp 189-200.
4. Ng T.P.; Hui K.P.; Tan W.C. 1993, *Respiratory symptoms and lung function effects of domestic exposure to tobacco smoke and cooking by gas in non-smoking women in Singapore*, Journal of Epidemiology and Community Health, Volume 47, Issue 6, Pages 454-458.
5. Schrock D, Bagwell D and Livchak A, 2000, *Quantifying Capture & Containment for Kitchen Exhaust Hoods*. Proceedings of Ventilation 2000, Helsinki June 4-7.
6. Thiebaut, H. P.; Knize, M. G.; Kuzmicky, P. A.; Hsieh, D. P.; Felton, J. S 1995, *Airborne mutagens produced by frying beef, pork and a soy-based food*, Food and Chemical

*Toxicology*, Volume 33, Issue 10, Pages 821-828.

7. Vainiotalo, Sinikka; Matveinen, Katri 1993, *Cooking fumes as a hygienic problem in the food and catering industries*, American Industrial Hygiene Association Journal, Volume 54, Issue 7, Pages 376-382.
8. VDI 1999, Standard 2052: *Ventilation equipment for kitchens*. Verein Deutscher Ingenieure.