

Ontwerp van een ventilatiesysteem voor een operatiekamer objectief beoordeeld

Een objectief oordeel

Aan de kwaliteit van de lucht en de luchtstroming in een operatiekamer worden hoge eisen gesteld. Enkele recente voorbeelden in de praktijk hebben laten zien dat hier soms drastische consequenties aan verbonden kunnen worden. In een lopend promotieonderzoek aan de Technische Universiteit Eindhoven wordt geprobeerd om de objectieve beoordeling van de kwaliteit van een ventilatiesysteem verder te onderbouwen, ook al in de ontwerpfase. In dit artikel wordt een korte toelichting gegeven op dit lopende onderzoek en worden enkele deelresultaten beschreven.

■ PRESTATIE GEBASEERD BOUWEN

Prestatie gebaseerd bouwen vormt een goed uitgangspunt om op een verantwoorde manier een gebouw te ontwerpen en te realiseren. Dit geldt ook voor het ontwerp van een ventilatiesysteem voor een operatiekamer. In dat geval is een belangrijke prestatie-indicator de reinheid van de lucht nabij de wond, maar ook nabij de instrumententafels. De luchtstroming vormt hierbij een cruciaal onderdeel.

Andere aan de operatiekamer gerelateerde prestatie-indicatoren zijn bijvoorbeeld het thermisch comfort van het operatiepersoneel en de afkoeling van de patiënt. Ook hier spelen de luchtstroming en de condities daarvan een belangrijke rol. Deze prestatie-indicatoren kunnen eenvoudig worden opgesomd en voor bijvoorbeeld de reinheid van de lucht nabij de wond is recent een zeer interes-

sante beoordelingsmethode (voor de gebruiksfase) beschikbaar gekomen middels de Duitse VDI 2167 richtlijn¹. In de ontwerpfase is de beoordeling van een ontwerp hierop echter niet evident.

■ COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)

Voor de beoordeling van een ventilatieontwerp is de inzet van numerieke hulpmiddelen onontbeerlijk. Specifiek voor de simulatie van de luchtstroming in een ruimte wordt tegenwoordig de zogenaamde Computational Fluid Dynamics (CFD) techniek steeds vaker ingezet, ook in de praktijk.

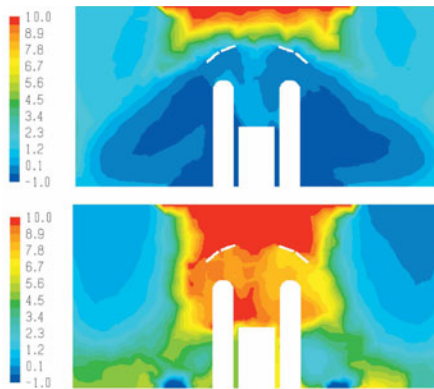
Echter, in dat geval blijven vaak nog vragen onbeantwoord. Bijvoorbeeld, hoe goed komt het oorspronkelijk gemodelleerde probleem overeen met de uiteindelijk gerealiseerde situatie (bijv. geometrie, randvoorwaarden) en wat is het effect van deze verschillen op de daadwerkelijke prestatie. Gegeven de eisen voor een CFD-simulatie, blijft een analyse van de robuustheid van een ontwerp vaak zeer beperkt. De toegevoegde waarde van CFD is in dat geval beperkt of zelfs niet te verifiëren.

■ PROMOTIEONDERZOEK

Doel van het promotieonderzoek dat sinds eind 2007 aan de Technische Universiteit Eindhoven door Wiebe Zoon wordt uitgevoerd, is om het kwalitatief en kwantitatief correcte gebruik van de CFD-techniek bij de beoordeling van het binnenmilieu te verbeteren en daarmee de bruikbaarheid ervan. Specifiek onderzoekt hij dit voor de werking van ventilatiesystemen in operatiekamers. Hierbij gaat het zowel om de fysische aspecten van het gebruik



Figuur 1. Een voorbeeld van een downflow ventilatiesysteem in een operatiekamer.



Figuur 2. Waarde van de protectiefactor op een doorsnede van een operatiekamer voor een situatie zonder temperatuurverschil tussen de toevoerlucht en de ruimte (boven) en een situatie met een temperatuurverschil (onder); een hogere waarde van de protectiefactor (rode kleur) betekent een betere bescherming tegen verontreinigingen binnen de operatiekamer naar de operatietafel.

van CFD (bijv. turbulentie modellen, etc.) als ontwerptechnische aspecten van het gebruik van CFD (bijv. geometrie/details, randvoorwaarden). Metingen zijn hierbij een belangrijk onderdeel van het onderzoek, zowel op detailniveau als op ware grootte. Naast vergroting van de kennis ten aanzien van deze specifieke toepassing, vormt een methodiek om de juiste keuzes te kunnen maken bij een dergelijke ontwerpevaluatie een van de resultaten die na afloop in de praktijk ingezet zou kunnen worden.

UITGANGSPUNTEN

In het onderzoek wordt uitgegaan van het op dit moment gangbare downflow systeem. Hierbij wordt de lucht in het plafond boven de patiënt over een specifiek oppervlak de ruimte ingebracht. Vaak gebeurt dit met een relatief lage snelheid en een temperatuurverschil. Een voorbeeld van een dergelijk systeem is in fig. 1 weergegeven. Daarnaast wordt de VDI 2167 standaard als uitgangspunt genomen bij de beoordeling van een ventilatiesysteem voor een operatiekamer. Deze methode is met name ontwikkeld voor toepassing in en de beoordeling van de ventilatie van bestaande operatiekamers. Belangrijke onderdelen van de methode zijn een gestandaardiseerde meetopstelling en een eenduidige prestatie-indicator waarmee een uitspraak gedaan kan worden over de werking van het totale ventilatiesysteem (uitgedrukt als 'protectie factor'). De gestandaardiseerde methode omvat ook een representatie van het operatieteam en de operatielamp. Dit omdat deze direct de luchtstroming en daarmee de werking van het sys-

teem in de operatiekamer bepalen. Er zijn echter ook verschillende aspecten in deze methode minder goed vastgesteld. In het onderzoek wordt gepoogd hierover ook uitspraken te doen.

RESULTATEN

Ondermeer is de gevoeligheid van verschillende ontwerpfactoren en gebruikfactoren op de werking van het ventilatiesysteem middels een numerieke studie met behulp van CFD geanalyseerd². Zie figuur 2 ter illustratie.

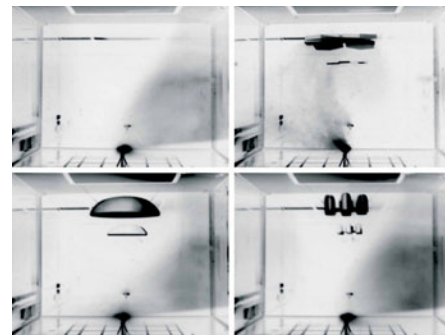
Voorbeelden van ontwerpfactoren waren hierbij de afmetingen van het plenum en de toevoercondities (snelheid en temperatuurverschil). Voorbeelden van gebruikfactoren waren de omvang van het operatieteam en het aantal instrumententafels.

De resultaten van deze studie zijn gebruikt als input voor het opzetten van een uitgebreide meetsessie in een mock-up van een operatiekamer, zie fig. 3. Deze metingen zijn uitgevoerd bij Interflow die daartoe hun volledig werkende operatiekameropstelling beschikbaar hebben gesteld. De metingen zijn recent volgens de VDI 2167 standaard uitgevoerd en zullen worden gebruikt ter verificatie en verbetering van de eerder verkregen numerieke resultaten.

Tot slot is ook nog een deelstudie uitgevoerd naar de invloed van de operatielamp op de luchtstroming in een operatiekamer.

Onderzoek uit de jaren 90 van TNO heeft al aangetoond dat de invloed van een operatielamp zeer groot is. Inmiddels zijn nieuwe type operatielampen beschikbaar die hierop anticiperen. In een detailonderzoek, opnieuw ook ten behoeve van validatie van CFD-resultaten voor dit onderdeel, is gekeken naar de verstoring van de luchtstroming door operatielamp-

Figuur 3. Foto van de meetopstelling in de volledige operatiekamer. De getoonde opstelling van cilinders rond de operatietafel komt overeen met de opstelling zoals voorgeschreven in VDI 2167.



Figuur 4. Gemiddelde rookconcentratie ten gevolge van een bron (op de bodem van de toegepaste glazen ruimte) voor verschillende typen operatielampen. De figuren zijn gemiddelde van een groot aantal foto's.

pen³. Deze metingen zijn uitgevoerd in een speciaal glazen ruimte (2x2x2 m³) die uitgebreide visualisatiemogelijkheden bood, zie fig. 4.

Op dit moment is het onderzoek nog in volle gang.

DANKBETUIGING

Dit onderzoek wordt financieel ondersteund door de stichting PIT (Stichting Promotie Installatietechniek) en Deerns raadgevende ingenieurs.

¹ VDI. 2007. VDI Standard 2167, august 2007, Building services in hospitals. Heating, ventilation and air conditioning. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure e.V.

² Zoon, W. A. C., Loomans, M. G. L. C., & Hensen, J. L. M. 2008. Pre-investigation into sensitivity analysis of use and design parameters to the ventilation efficiency in an operating room, Proceedings of the 11th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Indoor Air, 17-22 Augustus, P. Strøm-Tejsten et al., eds., Copenhagen, p. 8 op CD.

³ Heijden, M.G.M. van der. 2009. Laminar Flow Index - An assessment of one parameter by a case study. Master report. Faculteit Bouwkunde, Technische Universiteit Eindhoven.

Auteurinformatie

Ing. Wiebe Zoon
Dr. ir. Marcel Loomans
Prof. dr. ir. Jan Hensen

(contactgegevens)
Dr.ir. Marcel Loomans
M.G.L.C.Loomans@tue.nl
Tel. 040 - 247 4651

Technische Universiteit Eindhoven
Postbus 513; VRT 6.23
5600 MB Eindhoven