

# Deeltjes in OK na openen deuren

*Het gebeurt regelmatig dat er mensen tijdens een operatie de OK binnenkomen en verlaten. Een steeds in de praktijk terugkerende vraag is wat hiervan de gevolgen zijn voor het contaminatierisico in de OK. Om dit te bepalen is er in de cleanroom van TNO-Bouw onderzoek gedaan naar de verspreiding van deeltjes na het openen en sluiten van een deur voor personentransport.*

*-door ing. Ph.J.Ham\**



Dhr. ing. Ph.J.Ham

Uit onderzoeken in diverse ziekenhuizen kwam naar voren dat er vooral bij het medisch team gebrek aan inzicht bestaat in hoeverre uitwisseling van kiemen en deeltjes kan optreden tijdens het openen van deuren naar de operatiekamer. Onderzoek [1] toont aan dat het aantal keren en de tijdsduur dat een deur

naar de operatiekamer wordt geopend, afhankelijk van de heersende discipline, sterk varieert. In tabel 1 is een overzicht gegeven van het 'open-deur-gedrag' in enkele ziekenhuizen tijdens 'hoog-infectiegevoelige' ingrepen. Elke keer dat een deur wordt geopend vindt er naar beide aangrenzende ruimten onderlinge luchtuitwisseling plaats, die gepaard kan gaan met bacterietransport.

#### ONDERZOEK CLEANROOM TNO BOUW

Bouwman† [2, 3] wees er reeds op dat er bij zijn onderzoeken naar luchtuitwisseling via open deuren geen rekening werd gehouden met de stromingsverschijnselen in de aangrenzende schone ruimte. In verband met eventueel contaminatierisico is het juist in de operatiekamer van belang tot waar de verontreinigingen kunnen doordringen.

Geeft een downflowsysteem voldoende bescherming van het wondgebied en hoe staat het met de instrumententafels?

Om hierin meer inzicht te verkrijgen, werd in opdracht van de Stichting Integrale Contamination Control (SICC) een aanvullend onderzoek uitgevoerd in de cleanroom van TNO Bouw, die hiervoor was ingericht als operatiekamer.

#### MEETOPSTELLING EN -METHODEN

Er is uitgegaan van een operatiekamer (OK) van 6 x 6 x 3 m (figuur 1) met een centraal downflowplafond van 1.2 x 2.4 m. De OK is toegankelijk via twee sluisen, geventileerd met uit de OK via roosters overstromende lucht (100 m<sup>3</sup>/h). De drukhiërarchie was zodanig dat de sluis een overdruk van 5 Pa en de cleanroom van 10 Pa had ten opzichte van de hal. De personen-sluis is voorzien van automatische schuifdeuren die ongeveer 5 seconden open blijven; de goederensluis is uitgevoerd met handbediende dubbele openslaande deuren die naar de OK opendraaien.

Naast het luchttoevoerplenum zijn twee operatielampen (type Hanaulux 2004)

\* TNO-bouw, Delft

Ziekenhuisnummer	soort operatie	duur van de operatie (uur)	aantal keren dat een deur werd geopend	
			totaal	per uur
1	Heupoperatie	2:00	30	15
	Vaatoperatie	5:10	153	30
2	Heupoperatie	2:15	9	4
3	Heupoperatie	3:15	65	20
4	Heupoperatie	1:15	4	3

Aantal keren dat een deur geopend werd tijdens observaties in vier ziekenhuizen

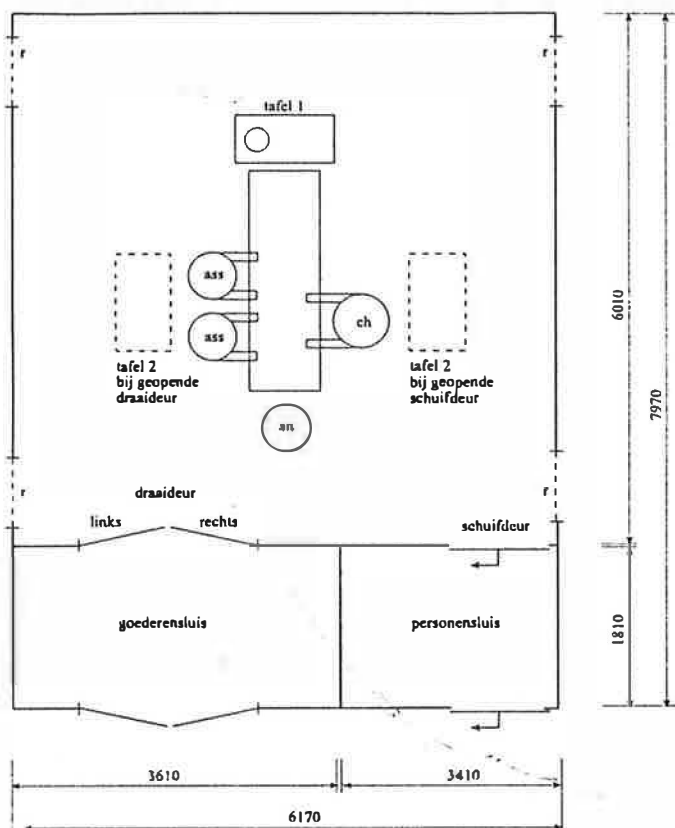
-TABEL 1

gemonteerd. Rondom de operatietafel zijn vier etalagepoppen geplaatst, die als operatieteam figureren. Op de operatietafel is als 'patiënt' eveneens één etalagepop neergelegd. Aan het voeten-einde en aan één zijde achter het operatieteam zijn instrumententafels opgesteld (figuur 2). De instrumententafel, naast de operatietafel, is steeds verplaatst naar de zijde waar de deur wordt geopend (sluisdeur of draaideur).

De poppen konden met enkele gloeilampen op lichaamstemperatuur worden gebracht, zodat ze dezelfde convectieve warmteafgifte hadden als een mens. De cleanroom is in een geklimatiseerde hal neergezet, waar gedurende de proeven steeds een nagenoeg constante temperatuur heerste. In de sluis heerste daardoor nagenoeg dezelfde temperatuur als in de cleanroom. Logisch is echter dat de luchtbewegingen in de cleanroom bij een geopende deur de meest bepalende factor is voor de luchtuitwisseling. De situatie is vergelijkbaar met de praktijk, waarbij in de inpan-dige nevenruimte (wasruimte of voorbereidingsruimte), vooral als het over-stroomprincipe wordt toegepast, nage-noeg dezelfde temperatuur zal heersen. Er werd gebruik gemaakt van een deel-tjesverstuiver om aërosolen met latex-bolletjes van bekende afmeting in de sluis te genereren. Na verdamping van de aërosolen bleven alleen de zwevende latexbolletjes over. Met 15 deeltjestel-lers werd hiervan de weg in de OK gevolgd. Er was keuze tussen bolletjes met een diameter van 0,3 en 3,0 µm. De voorkeur ging uit naar de deeltjes van 0,3 µm, omdat de aantallen hier-van groter zijn en de detectie daardoor nauwkeuriger is. Vooraf is aangetoond dat deze deeltjes dezelfde bewegingen volgen als de deeltjes van 3 µm. Alleen op deeltjes groter dan of gelijk aan 3 µm kunnen bacteriën worden aangetroffen.

#### DEUR KORTSTONDIG OPEN

In één van de sluisen werden met de deeltjesverstuiver hoge deeltjesconcentraties gegenereerd. Door via deze ruimte de schone (deeltjesvrije) OK te betreden, is nagegaan waar de deeltjes in de ruimte terecht kwamen. Bij deze metingen liep de persoon, gekleed in omloopkleding via de deur, langs een instrumententafel naar de achterwand van de ruimte en weer terug; de deur werd derhalve twee maal geopend en gesloten. Doordat de cleanroom voor



Plattegrond van de cleanroom

-FIGUUR 1-



Meetopstelling in de als OK ingerichte cleanroom van TNO Bouw

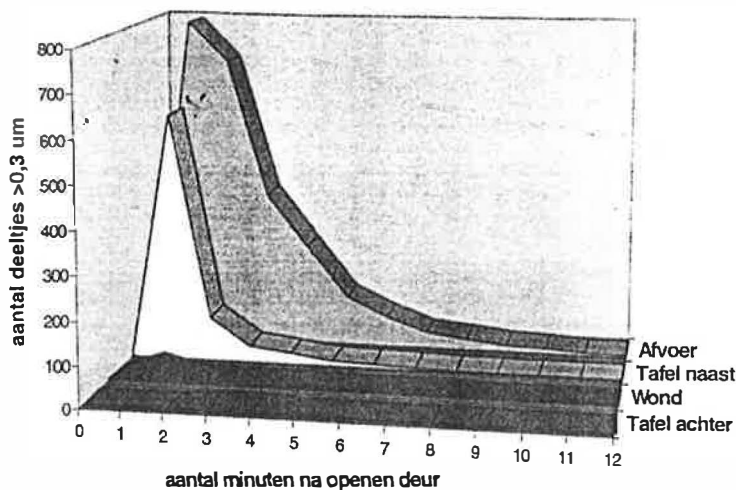
-FIGUUR 2-

de aanvang van de metingen praktisch deeltjesvrij was gemaakt, waren alle detecteerde deeltjes afkomstig uit de sluis en van de persoon. Er werd voor gezorgd dat de cleanroom volledig vrij van deeltjes was voordat een nieuwe meting werd gestart.

In de sluisen werd het overstrom-principe toegepast, maar dit werd sterk gereduceerd (tot ongeveer 80 m<sup>3</sup>/h) om een hogere deeltjesconcentratie in de sluisen te kunnen bewerkstelligen.

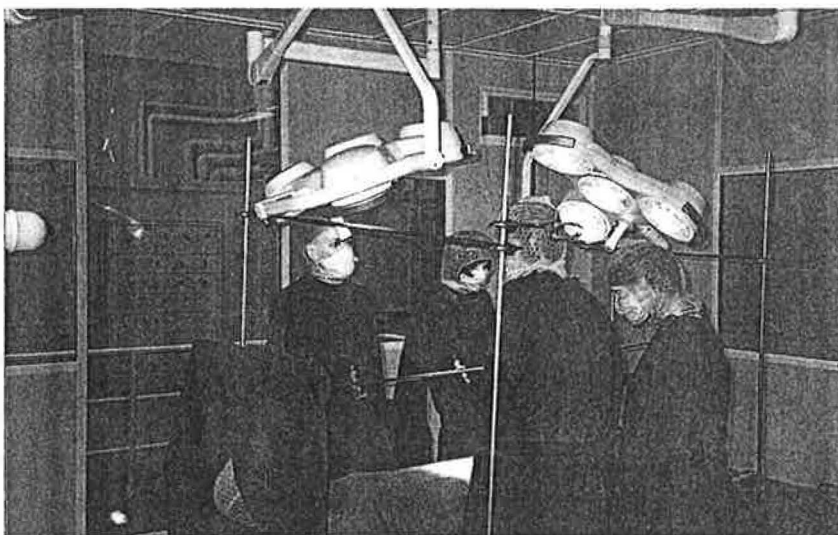
De concentratie in de sluis was niet op een gewenste waarde te regelen; deze werd echter wel met een deeltjesteller bepaald. De deeltjestellers werden per minuut uitgelezen. Per meetpunt werd het totaal aantal gemeten deeltjes bepaald, volgend op het openen van een deur, totdat de concentratie weer tot nul was afgenomen.

De gemeten waarden in de cleanroom zijn bij de uitwerking steeds verhoudingsgewijs teruggerekend naar een



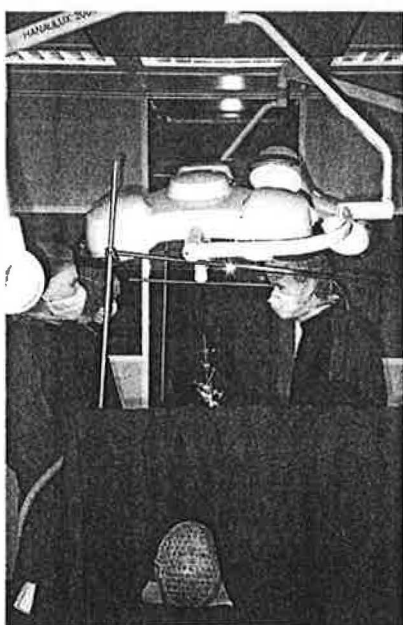
Concentratieverloop op drie plaatsen in de cleanroom na het openen van een deur

-FIGUUR 3-



Lampositie A met lampen recht boven het wondgebied

-FIGUUR 4-



Lampositie B met één lamp boven de borst en één lamp schuin achter de chirurg

-FIGUUR 5-

concentratie in de sluis van 10.000 deeltjes/m<sup>3</sup>. De werkelijke concentratie was steeds veel hoger om een grotere nauwkeurigheid van de meetuitkomsten te bewerkstelligen.

Er waren drie toegangswegen (figuur 1):

- toegang vanuit de personensluis via de schuifdeur;
- toegang vanuit de goederensluis via de rechts openslaande deur in de richting van de operatietafel, in tabel 2 en 3 aangeduid met 'Deur R';
- idem via de links openslaande deur in de richting van de zijwand, in tabel 2 en 3 aangeduid met 'Deur L';

Er zijn drie lamposities onderzocht:

- lampositie A; beide lampen recht boven de tafel (figuur 4);
- lampositie B met één lamp boven de borst en één lamp schuin achter de chirurg (figuur 5);
- lampositie C met lampen schuin achter de chirurg (figuur 6).

De metingen zijn uitgevoerd bij twee waarden voor de inblaassnelheid vanuit het plafondplenum:

- $v = 0,20$  m/s;
- $v = 0,30$  m/s.

Er waren vijf interessante meetplaatsen in de OK te onderscheiden:

- op de operatietafel ter hoogte van borst, heup en benen;
- op de instrumententafel naast de tafel achter de chirurg. Deze positie is in de meetresultaten aangeduid met 'Naast';
- op de instrumententafel aan het voeteneinde achter de tafel. Deze positie is in de meetresultaten aangeduid met 'Achter'.

In figuur 3 is een voorbeeld gegeven van het gemeten concentratieverloop op drie plaatsen in de cleanroom na het openen van een draaideur die in de richting van de operatietafel wordt geopend. Het blijkt dat de deeltjes vooral op de instrumententafel naast de operatietafel terecht kwamen; de concentratie bereikt bijna dezelfde waarde als in de afgevoerde lucht. In het wondgebied kwamen ook deeltjes terecht, maar dankzij het downflow-systeem veel minder. Op de instrumententafel aan het voeteneinde, achter de operatietafel, werden praktisch geen deeltjes gemeten. De concentratie-afname verliep op de operatietafel en de instrumententafel sneller dan in de uit de cleanroom afgevoerde lucht. Na 10 minuten was de cleanroom weer praktisch vrij van zwevende deeltjes.

#### MEETRESULTATEN

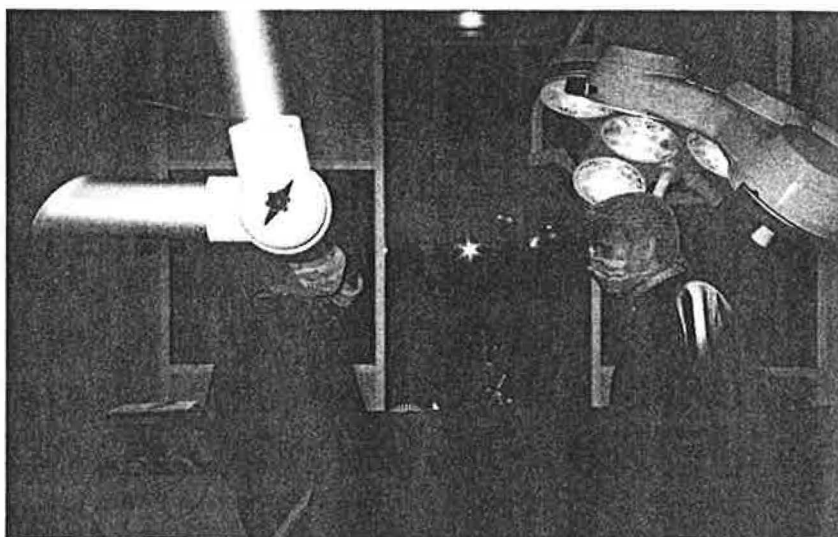
De meetresultaten zijn in de tabellen 2 en 3 samengevat.

#### DEUR LANGDURIG OPEN

Er zijn ook metingen verricht waarbij de automatische schuifdeur gedurende langere tijd (ongeveer 40 minuten) open werd gezet en de deeltjesgenerator in de sluis continu in bedrijf bleef, zonder dat er door de deuropening werd gelopen. In tabel 4 zijn de resultaten weergegeven voor een periode van 12 minuten waarin de situatie stationair was. De gegevens zijn zo bewerkt dat af te lezen is hoe groot de optredende concentratie van deeltjes is als de gemiddelde concentratie in de afgevoerde lucht uit de cleanroom 10.000 deeltjes/m<sup>3</sup> bedraagt.

## VERDELING VIA AFVOERROOSTERS

De luchtafvoer in de cleanroom vindt plaats via acht afvoerroosters die hoog en laag in de vier hoeken zijn geplaatst. Tijdens de proeven werd met deeltjes-tellers per rooster gemeten hoeveel deeltjes werden afgevoerd. Hiermee kon een beeld worden gevormd van het transport van binnenkomende deeltjes bij het openen van de deuren. In tabel 5 zijn de gemeten waarden samengevat voor de vier onderzochte situaties. In tabel 6 is de verdeling procentueel weergegeven. Voor de plaatsaanduiding van de roosters wordt de volgende code, gezien vanaf de sluis, toegepast:  
LVB = links-voor-boven ....  
RAO = rechts-achter-onder.



Lampositie C met lampen schuin achter de chirurg

-FIGUUR 6-

Borst Lampositie	A B C			Heup Lampositie	A B C			Benen Lampositie	A B C			Tafel naast lampositie			Tafel achter lampositie				
	A	B	C		A	B	C		A	B	C	A	B	C	A	B	C		
Schuifdeur	17	23	28	Schuifdeur	4	4	3	Schuifdeur	16	12	8	Schuifdeur	699	565	155	Schuifdeur	48	53	33
Deur R	11	33	55	Deur R	5	30	10	Deur R	32	15	25	Deur R	687	701	351	Deur R	53	112	83
Deur L	25	17	54	Deur L	10	4	7	Deur L	37	16	8	Deur L	1973	407	479	Deur L	238	26	38

Gemeten aantallen deeltjes in de cleanroom na het openen en sluiten van deuren bij een luchtsnelheid van 0,20 m/s, omgerekend naar een concentratie in de sluis van 10.000 deeltjes/m<sup>3</sup>

-TABEL 2-

Borst Lampositie	A B C			Heup Lampositie	A B C			Benen Lampositie	A B C			Tafel naast lampositie			Tafel achter lampositie				
	A	B	C		A	B	C		A	B	C	A	B	C	A	B	C		
Schuifdeur	0	0	2	Schuifdeur	0	1	1	Schuifdeur	0	4	1	Schuifdeur	592	1504	1051	Schuifdeur	1	25	16
Deur R	42	2	38	Deur R	15	0	1	Deur R	9	1	2	Deur R	265	761	1313	Deur R	5	28	20
Deur L	22	3	4	Deur L	10	3	3	Deur L	5	3	1	Deur L	203	1164	745	Deur L	1	16	3

Gemeten aantallen deeltjes in de cleanroom na het openen en sluiten van deuren bij een luchtsnelheid van 0,30 m/s, omgerekend naar een concentratie in de sluis van 10.000 deeltjes/m<sup>3</sup>

-TABEL 3-

Luchtsnelheid [m/s]	Borst	Heup	Benen	Tafel (Naast)	Tafel (Achter)
0,2	61	32	209	16455	551
0,3	1	1	1	14203	40

Gemeten deeltjesconcentratie bij een gedurende 12 minuten geopende sluisdeur, omgerekend tot een gemiddelde concentratie van 10.000 deeltjes/m<sup>3</sup> in de afgevoerde lucht.

-TABEL 4-

	LVB	LVO	RVB	RVO	LAB	LAO	RAB	RAO	totaal
deur rechts kort open	3191	1883	185	128	1408	1055	77	68	7996
deur links kort open	2321	2523	370	437	831	487	28	26	7022
schuifdeur kort open	260	201	1792	608	479	427	222	218	4208
schuifdeur lang open	2430	2836	29127	12898	4845	4220	2463	2786	61606

Gemeten aantallen deeltjes groter dan of gelijk aan 0,3 µm per afvoerrooster (meetijd 12 minuten)

-TABEL 5-

	LVB	LVO	RVB	RVO	LAB	LAO	RAB	RAO	totaal
deur rechts kort open	40	24	2	2	17	13	1	1	100
deur links kort open	34	34	7	7	11	7	1	1	100
schuifdeur kort open	7	6	35	16	13	11	6	6	100
schuifdeur lang open	4	5	47	21	8	7	4	5	100

#### Procentuele verdeling per afvoerrooster

-TABEL 6-

#### CONCLUSIES

Het onderzoek is uitgevoerd in de cleanroom van TNO Bouw, met een downflow-plafond van 1.2 x 2.4 m met vier verwarmde poppen als 'operatieteam' en een vijfde als patiënt op de operatietafel. Afzuiging vond gelijkmatig verdeeld plaats via acht hoog en laag geplaatste afvoerroosters in de hoeken. Ter weerszijden van het luchtplenum waren twee operatielampen geplaatst van het type Hanalux 2004. De lampen branden tijdens het onderzoek. Er werden metingen verricht bij verschillende lampposities. Uit de metingen, die in de periode van juli tot oktober 1997 zijn uitgevoerd, kwamen de volgende resultaten naar voren:

- Het blijkt dat de operatietafel in alle onderzochte situaties (lampstanden; inblaasluftsnelheden; schuif- of draaideur) door het laminaire downflow systeem goed afgeschermd blijft tegen zwevende deeltjes die bij het binnenkomen en weggaan in de OK doordringen. Wel is aangetoond dat een downflowsnelheid van  $v = 0,3$  m/s een betere bescherming biedt dan  $v = 0,2$  m/s. Men moet verder bedenken dat de gemeten aantallen deeltjes zijn omgerekend naar een concentratie in de sluis van 10.000 deeltjes per  $m^3$ , een zeer hoge waarde. Zeker als het slechts om bacterie-dragende deeltjes gaat die nooit in zulke hoge aantallen aanwezig zullen zijn. Bovendien zijn in de als sluis fungerende voorruimten van de OK geen hoge kiemgetallen in de lucht te verwachten.
- Vooral op de instrumententafel naast de operatietafel (achter de chirurg) komen deeltjes terecht (zie tabel 2 en 3). Deze positie van de instrumententafel is derhalve niet alleen gevoelig voor contaminatie door het chirurgenteam zelf, zoals uit ander onderzoek in de cleanroom reeds is gebleken [4], maar ook voor het

openen van deuren en langslappend personeel.

- De instrumententafel aan het voeteinde blijkt veel minder te worden gecontamineerd dan de instrumententafel die achter het chirurgenteam is geplaatst (zie tabel 2 en 3), vooral bij een downflowsnelheid van 0.3 m/s.
- Uit tabel 3 blijkt dat toepassing van een schuifdeur minder contaminatierisico boven de tafel geeft dan een draaideur, vooral als deze in de richting van de tafel wordt geopend.
- Uit tabel 3 blijkt dat de tafel achter de chirurg sterker wordt verontreinigd bij gebruik van de schuifdeur dan van de draaideur. Dit heeft te maken met de plaats van deze tafel aan de zijde waar de schuifdeur zich bevindt. De binnenkomende persoon loopt dan dicht langs deze tafel en bij binnenkomst via een draaideur niet.
- Uit tabel 3 blijkt verder dat bij de lampposities B en C de laagste concentraties op de tafel worden gemeten, echter met uitzondering van lamppositie C met naar rechts draaiende deur. De instrumententafel achter de operatietafel blijft schoner bij lamppositie A.
- Uit tabel 4 blijkt dat er bij aanwezigheid van deeltjes in de OK door het open blijven staan van de schuifdeur een sterke contaminatie van vooral de instrumententafel naast de operatietafel (achter de poppen) en in mindere mate achter de operatietafel plaatsvindt. Een inblaassnelheid van  $v=0,3$  m/s geeft duidelijk een betere bescherming op de tafel dan  $v=0,2$  m/s.
- Bij het tweemaal kortstondig openen van de schuifdeur komen aanzienlijk minder deeltjes in de cleanroom dan bij het openen van de draaideuren (zie totaal in tabel 5)
- Bij het langdurig openen van de schuifdeur komen uiteraard veel meer deeltjes in de ruimte.
- Bij het openen van de openslaande deuren worden de meeste deeltjes

direct via de beide roosters linksvoor afgevoerd; bij het openen van de schuifdeur via de roosters rechtsvoor.

- Het kleinste aantal deeltjes wordt gemeten in de hoek die diagonaal tegenover de geopende draaideur is gepositioneerd (rechtsachter). Bij het openen van de schuifdeur dringen de deeltjes verder naar achteren door.
- De procentuele verdelingen bij kortstondig of langdurig geopende schuifdeur ontlopen elkaar niet veel.

De conclusies gelden alleen voor de gekozen configuratie met een inblaasplenum van 2.4 x 1.2 m met laminaire downflow. Bij inblaasplenum met andere afmetingen kunnen de conclusies niet zonder meer worden aangehouden. Aanvullend onderzoek bij grotere plenums en bij mengende of half-mengende luchttoevoersystemen is gewenst. <sup>7700073</sup>

#### LITERATUUR

1. Ham, Ph.J.; *Observaties tijdens operaties in een viertal ziekenhuizen in Nederland*; vertrouwelijk rapport 96-BBI-R1506; TNO-Bouw, 27 november 1996
2. Bouwman, H.B.†, *Mogen deuren in een ziekenhuis open blijven staan?*, TNO/TVVL-dag, Delft, oktober 1972, IG-TNO, afd. Binnenklimaat
3. Bouwman, H.B.†, *Luchtstromingen door een open deur*, TNO/TVVL-dag, Delft, oktober 1972, IG-TNO, afd. Binnenklimaat
4. Ham, Ph.J.; *Onderzoek naar het contaminatierisico in operatiekamers m.b.v. tracergastechnieken*; rapport 99 BBI R015; TNO-Bouw; maart 1999

## Samenvatting

Er wordt onder andere ingegaan op de luchtuitwisseling door een open deur onder invloed van temperatuurverschillen en de invloed van het overstrom-principe hierop. Rekenmodellen en stromingsmodellen met water liggen hieraan ten grondslag. Tevens wordt een reeds met succes toegepast systeem behandeld, waarbij de luchtuitwisseling via een open deur tot een minimum kan worden beperkt.

### Deeltjes in OK na openen deuren

*-ing. Ph.J. Ham  
Pagina 26*

Vooraf in de operatiekamer bestaat veel onbegrip over het contaminatierisico bij het openen van deuren tijdens een operatie. Dit aspect wordt nader belicht met de resultaten van recent uitgevoerd onderzoek in de als operatiekamer ingerichte cleanroom van TNO Bouw. Daarbij werd de uitwisseling van deeltjes bepaald bij het komen en gaan van een proefpersoon via schuif- en draaideuren. Met diverse deeltjestellers is bepaald waar de deeltjes, afkomstig uit de aangrenzende sluis, in de OK terechtkwamen. De cleanroom was voor het onderzoek uitgevoerd met een laminair downflowplafond van 1.2 x 2.4 m met vier verwarmde poppen als 'operatieteam' en een vijfde als patiënt op de operatietafel. Afzuiging vond plaats via acht hoog en laag geplaatste afvoerroosters in de hoeken. Ter weerszijden van het luchtplenum waren twee operatielampen geplaatst van het type Hanaulux 2004. De lampen waren tijdens het onderzoek bekrachtigd. Er werden metingen verricht bij verschillende posities van de lampen.

Het blijkt dat het downflowsysteem bij een inblaasluchtsnelheid van 0,3 m/s een goede bescherming biedt van het wondgebied. Een naast de operatietafel, achter het operatieteam geplaatste instrumententafel wordt sterk gecontamineerd. Een instrumententafel die aan het voeteneind van de operatietafel wordt geplaatst blijft echter goed beschermd tegen de binnenkomende deeltjes.

## Summary

Among others the air exchange through an open door is considered under influence of temperature differences between the two rooms and the influence of an overflow through the door. Calculation models and flow visualisation in water models are the basis for the theory. Besides a new successfully system is explained by which the exchange of air through an open door can be reduced to a minimum.

Especially in the operating room there is much misunderstanding about the contamination risks when opening doors during surgery. This aspect is nearer illustrated with the results of an investigation recently carried out in the cleanroom of TNO Building Research at Delft NL. For this purpose the room was specially equipped as an operating room. The exchange of particles was defined when a person with usual circulation clothing is coming and going through sliding- or right or left turning revolving doors. By means of 15 laser particle counters it was established where the particles coming from a adjacent air lock turn up. The cleanroom was fit up for this purpose with a laminar downflow system with two operating lamps. Four electrical heated mannequins were placed around the table, representing the operating team; a fifth electrical heated mannequin was lying on the table as a patient. The exhaust of air took place by means of 8 high and low positioned air grids in the edges of the room. The powered operating lamps were placed in different positions to define their influence.

It appears that the downflow system with an air supply speed of 0,3 m/s gives a very good protection of the wound area. A table of instruments placed besides the table and behind the operating team is strongly contaminated. A table of instruments placed at the foot of the table is good protected against incoming particles.