

# Relatie tussen deeltjes en bacteriën in de OK

*Kruisinfectie in een operatiekamer kan ontstaan door:*

- endogene besmetting met bacteriën, afkomstig van de patiënt zelf, vanaf de huid, via luchtwegen of via het bloed;
- contactbesmetting door niet steriele instrumenten en hulpmiddelen zoals handschoenen, hoofddekse, operatiekleding en mondkap;
- aërogene besmetting met bacteriën uit de omgevingslucht b.v. door druppelvorming bij hoesten of spreken of door aanwezigheid van stofdeeltjes en huidschilfers waarop zich kiemen bevinden.

*Contactbesmetting is de hoofdoorzaak van kruisinfectie. Men moet daarbij echter bedenken dat deze wijze van besmetting ook zijn oorzaak kan vinden door sedimentatie van de in de lucht aanwezige kiemdragende deeltjes. Het effect van aërogene besmetting d.m.v. huidschilfers is daardoor wellicht groter dan algemeen wordt gedacht.*

*Ongefilterde lucht bevat vele zwevende stofdeeltjes waarvan een gedeelte kiemdragend is. Is de lucht in beweging dan volgen deze zwevende deeltjes deze beweging vrijwel precies. Er kan dan ook worden gesteld dat luchttransport altijd gepaard gaat met transport van kiemen. Ter voorkoming van kruisinfectie moet er daarom in operatiekamers voor worden gezorgd dat er zo min mogelijk transport van kiemen via de lucht plaatsvindt.*

*De beheersing van de luchtbewegingen vormt daarom een essentieel onderdeel van het hygiënisch beleid. Op de operatiekamer is luchtbeheersing o.a. gericht op het weren dan wel elimineren van verontreinigde lucht uit het operatiegebied. Op de operatieafdeling als geheel is de luchtbeheersing gericht op het voorkómen van luchtverplaatsingen van vuile naar schonere ruimten.*

**-door Ph.J. Ham\* en J. Kastelein\*\***

De gevolgen van ziekenhuisinfecties zijn driedig: langere verpleegduur en meer antibiotica, beide leidend tot hogere kosten,

morbiditeit en mortaliteit. Operatiekamers (OK's) en vooral het gebruik ervan lijken voor verbetering vatbaar en de gevolgen hiervan, in termen van



Ph.J. Ham

kosten, morbiditeit en mortaliteit, zijn de voornaamste drijfveren voor een onderzoek naar de relatie tussen deeltjes en bacteriën.

Binnen de gezondheidszorg is er geen of onvoldoende aandacht voor transport van deeltjes geweest. Te vaak en te lang is het argument aangehaald dat deeltjes zelf geen bedreiging vormen. Men redeneerde dat de op basis van onderscheiden parallelle metingen ten aanzien van deeltjes en bacteriën, gevonden grote verschillen, er geen directe relatie tussen deze beide parameters bestaat. Deeltjes zijn geen garantie, maar wel een noodzakelijke voorwaarde voor het transport van bacteriën door lucht. Door te kijken naar het gedrag van deeltjes in lucht leert men hoe eventuele bacteriën gevaar kunnen opleveren voor de patiënt. Inzicht in de relatie deeltjes-bacteriën dient hierbij niet gerelateerd te zijn aan de kenmerken van de ruimte waarin een en ander plaatsvindt maar aan de activiteiten in die ruimte. Op deze wijze verkrijgt men inzicht in de activiteiten waarbij deeltjes worden genererend en van welke daarvan tevens een bacteriedreigende werking uitgaat. Niet de

\* TNO-Bouw  
\* TNO-Voeding

deeltjes zelf, maar het feit dat men ze real-time kan meten en zij benodigd zijn voor het te onderzoeken bacterie-transport maakt de studie van deeltjes, generatie, aard, transport en potentiële bacteriedragende eigenschappen tot het onderwerp van dit onderzoek.

In opdracht van de Stichting Integrale Contamination Control (SICC) is daarom, in een samenwerking tussen TNO-Bouw, afdeling Binnenmilieu, Bouwfysica en Installaties en TNO Voeding, Afdeling Microbiologie, onderzoek gedaan naar de concentraties van bacteriën en deeltjes in de voor dit doel als operatiekamer ingerichte multifunctionele cleanroom van TNO Bouw. Dit meer fundamentele onderzoek is noodzakelijk om zowel ten aanzien van infrastructuur als feitelijk gebruik de effectiviteit van de te onderzoeken maatregelen in kaart te kunnen brengen. Als er een duidelijke relatie kan worden aangetoond tussen de aantallen deeltjes en bacteriën is het wellicht mogelijk door middel van deeltjestelling te alarmeren voor een mogelijk infectierisico in het wondgebied of op de instrumententafels.

#### DEELTJESAFGIFTE DOOR DE MENS

In de OK is de mens de verontreinigende bron waarbij bacteriën worden verspreid met huidschilfers en aërosolen als transportmedia.

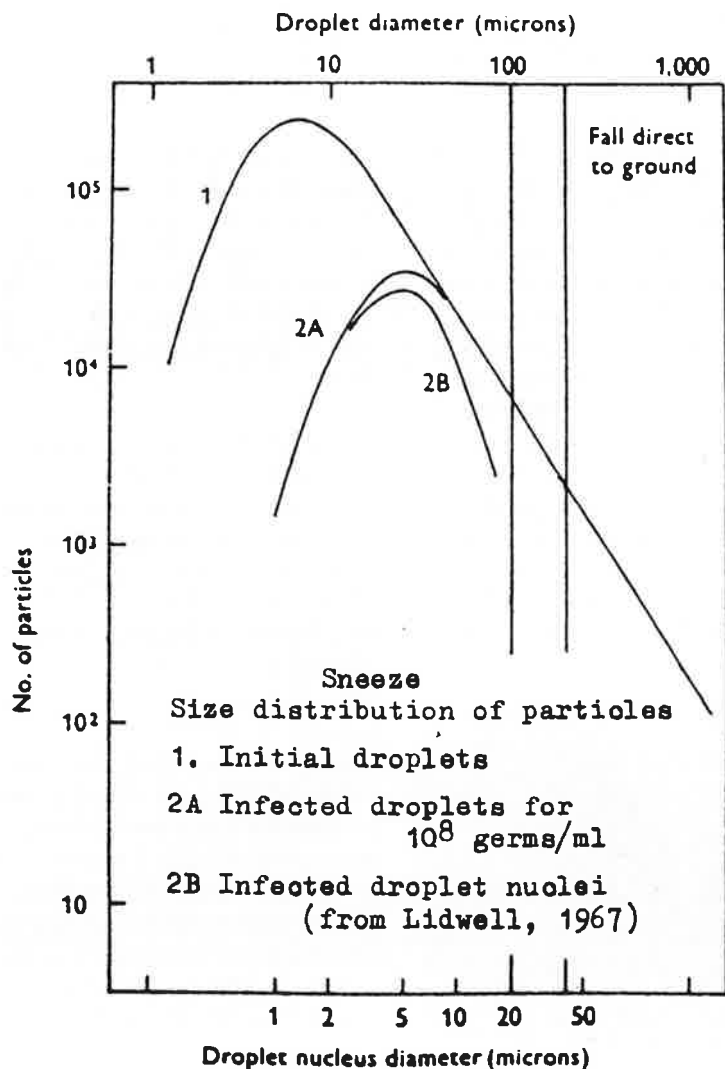
##### Huidschilfers

Het huidoppervlak van de mens wordt binnen 1 à 2 dagen totaal vernieuwd waarbij ongeveer 14 g per dag aan deeltjes aan de lucht wordt afgegeven [1]. Dit is ongeveer 5 kg per jaar; d.w.z. dat een volwassen persoon zijn eigen gewicht in ongeveer 15 jaar aan deeltjes heeft verloren. Dit komt neer op 1000 tot 200.000 deeltjes per seconde, afhankelijk van de activiteiten. Bij een gemiddeld activiteitenpatroon zal het operatieteam enige miljoenen deeltjes per minuut genereren. De zwaardere deeltjes die in aantal het kleinst maar in massa het grootst zijn, vallen op de grond; de kleinere deeltjes ( $\leq$  ongeveer 10  $\mu$ m) zweven in de lucht, voor zover ze niet door de operatiekleding worden tegengehouden. Slechts een klein deel hiervan is naar verwachting bacteriedragend. Het betreft dan vooral de commensalen van de menselijke huid: *Staphylococcus epidermidis*; bij dragers

van *Staphylococcus aureus* kan een kleine fractie van de schilfers ook deze bacteriën bevatten. Soms kunnen ook andere bacteriën langs deze weg worden verspreid. Door het dragen van operatiekleding kan de deeltjesafgifte aan de lucht sterk worden verminderd. Uit onderzoek met 10 mannelijke en 10 vrouwelijke proefpersonen in operatiepakken is vastgesteld dat de afgifte van kiemdragende deeltjes aan de lucht door mannen hoger is dan door vrouwen, respectievelijk ongeveer 800 en 200 kve/minuut [2]. De afgifte neemt af naarmate de kleding gedurende langere tijd wordt gedragen. Door het onderlichaam worden aanzienlijk meer deeltjes afgegeven dan door het bovenlichaam (80% in het peri-anale gebied). Of de deeltjesafgifte aan de omgeving bij geklede personen ook in deze verhouding plaatsvindt is niet bekend.

##### Niezen

Bij het niezen wordt een groot aantal ( $\pm 10^6$ ) druppeltjes (aërosolen) met lichtsnelheden tot 160 km/u verspreid, bij hoesten is het aantal ongeveer 20 x lager, bij spreken zijn de aantallen nog vele malen lager [1]. De aërosolen bestaan uit speeksel en neusslijm. Zij verdampen snel tot geconcentreerde zoutoplossingen met een relatief hoog eiwitgehalte of tot druppelkernen die hoofdzakelijk uit zoutkristallen met eiwit bestaan. Als een aërosol een bacterie bevat, vormt dit slechts 1/10 tot 1/100 van de massa van de druppelkern. Juist als bij onze moderne industrie is de verpakking dus veel volumineuzer dan de inhoud. Er is daardoor ook weinig verschil in de partikelgrootte van deeltjes die een bacterie of van deeltjes die een virus bevatten. In de praktijk moet men dus bij de dis-

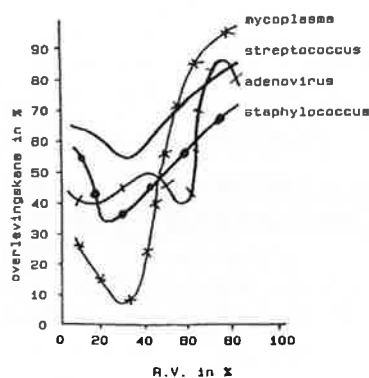


Druppelverdeling in een nies

-FIGUUR 1-

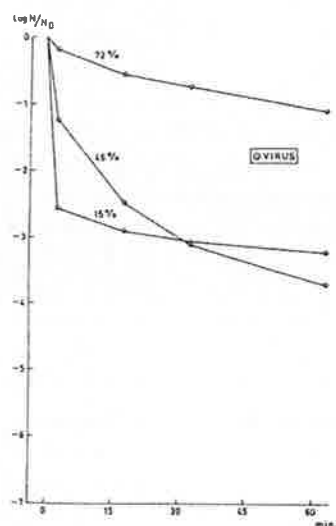
cussie over filterprestaties nooit de grootte van het virusdeeltje maar steeds die van het in zout en slijm verpakte virusdeeltje in rekening brengen.

Figuur 1 laat de grootteverdeling bij een nies zien. Een deel van de aerosoles is zo groot dat deze snel op de grond vallen en geen risico meer vormen voor aërogene besmetting. Ook al is het aantal van de vallende druppeltjes relatief klein, zij bevatten de grootste massa van het vernieste volume en daarom ook de meeste bacteriën. De meeste aerosoles bevatten geen bacteriën; de fractie die wel bacteriën bevat is daardoor veel kleiner (zie curve 2A). De figuur laat zien dat de gemiddelde diameter van druppels en druppelkernen bij ongeveer 10  $\mu\text{m}$  ligt. In het hier getoonde model is uitgegaan van  $10^8$  bacteriën per ml spreek-



**Afsterving van poliomyelitisvirus in lucht bij drie waarden voor de relatieve vochtigheid (72, 45 en 15%)**

-FIGUUR 2-



**Overlevingskans van enkele micro-organismen, in relatie tot de relatieve vochtigheid**

-FIGUUR 3-

sel. Bij werkelijke metingen vindt men in een nies zelden meer dan 25.000 bacteriën en bij een hoest zelden meer dan 1000. Circa 50% hiervan valt op de grond en telt voor de luchtinfectie niet mee. Het grootste deel van de genoemde bacteriën bestaat uit commensale bacteriën uit neus- en keelholte die wij allen bij ons dragen. Slechts bij ziekte worden ook ziekteverwekkers verspreid. Bij bacteriële infecties zijn de aantallen dan aanzienlijk lager dan die van de bovengenoemde commensalen.

#### *Invloed van de relatieve vochtigheid (RV)*

Toenemende RV bevordert ophoping van stofdeeltjes, waardoor het opwaaien van stof wordt verminderd. Laboratoriumonderzoek heeft uitgewezen dat virussen en bacteriën bij een hoge RV een grotere overlevingskans hebben. Voor stafylokokken die het beste in lucht overleven, moet men toch altijd nog met een afsterving van een factor 2 per uur rekenen bij een relatieve vochtigheid (RV) van 60% [1]. Voor poliomyelitisvirus is deze afsterving veel sterker, zoals in figuur 2 is te zien. Hier moet men minstens met een factor 10 per uur rekenen, behalve bij hoge RV. De kleinste overlevingskans voor veel virussen en bacteriën ligt gemiddeld tussen 30 en 40% RV (zie figuur 3) [3]. Om de relatie tussen deeltjes en bacteriën te bepalen is gelijktijdige meting van zowel deeltjes als bacteriën op meerdere plaatsen in de cleanroom noodzakelijk.

#### **BACTERIEMETING**

De voorkomende micro-organismen in een ruimte zijn te onderscheiden in:

- gisten;
- schimmels;
- bacteriën;
- virussen.

Het bepalen van de aanwezigheid van gisten, schimmels en virussen is minder relevant dan de bepaling van bacterieconcentraties. Bij onderzoek naar besmettingsrisico in de OK richten wij ons daarom voornamelijk op bacteriën die in staat zijn zich te vermenigvuldigen; dit wordt uitgedrukt in 'het aantal kolonie-vormende eenheden' (kve). De microbiologische luchtkwaliteit wordt uitgedrukt in kve/ $\text{m}^3$ . Ter bepaling van het aantal kve in een niet schone ruimte worden van een luchtmonster de stofdeeltjes afgevangen in een voedings-

bodem en bij lichaamstemperatuur op kweek gezet. Door telling van de tot vermenigvuldiging gekomen bacteriën wordt het aantal kve gerelateerd aan het bemonsterde luchtvolume om het aantal kve/ $\text{m}^3$  te bepalen. Afhankelijk van de bemonsteringstechniek wordt slechts een deel van de deeltjes effectief afgevangen. Dit wordt uitgedrukt in de 'efficiëntie' van de meetmethode. Wanneer de efficiëntie laag is wil dat nog niet zeggen dat de meetmethode slecht is; de uitkomst kan hiervoor worden gecorrigeerd wanneer het efficiëntiegetal altijd constant blijft. Wel moet bij een lage efficiëntie meer lucht worden bemonsterd om tot dezelfde meetnauwkeurigheid te komen.

Bij de metingen doet zich het probleem voor dat er altijd slechts een gering luchtvolume bemonsterd kan worden hetgeen de meetnauwkeurigheid nadelig beïnvloedt. Enerzijds mag de luchtsnelheid langs een voedingsbodem niet te hoog zijn en anderzijds mag de tijdsduur niet te lang zijn i.v.m. mogelijk uitdroging van de voedingsbodem en afsterven van de gevangen bacteriën. Juist bij lage bacterieconcentraties is het daarom moeilijk om een hoge nauwkeurigheid te behalen. Immers, wanneer niet meer dan  $1/3 \text{ m}^3$  lucht wordt bemonsterd en de kiemconcentratie bedraagt  $< 10 \text{ kve}/\text{m}^3$  dan kan het aantal kve slechts met een nauwkeurigheid van 3 worden bepaald.

Er bestaan meerdere meettechnieken voor het bepalen van het aantal kve in de lucht. In overleg met TNO-Voeding die het bacteriologisch onderzoek heeft uitgevoerd, is gekozen voor de Anderson Microbiële Sampler (AMS) omdat hiermee de grootste betrouwbaarheid in ruimten met lage kiemconcentraties valt te verwachten [6]; [8]. Hierbij wordt de aangezogen lucht met een luchtdebiet van 28,3 l per minuut over petriplaatjes met voedingsbodem geleid. Bij een bemonsteringstijd van 15 minuten wordt een luchtvolume van  $0,44 \text{ m}^3$  bemonsterd. In samenwerking met de leverancier werd een 3-traps Anderson in rvs-uitvoering ontwikkeld waarbij de gevangen deeltjes in drie trappen op grootte worden verdeeld:  $0,6 / 3 / > 7 \mu\text{m}$ . Zodoende is het mogelijk het aantal gevonden kve te koppelen aan de deeltjesgrootte. De waarden zijn gekozen om een zo goed mogelijke overeenkomst te hebben met de toegepaste deeltjestellers die als meetbereiken  $\geq 0,3$  en  $\geq 3 \mu\text{m}$  hebben.



**Omloopkleding met kleine muts en schoenhoezen**

-FIGUUR 4

De waarde  $>7 \mu\text{m}$  is toegevoegd om met dezelfde AMS ook gisten en schimmels te kunnen detecteren. Er waren tijdens het onderzoek 6 stuks AMS beschikbaar.

#### **Vrije bacteriën**

Voor onderzoek naar verspreiding van bacteriën is het mogelijk deze kunstmatig in de ruimte op te wekken [5]. Men gaat daarbij uit van een vrijwel stofvrije ruimte, zoals in de cleanroom van TNO-Bouw. De bacteriesoorten 'Stafylokokken Aureus' of 'Bacillus Subtilis sporen' worden m.b.v. een schone vloeistof verstoven in de ruimte. Wanneer de aerosoles zijn verdampt



**Operatiekleding met handschoenen, operatiemuts en schoenhoezen**

-FIGUUR 5-

zweven de bacteriën (zonder deeltjes als drager) vrij door de ruimte. Wanneer vervolgens deeltjestelling wordt toegepast en de ruimte verder schoon is zullen de getelde deeltjes uitsluitend uit bacteriën bestaan. Zodoende kan bacterietransport zonder kweekmethoden worden toegepast. Deze methode is in een vooronderzoek [4] toegepast om de vangstefficiëntie van de AMS te bepalen; deze bleek 70% te bedragen. De gemeten aantallen kve zijn hiervoor gecorrigeerd.

#### **Sedimentatiemethode**

Om te bepalen in hoeverre bacteriedragende deeltjes in staat zijn op een

horizontaal oppervlak neer te slaan, wordt gebruik gemaakt van de sedimentatiemethode waarbij een petrischaaltje met een voedingsbodem (agar) op het vlak (b.v. het wondgebied op de operatietafel) geplaatst.

Men onderscheidt drie soorten agar:

- TSA (Trypton Soya Agar), voedingsbodem voor alle bacteriën;
- MSA (Manitol Salt Agar), voedingsbodem voor alleen huidbacteriën;
- DG18 (Dichloran-18%-Glycerol-Agar), voedingsbodem voor gisten en schimmels.

De gevonden bacterieconcentraties worden uitgedrukt in kve/(m<sup>2</sup>.h).

Beschouwt men een wondgebied van b.v. 1 dm<sup>2</sup> dan dienen de gevonden waarden door 100 te worden gedeeld.

#### **DEELTJESMETING**

Ter bepaling van de deeltjesconcentraties in de cleanroom werd gebruik gemaakt van 15 stuks Laser Particle Counter (LPC) van het merk Met-One, type R4803 met een meetbereik van  $\geq 0,3 \mu\text{m}$  en  $\geq 3 \mu\text{m}$ . Deze waarden zijn met de volgende overwegingen gekozen:

- uit de literatuur blijkt dat bacteriën slechts te verwachten zijn op deeltjes  $\geq 3 \mu\text{m}$ .
- de waarde van  $\geq 0,3 \mu\text{m}$  is gericht op onderzoeken waarbij transport van alle deeltjes  $\geq 0,3 \mu\text{m}$  van belang wordt geacht. Omdat er altijd veel meer kleine deeltjes dan grotere aanwezig zijn en deze beide nagenoeg dezelfde beweging volgen, kan het



**Complete re-usable cleanroompakken**

-FIGUUR 6-



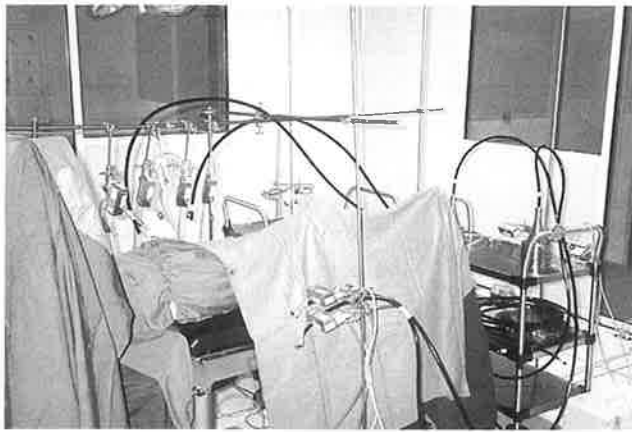
**Re-usable cleanroompak met operatiemuts**

-FIGUUR 7-



**Disposable cleanroompak**

-FIGUUR 8-



Meetopstelling op 27 juni 1997, rechter zijde van de patiënt  
-FIGUUR 9-



Meetopstelling op 27 juni 1997, linker zijde van de patiënt  
-FIGUUR 10-

bacterietransport wellicht beter worden gevolgd door de beweging van de kleine deeltjes na te gaan.

De meetresultaten werden automatisch verwerkt m.b.v. een meegeleverd meetprogramma waarmee de deeltjestellers per minuut konden worden uitgelezen. De meetgegevens konden vervolgens in een spreadsheetprogramma worden

verwerkt.

Daarnaast werd nog gebruik gemaakt van een losse LPC, eveneens van het merk Met-One (type 237) waarmee de deeltjesgrootteverdeling in 6 klassen kon worden bepaald.

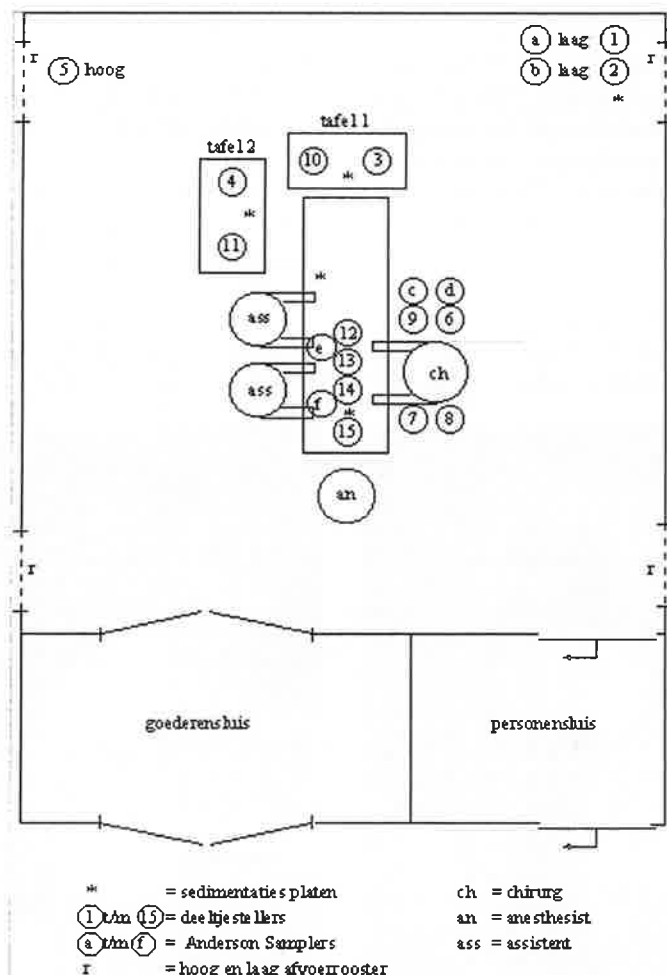
Het aangezogen luchtdebiet was bij alle LPC's ingesteld op ongeveer 2,83 l/minuut. Tijdens het onderzoek werd

dit debiet regelmatig gecontroleerd en de meetuitkomsten werden voor eventuele afwijkingen (binnen de opgegeven marges) gecorrigeerd.

### TOEGEPASTE KLEDINGSOORTEN

Uit hygiënisch oogpunt wordt in de operatiekamer speciale kleding gedragen waarmee de afgifte van deeltjes en bacteriën wordt beperkt. De toegang van het personeel naar het operatiecomplex vindt plaats via een omkleedsluis waar de bovenkleding wordt vervangen door een schoon tweedelig pak met muts en mondmasker, ook wel 'omloopkleding' genoemd. Daarnaast wordt speciaal schoeisel (klompen) gedragen dat bij een goede discipline na éénmalig gebruik wordt gereinigd. Bezoekers die niet tot het vast personeel behoren dragen veelal plastic hoesjes over hun eigen schoeisel. In dit tenue mogen alle ruimten binnen het operatiecomplex worden betreden (figuur 4). Tijdens het onderzoek werd door alle proefpersonen eigen schoeisel met plastic hoesjes gedragen (behalve bij de cleanroompakken).

In de OK's zijn tijdens een operatie twee zones te onderscheiden: het operatiegebied en de omloopruimte of periferie. Het operatieteam dat meestal uit 3 of 4 personen bestaat, draagt over de omloopkleding een steriel operatiepak alsmede steriele handschoenen (figuur 5). Omdat het overige personeel, zonder steriele kleding niet binnen het operatiegebied maar er slechts omheen (in de periferie) mag verblijven spreekt men over omloopkleding. Ook de anesthesist draagt meestal slechts omloopkleding. Het is bekend dat de deeltjesafgifte van gewassen kleding anders kan zijn dan van nieuwe kleding. Dit aspect is meegenomen in het on-



Overzichtssituatie op 9 en 16 juli

-FIGUUR 11-

derzoek. Van zowel de omloopkleding als de operatiepakken waren zowel nieuwe als gewassen exemplaren beschikbaar; de laatste waren ongeveer 75 maal gewassen (het maximaal aantal toelaatbare wasbeurten).

Er wordt nog onderscheid gemaakt tussen twee, in het onderzoek betrokken mutsen. Bij de omloopkleding worden veelal kleine mutsen en door het operatieteam meer gesloten (operatie)mutsen gedragen. Bij de cleanroompakken worden uiteraard de daarbij behorende mutsen gedragen.

Omdat het onderzoek mede gericht is op mogelijke verbeteringen in de huidige kledingdiscipline zijn ook metingen verricht waarbij de proefpersonen cleanroomkleding droegen omdat deze naar verwachting een nog betere bescherming tegen deeltjesafgifte biedt als de gebruikelijke operatiekleding. De volgende cleanroomkledingwijzen zijn in het onderzoek betrokken:

- volledige re-usable cleanroompakken (figuur 6), waarbij nog slechts een gedeelte van het gelaat ontbloot blijft. In de praktijk wordt daar overheen ook nog een gelaatsmasker gedragen;
- dezelfde cleanroompakken, echter met conventionele operatiemuts (figuur 7);
- disposable cleanroompak (figuur 8).



Het chirurgisch team

-FIGUUR 12-

metingnr.	start	stop	inblaaslucht	
			temp. °C	RV%
1	10:20	10:35	17	65
2	11:00	11:15	17	65
3	11:55	12:10	19	63
4	12:15	12:30	19	63
5	13:38	13:53	21	56
6	13:57	14:12	21	56
7	14:55	15:10	23	52
8	15:15	15:30	23	52

Metingen op 27 juni ter bepaling van de invloed van de klimaatcondities op de deeltjesafgifte

-TABEL 1-

metingnr	temp (°C)	afvoerlucht gemiddeld	afvoer bij AMS	wondgebied	naast chirurg	tafel 1 voeteneind	tafel 2 naast ok-tafel
2	17	9639	10507	146	163	11635	6990
4	19	10677	12373	381	689	12798	10817
6	21	9396	10320	114	177	11667	8134
8	23	9719	11680	104	442	8755	4412

Aantallen deeltjes  $\geq 3 \mu\text{m}$  op 27 juni 1997

-TABEL 2-

metingnr	temp (°C)	afvoerlucht gemiddeld	afvoer bij AMS	afvoer bij wondgebied	naast chirurg	tafel 1 voeteneind	tafel 2 naast ok-tafel
2	17	368199	422205	856	1901	143142	110819
4	19	273141	336194	1412	2385	110825	90369
6	21	294995	351173	644	2306	140811	90631
8	23	395820	408004	1356	8321	189147	141811

Aantallen deeltjes  $\geq 0.3 \mu\text{m}$  op 27 juni 1997

-TABEL 3-

metingnr.	TSA voedingsbodem			DG18 voedingsbodem		
	afvoer	wondgebied	voeteneind	afvoer	wondgebied	voeteneind
2	68	0	2	0	0	1 gist
4	99	0	12	1 schimmel	0	0
6	54	0	2	0	0	0
8	57	<3	19	0	0	0

AMS totaal aërobic koloniegetal (kve/m<sup>3</sup>) op 27 juni 1997

-TABEL 4-

meting-nr.	Afvoer-rooster	voeteneind deeltjes/kve
2	155	5818
4	125	1067
6	191	5834
8	205	461
Gemiddeld:	169	3295

Relatie (3µm-deeltjes)/kve (TSA) op 27 juni 1997

-TABEL 5-

meting-nr.	Afvoer-rooster	Wondgebied
1+2	3672	184
3+4	5048	631
5+6	2672	594
7+8	4036	1442

Resultaten TSA sedimentatie platen, kve/(m<sup>2</sup>.h) op 27 juni 1997

-TABEL 6-

#### UITVOERING VAN DE METINGEN

Het onderzoek vond plaats op een vier-tal data: 27 juni, 9 juli, 16 juli en 14 november 1997. De cleanroom was hierbij ingericht als operatiekamer met een operatietafel en een tweetal instrumententafels (figuur 9). De inblaas-luchtsnelheid bedroeg 0,30 m/s. Op de operatietafel fungeerde een etalage-pop als patiënt; de operatielampen waren weggedraaid. Boven het wond-gebied werden vier deeltjestellers aan-gebracht alsmede twee aanzuigslangen voor 2 stuks AMS. Op en naast de pa-tiënt werden ook nog petrishaaltjes (TSA en MSA) geplaatst voor het be-palen van het aantal gesedimenteerde bacteriën (figuur 10). In figuur 11 is

een overzicht gegeven van de situatie met meetpunten voor deeltjestelling, AMS en sedimentatie. Hierin is de plaats van een derde instrumententafel aangegeven; deze was echter alleen op de meetdata 9 en 16 juli 1997 aanwezig. Er werd op elke meetdag een team ge-formeerd van 10 personen (4 vrouwen en 6 mannen). Vier personen fungeer-den als chirurgisch team (figuur 12). De overigen liepen gedurende de metingen langzaam in verschillende richtingen in het omloopgebied. Het was niet mo-gelijk op alle dagen dezelfde personen in het team op te nemen; vier personen (het meetteam van TNO) maakte wel steeds deel uit van het team (alleen als omlooppersoneel).

Een te onderzoeken situatie werd twee maal gedurende 15 minuten aange-houden met de bedoeling de reprodu-ceerbaarheid van de uitkomsten te evalueren (dubbelmeting). De AMS'n werden tussendoor van nieuwe voe-dingsbodems voorzien; de sedimenta-tieplaten niet, zodat hiervan slechts het totaal over beide metingen kon worden bepaald. De deeltjestellers werden continu elke minuut uitgelezen, zodat deze voor elke periode kun-nen worden gesommeerd en/of gemid-deld. De personen bleven tussen de dubbelmetingen ononderbroken door-gaan met dezelfde activiteiten. Ach-teraf bleek er nog geen stabiele situatie te bestaan wanneer de eerste van een dubbelmeting werd uitgevoerd. Bij de metingen op 14 november 1997 werd daarom een acclimatiseringstijd van 10 minuten vóór elke meting ingelast waarbij de handelingen van het team reeds werden uitgevoerd. Alleen voor deze datum worden de resultaten van beide metingen getoond. De resultaten van de sedimentatiemetingen gelden echter steeds voor de gehele periode van beide metingen.

#### TEMPERATUURINVLOED

Op 27 juni 1997 werd een meting uit-gevoerd waarbij de nadruk lag op het bepalen van de invloed van de inblaas-temperatuur op de deeltjesafgifte van personen. Dit aspect werd gekozen naar aanleiding van de resultaten van een vooronderzoek waarbij dit mogelijk een rol speelde. De metingen werden bij vier niveaus van de inblaas-tempera-tuur uitgevoerd: 17, 19, 21 en 23 °C. Na de dubbelmetingen werd steeds een pauze ingelast die nodig was om een nieuwe inblaas-temperatuur in te stellen. In die tijd verbleven er geen personen in de cleanroom.

In tabel 1 is een overzicht gegeven van de uitgevoerde metingen. Bij oplopen-de temperatuur bleek de RV af te ne-men. In tabel 2 en tabel 3 zijn de ge-vonden aantallen deeltjes  $\geq 3 \mu\text{m}$  en  $\geq 0,3 \mu\text{m}$  weergegeven die bij de ver-schillende proeven werden gevonden. In tabel 4 zijn de met de AMS bepaal-de kiemconcentraties op de verschil-lende meetpunten vermeld. Door het quotiënt te bepalen van het aantal ge-vonden deeltjes  $\geq 3 \mu\text{m}$  en het aantal kve/m<sup>3</sup> lucht ter plaatse van de AMS bij het afvoerrooster (meetpunt 2 in figuur 11) vindt men een relatie tussen het aantal deeltjes/bacteriën; de gevon-den waarden zijn in tabel 5 vermeld en in tabel 6 zijn tenslotte de resultaten van de sedimentatiemethode weer-gegeven.

De meetresultaten van de eerste van de dubbelmetingen zijn niet weergegeven omdat tijdens deze eerste metingen de deeltjesconcentratie nog niet stabiel bleek te zijn. De resultaten van de tweede metingen dienen daarom steeds als meest representatief te worden be-schouwd. De voorgenomen controle op reproduceerbaarheid bleek daardoor niet goed mogelijk.



nr.	datum	start	Stop	omloop-kleding		operatie-kleding		clean-roompak		mond-masker	hand-schoenen	muts		
				nw	oud	nw	oud	re-use	disp			klein	operatie	vast
9	9/7	9:27	9:42	x								x		
10	9/7	9:50	10:05	x								x		
11	9/7	10:15	10:30	x						x		x		
12	9/7	10:34	10:49	x						x		x		
13	9/7	11:41	11:56		x					x		x		
14	9/7	12:00	12:15		x					x		x		
15	9/7	13:25	13:40		x	x				x			x	
16	9/7	13:45	14:00		x	x				x			x	
17	9/7	14:53	15:08		x		x			x			x	
18	9/7	15:12	15:27		x		x			x			x	
20	16/7	14:23	14:38					x		x	x		x	
21	16/7	14:42	14:57					x		x	x		x	
22	16/7	15:47	16:02						x	x	x			x

Metingen op 9 en 16 juli 1997 ter bepaling van de invloed van kleding op de relatie deeltjes/bacteriën

-TABEL 7-

Metingnr	Afvoer-lucht Gemiddeld	afvoer bij AMS	wond-gebied	naast chirurg	tafel 1 voeten-eind	tafel 2 naast ok-tafel	tafel 3 achter ok-team
10	12807	11968	113	376	7237	11572	22061
12	6986	5796	243	303	5333	12867	29415
14	4630	4090	25	345	3456	3619	7692
16	3851	3613	136	1436	2175	4128	3266
18	2964	2509	774	133	2105	2975	3145
20	1607	1731	37	1361	528	1340	1742
21	1457	1455	76	192	980	751	1887

Aantallen deeltjes  $\geq 3\mu\text{m}$  op 9 en 16 juli 1997

-TABEL 8-

metingnr.	TSA			MSA		
	Afvoer	Wondgebied	Voeteneind	Afvoer	Wondgebied	Voeteneind
10	45	0	26	9	0	5
12	90	0	14	19	5	9
14	24	2	28	33	5	9
16	38	0	16	16	2	2
18	19	0	0	2	0	0
20	9	0	0	9	5	0
21	5	0	2	5	2	0

AMS totaal aërobic koloniegetal (kve/m<sup>3</sup>) op 9 en 16 juli 1997

-TABEL 9-



metingnr.	TSA		MSA	
	afvoerrooster deeltjes/kve	voeteneind deeltjes/kve	afvoerrooster deeltjes/kve	voeteneind deeltjes/kve
10	266	445	1330	1447
12	64	919	305	593
14	170	129	124	384
16	95	258	226	1088
18	132	n.t.b.	1255	n.t.b.
20	192	n.t.b.	192	n.t.b.
21	291	n.t.b.	291	n.t.b.
gemiddeld:	173	437	532	878

Relatie ( $3\mu\text{m}$ -deeltjes)/kve op 9 en 16 juli 1997

-TABEL 10-

metingnr.	wondgebied		voeteneind	
	TSA	MSA	TSA	MSA
9+10	1207	107	4687	852
11+12	286	222	2478	762
13+14	0	32	1334	667
15+16	65	196	0	98
17+18	32	32	95	95
19+20	0	0	594	1187
21	-	336	673	0

Sedimentatieplaten , kve/(m<sup>2</sup>.h) op 9 en 16 juli 1997

-TABEL 11-

### Conclusies

- Bij weggedraaide operatielamp worden geen kve gemeten in het wondgebied, met uitzondering van meting

8; de waarde is echter te laag om het aantal deeltjes/kve te bepalen.

- Er blijkt geen aantoonbare invloed te zijn van de omgevingstemperatuur



Opstijgende lucht onder een operatielamp

-FIGUUR 13-

op de deeltjesaantallen, althans bij deze kledwijze (lichte omloopkleding). Onderzoek bij andere kleding (b.v. de warmere operatiepakken) werd niet uitgevoerd.

- Er wordt een vrij nauwkeurige gemiddelde uitkomst voor het aantal deeltjes/bacteriën in de afvoerlucht (bij AMS1) gevonden (=169).
- Aan het voeteneind van de operatietafel wordt een variërend aantal kve gevonden (2..19); de verhouding deeltjes/bacteriën valt hierbij hoger uit dan in de afvoerlucht. Door de geringe aantallen kve en de gevonden variatie hierin, is de uitkomst weinig significant.
- Er vindt een aanzienlijke sedimentatie van kve (TSA) in het wondgebied plaats, terwijl het aerobische koloniegetal in de lucht praktisch nul blijft. Hiermee wordt aangetoond dat er tijdens de bewegingen van het 'operatieteam' grotere bacteriedragende



**Situatie met de operatielampen recht boven de operatietafel**

-FIGUUR 14-



**Situatie met de operatielampen schuin achter de chirurg en verhoogd tafelblad**

-FIGUUR 15-

deeltjes kunnen sedimenteren die te zwaar zijn om door een deeltjesteller te worden aangezogen.

### KLEDINGINVLOED

Op 9 juli 1997 werd een serie metingen uitgevoerd waarbij het doel was gericht op het bepalen van de invloed van de kleding bij gelijk blijvende omstandigheden. Dezelfde condities werden gehandhaafd zoals reeds bij de metingen op 27 juni werd beschreven. Er werd nu echter met een constante inblaas-temperatuur van 19 °C gewerkt. Alle aanwezige personen droegen tijdens elk der metingen dezelfde kledingsoort die echter steeds werd gevarieerd. Doordat het aantal kledingcombinaties te groot was om op één dag uit te voeren werden enkele aanvullende metingen (met cleanroompakken) op 16 juli uit-

gevoerd (meting 19 t/m 21, tabel 7). De metingen met re-usable cleanroompakken werden uitgevoerd met normale operatiemutsen in plaats van de vaste bij het cleanroompak behorende muts om de afzonderlijke invloed van het pak zelf te kunnen beoordelen. De invloed van de mutsen afzonderlijk werd later uitgevoerd tijdens de metingen op 14 nov. 1997. Tevens werd er een extra tafel achter het operatieteam geplaatst, tabel 3 in de meetdata. In tabel 7 is een overzicht gegeven van de onderzochte situaties. In tabel 8 t/m 11 zijn de resultaten weergegeven. Ook nu bleek dat tijdens de eerste van de duo-metingen nog geen stabiele situatie was ontstaan, zodat de resultaten voornamelijk zijn gericht op de tweede meting per situatie. Voor de sedimentatie-metingen geldt wederom de totale meetperiode.

### Conclusies

- Vergelijking van de metingen 12 met 14 en 16 met 18 leert dat de aantallen deeltjes  $\geq 3 \mu\text{m}$  alsmede kolonietallen (TSA), zowel aërobiec als sedimentatie, in de afvoerlucht bij gewassen kleding lager zijn dan bij nieuwe kleding.
- Vergelijking van meting 10 met 12 leert dat er een duidelijke afname van deeltjesaantallen in de afvoerlucht plaatsvindt door het dragen van mondmaskers, echter niet in het wondgebied. De sedimentatie van kve in het wondgebied (TSA) neemt echter wel af, terwijl het aantal huidbacteriën (MSA) juist weer toeneemt (wellicht ten gevolge van de schurende werking van het mondmasker over de huid?).
- Door het dragen van operatiepakken over de omloopkleding (metingen 16

nr.	start	stop	omloopkleding		operatiekleding		mondmasker	handschoenen	muts		lampstand	
			nw	oud	nw	oud			klein	operatie	recht	schuin
22	9:37	9:52	x				x		x		x	
23	9:57	10:12	x				x		x		x	
24	10:24	10:39	x				x		x			x
25	10:43	10:58	x				x		x			x
26	11:45	12:00	x		ok-team		x	x		x		x
27	12:05	12:20	x		ok-team		x	x		x		x
28	12:27	12:42	x		ok-team		x	x		x	x	
29	12:45	13:00	x		ok-team		x	x		x	x	

**Metingen op 16 juli 1997 ter bepaling van de invloed van kleding en lampstand op de relatie deeltjes/bacteriën**

-TABEL 12-

metingnr	afvoerlucht gemiddeld	afvoer bij AMS	wond- gebied	naast chirurg	tafel 1 voeteneind	tafel 2 naast ok-tafel	tafel 3 achter ok-team
23	6017	6022	1925	2174	2193	2922	6265
25	7223	7828	613	773	3721	3083	10426
27	7049	7853	518	583	2824	3083	7281
29	6675	6850	255	350	2705	3726	8249

**Aantallen deeltjes  $\geq 3 \mu\text{m}$  op 16 juli 1997**

-TABEL 13-

metingnr.	TSA			MSA		
	Afvoer	Wondgebied	voeteneind	Afvoer	Wondgebied	voeteneind
23	221	7	26	318	12	9
25	442	7	14	426	33	7
27	264	0	28	214	38	2
29	226	0	16	196	2	0

**AMS totaal aërobic koloniegetal, kve/m<sup>3</sup> op 16 juli 1997**

-TABEL 14-

metingnr.	TSA		MSA	
	bij afvoer- rooster	voeteneind	bij afvoer- rooster	voeteneind
23	27	84	19	244
25	18	266	18	532
27	30	101	37	1412
29	30	169	35	n.t.b.
gemiddeld:	26	155	27	729

**Relatie (3 $\mu\text{m}$ -deeltjes)/kve op 16 juli 1997**

-TABEL 15-

metingnr.	wondgebied		afvoerrooster		voeteneind	
	TSA	MSA	TSA	MSA	TSA	MSA
22+23	2980	1442	12688	12976	3749	2595
24+25	198	269	28793	32059	10093	6530
26+27	384	192	11823	13553	4902	5190
28+29	102	0	11622	14068	4588	6117

**Sedimentatieplaten, kve/(m<sup>2</sup>.h) op 16 juli 1997**

-TABEL 16-

en 18) treedt een afname van deeltjesafgifte ( $\geq 3\mu\text{m}$ ) in de afvoerlucht op, echter niet in het wondgebied. Het aantal huidbacteriën (MSA) in het wondgebied neemt wel af. Het aërobic koloniegetal in de lucht (TSA) in de afvoerlucht neemt niet af, maar

het aantal huidbacteriën (MSA) wel.  
- Bij het dragen van operatiekleding worden aanzienlijk minder deeltjes  $\geq 3 \mu\text{m}$  op de instrumententafels gemeten, vooral op tafel 3 (achter het OK-team). De tafel aan het voeteneind blijft duidelijk schoner dan

naast of achter het OK-team.  
- Er treedt een sterke daling van deeltjes en bacteriën op bij het dragen van re-usable cleanroompakken. Bij de disposable cleanroompakken nemen de aantallen deeltjes  $\geq 3 \mu\text{m}$  toe maar de koloniegetallen (vooral

nr.	start	stop	omloop-	operatie-	cleanroom		mond-	hand-	muts	lampstand		
			kleding	kleding	pak					klein	ope-	vast
			nw	oud	nw	oud	re-use	disp			ratie	recht schuin
30	9:15	9:30	x						x	x	x	
31	9:33	9:48	x						x	x	x	
32	9:55	10:10	x							x	x	
33	10:14	10:29	x							x	x	
34	11:10	11:25	x		ok-team				x	x	x	
35	11:28	11:43	x		ok-team				x	x	x	
36	11:50	12:05	x		ok-team				x	x	x	x
37	12:08	12:23	x		ok-team				x	x	x	x
38	13:30	13:45	x		ok-team				x	x	x	x
39	13:48	14:03	x		ok-team				x	x		
40	15:45	16:00					x		x	x	x	x
41	16:03	16:18					x		x	x	x	x
42	15:00	15:15					x		x	x		x
43	15:18	15:33					x		x	x		x

Aanvullende metingen op 14 november 1997 ter bepaling van de invloed van kleding en lampstand op de relatie deeltjes/bacteriën  
-TABEL 17

MSA) verder af; mogelijk heeft dit ook te maken met de betere bescherming van de vast aangebrachte muts.

- De gevonden relatie deeltjes/bacteriën is het hoogst bij meting 21 (disposable cleanroompak). Het gemiddelde over de gehele dag valt iets hoger uit dan bij de meting van 27 juni (169:1). Wanneer men echter meting 21 buiten beschouwing laat komt men op een gemiddelde verhouding van 153:1, hetgeen goed aansluit bij de eerder gevonden waarden.

#### OPERATIELAMPEN

In figuur 13 wordt de invloed van de stand van de operatielampen aangetoond. De voor de borst van de chirurg gegenereerde rook stijgt op langs het gelaat en verspreidt zich onder de lamp om vervolgens (verdund) in het wondgebied terecht te komen. De invloed van enkele, in de praktijk vaak toegepaste, lampstanden is daarom in dit onderzoek betrokken.

#### Uitvoering van de metingen

Er werd op 16 juli getracht een realistische situatie van een operatie na te

booten door bij een serie metingen uitsluitend het chirurgenteam (3 personen) te voorzien van operatiepakken óver de nieuwe omloopkleding. De inblaascondities waren gelijk aan die van 9 juli (19 °C; 0,30 m/s.) In de middag werden nog enkele metingen uitgevoerd die gericht waren op het dragen van cleanroompakken; de resultaten hiervan zijn reeds in het voorgaande hoofdstuk behandeld.

Bij de algemene chirurgie wordt meestal een gebruikssituatie met de operatielampen recht boven het wondgebied toegepast (figuur 14). Figuur 15 toont een opstelling van de lampen en personen bij een Total Hip operatie (gewrichtsvervangende heupoperatie), zoals die momenteel in veel ziekenhuizen wordt toegepast en waarbij de chirurg in zithouding opereert met de lampen schuin achter zich. Daarbij wordt de operatietafel in een hogere positie gezet dan in figuur 14. Deze opstelling is uit oogpunt van aërogene besmetting te prefereren omdat de kans op sedimentatie in het wondgebied kleiner is [10]. In tabel 12 is een overzicht gegeven van de verrichte metingen. De meetresultaten zijn uitgewerkt in tabel 13 t/m 16.

#### Conclusies

- Uit tabel 13 blijkt dat de deeltjesaantallen  $\geq 3 \mu\text{m}$  in de afvoerlucht bij alle metingen nagenoeg gelijk zijn. Bij meting 25 zijn echter hogere kolonietallen geconstateerd (tabel 14).
- Uit tabel 13 blijkt tevens dat er vele deeltjes  $\geq 3 \mu\text{m}$  op tafel 3, achter de chirurg terecht komen. De concentraties zijn zelfs hoger dan in de afvoerlucht.
- Er zijn duidelijk minder deeltjes en bacteriën (zowel TSA als MSA) in het wondgebied bij de lamppositie schuin achter de chirurg (vergelijk meting 22+23 met 24+25 in tabel 16). Wanneer het chirurgenteam echter operatiekleding draagt is het effect omgekeerd (vergelijk meting 28+29 met 26+27).
- Uit tabel 14 blijkt dat het dragen van operatiepakken voor het aërobic kolonietal in de lucht in het wondgebied een reductie van 7 naar 0 geeft, onafhankelijk van de lampstand.
- Uit tabel 15 blijkt dat de relatie deeltjes/kve bij het afvoerrooster, zowel TSA als MSA vrij laag en constant is. Opvallend is dat met hetzelfde "operatieteam" een veel grotere verhouding deeltjes/bacteriën

metingnr	afvoerlucht gemiddeld	afvoer bij AMS	wond- gebied	naast chirurg	tafel 1 voeteneind	tafel 2 naast ok-tafel
30	3059	4074	253	333	370	3111
31	3071	3111	391	173	272	1926
32	2815	3012	222	296	148	3383
33	2540	1975	58	259	123	2370
34	2944	2840	163	25	222	2247
35	3090	3630	16	12	469	2543
36	3235	3778	262	222	346	1654
37	2840	3062	222	284	346	1580
38	3741	3704	81	272	346	3136
39	3583	3580	114	235	469	2617
40	670	370	156	272	49	790
41	645	346	230	235	49	272
42	596	593	107	173	25	864
43	577	444	107	222	74	568

Aantallen deeltjes  $\geq 3 \mu\text{m}$  op 14 november 1997

-TABEL 18-

metingnr.	TSA			MSA		
	afvoer	wondgebied	naast chirurg	afvoer	wondgebied	naast chirurg
30	139	5	64	97	5	16
31	111	0	68	71	0	31
32	97	0	94	92	2	31
33	113	5	31	68	0	45
34	49	0	2	47	2	2
35	82	0	5	66	0	7
36	75	5	14	82	5	7
37	64	2	7	59	0	0
38	64	5	2	57	2	0
39	66	0	5	49	2	5
40	14	7	7	2	7	0
41	14	5	7	12	2	0
42	9	12	9	5	7	5
43	7	12	12	9	5	9

AMS totaal aërobic koloniegetal, kve/m<sup>3</sup> op 14 november 1997

-TABEL 19-

wordt gevonden wanneer cleanroom-kleding wordt gedragen (zie de metingen 20 en 21 in tabel 10).

#### AANVULLENDE METINGEN

Na evaluatie van de resultaten van de reeds uitgevoerde metingen werden op 14 november 1997 aanvullende me-

tingen uitgevoerd om daar waar nodig tot aanvullende gegevens en/of verdere onderbouwing van de conclusies over de invloed van kleding en lampstanden

metingnr.	TSA			MSA		
	afvoerlucht (8 roosters)	afvoerlucht bij AMS	Wond- gebied	afvoerlucht (8 roosters)	afvoerlucht bij AMS	Wond- gebied
30	22	29	815	32	42	815
31	28	28	n.t.b.	43	43	n.t.b.
32	29	31	n.t.b.	31	33	1506
33	22	17	395	37	29	n.t.b.
34	60	58	n.t.b.	63	61	1420
35	38	44	n.t.b.	47	54	n.t.b.
36	43	50	756	39	45	756
37	44	48	1531	48	52	n.t.b.
38	58	58	741	66	66	1852
39	54	54	n.t.b.	73	54	1790
40	48	26	53	335	181	53
41	46	25	69	54	29	173
42	66	66	49	119	119	85
43	82	63	37	64	49	89
gemiddeld:	46	43	494	75	61	854

**Relatie (3µm deeltjes)/kve op 14 november 1997**

-TABEL 20-

metingnr.	wondgebied		afvoerrooster		voeteneind	
	TSA	MSA	TSA	MSA	TSA	MSA
30+31	288	0	2019	2307	577	577
32+33	865	1442	288	2307	1730	1153
34+35	0	0	1153	2019	1153	1442
36+37	865	577	577	2019	288	0
38+39	0	0	1153	2307	865	2019
40+41	0	0	0	865	0	0
42+43	0	0	0	865	865	288

**Sedimentatieplaten , kve/(m².h) op 14 november 1997**

-TABEL 21-

te komen. De metingen waren vooral gericht op de praktische situaties in de operatiekamer met de nadruk op de invloed van de kleding en de standen van de operatielampen op de verspreiding van deeltjes en bacteriën. De inblaascondities waren gelijk aan die van 9 en 16 juli (19 °C; 0,30 m/s). Uit de voorgaande metingen werd geconcludeerd dat de metingen niet di-

rect na het binnenkomen van het team moeten worden gestart omdat de deeltjesopbouw in de ruimte dan nog niet stationair is. Daarom werden van de voorafgaande metingen alleen de duplicatemetingen uitgewerkt. Bij de metingen van 14 november 1997 werd steeds een acclimatiseringstijd van 10 minuten ingelast waarin het team reeds alle voor het onderzoek benodigde hande-

lingen verricht maar waarin de metingen nog niet plaatsvinden. Daarna werd gedurende twee maal 15 minuten gemeten.

Doordat uit de voorgaande meting was gebleken dat er op 16 juli aanzienlijk meer bacteriën aanwezig waren dan op de beide voorgaande meetdagen werd besloten thans bij alle medewerkers een neusuitstrijkje te onderzoeken

							TSA			MSA			
nr.	datum	omloop-kleding		operatie-kleding		cleanroom-pak		afvoer	voeten-eind	wond-gebied	afvoer	voeten-eind	wond-gebied
		nw	oud	nw	oud	re-use	disp	155	5818				
2	27 juni	x						155	5818				
4	27 juni	x						125	1067				
6	27 juni	x						191	5834				
8	27 juni	x						205	461				
10	9 juli	x						266	445		1330	1447	
12	9 juli	x						64	919		305	593	
14	9 juli		x					170	129		124	384	
16	9 juli		x	x				95	258		226	1088	
18	9 juli		x		x			132			1255		
20	16 juli					x		192			192		
21	16 juli						x	291			291		
23	16 juli	x						27	84		19	244	
25	16 juli	x						18	266		18	532	
27	16 juli	x		ok-team				30	101		37	1412	
29	16 juli	x		ok-team				30	169		35		
30	14 nov	x						29		815	42		815
31	14 nov	x						28			43		
32	14 nov	x						31			33		1506
33	14 nov	x						17		395	29		
34	14 nov	x		ok-team				58			61		1420
35	14 nov	x		ok-team				44			54		
36	14 nov	x		ok-team				50		756	45		756
37	14 nov	x		ok-team				48		1531	52		
38	14 nov	x		ok-team				58		741	66		1852
39	14 nov	x		ok-team				54			54		1790
40	14 nov					x		26		53	181		53
41	14 nov					x		25		69	29		173
42	14 nov					x		66		49	119		85
43	14 nov					x		63		37	49		89

Totaal overzicht van gevonden relaties (3 µm deeltjes)/kve op verschillende data en bij verschillende kledingsoorten

-TABEL 22-



	TSA			MSA		
	gem	std	n	gem	std	n
27 juni	174	43	3	-	-	-
9/jul	145	78	4	648	592	4
16/jul	98	116	6	648	592	4
14/nov	43	16	14	61	41	14
totaal	89	78	29	188	343	25

**Overzicht van gevonden relatie (3-µm-deeltjes)/kve in de afvoerlucht op verschillende data**

-TABEL 23-

	TSA			MSA		
	gem	std	n	gem	std	n
omlooppak	102	87	13	216	428	9
ok-team in ok-pak	47	11	8	51	11	8
ok-pak	114	26	2	741	728	2
cr-pak	111	108	6	144	98	6
totaal	89	78	29	188	343	25

**Overzicht van gevonden relatie (3-µm-deeltjes)/kve in de afvoerlucht bij verschillende soorten kleding**

-TABEL 24-

op de aanwezigheid van een sluimerende aandoening. Dit kon echter niet worden aangetoond.

Bij de voorgaande metingen werd de relatie deeltjes/bacteriën gerelateerd aan de deeltjesconcentratie op één meetpunt (zie meetpunt 2 in figuur 11). Thans werd bij elk der 8 afvoerroosters een deeltjesteller aangebracht en werd de verhouding deeltjes/ bacteriën gerelateerd aan de gemiddelde deeltjesconcentratie van de 8 afvoerroosters. Doordat nu 8 van de 15 deeltjestellers voor de afvoerroosters werden ingezet waren er onvoldoende tellers om alle meetpunten te kunnen handhaven; daarom kwam tabel 3 te vervallen (figuur 11).

#### **De resultaten zijn in de tabellen 17 t/m 21 weergegeven**

#### **Conclusies**

- Het blijkt dat de duplo-metingen voor één situatie steeds een redelijke overeenkomst vertonen (vergelijk meting 30 met 31, 32 met 33, enz.).
- Vergelijking van de metingen 30+31

met 32+33 leert dat het al of niet dragen van een mondmasker geen aantoonbare verandering geeft in de aantallen deeltjes (tabel 18) en het aërobic koloniegetal in de lucht (tabel 19). Echter wel in de aantallen gesedimenteerde TSA en MSA op de operatietafel (tabel 21).

- Het dragen van operatiepakken door het operatieteam leidt tot een sterke verlaging van de aantallen deeltjes  $\geq 3 \mu\text{m}$  in het wondgebied en op tafel 2 naast de operatietafel (vergelijk de metingen 34+35 met 30+31 in tabel 18) alsmede in het aërobic koloniegetal in de lucht, vooral naast de chirurg (zie tabel 19). In het wondgebied treedt geen sedimentatie meer op (zie meting 34 en 35 in tabel 21).
- Wanneer de operatielampen recht boven de operatietafel worden gepositioneerd nemen de aantallen deeltjes in het wondgebied en op tafel 2, ondanks het dragen van operatiepakken, toe (vergelijk meting 36+37 met 34+35 in tabel 18). Het wondgebied wordt duidelijk meer gecontamineerd (zie tabel 19 en 21).

- Wanneer de lampen schuin achter de chirurg worden gepositioneerd nemen de deeltjesaantallen weer af (vergelijk meting 38+39 met meting 36+37 in tabel 18). Ook neemt het contaminatierisico weer af (zie tabel 19 en tabel 21).
- Het dragen van de vaste muts welke bij het cleanroompak behoort (10 personen) geeft geen wezenlijke verbetering te zien t.o.v. de operatiemuts (vergelijk de metingen 40 en 41 met 42 en 43), het aërobic koloniegetal in de lucht in het wondgebied en naast de chirurg neemt zelfs toe; bij de afvoer echter juist af.
- Uit tabel 20 blijkt dat de verhouding deeltjes/bacteriën in de afvoerlucht hoger ligt wanneer het OK-team operatiekleding draagt i.p.v. omloopkleding (vergelijk metingen 34 t/m 39 met 30 t/m 33). Doordat bij het dragen van complete cleanroompakken (metingen 42 en 43) minder bacteriën in de afvoerlucht worden gevonden (tabel 19) valt de verhouding hiervoor het hoogst uit.

## ANALYSE RELATIES DEELTJES/BACTERIËN

In de tabellen 22 t/m 24 zijn de gevonden relaties tussen deeltjes van 3 µm en het aantal bacteriën op verschillende manieren uitgewerkt. In tabel 22 zijn alle gevonden waarden voor de relatie tussen deeltjes van 3 µm en bacteriën samengevat. In tabel 23 zijn deze waarden gerangschikt naar de meetdatum; in tabel 24 naar de soort kleding. Tevens is de standaarddeviatie en het aantal waarnemingen vermeld.

### Conclusies

- Het blijkt dat gevonden relatie tussen deeltjes ( $\geq 3 \mu\text{m}$ ) en bacteriën in de afvoerlucht veel lager uitvalt dan algemeen wordt aangenomen. In de literatuur hanteert men veelal een verhouding 1000:1; deze waarde werd tijdens het onderzoek in de verse buitenlucht gemeten. Thans wordt een gemiddelde verhouding van 89:1 gevonden voor aërobe bacteriën met TSA (Trypton Soya Agar = voedingsbodem voor alle bacteriën). Het valt daarbij op dat de gevonden waarden per meetdag sterk kunnen verschillen. De standaard afwijking voor een viertal meetdagen bedraagt daardoor 78. Het is daarom de vraag of met dit geringe aantal meetdagen voldoende onderbouwing van de gevonden relaties is gevonden. De gevonden waarden met MSA (Manitol Salt Agar = voedingsbodem voor alleen huidbacteriën) is minder eenduidig; de gevonden verhouding valt hoger uit doordat slechts een deel van alle aanwezige bacteriën wordt beschouwd.
- Nadere uitwerking van meetresultaten leert dat de relatie deeltjes/bacteriën in het wondgebied en op de tafel aan het voeteneind veel hoger uitvalt dan in de afvoerlucht. Dit is mogelijk te verklaren uit het feit dat alleen de deeltjes die aan de bovenste lichaamshelft van het operatieteam vrijkomen, tot op de tafel kunnen doordringen. De bescherming van de kleding tegen bacteriedragen de deeltjes is daarbij blijkbaar beter. De gevonden aantallen aërobe bacteriën (TSA) is dan ook steeds erg laag.
- Uit tabel 24 blijkt dat de kledingsoort slechts weinig invloed heeft op de gevonden verhouding deeltjes/bacteriën in de afvoerlucht. Alleen bij de meting waarbij uitsluitend het

operatieteam operatiekleding draagt valt de verhouding lager uit, maar deze metingen vonden ook hoofdzakelijk op 14 november plaats waarop steeds een lage verhouding werd gevonden.

### ALARMEREND MEETINSTRUMENT

Voordat het onderzoek werd gestart werd de mogelijkheid geopperd om een meetinstrument te ontwikkelen dat gebaseerd is op het meten van de deeltjesconcentraties, waarbij kan worden gealarmeerd indien een waarde wordt bereikt die kan duiden op de aanwezigheid van een te hoge bacterieconcentratie. Voorwaarde voor de goede werking is een bekende verhouding tussen deeltjes en bacteriën. Uit de meetresultaten moet worden geconstateerd dat zo'n meetsysteem niet tot de mogelijkheden behoort. Uitgangspunt bij een operatie dient te zijn dat er nagenoeg geen aërogene bacteriën in het wondgebied voorkomen. Hieraan blijkt redelijk te worden voldaan waardoor het echter niet goed mogelijk is een relevante relatie tussen de deeltjes ( $\geq 3 \mu\text{m}$ ) en de bacteriën in het wondgebied te vinden. Bovendien blijken er meer bacteriën door sedimentatie in het wondgebied te worden gevonden dan met de air-samplers kunnen worden aangetoond. Dit houdt in dat een dergelijk instrument geen alarmering geeft voor de grotere deeltjes afkomstig van het chirurgenteam die in het wondgebied kunnen sedimenteren.

Voor de instrumententafel zou de ontwikkeling van een dergelijk meetapparaat wellicht wel tot de mogelijkheden behoren omdat blijkt dat deze, indien geplaatst achter het chirurgenteam, sterk gecontamineerd kan worden vanuit de periferie. Daarbij kan wellicht de gevonden relatie voor de verhouding deeltjes/bacteriën in de afvoerlucht worden gehanteerd.

### EINDCONCLUSIES

De cleanroom was voor het onderzoek uitgevoerd als een operatiekamer met een downflow-plafond van 1,2 x 2,4 m waarbij de inblaas-luchtsnelheid 0,3 m/s bedroeg. Afzuiging vond gelijkmatig verdeeld plaats via 8 stuks hoog en laag geplaatste afvoerroosters in de hoeken. Ter weerszijden van het lucht-

plenum 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. In de cleanroom werden door tien proefpersonen handelingen verricht waarmee de bewegingen van het operatieteam en het omlooppersoneel zo goed mogelijk reproduceerbaar werden nagebootst. De metingen vonden op vier verschillende dagen plaats; de samenstelling van de proefpersonen was per meetdag verschillend. Uit de metingen, die in de periode van juli tot oktober 1997 zijn uitgevoerd, komen de volgende resultaten als belangrijkste naar voren:

- Uit de meetresultaten valt de relatie tussen deeltjes en micro-organismen in de ruimtelucht af te leiden. Het handelt dan om deeltjes met een gemiddelde grootte van 3 µm die de luchtstroom (kunnen) volgen. De relatie kan het best worden bepaald in de afvoerlucht ter hoogte van een afvoerrooster, ervan uitgaand dat de afvoerlucht gelijkmatig wordt verdeeld naar de verschillende afvoerroosters. De verhouding deeltjes/micro-organismen over de verschillende meetdata is sterk afhankelijk van het kledingniveau van de aanwezige personen. Bij toepassing van alleen omloopkleding wordt een deeltjes/micro-organismen verhouding gevonden van gemiddeld 174 (aëroob koloniegetal) en >600 (huidbacteriën). Deze verhouding neemt sterk af wanneer het kledingniveau beter wordt. Metingen met nieuwe omloopkleding en nieuwe operatiekleding (ideale situatie) wordt een deeltjes/micro-organismen verhouding gevonden van gemiddeld 43 (aëroob koloniegetal) en 61 (huidbacteriën). Bij het dragen van re-usable cleanroomkleding kunnen deze verhoudingen nog lager uitvallen (25 respectievelijk 29). In de onbehandelde buitenlucht wordt een verhouding van 1000 (aëroob koloniegetal) gevonden, een waarde die blijkbaar onterecht veelal in de literatuur ook voor situaties in de operatiekamer wordt gehanteerd.
- De metingen van 9 juli geven het meest de situatie in de praktijk weer. Tijdens deze metingen werd kleding door het operatieteam gewassen of nieuwe operatiekleding en door de

overige proefpersonen gewassen of nieuwe omloopkleding gedragen. De gemiddelde waarden voor de verhouding deeltjes/micro-organismen bedroeg 145 (aëroob kolonietal) en 650 (huidbacteriën).

- De relatie tussen deeltjes en micro-organismen werd ook bepaald in het wondgebied en aan het voeteneinde. Bij het toegepaste downflow-systeem worden in het wondgebied steeds slechts enkele aëroge bacteriën gemeten. Daardoor is het niet mogelijk een significant verband te bepalen voor de relatie deeltjes/bacteriën in het wondgebied. Afhankelijk van de toegepaste kleding en de kwaliteit van de kleding werd een grote spreiding in de verhouding tussen deeltjes en micro-organismen waargenomen. Uit de metingen blijkt dat de ideale situatie (nieuwe omloopkleding en operatiekleding) de beste resultaten gaven. De stofafgifte voor deeltjes van 3 µm van nieuwe kleding is aanmerkelijk minder dan van gebruikte (gewassen) kleding. Dit is sterk van invloed op de verhouding deeltjes/micro-organismen. Omdat de luchtstromingen en daarmee de verhouding deeltjes en micro-organismen in de lucht (inhomogeniteit) in het wondgebied en aan het voeteneind moeilijk te beheersen zijn, is het niet mogelijk hieruit conclusies te trekken.
- Metingen met sedimentatie platen werden uitgevoerd om vast te stellen dat bacteriedragende deeltjes (huidschilfers) niet de luchtstroom volgen en neerslaan/vallen in het wondgebied. Ook hier blijkt het kledingniveau van belang. Des te beter de personen zijn gekleed/ingepakt des te minder bacteriedragende deeltjes er worden gegenereerd. Blijkbaar vormen deze deeltjes, naast contact-contact overdracht, het grootste risico voor wondbesmetting. Het hoofd van de chirurg waarvan delen onbedekt zijn steekt vaak in het wondgebied waardoor huidschilfers (>10 µm) in de wond kunnen vallen. De aanwezige laminaire luchtstroming (downflow) is niet in staat deze deeltjes mee te nemen, vooral niet wanneer de operatielampen, recht boven het wondgebied geplaatst, een opwaartse stroming langs

het lichaam van de chirurg bewerkstelligen. Deze deeltjes zijn ook te zwaar om door een airsampler te worden aangezogen. Het lijkt hierdoor niet goed mogelijk een voorspelling te doen van een te hoge bacterieconcentratie op basis van deeltjesmeting in het wondgebied.

- Voor een instrumententafel die achter het chirurgenteam is geplaatst lijkt het wel haalbaar een systeem te ontwikkelen waarbij d.m.v. deeltjes-telling kan worden gealarmeerd voor een te hoog contaminatierisico. Daarbij kan wellicht de gevonden relatie voor de verhouding deeltjes/bacteriën in de afvoerlucht (145 op 9 juli) worden gehanteerd aangezien te verwachten valt dat deze tevens een goede maat zal zijn voor de periferie waarin de instrumententafel zich bevindt. Deze mogelijkheid is tijdens het onderzoek niet verder onderzocht omdat er op deze instrumententafel geen aëroge kolonietal werd bepaald.
- Wanneer de operatielampen recht boven de operatietafel worden gepositioneerd nemen de aantallen deeltjes in het wondgebied, en op een naast de operatietafel geplaatste instrumententafel, ondanks het dragen van operatiepakken, toe. Het wondgebied wordt daarbij duidelijk meer gecontamineerd. Wanneer de lampen vervolgens schuin achter de chirurg worden gepositioneerd nemen de deeltjesaantallen en het contaminatierisico weer af.
- Er blijkt geen aantoonbare invloed te zijn van de omgevingstemperatuur op de deeltjesaantallen, althans bij de onderzochte kledwijze (lichte omloopkleding). Onderzoek bij andere kleding (b.v. de warmere operatiepakken over de omloopkleding) werd niet uitgevoerd.

Bovenstaande 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 plenum en bij mengende of half-mengende luchttoevoersystemen is gewenst.

## LITERATUUR

1. Winkler, K.C., *Commentaar op de voordracht van H.B. Bouwman: Is recirculatie in een ziekenhuis onaanvaardbaar?*; publicatie nr.438, IG-TNO; TNO/TVVL-dag, 26 oktober 1972
2. Dankert, J.; J.B. Zijlstra en H. Lubberding; "Het Ziekenhuis, 1977;7;21; p.598-602
3. Meer, A. van der, *Relatieve luchtvochtigheid in kantooromgevingen*, Klimaatbeheersing 14, (1985) nr.11
4. Kastelein, J en Ph.J. Ham, *Validatie van de 3-traps Anderson Samplers in combinatie met de Met-One deeltjestellers*, TNO-Rapport 97-BBI-R0508, TNO-Bouw, 12 febr. 1997
5. Jensen, P., W.F. Todd e.a.; *Evaluation of Eight Bioaerosol Samplers Challenged with Aerosols of Free Bacteria*, American Industrial Hygiene Association Journal; June 7, 1991.
6. Stewart, I.W. & T.T. Salusbury; *Evaluation and Comparison of Environmental Samplers and Particle Monitors for Bioprocessing Plants*, LR 745 (BT); Warren Spring Laboratory, Department of Trade and Industry, Gunns Wood Road, Stevenage, Hertfordshire SG1 2BX, UK.
7. Smid, T., E. Scokkin e.a.; *Schimmels in arbeidssituaties; Een vergelijking van methoden*; Directoraat-Generaal van de Arbeid, rapport S55; januari 1989
8. Verhoef, A.P., J.H. van Wijnen e.a.; *Enumeration and Identification of airborne viable mould propagules in houses*, A comparison of selected measuring techniques; Municipal Health Service, Section Public Health and Environment, P.O.Box 20244 1000 HE Amsterdam; maart 1988
9. Schmidt Etkin, D.; *Biocontaminants in Indoor Environments*, Indoor Air Quality Update newsletter (ISSN 1040-5313); Cutter Information Corporation, 37 Broadway, Arlington, MA 02174-5539, USA, 1994
10. Ham, Ph.J.; *Onderzoek naar het contaminatierisico in operatiekamers m.b.v. tracergastechnieken*; TVVL Magazine 11 (1999)