

EISEN TE STELLEN AAN VENTILATIE- EN AIRCONDITIONING-INSTALLATIES VOOR ZIEKENHUIZEN TER VERMINDERING VAN HET GEVAAR VOOR KRUISINFECTIES VIA DE LUCHT

Ir. H. B. Bouwman

De inhoud van de navolgende paragrafen is ontleend aan studies welke werden vericht in het kader van het werk van de Commissie Kruisinfectie. Deze Commissie werd in 1970 ingesteld om adviezen uit te brengen ten behoeve van de Nieuwbouw van de Academische Ziekenhuizen.

De taak van deze Commissie was vooral aandacht te besteden aan het vermijden van kruisinfecties via de lucht.

Voor zover deze studies ook van belang zijn voor ziekenhuizen in het algemeen zullen deze worden gepubliceerd in de herdruk van het rapport 'Richtlijnen ter preventie van ziekenhuisinfecties', uit te geven door de Gezondheidsraad.

Dank is in het bijzonder verschuldigd aan de leden van de Werkcommissie Dr. J. Bijlmer en J. Ris, arts († mei 1975), incidenteel aangevuld met andere deskundigen op bepaalde gebieden. Gaarne noemen wij ook Dr. J. Wester die door zijn stimulerende kracht veel aan het totstandkomen van de studies heeft bijgedragen.

Een woord van dank is verder verschuldigd aan de Gezondheidsraad voor zijn toestemming ook in het voor U liggende boekje gebruik te maken van de uitgebrachte adviezen. Bij de bewerking daarvan voor de nu volgende verhandeling is door de samensteller (onderzoeker bij IG-TNO en secretaris van de Werkgroep van de Commissie Kruisinfectie) getracht een overzicht te geven van alle studies voor zover deze van meer algemene strekking zijn, waarbij de stof, die reeds

eerder enigermate uitvoerig op TVVL-TNO-dagen werd behandeld, sterk werd bekort.

1. INLEIDING

In een ziekenhuis kunnen patiënten op vele wijzen een zogenaamde ziekenhuisinfectie oplopen. Een dergelijke infectie wordt volgens de definitie van de Gezondheidsraad kruisinfectie genoemd als sprake is van een zich tijdens of na het verblijf in het ziekenhuis manifesterend ontstekingsproces als gevolg van een besmetting met micro-organismen die in het ziekenhuis op de patiënt is overgebracht. Het angelsaksische woord 'cross infection' dekt niet het nederlandse woord kruisinfectie maar het nederlandse begrip 'kruisbesmetting', waarbij nog niet van een infectie sprake is.

Kruisinfecties kunnen op vele wijzen worden veroorzaakt, meestal door contact, eventueel via besmette goederen, maar ook door niezen, hoesten, of via de lucht. Bij kruisinfectie via de lucht blijkt dat er vrijwel altijd sprake is van een situatie waarin de kiemen via stofdeeltjes, ingedroogde hoestdruppeltjes, of huidschilfers worden overgebracht. Kiemen, onverschillig of dit bacteriën of virussen zijn, komen zelden 'los' in de lucht voor. En als ze 'los' in de lucht voorkomen zijn ze meestal niet of nauwelijks levensvatbaar als ze weer in contact komen met een mens.

Deeltjes waarop nog levensvatbare bac-

teriën of virussen voorkomen zijn zelden kleiner dan $5\text{ }\mu\text{m}$. Men zou dus kruisinfecties goeddeels kunnen voorkomen als men zou kunnen verhinderen dat deeltjes in de lucht komen groter dan $5\text{ }\mu\text{m}$. Dit nu is nauwelijks bereikbaar. De mens beweegt zich, strooit onnoemelijk veel huidschilfers groter dan $5\text{ }\mu\text{m}$, geeft textieldeeltjes af, wervelt stof op van de vloer, neemt straatvuil aan zijn schoenen mee, enz.

Het voorkómen van kruisinfecties via de lucht komt dus in beginsel neer op de volgende maatregelen:

- voorkomen dat deeltjes worden afgegeven
- voorkomen dat stof kan worden opgewerveld of rondgewerveld
- voorkomen dat afgegeven of opgewerveld stof zich van één patiënt naar een andere patiënt kan verplaatsen
- zorgen dat de lucht die bij een patiënt komt, of in een patiëntenkamer wordt ingeblazen, 'schoon' is.

Dit is te bevorderen door het nemen van bepaalde maatregelen:

het afgeven van huidschilfers kan worden voorkomen met afsluitende kleding (operatieteam)

het opwervelen van stof kan bijv. worden verminderd door herhaaldelijk schoonmaken, toepassing van de juiste vloeren, en het dragen van stofdichte sloffen om de schoenen (operatiekamer)

ongewenste luchttransportrichtingen kunnen worden tegengegaan door keuze van juiste drukverhoudingen tussen de verschillende ruimten

de ingeblazen lucht kan kiemarm worden gemaakt door filtratie

optredend transport van kiemen naar de patiënt toe in een bepaalde ruimte kan worden verminderd door het realiseren van een gunstig luchtcirculatiepatroon in die ruimte (operatiekamer).

Hierna zullen de volgende aspecten worden behandeld:

- in hoeverre is recirculatie van de lucht in ziekenhuizen aanvaardbaar
- opmerkingen over onderdelen van airconditioning-installaties in verband met het voorkomen van kruisinfecties
- opzet van de klimaatcode
- luchtfilterspecificaties voor ziekenhuizen
- stromingsverschijnselen door open deuren
- isolatie van patiënten, in het bijzonder normale isolatie
- omgekeerde isolatie van patiënten
- algemene richtlijnen voor de keuze van een klimaatcodering
- algemene opmerkingen over het vermijden van infecties in de operatiekamer
- aanbevelingen voor het klimaat van een gehele operatie-afdeling
- aanbevelingen voor de ventilatie van operatiekamers.

2. RECIRCULATIE

In een vorige studie over recirculatie (publ. 438 van het IG-TNO), voorgedragen op de TVVL-TNO-dag 1972, is uitvoerig op dit onderwerp ingegaan. Uit de daar gegeven berekeningen blijkt dat wanneer in een bepaald vertrek 10^6 van een bepaald soort kiemen per uur vrijkomen, hiervan via het ventilatiesysteem slechts 6,6 kiemen per m^3 lucht terugkomen in een willekeurige andere kamer. Dit getal geldt als 20 kamers van 100 m^3 , aangesloten op één luchtcentrale, met vier luchtwisselingen per uur doorgespoeld worden, waarvan er twee uit verse lucht bestaan, zodat er 50% gerecirculeerd wordt, en wanneer de recirculatielucht een filter passeert dat 90% van die kiemen vangt. De verdunning is dan reeds 1 op 380!

Vangt het filter 99% van de kiemen dan komen er in een willekeurige kamer i nog slechts 0,63 kiemen per m^3 lucht binnen die afkomstig zijn uit een willekeurige andere kamer k. De verdunning is dan reeds ca. 1 op 4000.

Bij toepassing van een warmteregenerator die 3% recirculeert (hetgeen reeds zeer hoog is!) en een filter dat 90% vangt is het aantal kiemen dat in kamer i terugkomt uit kamer k nog slechts 0,38 kiem/m³, hetgeen een verdunning betekent van 1 op 6500.

Vagebonderende stromen door open deuren zullen veel grotere transporten kunnen opleveren (zie paragraaf 6). Toepassing van recirculatie houdt – mits men de juiste filters gebruikt – een verwaarloosbaar gevaar in voor de meeste ruimten in een ziekenhuis en wordt dus door de Commissie Kruisinfectie toelaatbaar geacht. Wel gaat de voorkeur uit naar een systeem met warmteterugwinning omdat in dat geval minder zware eisen aan de filters behoeven te worden gesteld, en een tijdelijk minder goed werkend filter dan ook een geringere toename van de risico's betekent.

Voor verdere getallen wordt naar de genoemde publikatie verwezen. De gekozen vangcijfers berusten op de overweging dat buitenlucht over het algemeen zeer weinig kiemen bevat, de recirculatielucht over het algemeen betrekkelijk veel, en vooral in de bevochtigingssectie zich kiemen kunnen vermeerderen.

3. KRUISINFECTIES

BIJ TOEPASSING VAN LUCHT-BEHANDELINGSINSTALLATIES

3.1 Inleiding

Om kruisinfecties als gevolg van de toepassing van luchtbehandelingsinstallaties te kunnen voorkómen is inzicht in de opbouw van luchtbehandelingsinstallaties uiteraard onmisbaar.

In het onderstaande wordt getracht aan te geven waar en welke gevaren er op dit punt denkbaar zijn en eventueel hoe deze kunnen worden voorkomen.

Voor dit laatste wordt tevens verwezen naar de beschrijving van de klimaatcode in paragraaf 4.

Alvorens tot bespreking van de verschil-

lende onderdelen over te gaan zijn de volgende opmerkingen van belang:

- bij de bespreking van luchtfilters wordt in deze paragraaf hun functie kort besproken. De aanbevolen basiseisen zijn vermeld in paragraaf 4, de specificaties in paragraaf 5
- de beschouwingen welke leiden tot de aanbeveling voor de richting (niet de grootte) van de drukverschillen voor een kamer met sluis zijn behandeld in paragraaf 7
- de aanbevelingen in paragraaf 4 voor de grootte van de drukverschillen tussen ruimten berusten op beschouwing van de luchtbewegingen bij open deuren in paragraaf 6
- het besluit van de Commissie Kruisinfectie op de vergadering van 2 maart 1971 te Utrecht om recirculatie in ziekenhuizen onder bepaalde voorwaarden toe te laten berust op de beschouwingen in paragraaf 2.

3.2 Onderdelen van luchtbehandelingsinstallaties

Indien wij de lucht volgen op zijn weg van buiten naar de luchtbehandelingsinstallatie (Fig. 1) tot deze lucht weer wordt afgevoerd naar buiten, ontmoeten wij achtereenvolgens de meeste van de volgende elementen:

buitenluchtrooster	luchtdistributiekanalen
buitenluchtfilter	
luchtvoorverwarmer	inblaaselementen
klepsectie	afzuigroosters
toevoerventilator	afzuigkanalen
koeler	afzuigventilator
bevochtigingssectie	klepsectie (3.2.4.)
naverwarmer	recirculatieluchtfilters
geluiddemper	eventueel warmteregenerators
nafiltersectie	afvoerrooster

Varianten op de volgorde, welke in figuur 1 is aangegeven, zijn in beperkte mate mogelijk, bijv. zoals in figuur 2.

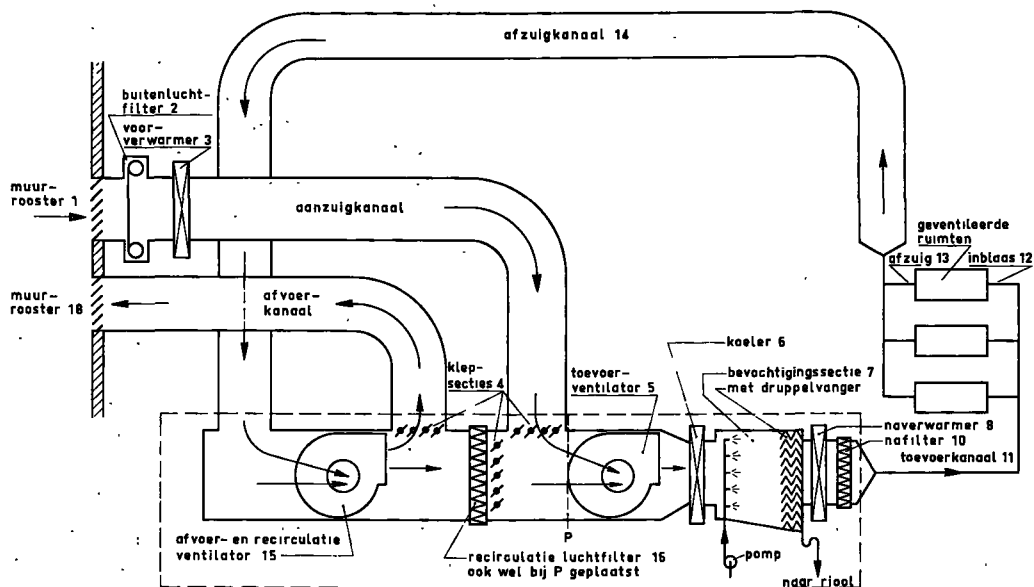
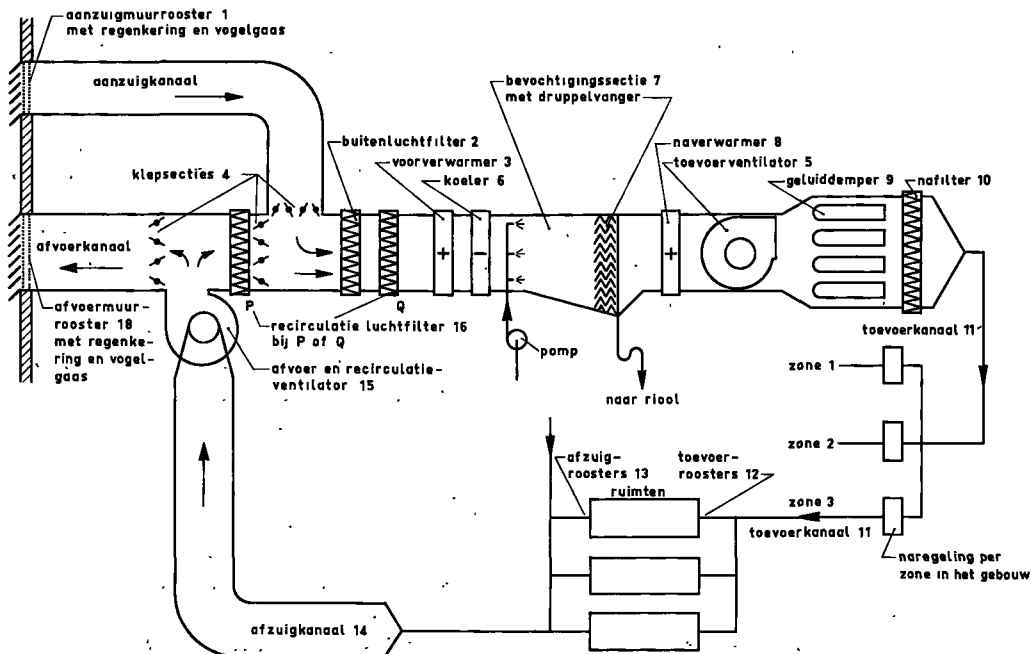


Fig. 2 Alternatief schema van een luchtbehandelingsinstallatie



3.2.1 Buitenluchtrooster

Dit moet regeninslag tegengaan. Tevens is in het rooster gaas ingebouwd met het doel vogels, muizen, bladeren e.d. tegen te houden.

3.2.2 Buitenluchtfilter

Dit dient het fijnere stof grotendeels tegen te houden, zoals vezeltjes, straatstof, roetvlokken, pluisjes e.d.

3.2.3 Luchtvoorverwarmer

Deze wordt soms vrij dicht bij het buitenluchtrooster en het buitenluchtfilter aangetroffen om te voorkomen dat 's winters zeer koude lucht over grotere afstand naar de luchtcentrale getransporteerd moet worden, hetgeen tot – vooral in een ziekenhuis ongewenste – condens aan de buitenzijde van deze leiding aanleiding kan geven.

3.2.4 Klepsectie

Door manoeuvreren met de twee of drie klepregisters wordt de verhouding tussen verse buitenlucht en recirculatielucht geregeld.

3.2.5 Toevoerventilator

Deze transporteert de lucht door de luchtcentrale en de luchtdistributiekkanalen tot in de ruimten waarvoor de lucht bestemd is.

3.2.6 Koeler

Deze koelt de lucht niet alleen, maar is tevens in staat, wanneer de buitenlucht veel vocht bevat, vocht uit de lucht uit te koelen en op die wijze te drogen. Men droogt dan niet verder dan nodig is, zodat nabevochtiging overbodig is. 's Winters zal de koeler meestal wel buiten bedrijf zijn.

De lucht is dan ook meestal te droog en wordt dan in de bevochtigungssectie bevochtigd.

In de literatuur wordt op een aantal plaatsen gewezen op het gevaar van de aanwezigheid van min of meer stilstaand water, als de behandelde of te behandelen lucht hiermede in aanraking komt.

Solberg [1] bericht dat als condens op een luchtkoeler is ontstaan, bij het weer opdrogen van de koeler, deeltjes loslaten welke kiemen bevatten, die in de natte periode zijn opgezameld.

Ook Williams e.a. [2] citeren op pag. 209 van hun boek Hospital Infection 1966 dat pseudomonas is aangetroffen op gekoelde oppervlakken waarop zich condens had gevormd. Hoewel de Commissie Kruisinfectie deze gevaren voor goed uitgevoerde installaties gering acht, meent zij toch op grond van deze literatuur een nafilter te moeten eisen na een koeler waarop condensvorming kan optreden.

Koelen is ook mogelijk door de lucht rechtstreeks in contact te brengen met gekoeld versproeid water. Aangezien men bij dit systeem het koude water zal recirculeren, hetgeen niet voldoende veilig wordt geacht (zie bijv. Whyte [3]), wordt dit systeem van koelen voor een ziekenhuis niet toelaatbaar geacht.

3.2.7 Bevochtigungssectie met druppelvanger

Voor de bevochtiging van lucht worden verschillende methoden gevolgd welke meestal neerkomen op één der volgende systemen.

De Commissie Kruisinfectie meent dat in alle gevallen waarin met water bevochtigd wordt (3.2.7. 1/3), recirculatie van het water niet toelaatbaar is, ook niet wanneer aan het water een desinfectans wordt toegevoegd.

Bevochtiging met water is wel aanvaardbaar als geen recirculatie van het water wordt toegepast en geen stilstaande plassen water kunnen ontstaan die niet voortdurend verversd worden. Ook in dit geval mag geen desinfectans aan het bevochtigingswater worden toegevoegd.

3.2.7.1 Sproeikamer

Water regent door de kamer (Fig. 3). De lucht neemt vocht op bij zijn weg door de sproeikamer. De lucht bereikt meestal geen hogere relatieve vochtigheid dan 70 à 80%. De druppels zijn groot, de

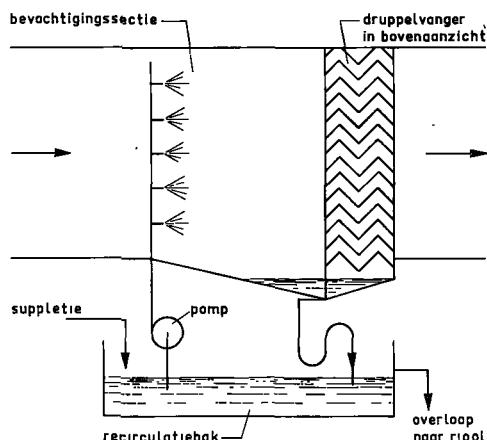


Fig. 3 Bevochtigingssectie met waterrecirculatie

vochtopname door de lucht is gering, d.w.z. in de orde van 1% van de hoeveelheid water welke wordt rondgepompt. Om het water 'vers' te houden en teveel indikking van de zouten te voorkomen wordt meer water gesuppleerd dan er verdampt; er is dus een continu verloop. De grotere druppels vallen snel naar beneden; de kleine druppeltjes worden meegedragen door de lucht en worden gevangen in een druppelvanger. Deze bestaat meestal uit een serie zigzagschotten en/of een pakket sponsachtig materiaal. De hoeveelheid water die de druppelvanger toch nog in druppelvorm passeert is meestal zeer gering, terwijl de druppeltjes zo klein zijn dat deze reeds kort na het passeren van de druppelvanger zijn verdampt. Daarbij worden de zouten zover geconcentreerd dat geen verdere verdamping meer optreedt.

Aangezien voor een ziekenhuis de recirculatie van water in een bak niet voldoende veilig wordt geacht (zie bijv. Whyte [3]), zou bij éénmalig gebruik van het water (Fig. 4) een onaanvaardbaar hoog waterverbruik ontstaan; d.w.z. dat – bij 1% rendement – voor de verdamping van elke kg water 99 kg water moet worden weggegooid.

3.2.7.2 Verstuivingskamer

Deze werkt op overeenkomstige wijze als de sproeikamer, echter met als belangrijk

verschil dat het water zeer fijn wordt verstoven, zodat met een veel geringere hoeveelheid water een betere bevochtiging van de lucht wordt bereikt, nl. in de orde van 85 à 92%. Hierbij kan worden bereikt dat van het water bij één passage 10%, 20% en meer verdampt (i.p.v. ca. 1% volgens het systeem beschreven onder 3.2.7.1).

De verstuuving kan nog op verschillende wijzen geschieden:

Directe verstuuving

Het water wordt onder verhoogde druk door verstuuvers geperst waardoor het water in zeer fijne druppeltjes wordt verdeeld.

Nadeel: de fijne verstuuvergaatjes zijn aan slijtage onderhevig en kunnen gemakkelijk verstoppingen. Regeling kan geschieden door groepsgewijs meer of minder verstuuvers te laten werken.

Bij regeling via de druk zou de druppelgrootte en het verdampingsrendement te sterk gaan variëren.

Luchtdrukverstuuving

Hierbij wordt water met behulp van luchtdruk verstoven: minder kans op verstoppingen, maar meer energieverbruik.

Roterende verstuuver

Hierbij wordt water op een zeer snel draaiende schijf gebracht waardoor het water eveneens zeer fijn wordt verdeeld.

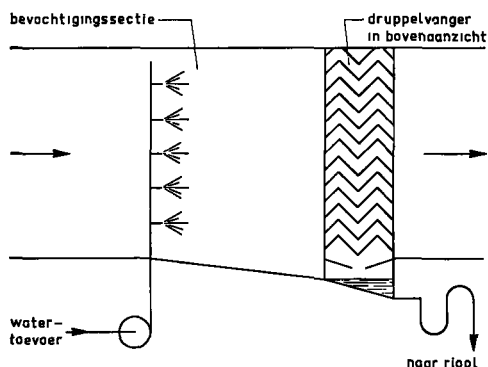


Fig. 4 Bevochtigingssectie zonder waterrecirculatie

Er is geen verstoppingsgevaar. Bij hoeveelheidsregeling blijven de druppeltjes fijn.

Toepassing van deze bevochtigingswijzen, in hoofdopzet volgens het schema van figuur 4, is onder bepaalde voorwaarden toelaatbaar. Bij wisselende mate van bevochtiging zullen de natte plekken in de druppelvanger van grootte wisselen (groter worden, opdrogen, groter worden, enz.).

Dit wordt in bacteriologisch opzicht niet als gevaar beschouwd zolang het sproeiwater maar niet wordt gerecirculeerd (in figuur 4 is recirculatie vermeden) en zolang geen stilstaande plassen water kunnen voorkomen die niet steeds door vers water worden vervangen.

Ook een uiterst geringe doorslag van de druppelvanger wordt niet als gevaar beschouwd zolang daardoor maar geen natte plekken in de kanalen ontstaan. De eventueel doorgelaten druppeltjes zijn zeer fijn, verdampen snel tot zoutstofjes en worden dan gevangen in het nafilter.

3.2.7.3 Bevochtigingspakket

Hierbij stroomt water over een pakket dat doet denken aan een soort honingraat (Fig. 5). Dit pakket wordt door de lucht doorstroomd. De lucht neemt vocht op uit het natte oppervlak van het pakket. Hierdoor komen geen fijne druppeltjes in de

lucht. Een druppelvanger is dan ook niet nodig.

Indien het bestaan van een min of meer stilstaande plas water in het pakket kan worden vermeden, moet ook deze methode voor ziekenhuisgebruik geheel aanvaardbaar worden geacht. Ook het beurtelings wat opdrogen en bevochtigt worden van het oppervlak van het bevochtigingspakket wordt in bacteriologisch opzicht niet als gevaarlijk beschouwd. Een praktijkonderzoek op dit punt wordt evenwel noodzakelijk geacht. Recirculatie van het water kan echter ook hier niet worden toegestaan.

3.2.7.4 Kathabar-systeem

Bij dit systeem wordt de bevochtiging geregeld door de lucht in contact te brengen met een recirculerende sterk hygroscopische zoutoplossing; kiemen blijven in deze oplossing niet leven. De Commissie Kruisinfectie acht dit systeem voor ziekenhuizen in bacteriologisch opzicht geheel aanvaardbaar.

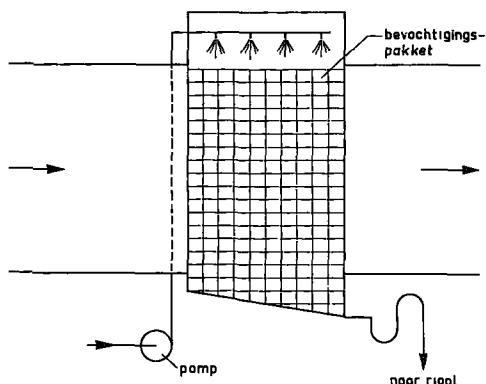
3.2.7.5 Stoombevochtiging

Hierbij wordt via een verdeelpijpsysteem stoom in de lucht gebracht. Bij de afkoeling van de stoom tijdens de vermenging met de lucht, kan over korte afstand nevelvorming worden waargenomen, welke stroomafwaarts evenwel vrij snel verdwijnt. Condens uit de stoomleiding dient vlak voor de regelklep en de 'sproei pijp' afgevoerd te worden om te voorkomen dat ook water (condens) in de lucht wordt geblazen (Fig. 6).

Een zeer geringe hoeveelheid in de lucht verstoven condens is echter geen bezwaar omdat deze een temperatuur heeft van ruim 100°C en dit water dus als steriel mag worden beschouwd. Bij juiste dimensionering kan worden voorkomen dat de nevel vaste delen treft, waarop anders natte plekken zouden kunnen voorkomen.

Onder juiste dimensionering dient te worden verstaan het kiezen van een stoombevochtiger van gerenommeerd fabrikaat welke geheel overeenkomstig de

Fig. 5 Bevochtigingssectie met bevochtigingspakket



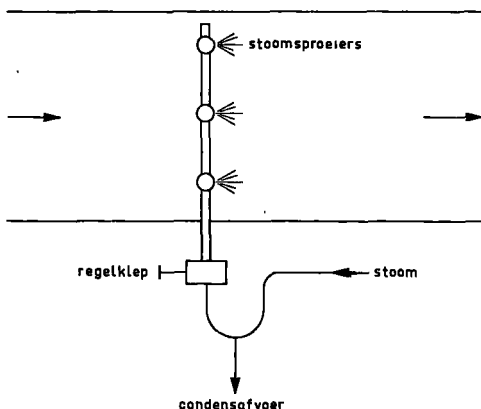


Fig. 6 Bevochtigingssectie met stoom'sproeiers'

aanwijzingen van de fabrikant wordt gemonteerd, aangesloten en gebruikt. Dit houdt o.a. in dat de stoom'sproeier' op een plaats in het luchtsysteem wordt aangebracht waar de luchtstroom gelijkmatig over de doorsnede is verdeeld en dat ook aan de afstroomzijde geen plotselinge richtingveranderingen aan de luchtstroom worden gegeven in de vorm van bochten, klepregisters of andere obstakels in het luchtkanaal.

Alleen dan kan de vorming van condensplassen, die ontoelaatbaar zijn, worden voorkomen.

Een druppelvanger wordt bij stoombevochtiging niet toegepast.

Bij stoombevochtiging wordt de lucht bij voorkeur reeds tot dicht bij de gewenste eindtemperatuur gebracht, opdat een snelle opname van de stoom (kort neveltraject) wordt bevorderd.

Dat de opwarming van de lucht door de stoom meestal gering is moge blijken uit het volgende voorbeeld:

Wordt per kg lucht van 14°C 5 gram vocht (een gemiddelde hoeveelheid) in de vorm van stoom van 100°C toegevoegd, dan stijgt daardoor de temperatuur van de lucht tot 14,8°C.

De gewenste eindtemperatuur kan vrij laag liggen als wij denken aan de zomer-toestand, waarbij de gewenste eindtemperatuur voor één der luchtkanalen van een tweekanaalsysteem bijv. bij 12°C

à 15°C kan liggen. Dit kan 's winters door de voorverwarmer (3.2.3) of 's zomers door de koeler (3.2.6) geschieden.

3.2.8 Naverwarmer

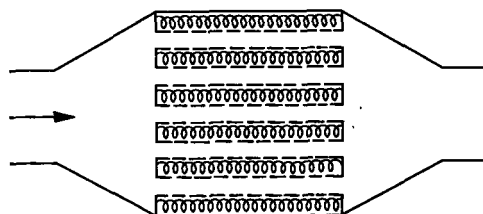
Na de bevochtigingssectie met waterverstuiving met evt. druppelvanger volgt de naverwarmer, om de lucht op inblaas-temperatuur te brengen. Bij systemen waarbij water versproeid of verstoven wordt, wordt de lucht bijv. van 14°C op 18°C of meer gebracht, om afhankelijk van het seizoen, de lucht te gebruiken voor koeling of verwarming. Bij stoombevochtiging wordt de lucht, voordat deze bevochtigd wordt, reeds vlak bij de gewenste eindtemperatuur gebracht, zodat dus bij de stoombevochtiging geen naverwarmer na de bevochtigingssectie wordt toegepast.

3.2.9 Geluiddemper

Als regel geldt dat de luchtbehandelingscentrale teveel lawaai in de vertrekken zal veroorzaken als geen geluiddempende maatregelen worden genomen. Deze kunnen bestaan in het aanbrengen van geluiddempende bekleding in de kanalen en/of het aanbrengen van een geluiddemper tussen de ventilatoren en de vertrekken. Wordt een geluiddemper toegepast dan wordt deze meestal in of vlakbij de luchtbehandelingscentrale geplaatst. Betreft het de toevoer naar de vertrekken dan kan de demper na de naverwarmer (3.2.8) worden geplaatst; en tevens bij voorkeur vóór het nafiliter (3.2.10).

De meeste geluiddempers bestaan nl. in beginsel uit een aantal min of meer evenwijdige platte dozen van geperforeerd

Fig. 7 Schema van een mengdoos op een dubbel luchtkanaalsysteem



plaatmateriaal gevuld met geluidabsorberend vezelmateriaal.

Eén der mogelijkheden is in figuur 7 aangeduid. Op den duur bestaat er enige kans dat als gevolg van drukwisselingen wat vezeltjes in de luchtstroom komen. Bij plaatsing van de geluiddemper vóór het nafilter worden deze gevangen.

Indien het nodig is om ook verderop in de leidingen geluiddempers te plaatsen, bijv. om 'overspreken' tussen vertrekken via de luchtkanalen te voorkomen, dient het uitreden van vezelmateriaal van de dempers te worden belet door middel van een dunne, maar stevige folie op de plaatsen in de leidingen, waar de hoogste eisen aan de reinheid van de lucht worden gesteld.

3.2.10 Nafiltersectie

Deze wordt na de luchtverwarmer en bij voorkeur ook na de geluiddemper geplaatst, teneinde druppeltjes die door de druppelvanger geslipt zijn, gelegenheid te geven om alsnog te verdampen. Deze verdamping verloopt snel voor deze kleine druppeltjes, nl. binnen enkele honderdsten van een seconde, zodat deze druppeltjes verdampt zijn voordat deze op het filter kunnen komen. Het filter blijft dan droog. In vele installaties voor kantoren wordt het nafilter achterwege gelaten. In luchtcentrales welke lucht leveren voor inductiesystemen wordt door sommige firma's een nafilter toegepast o.a. om afzetting van zoutstof aan de tuitjes van de inductieunits te voorkomen. Na een bevochtigingsectie die goed blijft werken is een nafilter uit oogpunt van kruisinfecties niet noodzakelijk. Er zijn echter enkele gevallen bekend (uit persoonlijke mededelingen) dat de goede werking door welke oorzaak dan ook is verloren gegaan en dat tengevolge daarvan zich ernstige infecties hebben voorgedaan. Ook de literatuur noemt enkele gevallen: Whyte [3] en Williams [2] pag. 209.

Uit veiligheidsoverwegingen moet een nafilter dan ook noodzakelijk worden geacht. Overigens kan om een zeer fijn kalkzoutneerslag in de ruimten te voorkomen een nafilter wenselijk zijn.

3.2.10.1 Filters centraal of decentraal

Onder centrale opstelling van filters wordt verstaan dat de filters zijn ondergebracht in één groep die door de totale luchtstroom van één luchtcentrale doorstroomd wordt.

Onder decentrale opstelling van filters wordt verstaan dat de filters zijn ondergebracht in aftakkingen van de hoofdstroom naar de afzonderlijke vertrekken en dichtbij of vlakbij deze vertrekken.

Bij eerste beschouwing lijkt het of plaatsing van in het bijzonder de laatste filters in de luchtstroom het beste zou kunnen geschieden zo dicht mogelijk bij het vertrek waarvoor zij bestemd zijn.

Deze decentrale opstelling heeft echter de volgende nadelen:

- de verwisseling van de filters moet vertrek voor vertrek geschieden, hetgeen deze verwisseling tot een omvangrijk werk maakt, met hinder voor de betreffende vertrekken
- voor een goede toegankelijkheid van de filters zal bij decentrale opstelling meer ruimte nodig zijn dan bij centrale opstelling
- de moeilijke toegankelijkheid bij decentrale opstelling zal het feilloos inzetten van nieuwe filters bemoeilijken
- de controle van de filters op rendement, op inbouwfouten en beschadigingen, door middel van metingen op zoveel uiteenliggende punten wordt aanzienlijk meer werk en veroorzaakt meer storing in de vertrekken
- bij ongelijke vervuiling van deze verschillende decentrale filters bestaat er grote kans dat de aanvankelijk goed ingestelde drukverhoudingen in het systeem verloren gaan
- wijziging van de bestemming van ruimten kan het veranderen van de filterhouders voor deze ruimten noodzakelijk maken
- decentrale opstelling is duurder dan centrale opstelling van de filters.

Een centrale filterbank heeft al deze nadelen niet. Een nadeel van de centrale

filterbank lijkt dat men de lucht voor alle vertrekken, aangesloten op één luchtcentrale, door het nafilter moet sturen, terwijl mogelijk niet alle vertrekken nagefiltereerde lucht nodig hebben.

Een blik op tabel 1 in paragraaf 4 leert echter dat het nodig zijn van een nafilter meer door de opbouw van de luchtcentrale wordt bepaald, dan door bepaalde extra eisen die het vertrek dan nog zou stellen.

Een tweede nadeel van de centrale filterbank lijkt dat bij storing in de drukverdeling van het luchttoevoersysteem terugstroming in de toevoerkanalen gevreesd zou moeten worden.

Nu moet terugstroming in een toevoerkanaal tijdens het bedrijf al als bijzonder extreem worden beschouwd, temeer daar bij een centrale filterbank veel meer zekerheid bestaat dat de gewenste eenmaal ingestelde drukverdeling in de tijd niet meer zal veranderen. Bovendien zal de lucht dag en nacht in dezelfde richting door de kanalen gestuurd moeten worden, 's nachts evt. op verlaagde snelheid.

3.2.10.2 Vangrendementen van luchtfilters

Zoals wij in paragraaf 4 zullen zien zijn de grenzen van 98% voor het recirculatiefilter en 99% voor een nafilter naast elkaar gehandhaafd op grond van verschillende overwegingen.

Ten eerste geldt dat het filter van 98% vangst tweemaal zoveel doorlaat als het filter van 99%. Het filter van 99% vangt dus in wezen tweemaal zo goed en zal reeds daarom duidelijk duurder zijn.

Ten tweede zal men met het iets eenvoudiger recirculatiefilter (98%) het nafilter reeds in belangrijke mate ontlasten, hetgeen voor dit duurdere nafilter zal leiden tot een aanmerkelijk langere standtijd. Het toepassen van een nafilter met een vangst van 99% voor deeltjes van 5 μm met lange standtijd vindt reeds thans ook voor kantoorgebouwen meer en meer ingang en kan dus ook voor ziekenhuizen geen buitengewone eis worden genoemd.

Voor bepaalde afdelingen, zoals de operatie-afdeling, worden hogere eisen aan het nafilter gesteld.

3.2.11 Distributiesysteem

Voor de luchtkanalen worden vele materialen gebruikt. Veel toegepast worden verzinkt plaatstalen kanalen, maar ook aluminium en andere materialen komen in aanmerking.

Bij het transport van koude lucht bestaat kans op condensatie aan de buitenzijde van de kanaalwand, maar zolang de relatieve vochtigheid en de temperatuur in het gebouw tot een dauwpunt leiden dat beneden de temperatuur van de lucht in het kanaal ligt, is geen condensatie te vrezen op de buitenzijde van het kanaal. Het is echter mogelijk dat als gevolg van vochtontwikkeling in bepaalde ruimten daar een hoger vochtgehalte en bijgevolg een hoger dauwpunt aanwezig is. In deze gevallen kan het nodig zijn om de kanalen van een warmte-isolerende laag te voorzien, afgewerkt met een dampdichte laag, om condens op de buitenzijde van de leiding (of zelfs in de isolatie) te voorkomen.

In de luchtkanalen kan zich in de loop der jaren stof verzamelen op de bodem van de kanalen. Vlak bij de kanaalwand zijn de luchtsnelheden zeer laag, zodat het stof daar niet meer door de luchtstroom wordt meegenomen, hetgeen oorzaak is dat zich op den duur een stoflaagje kan vormen. Dit laagje zal niet opnieuw in de lucht geraken. De meeste kiemen in dit stoflaagje zullen op den duur hun levensvatbaarheid verliezen.

Williams e.a. [4] zijn van mening dat er 'no evidence' is dat het stof in de toevoerkanalen een reëel gevaar inhoudt, ook al is stroomafwaarts geen filter meer aanwezig.

3.2.12 Luchtinblaaselementen

Hier zijn vele mogelijkheden aanwezig.

Er kan sprake zijn van:

- luchtroosters alleen, of roosters in combinatie met ervoor gelegen inductie-apparaten

- inductie-apparaten
- mengdozen
- naverwarmers en/of koelers.

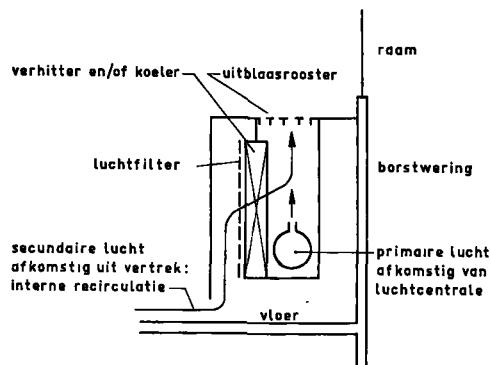
3.2.12.1 Inblaasroosters

Bij luchtroosters kan zich, ondanks de filtrering van de lucht, op den duur stof afzetten op de schoepen. Dit moet onvermijdelijk worden geacht, tenzij men alle lucht door absoluutfilters zou voeren, hetgeen onbetaalbaar is. Het stof op de roosters zal moeten worden geaccepteerd. De kans op vermenigvuldiging van gevaarlijke kiemen in dit stof moet verwaarloosbaar worden geacht zolang het stof droog blijft. Een beperkte filtrering van de lucht moet dan ook voor de meeste ruimten in het ziekenhuis voldoende worden geacht. Inblaasroosters zal men meestal vrij hoog aanbrengen. Aan de plaatsing van de inblaasroosters in een vertrek zijn echter, zowel uit luchttechnisch als hygiënisch oogpunt, zoveel aspecten verbonden dat daar in dit bestek niet verder op kan worden ingegaan.

3.2.12.2 Inductie-apparaten

Deze werken in beginsel volgens figuur 8. Bij een inductie-apparaat is de primaire lucht in beginsel buitenlucht, die via de luchtbehandelingsinstallatie aan het inductie-apparaat wordt toegevoerd. Deze lucht wordt door kleine openingen in de vorm van straaltjes uitgeblazen. Deze zuigen lucht aan uit het vertrek welke

Fig. 8 Schema van een inblaasdoos waarmede naverwarming en nakoeling van de inblaaslucht mogelijk is



lucht daarbij gedwongen wordt een koeler of verhitter te passeren. Soms wordt een filter voor het koeler-/verhitterelement geplaatst. Een nadeel van een inductie-apparaat is dat stof uit het vertrek zich in de loop der tijd op het element of op het filter kan afzetten. Dit kan dan bijv. staphylococcen en tubercelbacteriën bevatten van patiënten welke achtereenvolgens in het vertrek hebben vertoefd. Bij het loslaten van het stof op het element of bij het uitnemen van het filter (om het schoon te maken) kunnen stofplukken loslaten die dan in recirculatie komen in het vertrek, hetgeen niet gewenst is. Het schoonmaken van de filters (en de elementen) door schoonzuigen wordt alleen toelaatbaar geacht, indien dit geschiedt met een centraal stofzuigstelsel waarbij tevens de filters van de inductie-unit niet uit het apparaat behoeven te worden genomen. Voorts dient in ieder geval te worden voorkomen dat zich op de koeler incidenteel condens vormt, aangezien dit broedplaatsen voor kiemen zou kunnen opleveren.

Men dient de installatie zo te ontwerpen dat condensvorming op de koeler niet zal voorkomen; in dat geval worden koelers in inductie-apparaten acceptabel geacht. Het centrale stofzuigstelsel kan uiteraard ook elders voor huishoudelijk gebruik worden toegepast, indien dit toch op welke gronden dan ook, een noodzakelijke voorziening wordt geacht.

De ASHRAE meldt dat sinds 1974 inductie-units in gevoelige ruimten zoals de intensive care worden toegelaten, o.a. op voorwaarde dat de opening van de omkasting waardoor de secundaire lucht wordt aangezogen zich op tenminste 30 cm boven de vloer bevindt.

3.2.12.3 Mengdozen

Hierbij wordt de lucht vlak voordat deze in het vertrek treedt, samengesteld door menging van twee soorten lucht welke afkomstig zijn van twee afzonderlijke kanaalsystemen: één voor koudere lucht en één voor warmere lucht. De verhouding van de hoeveelheid koudere en

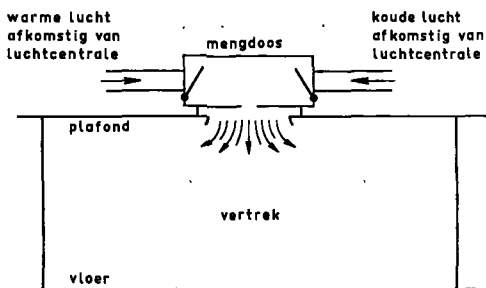


Fig. 9 Schematische doorsnede van een roterende warmteregenerator

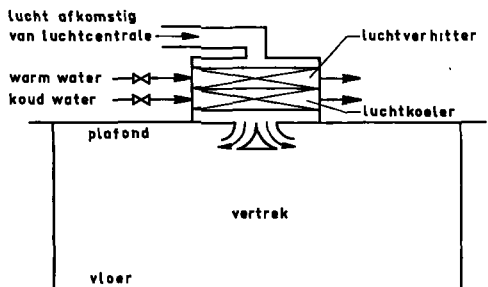
warmere lucht wordt automatisch naar behoefte geregeld (Fig. 9).

In deze mengdozen komen geen verhitters of koelers voor. Op den duur kan zich hierin wat stof afzetten omdat onder omstandigheden in bepaalde delen van de doos de luchtsnelheden laag zijn. Dit stof wordt door de Commissie Kruisinfectie niet als een reëel gevaar beschouwd.

3.2.12.4 Decentrale naverwarmers en/of koelers

Wanneer slechts één soort lucht in het gebouw wordt gedistribueerd, d.w.z. lucht met één temperatuur, kan men de temperatuur in een vertrek bijregelen door de lucht vlak voordat deze het vertrek binnentreedt wat na te verwarmen of na te koelen (Fig. 10). Hierbij is stofafzetting op de koelers en/of verhitters denkbaar. Dit stof zal echter niet afkomstig zijn uit het ziekenhuis, tenzij recirculatie wordt toegepast. Maar dan passeert de lucht recirculatieluchtfilters en soms ook het nafilter en zal dus nog geen gevaar opleveren.

Fig. 10 Doorsnede van een geluiddemper van het coulissen-type



3.2.13 Afzuigroosters.

Deze kunnen zich bevinden in de vertrek-wanden of in het plafond. In de gevallen waar de warmte-afvoer van belang is, kan men overwegen de afzuigroosters vrij hoog in het vertrek te plaatsen. Afzuiging wat dicht bij de vloer, zou het voordeel hebben dat opgewerveld stof wordt afgevoerd:

tegenover het nadeel van een verhoogde vervuilingkans van de afvoerroosters staat het voordeel dat wat meer zwevende deeltjes uit de kamer worden afgevoerd. Indien de afgezogen lucht voor recirculatie zou worden gebezigd zou afzuiging wat hoger boven het vloerniveau de hoeveelheid te vangen stof in de recirculatielucht beperken. Uit oogpunt van de vermindering van de kansen op kruisinfecties via de lucht kan de vraag of lagere of hogere plaatsing van de afzuigroosters beter is, niet worden beantwoord: het algemene patroon van de luchtbeveiligingsverdeling kan soms zowel worden bereikt met hooggelegen als met laaggelegen afzuigroosters.

3.2.14 Afzuigkanalen

Hiervoor gelden overeenkomstige opmerkingen als voor de toevoer(=distributie)-kanalen. Indien de afgezogen lucht niet voor recirculatie wordt gebruikt zou vervuiling van de afzuigkanalen niet ernstig behoeven te zijn. Indien deze lucht wel voor recirculatie wordt gebruikt moet men bedenken dat deze lucht toch eerst gefiltreerd wordt voordat deze opnieuw behandeld en in recirculatie wordt gebracht. De mogelijkheid van omkering van de luchtstroom in de afzuigkanalen moet in een ziekenhuis worden voorkomen. Maar aangezien de installaties in een ziekenhuis voor ruimten waar patiënten komen dag en nacht moeten blijven doorlopen – 's nachts eventueel op lagere snelheid – is kans op omkering alleen denkbaar ingeval van een bedrijfsstoring. In Engeland worden vaak terugslagkleppen toegepast. Deze veroorzaken soms geluid (klapperen, fluiten). Bij matig onderhoud blijven ze op den duur door

vervuiling hangen, zodat ze hun functie dan niet meer vervullen.

3.2.15 Afzuigventilator

De ingebrachte lucht stroomt niet vanzelf naar buiten.

Zonder afzuigventilator zou de overdruk in het gebouw waarschijnlijk ook te hoog worden, hetgeen onnodig lekverliezen zou opleveren door ondichtheden in de gevel.

De afzuigventilator dient voor het overwinnen van de weerstand in het afvoersysteem. Deze ventilator kan er tevens voor zorgen dat de druk in het gebouw en de diverse ruimten slechts iets hoger is dan de atmosferische druk, om binnentrekken van (bijv. koude) buitenlucht door de spleten in de gevel te voorkomen. De afzuigventilator kan tevens dienen om het deel van de lucht dat gerecirculeerd moet worden door het recirculatiefilter te voeren.

3.2.16 Recirculatieluchtfilter

Als ná de bevochtigingssectie een nafilter nodig is als gevolg van de gekozen bevochtigingsmethode, mag men het recirculatiefilter toch niet weglaten op grond van de overweging dat de recirculatielucht toch ook door de nafilter gaat. Men moet nl. voorkómen dat kiemen uit de recirculatielucht in de bevochtigingssectie kunnen komen en daar geactiveerd kunnen worden. Bij toepassen van recirculatie zal het recirculatieluchtfilter altijd nodig zijn, ongeacht het feit of er na de bevochtigingssectie een nafilter nodig is. Bij installaties voor kantoorgebouwen ontbreekt soms het recirculatiefilter, maar in een ziekenhuis is – als er sprake is van recirculatie – een recirculatiefilter een vereiste.

3.2.1/10 + 3.2.15/16 Luchtcentrale

Met een streeplijn is in figuur 1 omraamd hetgeen meestal samengebouwd is tot luchtcentrale. Deze luchtcentrale wordt tegenwoordig vrijwel altijd als geprefabriceerd apparaat vervaardigd. Daarbij komt zowel de uitvoering voor waarbij de

centrale in delen wordt aangevoerd, als de uitvoering waarbij de gehele centrale met een kraan op zijn plaats wordt gezet.

Vroeger werden de elementen, zoals ventilator, verhitters, koelers, sproeiers en druppelvangers, vaak in een bouwkundig uitgevoerde ruimte gemonteerd; deze bouwwijze is thans grotendeels verlaten.

3.2.17 Warmteterugwinning

Hieronder wordt verstaan het terugwinnen van warmte uit de naar buiten afgevoerde lucht om daarmee de van buiten aangezogen lucht op te warmen.

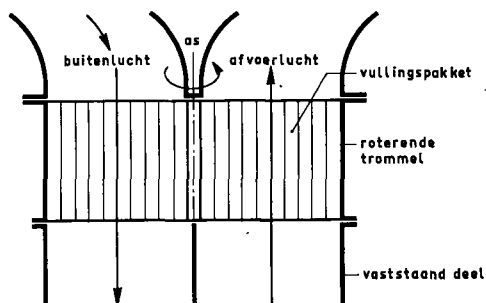
Er zijn verschillende systemen op de markt. Deze laten zich in twee groepen verdelen: de warmteregeneratoren, waarbij beurtelings afvoerlucht en buitenlucht langs eenzelfde oppervlak strijken, en de warmterecuperatoren waarbij de afvoerlucht en de buitenlucht niet met eenzelfde oppervlak in aanraking komen. Het eerste type zouden wij ook het 'open type' kunnen noemen en het tweede het 'gesloten type'.

3.2.17.1 Roterende warmteregeneratoren – open type

Van de meeste op de markt verkrijgbare regeneratoren bestaat het werkzame deel uit een vulling van materiaal met veel oppervlak.

Dit oppervlak wordt beurtelings in de ingaande en de uitgaande luchtstroom gebracht (Fig. 11). Daardoor wordt het materiaal bijv. eerst opgewarmd om daar-

Fig. 11 Schema van de werking van een zogenaamde inductie-*unit*



na in de andere luchtstroom weer af te koelen. Bij dit type is het altijd nodig de afvoerluchtstroom tot vlak in de buurt van de toevoerluchtstroom te brengen. Men onderscheidt nog regeneratoren die alleen de voelbare warmte uitwisselen en regeneratoren die ook de latente warmte (vocht in dampvorm) uitwisselen. Bij deze laatste zijn de oppervlakken bedekt met een stof welke in staat is waterdamp te adsorberen uit de vochtige lucht en weer af te staan (desorptie) aan droge lucht.

Bij de adsorptie komt warmte vrij, die het oppervlak op een hogere temperatuur brengt dan de langsstrijkende lucht, terwijl bij desorptie warmtetoevoer nodig is die aan de langsstrijkende lucht zelf wordt onttrokken.

De vochtadsorptie, welke geschiedt zonder dat natte plekken ontstaan, houdt geen gevaren in uit oogpunt van kruisinfecties.

Als een bepaald vak van de regenerator overgaat van de uitgaande naar de ingaande luchtstroom (Fig. 11) komt dus éénmaal de inhoud van dit vak weer in de ingaande luchtstroom, hetgeen (ten hoogste enkele procenten) recirculatie betekent.

Dooreen tussentijdsespoeling metschone lucht in te bouwen, welke lucht niet in het gebouw komt, kan men dit percentage recirculatie verder terugdringen tot ver beneden 1%. Dit gaat nauwelijks ten koste van enig nuttig effect van de warmteterugwinning. Bij toepassing van een regenerator kan het recirculatieluchtfilter en de tussenspoeling van de regeneratortrommel achterwege blijven als aan het volgende is voldaan:

- de recirculatiestroom van de regenerator is kleiner dan een bepaald bedrag
- tussen de regenerator en de luchtbehandelingscentrale wordt de aangezogen buitenlucht gefiltreerd met een buitenluchtfilter zoals verlangd in paragraaf 4
- na de luchtbehandelingscentrale wordt een nafilter toegepast zoals verlangd in paragraaf 4.

Warmteregeneratoren worden nog niet zo lang in ziekenhuizen toegepast. In ziekenhuizen in Zweden dateert het eerste gebruik van omstreeks 1965. In Nederland waren ze in 1975 nog niet ingebouwd. Daardoor is er nog slechts weinig kennis in hoeverre de recirculatie toeneemt in de loop der tijden, als gevolg van de slijtage van de verschillende onderdelen, zoals bijv. de lagers en de afdichting, en als gevolg van het verlopen van de drukverhoudingen in het systeem. De druk in het toevoerdeel van de regenerator moet nl. hoger blijven dan de druk in het afvoerdeel. Op dit punt is nader inzicht noodzakelijk.

3.2.17.2 Warmterecuperatoren – gesloten type

In hun eenvoudigste vorm stroomt de afvoerlucht permanent langs één zijde van een wand, en de buitenlucht langs de andere zijde van de wand. Bij dit type is het nodig de afvoerluchtstroom tot vlak bij de toevoerluchtstroom te brengen.

Men kent echter ook het systeem waarbij de afvoerluchtstroom zijn warmte eerst – via een gesloten warmtewisselaar – afgeeft aan een tussenmedium (bijv. water, of een condenserende damp) en vervolgens het tussenmedium zijn warmte uitwisselt met de aanvoerluchtstroom. Hierbij is het niet nodig de afvoerluchtstroom en de aanvoerluchtstroom in elkaars onmiddellijke nabijheid te brengen. Door de grotere vrijheid die men heeft bij de opzet van de installatie kan dit bepaalde voordelen hebben, zoals bijv. besparing op ruimte en kanaalkosten door het wegvallen van een deel van juist de grote luchtkanalen.

De systemen van het gesloten type hebben als nadeel dat de latente warmte (vocht) niet wordt uitgewisseld, maar als voordeel dat de aan- en afvoerluchtstromen streng gescheiden blijven.

Voor de meeste ruimten in ziekenhuizen acht de Commissie Kruisinfectie dit laatste echter geen zodanig voordeel dat zij enige voorkeur zou hebben voor, hetzij het gesloten, hetzij het open type.

Alleen voor die ruimten waar toepassing van het open type niet is toegestaan (d.w.z. waar code U wordt verlangd; zie par. 4) is toepassing van warmtewisselaars van het gesloten type wel geheel toelaatbaar.

3.2.17.3 Conclusie

De Commissie meent dat vanwege de hygiënische en warmte-economische voordelen toepassing van warmteterugwinning – hetzij volgens het open, hetzij van het gesloten systeem – ernstige overweging verdient.

Opmerkingen ten aanzien van het voorkomen van oncontroleerbare luchttransporten in het gebouw:

bij natuurlijke ventilatie (te openen ramen) heeft men de luchttransportrichting nergens in de hand, en kan men kruisinfecties via de lucht nauwelijks voorkomen. Recirculatie is daar principieel de normale toestand.

bij mechanische ventilatie (of airconditioning) kan men de luchttransportrichtingen wel in de hand houden zolang de installaties tenminste in bedrijf blijven. Alleen dan kunnen de drukverhoudingen en de luchttransportrichtingen tussen de verschillende ruimten worden gehandhaafd en kan terugstroming in luchtkanalen als gevolg van windinvloed en thermische krachten worden voorkomen. De installaties zullen dus dag en nacht ononderbroken in bedrijf moeten zijn. Er is geen bezwaar tegen dat 's nachts met een verlaagd luchtkwantum wordt gewerkt, mits de drukverhoudingen en de luchttransportrichtingen aan de eisen blijven voldoen.

4. KLIMAATCODE MET TABEL VAN BIJBEHORENDE EISEN.

De code die per vertrek of ruimte wordt gegeven bestaat – zoals gehanteerd door de Commissie Kruisinfectie – achtereenvolgens uit:

- een getal, dat globaal het aantal luchtwisselingen per uur aangeeft
- een hoofdletter, waaraan men kan zien voor welk deel de toegevoerde lucht ten minste uit buitenlucht moet bestaan, en in hoeverre de afgezogen lucht voor recirculatie mag worden gebruikt
- een kleine letter, die de gewenste drukligging aangeeft t.o.v. de druk in de gang van de betreffende afdeling
- een getal (de aanhangcode), dat nog naar aanvullende opmerkingen verwijst.

Bij de hierna volgende bespreking wordt telkens verwezen naar het overzicht in tabel 2, pag. 75.

Eerste getal

Dit is, zie kolom 1 in tabel 2, altijd een 3, 5, 8, 12 of 20. Het geeft globaal het aantal luchtwisselingen per uur aan, los van de vraag welk gedeelte daarvan verse buitenlucht is. De bijbehorende grenzen van het aantal luchtwisselingen zijn aangegeven in kolom 3.

Eerste hoofdletter

Hiervoor komen alleen de letters U, R of X in aanmerking. De hoofdletter U geeft aan, dat alle toegevoerde lucht uit buitenlucht moet bestaan (zie kolom 4) en dus geen gerecirculeerde lucht mag bevatten. De letter U betekent tevens, dat de afgezogen lucht naar buiten moet worden afgevoerd. Men zal dit eisen waar de recirculatie van afgevoerde lucht bijzondere risico's met zich zou kunnen brengen. Voorbeeld: de Afd. Microbiële ziekten. De hoofdletter R geeft aan dat de toegevoerde lucht recirculatielucht mag bevatten. De lucht moet echter tenminste een hoeveelheid verse buitenlucht bevatten aangegeven in kolom 4. De afgevoerde lucht mag men voor recirculatie gebruiken. Voor vele ruimten is dit toelaatbaar. De hoofdletter X geeft aan dat de afgevoerde lucht in zijn geheel naar buiten moet worden gevoerd en dus niet mag worden gebruikt voor recirculatie. De toevoerlucht mag geheel bestaan uit lucht van naburige ruimten. Voorbeelden: toi-

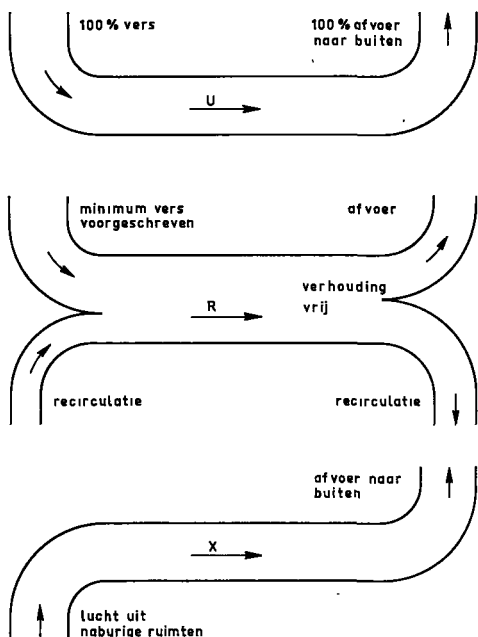


Fig. 12 Schematische verklaring van de betekenis van de code-letters U, R en X.

letten, badkamers, 'vuile' spoelruimten, werkkasten.

De betekenis van de letters U, R en X is verduidelijkt in figuur 12.

De al of niet toelaatbaarheid van recirculatie is ook nog eens in woorden vermeld in tabel 2 kolom 6.

In de tabel is in de kolommen 5, 7 en 8 tevens aangegeven aan welke eisen het buitenluchtfilter, het recirculatiefilter en het nafilter na de eventuele luchtbehandelingsinstallatie uit het oogpunt van het vermijden van kruisinfecties normalerwijze moeten voldoen.

Soms wordt nog een tweede hoofdletter, de letter F, toegevoegd aan de eerste hoofdletter, hetgeen extra filtereisen betekent eveneens aangegeven in tabel 2.

Kleine letters

Deze geven het drukniveau in de betreffende ruimte ten opzichte van de gang. Hoe verder de gebruikte letter in het alfabet staat hoe hoger het vereiste drukniveau is. De letters b, c, d enz. geven drukniveau's aan hoger dan de druk in

de gang van de afdeling. De letter a geeft een drukniveau aan lager dan de druk in de gang. In gevallen dat een nog lagere druk gewenst is wordt dit aangegeven door twee of meer letters a te gebruiken, bijv. aa = twee drukverschilniveau's lager dan de druk in de gang.

Het verschil tussen twee opeenvolgende drukniveau's dient op halve vertrekhoogte tenminste 0,2 Pascal (= ca. 0,02 mmWK) te bedragen bij gesloten deuren.

Wanneer tussen de vertrekken een temperatuurverschil Δt van meer dan 2°C kan ontstaan dient het verschil tussen twee desbetreffende opeenvolgende drukniveau's tenminste

$$0,1 \cdot \Delta t \text{ Pascal}$$

te bedragen.

Ter wille van de uitvoerbaarheid zijn hogere waarden toegelaten, waarbij echter waarden groter dan driemaal de genoemde minima worden ontraden. Een en ander is verduidelijkt in figuur 13.

Getallen na de letter(s)

Deze getallen, de zogenaamde aanhangcode (zie pagina 76), verwijzen naar aanvullende aanbevelingen of opmerkingen, die van toepassing kunnen zijn in de vele combinaties met de voorafgaande codeaanduidingen.

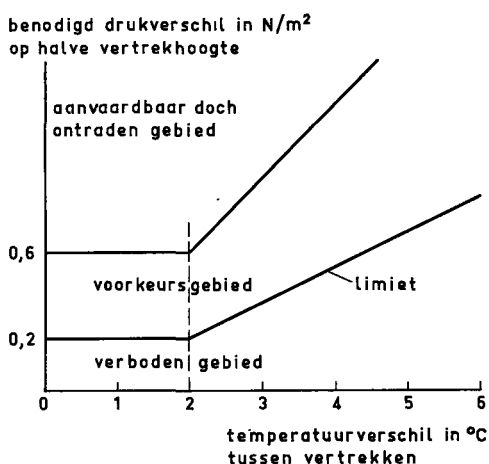


Fig. 13 Diagram voor de bepaling van de minimaal benodigde grootte van één drukniveauverschil (0,1 N/m² = 0,1 Pa = 0,01 mmWK)

Tabel 1

Combinatie	recirculatie		koeling		bevochtiging			luchtfILTER	
	geen	wel	geen	wel	geen	wel stoom	water	recirculatie	nafilter
1	+		+		+			-	-
2	+		+			+		-	-
3	+		+				+	-	+
4	+			+	+			-	+
5	+			+		+		-	+
6	+			+			+	-	+
7		+	+		+			+	-
8		+	+			+		-	+
9		+	+				+	+	+
10		+		+	+			+	+
11		+		+		+		+	+
12		+		+			+	+	+
							+		+
									+

Tabel 2

Kolom 1	2	3	4	5	6	7	8
code	bijz. opm.	totaal aantal luchtw/h	min. buitenlucht per uur	vangst % buitenl.-filter bij 5 µm	toelaatb. recirculatie	vangst % recirc.-filter bij 5 µm	vangst % nafilteer bij 5 µm
3U		3 à 4	100%	90	nee	n.v.t.	99
5U		4 à 6	100	90	nee	n.v.t.	99
8U		6 à 10	100	90	nee	n.v.t.	99
12U		10 à 15	100	90	nee	n.v.t.	99
20U		> 15	100	90	nee	n.v.t.	99
20UF		> 15	100	99	nee	n.v.t.	99,9 en 99 bij 1 µm
3R		3 à 4	2 lw/h	90	ja	98	99
5R		4 à 6	3	90	ja	98	99
8R		6 à 10	4	90	ja	98	99
12R		10 à 15	5	90	ja	98	99
20R		> 15	6	90	ja	98	99
20RF		> 15	6	99	ja	99	99,9 en 99 bij 1 µm
3X		3 à 4	0%	n.v.t.	nee	n.v.t.	n.v.t.
5X		4 à 6	0	n.v.t.	nee	n.v.t.	n.v.t.
8X		6 à 10	0	n.v.t.	nee	n.v.t.	n.v.t.
12X		10 à 15	0	n.v.t.	nee	n.v.t.	n.v.t.
20X		> 15	0	n.v.t.	nee	n.v.t.	n.v.t.
F	ver-zwaring filter-eisen	n.v.t.	n.v.t.	99	n.v.t.	n.v.t. hangt af van situatie	99,9 en 99 bij 1 µm

De letters geven de druk aan t.o.v. de druk in de gang, welke als nuldruk wordt aangehouden.

code

aa = - 2 drukniveaus

a = - 1 drukniveau

gangdruk in het algemeen 0 als referentieniveau, tenzij anders opgegeven.

b = + + 1 drukniveau

c = ++ + 2 drukniveaus

d = +++ + 3 drukniveaus

e = ++++ + 4 drukniveaus

f = +++++ + 5 drukniveaus

enz.

Deze codering met vermelding van het aantal drukniveaus is om twee redenen gevolgd:

- Deze codering in letters is reeds voor een groot aantal programma's van eisen opgegeven voordat bekend was hoe de grootte van de benodigde drukniveaus zou uitvallen.
- Mochten de inzichten t.a.v. de benodigde grootte van één druktrap zich wijzigen, dan behoeft de codering van de letters niet te worden veranderd. Slechts de grootte van één druktrap behoeft dan als wijziging te worden opgegeven.

4.1 De klimaatcode in tabelvorm

Tabel 1 geeft aan wanneer een recirculatiefilter en wanneer een nafilter nodig is voor 12 combinaties van wel of geen recirculatie, wel of geen koeling en wel of geen bevochtiging met stoom of water.

De tabellen 1 en 2 staan met elkaar in verbinding via de kolommen 7 en 8 van tabel 2, zie pagina 75

1 = Om redenen van geurverspreiding, druk -

2 = Kamer + t.o.v. de gang, sluis - t.o.v. de gang.

De W.C. mag niet bereikbaar zijn vanuit de sluis; de W.C. mag alleen bereikbaar zijn vanuit de box of de kamer.

Deuren niet tegelijk open.

Wastafel en gelegenheid voor het verwisselen van werkkleding in de sluis.

3 = Gang, onderdruk t.o.v. overige afdelingen met sluis ertussen of sluis met onderdruk tussen de afdelingen.

4 = Sluis noodzakelijk, verder geheel volgens 2.

5 = In sanitair zorgen voor mogelijkheid van een bedpanspoeler.

Elke patiënt eigen bedpan.

6 = Gang op gelijke druk met overige afdelingen.

Wel sluis tussen gang en overige afdelingen.

In sluis gelegenheid tot verkleeden.

7/8 = Deze getallen staan nog open voor nieuwe opmerkingen

9 = Evt. tijdens activiteiten tijdelijke extra afzuiging, met de extra afvoer naar buiten.

10 = Plaatselijke afzuiging bij de apparatuur.

11 = Alleen koeltechnische eisen.

12 = Indien de temperatuur beneden de 15°C komt moet de relatieve vochtigheid beneden 70% worden gehouden. Zonder vochtbeheersing zou de relatieve vochtigheid hoger kunnen worden.

13 = Constante relatieve vochtigheid, dus ook de temperatuur ongeveer constant.

14 = Kritisch vulwerk in een 'laminar flow'-kast.

15 = Vloeistofdichte drempel, metalen afzuigkanalen, enige tijd bestand tegen hoge temperaturen (brand).

16 = Indien regelmatig onderzoeken op Australië-antigeen worden gedaan, wordt aanbevolen hiervoor een aparte ruimte met afzuiging te reserveren. Hierin dan een lagere druk dan in overige laboratoria.

17 = De ventilatie moet behoudens aan comforteisen tevens voldoen aan de eisen die eventueel gesteld moeten worden door de aard van de ioniserende straling waarmede wordt gewerkt.

4.2 Voorbeelden

12Uc17 betekent:

12 – Aantal luchtwisselingen 10 à 15 (kolom 3).

U – Recirculatie niet toegestaan ('nee' in kolom 6), dus 100% buitenlucht (kolom 4)

BuitenluchtfILTER 90% 5 μm (kolom 5).

Nafilter 99% 5 μm (kolom 8), als een nafilter volgens tabel 1 nodig is.

c – Het drukniveau van het vertrek moet zijn ++ t.o.v. de gang, dus twee drukniveau's hoger dan de gang van de afdeling.

17 – De ventilatie moet tevens voldoen aan de eisen die eventueel nog gesteld moeten worden met het oog op de aard van de ioniserende straling waarmede wordt gewerkt.

5Rc2 betekent:

5 – Aantal luchtwisselingen 4 tot 6 (kolom 3).

R – Buitenluchtaandeel hierin tenminste 3 (kolom 4): recirculatie is dus toegestaan. Dit is nog eens verduidelijkt door het 'ja' in kolom 6.

De buitenlucht moet worden gefiltreerd met een buitenluchtfILTER dat deeltjes van 5 μm voor tenminste 90% vangt (kolom 5). Indien van de mogelijkheid om met recirculatielucht te werken gebruik wordt gemaakt, moet de recirculatielucht worden gefiltreerd met een filter dat deeltjes van 5 μm voor tenminste 98% vangt (kolom 7).

Als een nafilter nodig is volgens tabel 1, dient dit filter deeltjes van 5 μm voor tenminste 99% te vangen (kolom 8).

c – Het drukniveau in het vertrek moet tenminste twee drukniveau's hoger zijn dan de druk in de gang van de betreffende afdeling.

2 – Kamer + t.o.v. de gang, sluis – t.o.v. de gang. De W.C. mag niet direct bereikbaar zijn vanuit de sluis; de W.C. mag alleen bereikbaar zijn vanuit de box of de kamer.

Deuren niet tegelijk open. Wastafel en gelegenheid voor het verwisselen van werkkleding in de sluis.

5. LUCHTFILTERSPECIFICATIES VOOR ZIEKENHUIZEN

5.1 *Eisen Commissie Kruisinfectie*

Door de Commissie Kruisinfectie zijn eisen gesteld aan luchtfilters in zeven toepassingsgevallen. Voor de toepassingsgebieden en de te stellen eisen, zie tabel 3.

5.2 *'Vertaling' van deze eisen in specificaties voor in de handel verkrijgbare filters; meer algemene informatie*

De leveranciers van filters beschikken over specificaties voor hun filters die berusten op standaard testmethoden. De

Tabel 3

Omschrijving van het filter		Vangstefficiency voor deeltjes van		
		5 μm	1 μm	0,3 μm DOP test
normaal	BuitenluchtfILTER	90 %	—	—
	Recirculatiefilter	98 %	—	—
	Nafilter	99 %	—	—
bijzonder	Voorfilter voor OK toevoerlucht	99 %	—	—
	Nafilter voor OK toevoerlucht	99,9%	99%	—
	Isolatiefilter	—	—	99,97%
	Radio-actief (RA) lab. afvoerfilter (250°C)	—	—	99,97%

installatietechnicus en in het bijzonder de filtertechnicus, komen voor het probleem te staan een keuze te maken welke filters moeten worden toegepast, om aan deze medische eisen te voldoen.

In de literatuur [1, 2] zijn enkele richtlijnen aangegeven om tot een verantwoord filterkeuze te geraken als de medische eisen zijn geformuleerd. De medische en de test-specificaties zijn soms zeer moeilijk vergelijkbaar. Dit is het gevolg van het feit dat het vangrendement van een bepaald filter voor deeltjes met een bepaalde maximum afmeting – bijv. $5\text{ }\mu\text{m}$ – mede afhangt van o.a.:

- de bruto snelheid van de lucht die op het filter toestroomt
- de vorm van de deeltjes: bolletjes (nevel), onregelmatige korrels (zand, organisch stof), plaatjes (huidschilfers), staafjes of vezeltjes (textielstof).
In de stofvangtechniek is gebleken dat men voor de deeltjesgrootte beter kan werken met een fictieve afmeting die samenhangt met de valsnelheid van deeltjes in rustige lucht (aerodynamische middellijn)
- de dichtheid van de deeltjes
- de eventuele elektrische lading van de deeltjes
- de relatieve vochtigheid van de lucht, die vooral invloed heeft op de standtijd van een filter
- de stofconcentratie: hoe meer stof per m^3 hoe meer er gevangen wordt; als de hoeveelheid stof in de lucht een factor twee toeneemt wordt meestal meer dan twee keer zoveel stof gevangen, en dus minder dan twee keer zoveel doorge laten
- de mate waarin het filter reeds vervuild is; meestal vangt een vuil filter beter dan een nieuw filter, maar na sterke vervuiling kan de vangst weer slechter worden. De weerstand neemt namelijk toe, waardoor de kans op doorslag groter wordt.

In Amerika is voor het testen van buitenlucht- en recirculatieluchtfilters, d.w.z. de betrekkelijk grove tot middenklasse fil-

ters, de 'dust spot test' methode ontwikkeld. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het stof dat zich normaal in de buitenlucht bevindt. Het te testen filter wordt ingebouwd in een proefstand. Door het filter wordt de buitenlucht gevoerd. Men zuigt voor en na het te testen filter een luchtmonster af. De afgezogen luchtmonsters worden door een bepaald soort filtreerpapier geleid. Het atmosferische stof dat op dit filtreerpapier wordt gevangen veroorzaakt een zekere verkleuring. Men bepaalt de verhouding van de grootten van de af te zuigen luchtmonsters die tot een gelijke verkleuring aanleiding geven. Uit deze verhouding wordt de zogenaamde efficiency van het filter afgeleid.

Men belast daarna het te testen filter enige tijd met synthetisch stof. Dit bestaat voor 23% uit carbonblack $0,08\text{ }\mu\text{m}$, voor 72% uit zandstof en voor 5% uit katoenvezels, met een lengte van maximaal $4000\text{ }\mu\text{m}$. Men bepaalt opnieuw de 'efficiency' met atmosferisch stof.

De maximaal toelaatbare stofbelasting of weerstand wordt bepaald door de fabrikant op grond van een te sterk teruglopen van het vangrendement, of een te sterk oplopen van de luchtweerstand.

Gebleken is dat deze test, uitgevoerd op verschillende plaatsen, vrij goed reproduceerbare uitkomsten oplevert en bruikbaar is voor het karakteriseren van een filter. Maar een rechtstreekse bepaling van het vangrendement voor deeltjes van bepaalde grootte is het niet.

Daardoor is aangegeven van de dust-spot-testspecificaties voor handelsfilters welke voldoen aan de eisen van de Commissie Kruisinfectie niet anders dan bij benadering mogelijk.

De testmethoden waarbij met stof van bepaalde afmetingen wordt gewerkt lijken theoretisch beter verantwoord, maar blijken bij de uitvoering vele voorzorgen te vereisen; het teststof moet tijdens de proef worden gemaakt. Tijdens het bewaren van het stof zouden de eigenschappen kunnen veranderen, o.a. door samenklontering.

Ook bij het maken van het stof tijdens de proef met een maalmolen met bepaalde voorzieningen blijft de spreiding in deeltjesgrootte meestal toch nog vrij groot. De meeste grote Europese luchtfilterfabrikanten willen voor het testen van de matig efficiënte filters overgaan op de hierboven kort beschreven Amerikaanse dust-spot-testmethode volgens ASHRAE Standard 52-68; reprint 1972. Daarom is aan deze testmethode hier zo veel aandacht geschonken. Voor de efficiënte en zeer efficiënte filters zal in Europa de Engelse sodium-flame-test als standaard worden aanvaard.

Om de weg open te houden tot het maken van globale vergelijkingen zijn ook enkele andere testmethoden in tabel 3 opgenomen (zie pag. 77).

5.2.1 U.S.A.

Een buitenluchtfilter waar de Commissie Kruisinfectie een vangst van 90% bij 5 μm verlangt, zal met de Amerikaanse dust-spot-test een efficiency van 50% moeten halen.

Het recirculatiefilter, waar 98% bij 5 μm wordt verlangd, moet met de Amerikaanse dust-spot-test een efficiency van 80% bereiken.

Het nafilter en het operatiekamervoorfilter, welke bij 5 μm een vangst van 99% moeten bereiken, moeten met de dust-spot-test een efficiency van 90% halen. Voor het operatiekamernafilter wordt tegelijk een vangst van 99,9% bij 5 μm en 99% bij 1 μm verlangd. Een filter dat hieraan voldoet zal dan, getest met een nevel van *di-octyl-phtalaat* van 0,3 μm (de DOP test), een rendement van tenminste 95% moeten bereiken.

Het isolatiefilter en het filter voor radioactief stof moeten met de DOP-test een rendement van 99,97% behalen.

5.2.2 Duitsland

Tests kunnen worden uitgevoerd door het Staubforschungs Institut in Bonn (SFI). Voor de filters 1 t/m 4 van de Commissie Kruisinfectie kan met kwartsstof A van het SFI worden gewerkt. De

deeltjesgrootte varieert daarin van 0,05 tot 5 μm . Gravimetrisch is de helft van het stof kleiner dan 1,5 μm . De meting berust op lichtverstrooiing. Het operatiekamer luchtfilter en het isolatiefilter kunnen met de olieneveltest (0,3 tot 0,5 μm) worden beproefd. De meting berust op lichtverstrooiing.

5.2.3 Engeland

De grovere filters kunnen worden getest volgens de British Standard 2831/2 met Al_2O_3 stof met een deeltjesgrootte van 2 tot 15 μm met een gravimetrisch gemiddelde afmeting van 5 μm . De methode berust op weging.

Het operatiekamerfilter en het isolatiefilter kunnen worden getest met zoutdeeltjes (NaCl) volgens de sodium-flame-test, overeenkomstig British Standard 3298.

Gravimetrisch is de helft van de deeltjes, die 0,02 tot 2 μm groot zijn, kleiner dan 0,6 μm . De methode berust op vlamfotometrie.

5.2.4 Frankrijk

De tests worden uitgevoerd volgens het Institut National de Recherche Chimique Appliqué (IRCHA). De filters 1 t/m 4 kunnen worden getest met IRCHA kwartsstof. Dit heeft een deeltjesgrootteverdeling van 1 tot 15 μm . Gravimetrisch is de helft van de deeltjes kleiner dan 5 μm . De methode berust op weging.

De filters 5 t/m 7 kunnen worden getest met de methyleenblauwtest, welke vergelijkbaar is met de methyleenblauwtest volgens British Standard 2831/2. De methode berust op colorimetrie.

5.3 *Vergelijking met de ASHRAE-specificaties*

In de ASHRAE Guide 1974, hoofdstuk 7, 'Health Facilities' worden in ziekenhuizen voor verschillende doeleinden verschillende soorten filters aanbevolen.

(De ASHRAE Guide, welke mogelijkheden en aanbevelingen geeft voor installaties, moet men niet verwarren met de ASHRAE Standard 52-68, reprint

Tabel 4

kolom 1	2	3	4
soort filter	vangst bij 5 μ m	ASHRAE filterspecificatie die voldoet aan de eisen: v/d Comm. Kruisinfectie	v/d ASHRAE Guide 1974
buitenluchtfiler	90%	50% dust spot test	80% dust spot test
recirculatiefilter	98	80 dust spot test	90 dust spot test
nafilter	99	90 dust spot test	90 dust spot test
operatiekamervoorfilter	99	90 dust spot test	90 dust spot test
operatiekamernafilter	99,9	95 DOP test	95 DOP test
isolatiefilter	—	99,97 DOP test	99,97 DOP test
RA filter	—	99,97 DOP test	99,97 DOP test

1972, die alleen filtertestprocedures vastlegt.)

De aanbevelingen van de Commissie Kruisinfectie laten zich met die van de ASHRAE Guide 1974 op overzichtelijke wijze vergelijken in tabel 4.

Bij vergelijking van de kolommen 3 en 4 blijkt dat er alleen verschil in eisen is bij de eerste twee filters: de ASHRAE Guide 1974 eist voor het buitenluchtfiler en het recirculatiefilter een betere vangst dan de Commissie Kruisinfectie. Vermoedelijk berusten de hogere eisen van de ASHRAE niet op bacteriologische, maar op andere overwegingen (bijv. beperking van de zichtbare vervuiling).

Verder blijkt uit het overzicht dat het schijnbaar kleine verschil in vangst van het recirculatiefilter en het nafilter voor deeltjes van 5 μ m (98 resp. 99%) een sprekender verschil in efficiency oplevert bij de dust-spot-test (80 resp. 90%).

Het feit dat de ASHRAE Guide voor deze filters dit onderscheid maakt kan als aanwijzing worden gezien niet al te licht uit standaardisatie-overwegingen de eisen voor het recirculatiefilter op te trekken tot die voor het nafilter.

Met het operatiekamervoorfilter bedoelt de ASHRAE een filter dat ten doel heeft de standtijd van het nafilter te vergroten. De ASHRAE heeft dit voorfilter nog in 1971 voorgeschreven. In de uitgave 1974 beperkt de ASHRAE zich tot slechts het noemen van de mogelijkheid. Wellicht vindt dit zijn grond in het feit dat het eventueel toepassen van zulk een voor-

filter thans meer door economische overwegingen bepaald wordt. Het is nl. niet zeker dat de extra kosten voor het voorfilter, de daarvoor benodigde ruimte en het energieverbruik veroorzaakt door de voorfilterweerstand opwegen tegen de besparing als gevolg van de langere standtijd van de nafilter.

De Commissie Kruisinfectie bedoelt met het operatiekamervoorfilter een filter dat vóór de luchtbehandeling van de operatie-afdeling aanwezig moet zijn, onverschillig of sprake is van het gebruik van 100% buitenlucht of van het gebruik van recirculerende lucht. Het operatiekamervoorfilter in de betekenis van de Commissie Kruisinfectie kan dan ook niet worden gemist.

5.4 Controle van geïnstalleerde filters tijdens bedrijf

Na het installeren van de filters is het van belang te controleren of de filters voldoen aan het verlangde vangrendement, of er geen lekken in de filters zijn, en of de filters lekvrij in de filterkasten zijn gemonteerd. Deze controle wordt helaas nog maar zelden verricht.

5.4.1 Controle vangrendement filtermateriaal

Als men weet dat veel van de standaardtestmethoden berusten op metingen in een laboratoriumopstelling, zal het duidelijk zijn dat men het filtermateriaal na montage in een installatie niet met deze standaardtestmethoden zal kunnen con-

troleren. Er is echter apparatuur op de markt gekomen waarmee de filters in situ gecontroleerd kunnen worden, onder meer de 'Royco Particle Counter'.

Deze zuigt een luchtmonster aan en telt dan continu het aantal passerende deeltjes in dit luchtmonster voor zover deze deeltjes in een bepaalde deeltjesgrootte-klasse vallen. Een exemplaar van dit instrument is aanwezig o.a. in de Afd. Binnenlucht van het Instituut voor Milieuhygiene en Gezondheidstechniek TNO te Delft. Dit exemplaar is uitgerust met voorzieningen om deeltjes te tellen in de volgende grootteklassen:

0,3 – 0,5 μm

0,5 – 1,4 μm

1,4 – 3 μm

3 – 5 μm

> 5 μm

Met het apparaat kan beurtelings voor en na het filter het aantal deeltjes per volume-eenheid lucht worden geteld, waaruit dan het vangrendement volgt. In tabel 5 is in de laatste kolom aangegeven welke vangrendementen in bepaalde deeltjesgrootte-klassen moeten worden gehaald om zeker te zijn dat aan de eisen van de Commissie Kruisinfectie is voldaan.

In de laatste kolom van tabel 5 zijn voor de eerste vijf filters twee eisen gegeven. Om het bij de deeltjesteller benodigde aantal meethulpmiddelen te beperken is de bepaling opgenomen dat het voldoende is als aan één der eisen voldaan is. Men kan dan voor het testen van alle filtertypen volstaan met twee meetgebieden:

3 – 5 μm en 0,3 – 0,5 μm , of

1,4 – 3 μm en 0,3 – 0,5 μm .

Voor de filters 1 t/m 4 zullen in vele gevallen van nature reeds voldoende deeltjes in de lucht aanwezig zijn om de metingen te kunnen uitvoeren.

Voor de filters 5 t/m 7 zal men als regel gebruik moeten maken van een olienevel-generator. Een dergelijke generator is in de handel. Hiermede wordt een olienevel vóór het te testen filter in het luchtkanaal toegevoerd.

5.4.2 Controle op lekken van de filters

Een deeltjesteller kan uiteraard ook worden gebruikt om lekken op te sporen. De luchtsnelheid in de aanzuigkap moet dan bij voorkeur gelijk zijn aan de luchtsnelheid bij het filter. Tast men met de kop het filter af aan de afstroomzijde van het filter dan zal bij een lek de uitslag enorm toenemen.

Controle op lekken is ook mogelijk met een Tyndallometer die goedkoper is. Dit instrument levert een tot bijna een punt convergerende lichtbundel. De lichtverstrooiing in het convergentiepunt kan worden gemeten. Als men, bijv. via een kijkvenster of fotomultiplier met versterker de bundel kan waarnemen is het vinden van een belangrijk lek niet moeilijk.

5.5 Enkele belangrijke punten

- Door het gebrek aan standaardisatie van filtertestmethoden over de wereld ontbreekt een goede vergelijkingsmogelijkheid. Hieraan wordt echter in Europees verband gewerkt.
- In de tabel 4 is, ondanks deze soms grote onzekerheden, naar beste weten een keuze gedaan die in ieder geval *een filterkeuze mogelijk* maakt.
- Controle voor filters in situ wordt veel te weinig gedaan, dient sterk te worden gestimuleerd, en is met geschikte apparatuur goed uitvoerbaar.
- Het verdient aanbeveling deze controles met geschikte apparatuur regelmatig te laten uitvoeren door een onafhankelijke instantie, zoals een overheidsinstantie of een streeklaboratorium voor de volksgezondheid.

6. DE DRUKVERSCHILLEN NODIG TUSSEN VERSCHILLENDE RUIMTEN

Wil men ongewenste luchttransport-richtingen tussen ruimten voorkomen dan zal men tenminste een bepaald drukverschil tussen deze ruimten moeten handhaven.

In een vroegere studie van Ir. H. B. Bouw-

Tabel 5

Filtereisen van de Commissie Kruisinfectie			FILTERSPECIFICATIES WELKE VOLDOEN AAN DE EISEN VAN DE COMMISSIE KRUISINFECTIE			Test in situ met deeltjesteller ³ % d in µm
Filterbenaming	%	Minimum vangsteis d in µm	U.S.A. ASHRAE standard 52-68 1972	Duitsland Staub Forschungs Institut	United Kingdom British Standard	Frankrijk IRCHA
1 Buitenluchtfilter ¹	90	5	50% Dust spot test Medium efficiency grade filter	50% SFI kwartsstof A 1,5 µm filterklasse A2	90% BS 2831/2 Al ₂ O ₃ teststof 5 µm	90% Ircha-kwarts J 5 µm
2 Recirculatiefilter ²	98	5	80% Dust spot test Medium efficiency grade filter	80% SFI kwartsstof A 1,5 µm filterklasse B2	98% BS 2831/2 Al ₂ O ₃ teststof 5 µm	98% Ircha-kwarts J 5 µm
3 Nafilter	99	5	90% Dust spot test Medium efficiency grade filter	90% SFI kwartsstof A 1,5 µm filterklasse C	99% BS 2831/2 Al ₂ O ₃ teststof 5 µm	99% Ircha-kwarts J 5 µm
4 Operatiekamer voorfilter	99	5	90% Dust spot test Medium efficiency grade filter	90% SFI kwartsstof A 1,5 µm filterklasse C	99% BS 2831/2 Al ₂ O ₃ teststof 5 µm	99% Ircha-kwarts J 5 µm
5 Operatiekamer nafilter	99,9 en 99	5 1	95% DOP test High efficiency filter	98% SFI olieneveltest Schwebstoffilter Sonderstufe S	BS 3298 98% Sodium flame test 0,6 µm	98% methyleenblauw- test
6 Isolatiefilter	99,99 of 99,97	0,5 0,3	Ultra high efficiency filter 99,97% DOP test 0,3 µm	99,99% SFI olienevel- test Schwebstoffilter Sonderstufe S	BS 3298 99,99% Sodium flame test 0,6 µm	99,99% methyleen- blauwtest
7 RA filters bestand tegen 250 °C	99,99 of 99,97	0,5 0,3	Ultra high efficiency filter 99,97% DOP test 0,3 µm	99,99% SFI olienevel- test Schwebstoffilter Sonderstufe S	BS 3298 99,99% Sodium flame test 0,6 µm	99,99% methyleen- blauwtest

¹ Een dust spot test efficiency van 80%, overeenkomstig de ASHRAE aanbevelingen, verdient op andere dan bacteriologische gronden overweging.

² Een dust spot test efficiency van 90%, overeenkomstig de ASHRAE aanbevelingen, verdient op andere dan bacteriologische gronden overweging.

³ Indien in deze kolom twee eisen genoemd staan kan het filter geacht worden te zijn goedgekeurd als aan een der beide eisen voldaan is. De teller moet voldoen aan ASTM standard F50.

man (publ. 437 van het IG-TNO), voorgedragen op de TVVL-TNO dag 1972, is uitvoerig op dit onderwerp ingegaan.

Voor een deur van $0,8 \times 2 \text{ m}^2$ werden de luchttransporten voor een aantal situaties berekend. Eerst werd het transport berekend in het geval dat op elke hoogte boven de vloer het temperatuurverschil ter weerszijden van de open deur 1°C bedraagt, waarbij van buitenaf geen lucht wordt toe- of afgevoerd. In dit geval passeert door de bovenhelft van de deuropening een luchtstroom van ca. $350 \text{ m}^3/\text{h}$ in de ene richting, en een even-grote stroom door de benedenhelft in de andere richting. Zie figuur 14.

Wordt aan een der vertrekken lucht toegevoerd dan ontstaat tussen de stroom door de deuropening in de ene richting en de stroom in de andere richting een verschil, gelijk aan de toevoer in een der vertrekken. Om over de gehele deur-

opening één richting te verkrijgen is bij 1°C temperatuurverschil reeds een luchtstroom van ca. $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ nodig. Zie figuur 15.

Door verstoringen, bijv. als gevolg van restsnelheden van de luchtinvoer, is in werkelijkheid een nog grotere luchtstroom nodig, zoals Whyte [2] ook experimenteel heeft aangetoond.

De conclusies uit de studies kunnen dan ook zijn:

- er treden reeds bij kleine temperatuurverschillen grote luchtstromen door een open deur op
- in een ziekenhuis moeten de deuren daarom gesloten worden gehouden
- éénrichtingsstroming in de deuropening kan slechts worden bereikt met zeer grote luchtstromen, d.w.z. in de orde van $2000 \text{ m}^3/\text{h}$, welke voor algemene toepassing economisch niet verantwoord zijn

Fig. 14 De drukverdeling en de luchtstroming over een deuropening bij een temperatuurverschil van 1°C , in het geval dat van buitenaf geen lucht aan de vertrekken wordt toe of afgevoerd

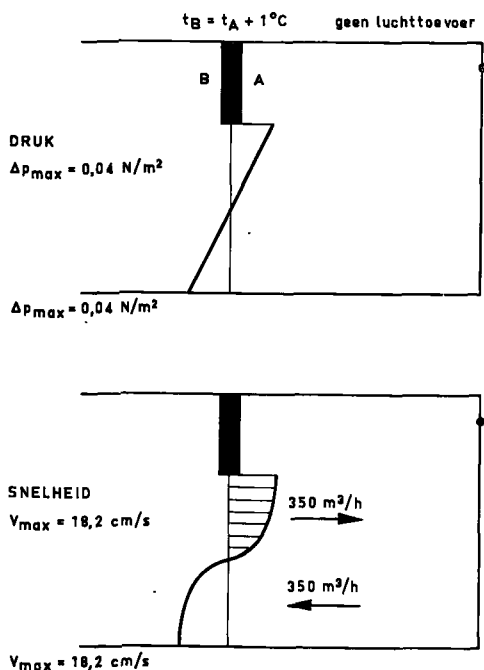
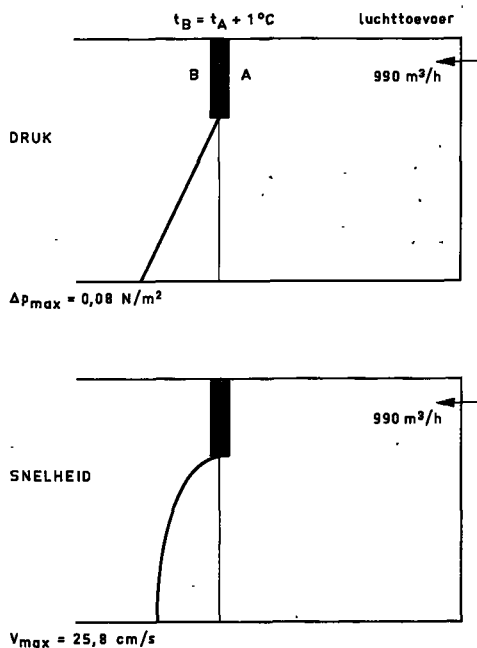


Fig. 15 De drukverdeling en de luchtstroming over een deuropening bij een temperatuurverschil van 1°C , in het geval dat aan één der vertrekken van buitenaf zoveel lucht wordt toegevoerd dat juist geen terugstroming in de deuropening meer optreedt



- indien men ook bij gesloten deuren een luchtstroom in ongewenste richting door kieren in deurkozijnen, wanden, plafonds wil voorkomen is een drukverschil nodig dat af te lezen is uit figuur 13 in paragraaf 4.

Het zodanig ontwerpen van een installatie dat de gewenste minimale drukverschillen juist worden gehandhaafd zal op praktische gronden nauwelijks mogelijk zijn. Bovendien biedt het meten van een drukverschil van 0,2 Pa reeds praktische moeilijkheden.

Daarom zijn ook grotere drukverschillen toegelaten. Drukverschillen welke veel meer dan drie maal zo groot zijn dan het vereiste minimum zijn aanvaardbaar, maar verhogen het transport van ruimte tot ruimte hetgeen minder gewenst is.

In ontwerp en uitvoering van de installaties dienen voorzieningen te zijn opgenomen, die het mogelijk maken de in de praktijk altijd enigszins schommelende drukverschillen tussen de ruimten waarvoor drukverschillen zijn voorgeschreven, incidenteel of voor kritische afdelingen zelfs continu, tegelijkertijd te kunnen vaststellen.

Voor het ontwerp van de installaties waarmee de gewenste drukverschillen moeten worden gehandhaafd, zal het gebruik van een digitale computer of een analoge computer (ventilatie-analogon) noodzakelijk kunnen zijn.

Uit het voorgaande volgt dat grotere temperatuurverschillen tussen naast elkaar liggende ruimten ook grotere drukverschillen tussen deze ruimten nodig maken. Dit betekent, dat bij grotere temperatuurverschillen de bouw lekdichter dient te worden uitgevoerd en/of dat met grotere luchthoeveelheden moet worden gewerkt. Grotere drukverschillen leiden tevens tot grotere luchttransporten door lekken in wanden, hetgeen uit oogpunt van het voorkomen van kruisinfecties via de lucht niet gewenst is.

Gestreefd dient dus te worden naar het benaderen van de aanbevolen drukverschillen per druktrap.

Op grond van deze overwegingen moet

dus ook worden gestreefd naar beperking van de temperatuurverschillen (tot max. ca. 2°C), hetgeen o.a. betekent dat men niet moet streven naar verschillende temperaturen voor de gangen en vertrekken. Goed samenspel tussen de verwarmings-technici en luchttechnici bij ontwerp, uitvoering en bedrijf (technische dienst) is noodzakelijk.

Bij sterke temperatuurschommelingen in het gebouw over een etmaal zullen de temperaturen in de verschillende vertrekken niet in fase verlopen, hetgeen zal leiden tot hogere maximale temperatuurverschillen, hetgeen – zoals reeds gezegd – niet gewenst is.

Deze schommelingen kan men binnen de perken houden door de installaties te voorzien van een niet te beperkt vermogen met een goed werkende regelinstallatie. Ook het toepassen van aanmerkelijk lagere temperaturen in de nacht (meer dan 3°C lagere) is op grond van dezelfde overwegingen ongewenst.

De drukken in de code zijn aangegeven, *er van uitgaande dat de druk in de gang als nuldruk wordt gekozen*. Indien voor bepaalde afdelingen als geheel een hogere druk is gekozen ten opzichte van andere afdelingen, is de gangdruk hoger gekozen; in dat geval is de grootte van de gangdruk t.o.v. de gangdruk van deze andere afdelingen afzonderlijk vermeld. Bij natuurlijke ventilatie (te openen ramen) heeft men de luchttransportrichting nergens in de hand, en kan men kruisinfecties via de lucht nauwelijks voorkomen.

Bij mechanische ventilatie (of airconditioning) kan men de luchttransportrichtingen wel in de hand houden zolang de installaties tenminste in bedrijf blijven. Alleen dan kunnen de drukverhoudingen en de luchttransportrichtingen tussen de verschillende ruimten worden gehandhaafd en kan terugstroming in luchtkanalen als gevolg van windinvloed en thermische krachten worden voorkomen. De installaties zullen dus dag en nacht ononderbroken in bedrijf moeten zijn.

Er is geen bezwaar tegen dat 's nachts met

een verlaagd luchtkwantum wordt gewerkt, mits de drukverhoudingen en de luchttransportrichtingen aan de eisen blijven voldoen.

7. DE PLATTEGROND VAN EEN ISOLATIEKAMER

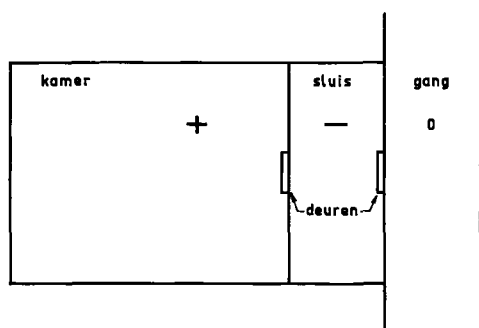
Hierbij kan sprake zijn van 'normale' of van 'omgekeerde' isolatie.

In een vroegere studie van ing. W. F. de Gids (publ. 435 van het IG-TNO) voorgedragen op de TVVL-TNO-dag 1972, is een uitvoerige analyse gegeven hoe de plattegrond van een isolatiekamer er uit moet zien. Daarbij bleek dat ook als men een ingewikkelde plattegrond accepteert men toch geen strikte isolatie kan bereiken. Onder strikte isolatie dient te worden verstaan dat geen enkele overdracht meer kan plaatsvinden van kiemen van de patiënt naar andere personen of van de omgeving naar de patiënt.

Wel bleek het mogelijk met éénzelfde plattegrond en éénzelfde drukligging van de ruimten tegelijk een redelijke mate van 'normale' en 'omgekeerde', d.w.z. universele, isolatie te bereiken.

Dit is het geval met de situatie in figuur 16 waarin de gangdruk nul is, in de sluis een onderdruk wordt onderhouden en in de kamer een overdruk. Voor verdere bijzonderheden zie genoemde publikatie.

Fig. 16 Aanbevolen drukverdeling voor een kamer met sluis aan de gang.
Een toilet mag alleen rechtstreeks vanuit de kamer bereikbaar zijn, niet vanuit de sluis. In de sluis gelegenheid tot wisselen van kleding, en wasgelegenheid



8. PARTIËLE EN STRIKTE ISOLATIE VAN PATIËNTEN

In de meeste gevallen is een zekere mate van isolatie (partiële isolatie) voldoende. Er zijn echter ook gevallen waarin de overdracht van reeds weinig kiemen een ernstige infectie tot gevolg kan hebben.

Een hoge mate van normale isolatie zal gewenst zijn voor patiënten die een gevaarlijke besmettelijke ziekte hebben, bijv. pokken.

Een hoge mate van omgekeerde isolatie zal gewenst zijn voor patiënten die door bepaalde omstandigheden zeer vatbaar zijn: patiënten wier weerstand moet worden weggenomen om een orgaantransplantatie mogelijk te maken, of bij ziekten (leucaemie) of ongevallen (ernstige brandwonden) waarbij de weerstand door andere oorzaken sterk verlaagd is. Voor deze patiënten komt een patiëntisolator in aanmerking. Lucht- en kiemtechnisch gesproken ligt de patiënt hierin volledig van de buitenwereld geïsoleerd, achter doorzichtige wanden en gordijnen. De verpleging geschiedt via in de isolator ingebouwde handschoenen.

Dergelijke isolatoren hebben hun eigen luchtcirculatiesysteem met hoogwaardige luchtfilters. Een dergelijke isolator kan in een (ruime) verpleegkamer worden geplaatst. Het is dan wel zaak dat in deze ruimte het aantal luchtwisselingen groter dan normaal is om een aanvaardbaar binnenklimaat in het vertrek en in de isolator te kunnen handhaven.

9. KEUZE VAN DE KLIMAATCODE

In deze paragraaf is aangegeven welke gedachtengang is gevolgd bij de keuze van de klimaatcode voor de vele verschillende ruimten in een ziekenhuis.

Een juiste keuze van de klimaatcode voor een ruimte is pas mogelijk als *geïnventreerd* is wat er normalerwijs gesproken *te verwachten is dat er in die ruimte zal gebeuren*.

Bijvoorbeeld:

Zijn er veel of weinig mensen?

Zijn die er slechts kort of langere tijd?

Wat voor mensen zijn er te verwachten?

Zullen daar regelmatig 'strooiers' bij kunnen zijn?

Moet de ruimte meer als een schone of meer als een vuile ruimte worden beschouwd?

Kunnen er geuren ontstaan?

Is er dampontwikkeling te verwachten?

Wordt er meer dan normaal warmte ontwikkeld?

In het algemeen wordt voor patiëntenruimten een aantal van 3 à 4 luchtwisselingen per uur voldoende geacht, waarvan er tenminste twee uit verse lucht dienen te bestaan.

Gedeeltelijk recirculeren is dus toegestaan: ventilatiecode 3R.

Verder zullen patiëntenruimten meestal onder lichte overdruk t.o.v. de gang worden gehouden: code b. Totaal dus: 3Rb.

Als de patiënten strooiers zijn van ongewenste kiemen wordt een hoger aantal luchtwisselingen verlangd, 4 à 6 maal per uur, maar recirculatie blijft toegestaan: ventilatiecode 5R.

Vanwege het strooien wordt echter een lichte onderdruk verlangd: drukcode a. Zo nodig wordt gewerkt met een sluis tussen gang en kamer, in welk geval de kamer dan toch een lichte overdruk houdt: drukcode b, en de sluis op onderdruk wordt gehouden t.o.v. de gang: totaal 5Rb2.

Door de onderdruk in de sluis werkt de sluis isolerend naar twee kanten (sluis aanhangcode 2; zie ook paragraaf 7). Absolute of strikte isolatie is dit overigens nog geenszins.

Betreft het ruimten met strooiers van zeer ongewenste kiemen (bijv. Afd. Microbiële Ziekten) dan blijft een 4 à 6 voudige luchtwisseling voldoende, maar recirculatie is dan niet meer toegestaan. Er moet dus met 100% buitenlucht worden ge-

werkt. Onderdruk is dan nodig om verspreiding van kiemen tegen te gaan, totaal 5Ua.

Als het handhaven van een bepaalde drukligging belangrijk is zal dit meestal alleen mogelijk zijn met wat meer lucht, zodat dan in vele gevallen tenminste ventilatiecode 5R of anders 8R of 12R wordt verlangd, dus 4 à 6, 6 à 10 of zelfs 10 à 15 luchtwisselingen per uur.

Voor behandelkamers zal men meestal onderdruk kiezen: drukcode a. Omdat er telkens verschillende patiënten worden behandeld, waarbij strooiers kunnen zijn, waarbij vaak kleding gedeeltelijk of geheel wordt uitgetrokken, wordt een aantal luchtwisselingen van 4 à 6 verlangd: ventilatiecode 5Ra. Recirculatie wordt niet bezwaarlijk geacht omdat de verdunning groot is en de te recirculeren lucht toch nog tenminste één filter passeert voordat deze opnieuw in een ruimte terugkomt.

Ook voor een opnamekamer voor een patiënt die nog moet worden onderzocht, van wie de artsen dus nog niet weten wat hij heeft, wordt code 5Ra gekozen.

Is er ernstige vrees voor besmettelijkheid, dan de patiënt rechtstreeks opnemen in een isolatiekamer met sluis: code 5Ua2.

Bevat de lucht, afgezogen uit ruimten, in vrij grote hoeveelheden ongewenste geuren, vocht, en/of min of meer gevaarlijke kiemen, dan deze lucht naar buiten afvoeren: code X.

Voorbeelden: toiletten, badkamers, spoelruimten, pantries, kleine keukens. Voor grote keukens, waar geen recirculatie wordt toegepast, is 100% toevoer van verse lucht nodig, bijv. 12Ua of 20Ua.

De onderdruk voor de ruimten met code X mag men bewerkstelligen door alleen af te zuigen. Voldoende luchttoevoer kan worden verkregen uit belendende ruimten door bijv. een rooster in de wand of de deur, of voldoende ruimte tussen de onderkant van de deur en de vloer.

Toiletten en badkamers worden afgezogen, in het algemeen met lucht uit de belendende ruimte of ruimten, d.w.z. meestal met lucht uit de gang, de garde-

robe of de aansluitende patiëntenkamers, terwijl de afgezogen lucht naar buiten wordt afgevoerd, d.w.z. niet wordt gerecirculeerd, dus bv. code 5Xa of 8Xa.

Spoelruimten zullen meestal ook onder onderdruk worden gehouden. Is de spoelruimte klein, en bijv. als het ware opgenomen in een patiëntenruimte, dan kan de spoelruimte worden geventileerd volgens 5Xa, of als toilet: 8Xa. Is de spoelruimte groter, en kan deze als aparte ruimte worden gezien en is recirculatie toelaatbaar, dan kan drukcode a worden gekozen, terwijl het aantal luchtwisselingen ook meestal hoger dan het minimum zal worden gekozen, dus tenminste ventilatiecode 5Ra, d.w.z. 4 à 6 luchtwisselingen per uur.

Betreft het een 'vuile' spoelruimte, d.w.z. waar bijv. wel ongewenste kiemen, geuren en/of dampontwikkeling verwacht moeten worden dan is recirculatie niet toegestaan en moet de afgezogen lucht dus rechtstreeks naar buiten worden gevoerd: code Xa, ten minste 5Xa.

Voor kleine keukens of pantries, waar geen warme maaltijden worden bereid, maar wel incidenteel een kant-en-klaar-maaltijd wordt opgewarmd of waar warme dranken worden bereid, is matige ventilatie en onderdruk voldoende: code 5Ra. Overwogen kan worden via een drukknop-tijdrelais incidenteel extra af te zuigen tijdens damp- en geurverwekkende activiteiten. (aanhangcode 9). Ook voor incidenteel gebruikte ruimten, zoals een kantine of conferentieruimte, zou men toepassing van dit systeem kunnen overwegen. Bij tijdelijk verblijf van personeel, bijv. maximaal een half uur, is code 3R meestal voldoende: voor rokers drukligging a kiezen, voor niet-rokers drukcode b; eventueel tijdelijk extra afzuigen: aanhangcode 9.

Lucht, ingeblazen in de schoonste ruimte zal men vaak zonder bezwaar van daar naar minder schone ruimten kunnen laten overstromen. Een voorbeeld van een schone ruimte is bijv. de opslag van schone goederen.

Voor enigszins vuile ruimten – ook vochtige ruimten moeten als zodanig worden beschouwd – onderdruk kiezen. Hoe vuiler hoe meer onderdruk.

Voorbeelden:

behandelkamer: code a

toiletten en werkkasten: code Xa of Xaa.

Voor spreek-, administratieve, studie- en andere werkrumten voor artsen, assistenten, verplegend personeel e.d., kan men meestal volstaan met code 3Rb, tenzij er ook behandelingen van patiënten te verwachten zijn die een andere code wenselijk maken.

Voor de drukligging van naast elkaar gelegen via een deur of luik met elkaar in verbinding staande ruimten kan men stellen: hoe schoner de ruimte moet zijn, hoe hoger de druk. Voor alle betrekkelijk schone ruimten overdruk kiezen.

Het heeft zin de luchthoeveelheid, die voor een bepaalde ruimte volgt uit een bepaalde ventilatiecode, te vergelijken met enkele dikwijls gehanteerde minimum verse luchthoeveelheden per persoon.

Voor patiënten wordt vaak $70 \text{ m}^3/\text{h}$ als basis gehanteerd; ligt een patiënt in een vertrek van bijv. $3 \times 4 \times 3 = 36 \text{ m}^3$, dan is daarmee het aantal luchtwisselingen wat aan de krappe kant, nl. minder dan 2, hetgeen leidt tot bijna stilstaande lucht en soms tot een niet geheel frisse atmosfeer. Aangezien men deze atmosfeer niet kan verdrijven door het even openen van een raam (de ramen kunnen niet worden geopend) is het juister om te streven naar het aantal luchtwisselingen van 3 à 4 overeenkomend met ventilatiecode 3R.

Voor conferentieruimten wordt wel gehanteerd $30 \text{ m}^3/\text{h}$ verse lucht per persoon als niet gerookt wordt en $50 \text{ m}^3/\text{h}$ per persoon als wel gerookt wordt.

Bij een dichte bezetting in lagere ruimten kan dan 6 à 10-voudige ventilatie over langere tijd nog te krap zijn. Bij korter gebruik van de ruimte, max. een half uur, kan ventilatiecode 3R echter aanvaardbaar blijken; eventueel aangevuld met tijdelijke extra afzuiging: aanhangcode 9.

10. MAATREGELEN TER BEPERKING VAN WONDBESMETTING IN OPERATIEKAMERS VIA DE LUCHT

Op twee vorige TVVL-TNO-dagen is reeds veel over ventilatie van operatiekamers naar voren gebracht door Bossers [1 en 2].

Belangrijke punten zijn: het beperken van het vrijkomen van verontreinigingen en het beperken van het ongewenst transport van verontreinigingen naar de wond van de patiënt. Het transport kan door contact, maar ook via de lucht plaatsvinden. Wij beperken ons in onze beschouwingen tot transport via de lucht.

Kiemen worden voornamelijk door het operatieteam in de lucht gebracht; ze zijn dan aan deeltjes gebonden, bijv. aan druppeltjes uit de ademhalingswegen maar meestal aan huidschilfers. Het merendeel van schilfers is afkomstig van de onderste helft van het lichaam; verder van het hoofd met de haren. Het aantal verontreinigingen dat in de lucht komt kan dan ook sterk worden beperkt door het dragen van goed afsluitende kleding, met gesloten broekspijpen, in-kapseling van het hoofd inclusief het hoofdhaar en baard, en het gebruik van een effectief masker. Vele maskers blijken nl. maar matig effectief.

De Commissie blijft van oordeel dat in een operatiekamer de medische discipline, waartoe o.a. het dragen van doelmatige kleding behoort, belangrijker is dan welk ventilatiesysteem dan ook. Sommige publikaties geven de indruk dat de wijze van ventilatie en vooral de verdringingsstroming een belangrijke reductie geeft van het aantal postoperatieve infecties; zie bijv. [3].

Het is echter volgens Laufman [4] en Whyte [5] nog steeds nauwelijks aangetoond dat met het verbeteren van alleen het ventilatiesysteem het aantal postoperatieve infecties duidelijk afneemt. Beiden als spreker aanwezig op het Internationaal Chirurgencongres te Amsterdam, juni 1975, lieten blijken dat ze

nog steeds geen redenen hadden dit standpunt te herzien.

Dit neemt niet weg dat met ventilatie en koeling betere werkomstandigheden worden geschapen, die het mogelijk maken moeilijker en langduriger operaties uit te voeren.

Als men op die grond tot kunstmatige ventilatie en koeling besluit, is het uiteraard wel verstandig een systeem te kiezen, waarmee ongewenst transport van kiemen zoveel mogelijk wordt vermeden. Wij geven een kort overzicht van de belangrijkste voorkomende systemen.

10.1 *Parapluvormig inblazen*

Hierbij wordt de lucht ongeveer boven de operatietafel in de OK gebracht, zodanig dat de lucht eerst langs het plafond stroomt, vervolgens langs de wanden omhoog komt, en tenslotte over de vloer de operatietafelvoet bereikt. Bij de operatietafel ontstaat dan een opwaartse luchtstroom welke versterkt wordt door de warmte-afgifte van het operatieteam. Nadeel van dit systeem is dat verontreinigingen onder de tafel omhoog worden gevoerd en op de tafel, d.w.z. in de wond, kunnen belanden.

Het systeem is een zogenaamd mengend systeem: de verlaging van de concentratie van verontreinigingen berust op vermenging van de verontreinigde lucht met de ingeblazen schone lucht. Het systeem is maar matig effectief.

10.2 *Inblazen door geperforeerd plafond*

Hiermede kan een wat beter luchtstromingspatroon worden verkregen.

Belangrijk is dat door alle gaatjes van alle gaatjespanelen lucht in de OK binnentreedt. Meermalen is echter aan uitgevoerde installaties vastgesteld dat plaatselijk terugstroming door de panelen optreedt, zodat lucht uit de operatiekamer plaatselijk door de gaatjespanelen boven deze panelen komt, hetgeen ontoelaatbaar is. Bij zorgvuldig ontwerp, en zorgvuldig inregelen is dit te voorkomen.

De constructie van het geperforeerde

plafond moet een goede reinigbaarheid mogelijk maken.

In de meeste gevallen kan niet worden voorkomen dat opgaande en neergaande luchtstromen voortdurend van plaats veranderen, zodat ook dit systeem dan tot de mengende systemen moet worden gerekend. De conventionele operatielamp kan daarbij verdere wervels in de lucht veroorzaken.

Ook bij goed ontwerp is slechts een beperkte graad van verdringing te bereiken waardoor de mate van verontreiniging van de lucht boven de operatietafel slechts enigszins lager kan zijn dan bij het systeem van parapluvormig inblazen.

10.3 *Het systeem met 'afsluitende' luchtgordijnen*

Men vindt soms het systeem van het gaatjesplafond gecombineerd met verticale luchtgordijnen welke uit spleten komen, die het geperforeerde plafonddeel boven de operatietafel omsluiten. De uitblaasspleten voor de luchtgordijnen zijn meestal smal, in de orde van één cm.

De uittredende vlakke luchtstraal verliest vrij snel zijn snelheid, vermengt zich met de omringende lucht en verliest daarmee een deel van zijn afsluitend effect.

In de meeste gevallen zullen deze 'luchtgordijnen' dan ook niet het afsluitende effect hebben dat de ontwerpers ervan verwachten.

10.4 *Horizontale verdringingsstroming door de gehele ruimte*

Hierbij wordt de lucht door een verticale wand, opgebouwd uit luchtfilters, binnengevoerd, en door de tegenoverliggende doorlatende wand afgevoerd.

Om menging te voorkomen, d.w.z. volledige verdringing te bereiken, is een snelheid in de orde van 0,45 m/s nodig. Dit leidt tot ventilatievouden van 200 à 300 maal per uur, afhankelijk van het doorlatende deel van de inblaaswand en de afstand tot de tegenoverliggende wand. Om meevoeren van deeltjes, afgegeven door leden van het operatieteam, in de richting van de patiënt te voorkomen mo-

gen zich stroomopwaarts van de patiënt geen leden van het operatieteam of andere personen bevinden. De opstellingsvrijheid van de tafel en van het operatieteam is bij dit systeem daardoor enigszins beperkt.

10.5 *Horizontale verdringingsstroming door een deel van de ruimte*

Hierbij wordt slechts een deel van de verticale wand als filterwand uitgevoerd. Om voortijdige vermenging van de ingeblazen lucht met de lucht uit de omgeving te voorkomen wordt de luchtstroom geleid tussen twee verticaal afhangende doorzichtige kunststof gordijnen.

Ook is het mogelijk een apparaat in de ruimte te plaatsen dat een stuk filterwand bevat door welke de lucht wordt ingeblazen. De filterwand kan bijv. een oppervlak hebben van $3,2 \times 2,8 \text{ m}^2$ en de luchtstroom een waarde van ca. 15 000 m³/h. De volgende drie opmerkingen gelden ook voor de verdringingsstroming door de gehele ruimte:

stroomopwaarts van de patiënt mogen zich geen leden van het team of andere personen bevinden. Dit betekent dat de patiënt gelegd moet worden met zijn voeten het meest nabij de filterwand, zodat de anesthesist geheel stroomafwaarts van de patiënt kan plaatsnemen

de normale operatielamp kan worden gebruikt

gebleken is dat aan de lijzijde van leden van het team de lucht kan opstijgen en dat door wervels aan genoemde lijzijde toch deeltjes van onder de tafel op de tafel kunnen komen.

Door het Radiobiologisch Instituut TNO is voorgesteld rondom de tafel een buis ('sproei pijp') aan te brengen, welke vanuit gaatjes lucht in benedenwaartse richting uitblaast. Hiermede wordt het opstijgen van lucht aan de lijzijde van leden van het operatieteam tegengegaan. Proeven van het genoemde TNO-Instituut melden dat dan geen deeltjes meer op de tafel terechtkomen. De benodigde lucht-hoeveelheid is geringer.

10.6 *Verticale verdringingsstroom door de gehele ruimte*

Hierbij wordt de lucht via het als filter uitgevoerde plafond toegevoerd en meestal door openingen onder in de verticale wanden afgevoerd.

Om opstijgende convectiestromen van het warmte-afgevend team te voorkomen is een neergaande snelheid van ten minste ca. 0,3 m/s nodig. Met dit systeem komt men op een nog hoger ventilatievoud uit, nl. in de orde van 350 tot 500 maal per uur.

De opstelling van de leden van het operatieteam om de operatietafel is hier vrij.

Tot dit systeem kan ook worden gerekend de opstelling waarbij de verticale luchtstroom wordt omhuld door doorzichtige wanden ('greenhouse') of kunststof gordijnen. Het gehele operatieteam bevindt zich binnen deze omhulling. De benodigde luchtstroom is dan enigszins beperkt. Maar ook de beschikbare ruimte om de operatietafel, de bewegingsvrijheid van leden van het operatieteam, en de toegankelijkheid van het operatiegebied is beperkt.

Whyte [5] vond bij vergelijkende metingen dat met het verticale systeem de lucht in het operatiegebied belangrijk schoner is dan met het horizontale systeem.

10.7 *Verticale verdringingsstroom door een beperkt deel van de ruimte*

Hierbij wordt alleen boven de operatietafel lucht verticaal naar beneden geblazen over een oppervlak van bijv. $1,8 \times 2,8 \text{ m}^2$. De luchtstroom wordt vanaf het plafond over enige afstand verticaal geleid door een koker welke op ca. 2 m boven de vloer eindigt, zodat men er vrij onderdoor kan lopen. De vereiste luchtstroom ligt in de orde van $6000 \text{ m}^3/\text{h}$. De normale operatielamp mag niet in de luchtstroom worden geplaatst. Toepassing van een ander type operatielamp moet dan ook noodzakelijk worden geacht. Aan dit systeem, ontwikkeld door het IG-TNO, zijn vele metingen verricht.

Ook door Whyte werd veel onderzoek aan een dergelijke opstelling verricht. Whyte is van mening dat met dit verticale systeem alle denkbare operaties voldoende veilig kunnen worden uitgevoerd [6].

Een overzicht van de belangrijkste van de genoemde systemen geeft tabel 6.

Voor alle systemen geldt dat om economische redenen de lucht grotendeels moet worden gerecirculeerd. Na elke passage door de OK moet de lucht opnieuw het filter passeren waarvoor ventilatorvermogen nodig is. Het ventilatorvermogen komt daarbij als warmte in de lucht terecht. Om het langzaam oplopen van de temperatuur in de operatiekamer te voorkomen is dus koeling nodig. Het vereiste koelvermogen zal bij eerste benadering evenredig zijn met de grootte van de toegepaste luchtstroom.

De Commissie wil nog eens benadrukken dat alle verbeteringen aan het ventilatiesysteem slechts tot hun recht kunnen komen als aan alle eisen van discipline en afsluitende kleding voldaan is. Er zou ook geen verschil meer moeten worden gemaakt in de operatiekleding voor mannelijk en vrouwelijk personeel. Met andere woorden het dragen van broeken voor vrouwelijk personeel moet evenzeer noodzakelijk worden geacht als het dragen van kleding die het hoofdhaar geheel afsluit voor mannelijk personeel.

11. DE KLIMAATCODE VOOR EEN OPERATIE-AFDELING

11.1 *Inleiding*

We geven een voorbeeld van het gebruik van de klimaatcode voor een operatieafdeling met 20 OK's, ontleend aan het programma van eisen zoals door dr. J. Wester (Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen) is vastgesteld. Een zo hoog aantal zal men zelden aantreffen, maar als voorbeeld is het goed bruikbaar. Het schema van de plattegrond is zo gekozen dat het aan vrijwel alle, zo niet alle, functionele eisen voldoet. Een andere schema-inde-

Tabel 6 Overzicht van ventilatiesystemen voor een operatiekamer

type	m ³ /h ca.	venti- latie- voud ca.	berust op	reinheid op de tafel	mate van vrijheid op- stelling tafel	mate van vrijheid op- stelling team	operatie- lamp
a 'paraplu'	2 000	20	vermen- ging	matig	groot	groot	normaal
b geperforeerd plafond	3 000 à 4 000	30 à 40	hoofdz. vermen- ging	matig tot redelijk	groot	groot	evt. aan- passen
c geperforeerd plafond met luchtgordijnen	3 000 à 4 000	30 à 40	hoofdz. vermen- ging	matig tot redelijk	groot	groot	evt. aan- passen
d horizontaal verdringings- systeem, hele kamer	25 000	250	verdrin- ging	goed	beperkt	beperkt	normaal
e horizontaal verdringings- systeem, beperkt syst. Radiobiol. Inst. TNO	15 000 7 200	150 70	verdrin- ging	zeer goed *	zeer beperkt	beperkt	normaal
f1 verticaal verdringings- systeem hele kamer	50 000	500	verdrin- ging	zeer goed *	groot	groot	aan- passen
f2 verticaal verdringings- systeem, beperkt (Greenhouse)	30 000	300	verdrin- ging	zeer goed *	beperkt	enigs- zins beperkt	aan- passen
g verticaal verdringings- systeem, beperkt IG-TNO en Whyte	6 000	60	verdrin- ging	zeer goed *	beperkt	groot	aan- passen

* maar mede afhankelijk van de kwaliteit van de afsluitende kleding

ling die aan dezelfde functionele eisen voldoet is wellicht eveneens mogelijk. Het schema is niet bedoeld als bouwplaattegrond, maar geeft de relaties tussen de diverse ruimten goed weer.

11.2 Uitwerking

11.2.1 De verkeersstromen

In het eerste plattegrondschem (Fig. 17) zijn de mogelijke verkeersrichtingen met pijlen of andere symbolen aangegeven. In sommige ruimten is uitsluitend of hoofdzakelijk éénrichtingsverkeer, in andere ruimten is tweerichtingsverkeer regel. De gehele operatie-afdeling met alle bijbehorende hulp ruimten is als één gesloten afdeling gedacht. Een groot deel van de omwandeling wordt niet door toegangen doorbroken. De belangrijkste barrière is in de figuur met een dubbele lijn aangegeven. Waar deze barrière van

buiten de gehele afdeling af gepasseerd moet worden, is steeds een tussenruimte aanwezig met sluiskarakter. Patiënten komen als regel via de overdrachtruimte 6.07 naar de wachtruimte 6.08, van waaruit zij via de overdrachtruimte 6.10, 6.11 of 6.12 in de 'schone gang' komen.

In de schone gang zijn vijf operatieblokken aanwezig met elk 4 OK's. In elk blok is tussen twee van de vier OK's een ruimte voor hulpverrichtingen. De berging steriele goederen kan centraal gelegen zijn tussen de vier OK's. Telkens tussen twee OK's is een regieruimte aanwezig.

De patiënt komt bijv. via de inleidingsruimte 1.19 in de OK 1.17. Ruimte 1.21 om zich te wassen grenst aan de OK. Vuile goederen kan men afvoeren via ruimte 1.23. Hulpverrichtingen zijn mogelijk in 1.24. Steriele goederen betreft men van 1.13. De patiënt wordt uitgeleid via 1.15, schone gang en 6.19 naar de ver-

CENTRALE OPERATIE AFDELING (schema verkeer)

- = eenrichtingverkeer
 ↔ = tweerichtingverkeer
 ⊥ = loket of doorgeefkast
 x = sluis berging steriele goederen (toegevoegd)
 zh = ziekenhuis
 wr = wachtruimte
 ok = operatiekamer
 vk = verkoopruimte

N.B. = dit schema is geen bouwplaattegrond !

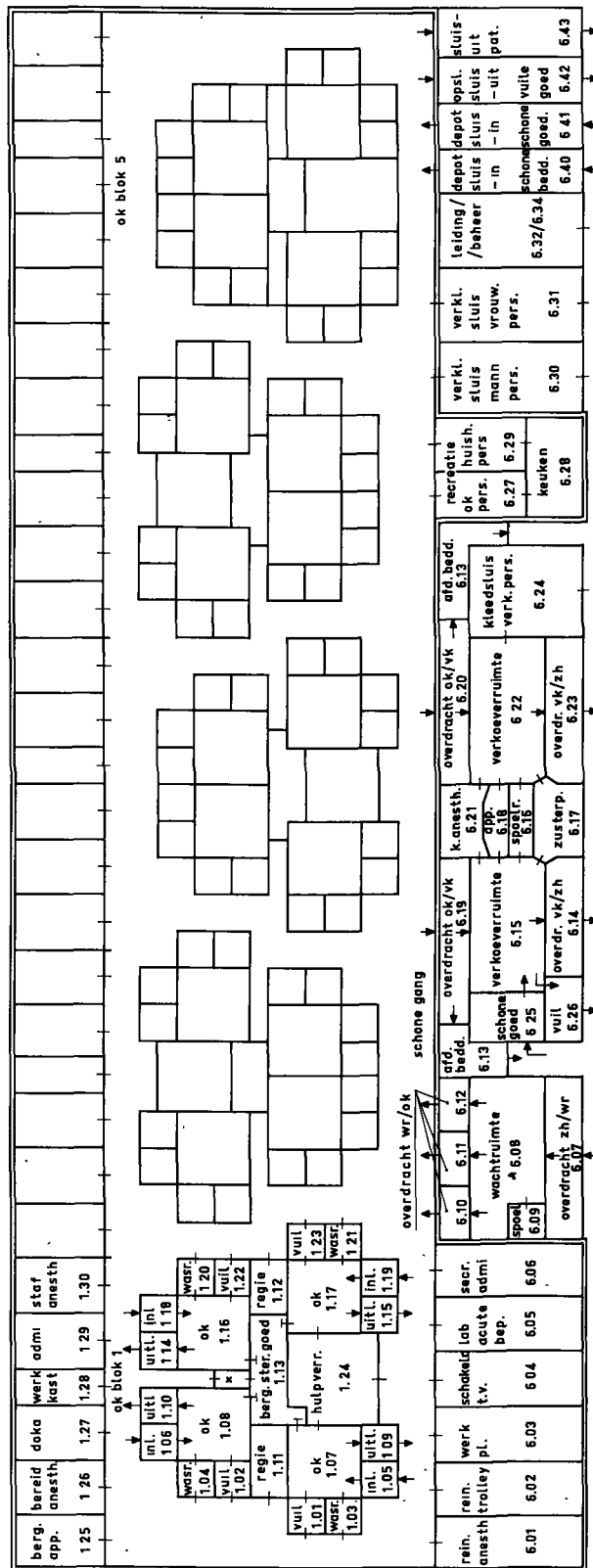


Fig. 17 Schema van de aanbevolen verkeersrichtingen in een operatie-afdeling.

CENTRALE OPERATIE AFDELING (schema drukverdeling)

zh = ziekenhuis

wr = wachtrunde

ok = operatiekamer

vk = verkoeverruimte

N.B. = dit schema is geen bouwplattegrond !

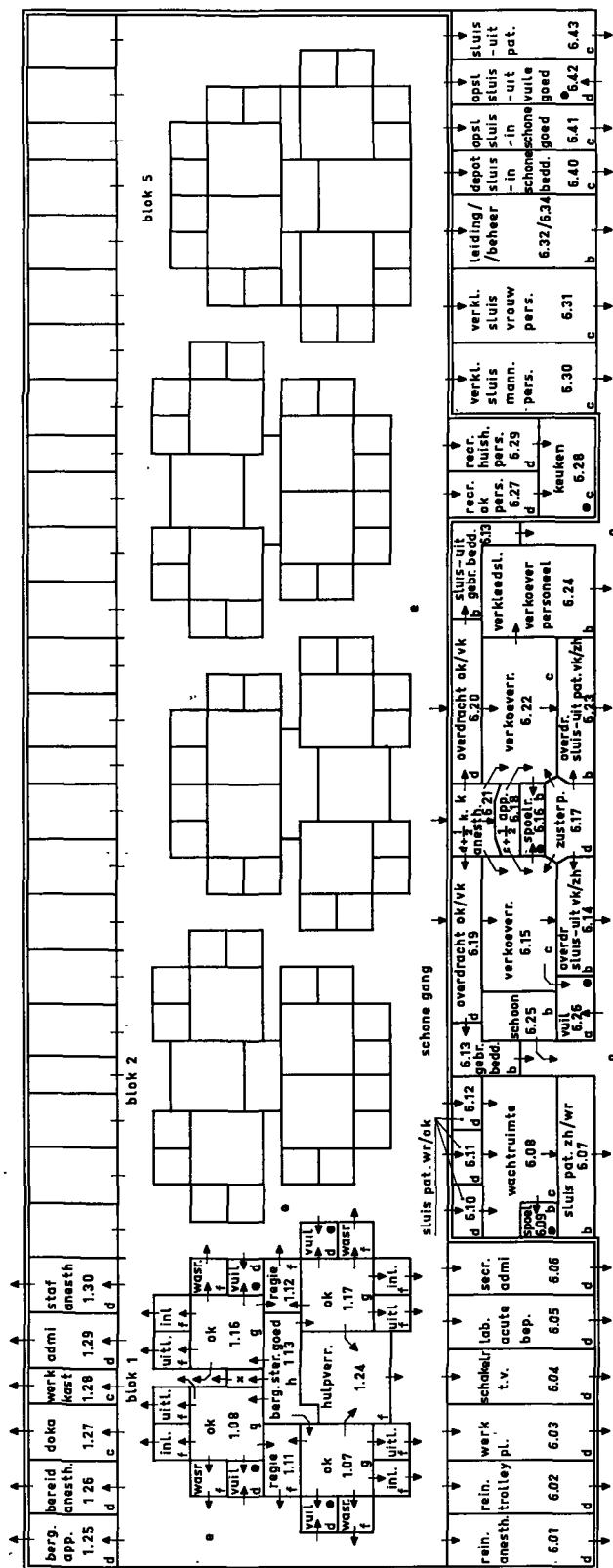


Fig. 18 Schema van de aanbevolen drukverdeling in een operatieafdeling.

koeverruimte 6.15, en vandaar via de overdrachtsluis 6.14 naar de verpleegafdeling.

Links boven in de figuur ligt een aantal hulpruimten welke bij het blok 1 behoren. Elk operatiekamerblok heeft een dergelijke groep ruimten. Bovendien hebben alle blokken gezamenlijk een groep alleen vanuit de schone gang toegankelijke hulpruimten, welke onder in de figuur zijn gelegen. Personeel dat in de OK-blokken werkzaam moet zijn kan via de verkleedruimten 6.30 en 6.31 in de schone gang komen. Deze verkleedruimten bevatten nog een onderverdeling welke de scheiding tussen 'schoon' en 'vuil' helpt bevorderen. De inschriften en bijschriften in het plattegrondschematische geven verdere informatie over de hierboven niet genoemde ruimten.

11.2.2 De drukverdeling en de luchtrichting in de afdeling

Het principe volgend dat men wil verhinderen dat de schoonste ruimten verontreinigd raken, is een drukval resp. luchtstroomrichting gekozen van 'schoon' naar 'vuil'. De ruimte buiten de operatieafdeling wordt dan als 'vuil' gezien, de berging steriele goederen als de schoonste ruimte.

Deze gedachtengang volgend komt men voor de berging steriele goederen tot de hoogste druk h , voor de OK's op g , voor de verdere aan de OK grenzende ruimten op f , behalve de 'vuile' ruimte 1.23, welke men een druk d zal willen geven, dus lager dan die van de schone gang aan welke druk e is toegedacht. Deze drukverdeling zal aanwezig moeten zijn bij gesloten deuren.

Het openen van één deur mag geen omkering in de volgorde van heersende drukken geven van binnen naar buiten. Daarom is in de toegang tot de berging steriele goederen een sluisruimte x nodig.

De deuren in de sluis mogen niet tegelijk kunnen worden geopend. Zou slechts één deur aanwezig zijn dan zou de druk in de berging steriele goederen bij het

openen van de deur lager worden dan in de OK, hetgeen niet toelaatbaar is.

Ook het openen van één of twee doorgeefkotten van 1.13 naar de OK's mag de drukhiërarchie langs de verbindingen naar de schone gang niet verloren doen gaan.

De druk e in de schone gang veroorzaakt overal door alle randruimten een luchtstroom naar de ruimte buiten de afdeling of naar de afzuigpunten in de randruimten. Waar pijltjes in het tweede schema (Fig. 18) de barrière (dubbele lijn) doorkruisen is niet overal een deur aanwezig; daar is dan wel een afstroomrooster denkbaar.

Op deze wijze komen de ruimten tussen de schone gang en de buitenomtrek van de afdeling vanzelf op een lagere druk dan de schone gang en een hogere druk dan de 'vuile' buitenomgeving van de operatieafdeling.

Spoelruimten in de perifere ruimten worden afgezogen om deze op een lagere druk te houden dan de ermede in verbinding staande ruimten. Van de afdeling is een analogon in studie om na te gaan hoeveel en welke deuren nog geopend kunnen worden zonder de drukhiërarchie te verstoren.

Het ziet er voorlopig naar uit dat dit met een bepaald ontwerp tamelijk vergaand te verwezenlijken is zonder regelapparatuur. Uit dit onderzoek zal kunnen volgen voor welke deurcombinaties een tegelijk openen voorkomen moet worden.

11.2.3 De luchthoeveelheden en luchtkwaliteiten

In de tabellen zijn de klimaatcodes aangegeven. De betekenis is in paragraaf 4 behandeld. Wij bespreken er enkele.

In de ruimte 1.01/02, opslag vuile goederen: $5Xd$; 5 betekent 4 à 6 luchtwisselingen per uur, X betekent afvoerlucht naar buiten, de lucht wordt eventueel uit naburige ruimten aangezogen, d betekent één drukverschilniveau lager dan de schone gang (die drukniveau e heeft).

1.07 Operatiekamer: 20 RFg.

20 betekent tenminste 15 luchtwisselingen per uur. R betekent: tenminste 6

van de luchtwisselingen zijn verse lucht; recirculatie is dus toegestaan (maar niet verplicht!).

F betekent extra filteren: 99% vangst bij 5 μ m voor de lucht die naar de luchtbehandeling gaat en na de luchtbehandeling een nafilter, dat tenminste 99,9% vangt bij 5 μ m en 99% bij 1 μ m.

Narcosegassen worden zoveel mogelijk ter plaatse van de dosering rechtstreeks afgezogen en naar buiten afgevoerd.

Sluis 6.07: 8Rb. Getal 8 betekent 6 à 10 luchtwisselingen per uur. 8R = hiervan tenminste 4 luchtwisselingen verse lucht; recirculatie dus toegestaan. Letter b betekent in dit geval een druk die één drukniveau hoger is dan de omgeving buiten de afdeling.

De code voor wachtruimte 6.08 is gelijk aan die voor 6.07, doch één drukniveau hoger. De sluis 6.10: 8Rd weer hetzelfde aantal luchtwisselingen, hetzelfde aandeel verse lucht, recirculatie toegestaan en een druk gelegen tussen schone gang en wachtruimte.

De ruimte 6.21 voor de anesthesist bij de overdrachtruimte voor patiënten die van de OK terugkomen, heeft (5Rd + 1/2) wat betekent 4 à 6 luchtwisselingen per uur, waarvan tenminste 3 verse lucht, recirculatie toegestaan, een druk gelegen tussen die van de schone gang en die van de overdrachtruimte. Dit is gedaan om tegen te gaan dat er narcosegassen die door patiënten worden uitgeademd binnendringen in de kamer van de anesthesist. Dezelfde gedachtengang is gevolgd voor de zusterpost 6.17: 5Rd. De druk in de zusterpost is hoger dan die in de verkoe-verruimte. De spoelruimte 6.16: 8Xb krijgt afzuiging en een lagere druk dan de omringende ruimten.

Hoe de ventilatie voor de operatiekamer zelf ontworpen kan worden is beschreven in paragraaf 12.

De genoemde voorbeelden worden als toelichting voldoende geacht:

1 t/m 5 Operatieblokken		Klimaat-code
01/01	opslag vuile goederen	5Xd
03/04	wasruimte	8Rf
05/06	inleidingskamer	8Rf
07/08	operatiekamer (11 pers.)	20RFg*
09/10	uitleidingskamer	8Rf
11/12	regiekamer (2 pers.)	8Rf
13	berging steriel goed	5Rh**
14/15	uitleidingskamer	8Rf
16/17	operatiekamer (11 pers.)	20RFg*
18/19	inleidingskamer	8Rf
20/21	wasruimte	8Rf
22/23	opslag vuile goederen	5Xd
24	kamer hulpverrichtingen	12Rf
—	schone gang ('cléan corridor') e	
25	berging apparatuur	5Rd
26	bereidingskamer anesthesie	8Rd
27	doka/hulpruimte	5Xc
28	werkkast	5Xc
29	kamer administratie enz.	5Rd
30	stafkamer anesthesie	5Rd
	technische ruimte per blok	p.m.

* Zie paragraaf 12.

** Toegang met vergrendelde sluis nodig

6	Centrale ruimte (t.b.v. operatieblokken)	
01	reiniging anesthesie app.	8Rd
02	reiniging trolleys	8Rd
03	werkplaats	8Rd
04	schakelkamer tv ¹⁾	5Rd
05	lab. acute bepalingen	8Xd
06	secretariaat/administratie	5Rd
07	overdrachtssluis zh/wr	8Rb
08	wachtruimte (8 verpl.k + 2 pat.)	8Rc
09	spoelruimte	8Xb
10/12	patiëntensluis-in wr/ok	8Rd
13	depot gebruikte afd.-bedden	5Rb
14	overdrachtssluis vk/zh	8Rb
15	verkoeverkamer	8Rc
16	spoelkamer	8Xb
17	zusterpost	5Rd
18	apparatenberging*	5Rc+1/2
19/20	overdrachtssluis ok/vk	8Rd
21	kamer anesthesist*	5Rd+1/2
22	verkoeverkamer	8Rc
23	overdrachtssluis vk/zh	8Rb
24	kleedsluis personeel vk (ca. 20 pers.)	8Rb
25	berging/sluis schoon goed	5Rb

¹⁾ Afkortingen: tv = televisie

zh = ziekenhuis

wr = wacht- en verkoeverruimte

ok = 'schone gang'

vk = verkoeverruimte

* druk c+1/2 drukk niveau-eenheid, resp. druk d+1/2 drukk niveau-eenheid.

6	<i>Centrale ruimte (t.b.v. operatieblokken) (vervolg)</i>	<i>Klimaat-code</i>
26	berging/sluis vuil goed	5Xa
27	recreatie personeel (ca. 11 pers.)	8Xd
28	keuken	8Xc
29	recreatie huish. personeel (ca. 25 pers.)	8Xd
30	verkleedsluis mannen (ca. 15 pers.)	8Rc
31	verkleedsluis vrouwen (ca. 15 pers.)	8Rc
32/34	kamer leiding/beheer	5Rb
35/39	spectatorium (aantal pers. 20)	8Xa
40	depot/sluis-in schone bedden	8Rc
41	opslag/sluis-in schone goederen	8Rc
42	opslag/sluis-uit vuile goederen	5Xa
43	sluis-uit patiënten	8Rc

12. AANBEVELINGEN VOOR DE VENTILATIE VAN OPERATIEKAMERS

Reeds in paragraaf 11 is een aantal aanbevelingen vermeld: een ventilatievoud van ten minste 15 maal per uur, waarvan ten minste 6 maal per uur buitenlucht. Het nafilte met een vangst van 99,9% voor deeltjes van 5 μm en 99% voor deeltjes van 1 μm .

Altijd overdruk toepassen ten opzichte van de minder schone omringende ruimten. De overdruk wordt ook voor de zogenaamde septische OK verlangd. Deze bepaling berust op de volgende overwegingen. Voor het niveau van de verontreinigingen welke in de OK ontstaan maakt het geen verschil of men met overdruk of onderdruk werkt. Het niveau van de verontreinigingen van buiten de OK is meestal hoger. Met onderdruk in de OK zuigt men deze verontreinigingen aan, met overdruk houdt men ze buiten de deur. Bovendien is bij onderdruk in de OK minder goed bekend welke kiemen men binnenhaalt. Vandaar de eis altijd met overdruk in de OK te werken. Deze moet gedurende het gehele etmaal worden gehandhaafd, ook in de perioden dat de OK niet in gebruik is. Het ventilatie-

voud mag dan verminderd worden mits voldoende overdruk gehandhaafd blijft. Narcosegassen moeten plaatselijk worden afgezogen met afvoer naar buiten. Goed afsluitende kleding is noodzakelijk: zowel voor mannen als vrouwen worden broeken noodzakelijk geacht; hoofdkappen moeten al het haar inclusief baard bedekken; maskers moeten effectief zijn en bij voorkeur van het reflecterende type. Dit zijn maskers waarbij de uitademde lucht door het masker langs het hoofd naar achteren wordt geleid.

Voor de ventilatie wordt voorkeur gegeven aan een verdringingssysteem in een beperkt deel van de ruimte, waardoor bij een beperkte luchthoeveelheid toch een goede toegankelijkheid van de operatietafel en het operatieteam blijft bestaan.

13. LITERATUUR

Paragraaf 3

- [1] Solberg, e.a., The collection of airborne micro-organisms, The Ohio Journal of Science, sept. 1956.
- [2] Williams, R.E.O., e.a., Hospital Infection 1966, pag. 209.
- [3] Whyte, W., Bacteriological aspects of air-conditioning plants, J. Hyg. Camb. **66**, (1968), pag. 567/584.
- [4] Williams, R.E.O., e.a., Hospital Infection 1966, pag. 211.

Paragraaf 5

- [1] Van der Wal, J. F. De theorie van het vangen van deeltjes door luchtfilters. Verwarming en Ventilatie **28** (1971), p. 220-222.
- [2] Van der Wal, J. F. Luchtfilters voor toepassing in ziekenhuizen. Publ. no. 439 van IG-TNO, 1972.
- [3] Stokes, E. A., Mulcaster, K. D. Air filtration (artikelenreeks). Steam and Heating Engineer (1969) **38**.
- [4] Dorman, R. G. European and American methods of testing of air conditioning filters. Filtration/Separation (1968), p. 24-28.
- [5] Hasenclever, D. Filter zur Luft- und Gasreinigung in kerntechnischen Anlagen. Staub-Reinh. Luft **31** (1971), p. 45-51.
- [6] Strausz, H. J. Bemerkungen zur gegenwärtigen Situation auf dem Gebiet der Luftfilter-Prüfungen. Staub-Reinh. Luft **28** (1968), p. 391.

- [7] ASHRAE Guide 1974, Applications. Hoofdstuk 7, p. 7.4 en 7.5.
- [8] ASHRAE Guide 1972, Equipment. Hoofdstuk 10, p. 83-94.

Paragraaf 10

- [1] Bossers, P. A. – Luchtverdeling in operatiekamers Publ. 398 van IG-TNO, 1971.
- [2] Bossers, P. A. – De beoordeling van reinheid en comfort in operatiekamers Publ. 434 van IG-TNO, 1972.
- [3] Intag, C. E., H. A. Wiebe en C. L. Partain – An investigation of the importance of air flow in control of post operative infections. ASHRAE J. Febr. 1975, p. 27-35.
- [4] Laufman, H. – Confusion in application of clean air systems to operating rooms. Airborne Transmission and Airborne Infection (ed. J. F. Ph. Hers and K. C. Winkler), Oosthoek Publishing Co., Utrecht, 1973, p. 575-580.
- [5] Whyte, W. en B. H. Shaw – A bacteriological evaluation of laminar flow systems for orthopaedic surgery. J. Hyg. Cam., **71**, (1973), 9 p. 559-564.
- [6] Whyte, W. – Persoonlijke mededeling 30 juni 1975.