

## Vakpublicatie

## Het verband tussen luchtkwaliteit en klachten van cabinepersoneel tijdens lange vluchten

Dr. W.L. Godefroy, bedrijfsarts  
Drs. J.J.D. de Ree, bedrijfsergonoom  
KLM Royal Dutch Airlines

**Summary**

After modification of the airconditioning systems passengers and cabin crew members complained about air quality. An inventarisation of the complaints of cabin crew members was made. The complaints were diffuse and there was no clear relationship between complaints and the amount of supplied outside air.

Air quality measurements were taken on two flights. The main results are low relative humidity and exceedance at some instants of maximum acceptable concentration of ozone. As a result ozone converters are built into Boeing 747 aircraft. It is supposed that complaints can be caused by a combination of various factors, of which air quality is only one.

**Inleiding**

De klimaatregeling aan boord van een verkeersvliegtuig gebeurt met behulp van 'packs'. De packs bevinden zich onder in de romp van het vliegtuig en verzorgen de luchtverversing in de vliegtuigcabine. De lucht die aangezogen wordt naast de straalmotoren wordt in de packs afgekoeld en in het luchtverversingskanaal gebracht.

De KLM gebruikt voor intercontinentale vluchten de Boeing 747 en de Douglas DC-10. Beide vliegtuigtypen hebben drie packs, die tot enige jaren

geleden elk twee standen hadden: 'full flow' en 'off'. De fabrikanten Boeing en Douglas hebben toen voorgesteld een voorziening aan te brengen, waarbij naast de standen 'full flow' en 'off', ook 'half flow' geselecteerd kan worden. Bij een onvolledige bezetting kan voor een of meer packs een stand van 'half flow' geselecteerd worden in plaats van 'full flow'. Dit heeft een aanmerkelijke besparing van brandstof tot gevolg en om deze reden heeft de KLM, net als verschillende andere luchtvaartmaatschappijen, besloten deze modificatie uit te laten voeren. Tijdens deze modificatie zijn ook recirculatiefans aangebracht. Daardoor is het nu mogelijk om bij onvolledige bezetting de toevoer van buitenlucht in stappen te verminderen. Bij een bepaalde bezetting van het vliegtuig wordt een instelling van luchttoevoer voorgeschreven. Deze instelling garandeert dat in alle situaties de norm voor luchtverversing ruim gehaald wordt. Deze norm is dat per passagier minstens 10 CFM (Cubic Feet per Minute) verse lucht beschikbaar is. Recirculatie leidt tot een totale circulatie van 20 CFM.

Al voor de modificatie werden van tijd tot tijd klachten van leden van het cabinepersoneel en soms ook van passagiers gerapporteerd die met de ►

Een uitgave van

NIA

Kluwer

klimaatregeling verband leken te houden. Om na te gaan welke factoren verband houden met het optreden van klachten en in het bijzonder of de stand van de packs verband houdt met het optreden van klachten, is een klachtenonderzoek uitgevoerd en zijn metingen verricht tijdens meetvluchten.

### Klachten van passagiers en cabinepersoneel

De klachten kwamen vooral voor tijdens lange vluchten, dus in de Boeing 747 en de Douglas DC-10. Na de modificatie van de klimaatregeling leefde bij het cabinepersoneel bovendien de indruk dat omwille van brandstofbesparing maatregelen genomen waren die nadelig konden zijn voor het comfort en de gezondheid van passagiers en cabinepersoneel. De bijzonderheden omtrent passagiers en cabinepersoneel werden na de vlucht door de purser aan de betrokken afdelingen gemeld. Uit de rapportages bleek dat bij het voordoen van klachten vaak de stand 'full flow' van de packs geselecteerd werd.

### Methode van het klachtenonderzoek

Om de klachten van het cabinepersoneel systematisch te onderzoeken is door de Geneeskundige Dienst een vragenlijst opgesteld. Het doel van de vragenlijst was de aard van de klachten te omschrijven en mogelijk samenhangende factoren te identificeren.

De vragenlijst bestond uit twee gedeelten. Het eerste gedeelte werd ingevuld door degene die klachten had. Hierin werden vragen gesteld over het tijdstip, de duur en de aard van de klachten. Verder werden vragen gesteld over mogelijk verband houdende omstandigheden, zoals bijvoorbeeld roken, alcoholgebruik en werkdensiteit. Het tweede gedeelte werd door de purser ingevuld. Hierop konden omstandigheden, zoals bijvoorbeeld vluchtfase, vliegrichting en stand van de packs beschreven worden bij het optreden van de klachten. Omdat de klachten zich voornamelijk voordoen op lange trajecten, is het onderzoek beperkt tot de Boeing 747 en de Douglas DC-10. In elk vliegtuig bevond zich een blanco vragenlijst die ingevuld moest worden, wanneer het klimaat aan boord als belemmerend voor de taakuitvoering ervaren werd.

### Resultaten van het klachtenonderzoek

In de periode van juni tot oktober 1987 zijn 25 formulieren ingevuld op een totaal van ongeveer 2500 intercontinentale vluchten. Sommige

formulieren werden niet ingevuld naar aanleiding van de klachten van een lid van de bemanning, maar golden voor klachten van meerdere bemanningsleden tijdens dezelfde vlucht.

Door het geringe aantal observaties kan niet gesproken worden van een representatieve steekproef. Verder waren sommige formulieren onvolledig ingevuld. Om deze redenen kunnen aan de resultaten geen verstrekkende conclusies verbonden worden. Van de 25 formulieren waren 19 afkomstig uit de Boeing 747, zes uit de Douglas DC-10. De antwoordfrequenties van de vragen omtrent de aard en de aanvang van de klachten zijn weergegeven in tabel 1.

De gerapporteerde klachten hielden geen verband met het gebruik van alcohol of medicijnen, maaltijdgebruik, vliegrichting of het traject dat gevolgen werd. Een interessante uitkomst van dit onderzoek is dat de klachten, voor zover het de Boeing 747 betrof, zich ook voordeden met maximale toevoer van lucht van buiten. Van de 19 keer dat klachten gerapporteerd werden, was 10 keer de luchttoevoer maximaal (soms ondanks onvolledige bezetting). Daar staat tegenover dat van de zes keer dat klachten gerapporteerd werden in de DC-10, vijf keer de packs op stand 'low' stonden.

Er lijkt een verband te bestaan met de arbeidsintensiteit: 16 keer is ingevuld dat men binnen een uur voor aanvang van de klachten hard gewerkt heeft. Verder is het opmerkelijk dat 15 respondenten aandachtsstoornissen melden, soms alleen tijdens het werk, soms ook daarbuiten.

### Conclusies met betrekking tot het klachtenonderzoek

Uit de inventarisatie van de klachten komt een uiterst diffuus beeld van de klachten naar voren. De voorlopige vaststelling is dat geen duidelijk verband bestaat tussen de klachten en de hoeveelheid aangevoerde buitenlucht.

Daarnaast speelt waarschijnlijk vermoeidheid een rol. In het werk van het cabinepersoneel, en in het bijzonder op lange vluchten, zijn een aantal factoren aanwezig die kunnen leiden tot psychische en fysieke vermoeidheid, zoals:

- verstoring van het circadiane ritme,
- matig tot zwaar fysiek werk, vaak onder tijdsdruk.

### Resultaten van meetvluchten

Na het uitvoeren van de modificatie en de bijbehorende aanpassing van de voorschriften kwamen klachten binnen, ondanks voldoende luchtverversing. Daarom heeft de KLM een onderzoek naar de luchtkwaliteit laten uitvoeren in een Boeing 747

**Tabel 1. Antwoordfrequenties van vragen omtrent aard en omvang van de klachten**

Aard van de klachten:	Frequentie:
Kortademigheid	17
Vermoeide ogen	15
Aandachtsstoornissen	14
Hoofdpijn	14
Slaperigheid	13
Overige omschrijvingen	< 8
<i>Aanvang van de klachten:</i>	
Binnen drie uur na de start	12
Tussen 3 en 5 uur na de start	11
Meer dan 5 uur na de start	2

**Tabel 2. Gehanteerde norm (voor toelichting zie tekst) van vier luchtbestanddelen en de gemeten waarden tijdens twee meetvluchten (ppb = parts per billion, r.v. = relatieve vochtigheid, ppm = parts per million)**

Bestanddeel	Gehanteerde norm	Gemeten waarden
zuurstof	21%	21%
ozon	100 ppb	4-132 ppb gem. ca. 50 ppb
water	40% r.v.	bij start 38% r.v. na 1 uur 14% r.v. na 4 uur 10% r.v. na 8 uur 9% r.v.
kooldioxide	1200 ppm	780-1660 ppm gem. ca. 1000 ppm

tijdens een heen- en terugvlucht naar Los Angeles. In dit onderzoek was sprake van een onvolledige bezetting en de toevoer van buitenlucht was conform de voorschriften verminderd. Tijdens de meetvluchten is de concentratie van verschillende bestanddelen van de lucht continu gemeten. De metingen zijn verricht in verschillende secties in het vliegtuig en getoetst aan normwaarden voor verschillende luchtbestanddelen. Deze normwaarden zijn vastgesteld aan de hand van de beschikbare literatuur. De resultaten per bestanddeel zijn weergegeven in tabel 2.

Per bestanddeel worden de resultaten toegelicht:

**Zuurstof:** de gehanteerde norm van 21% is de normale concentratie van zuurstof in de buitenlucht. Op geen enkel tijdstip tijdens de vlucht is een zuurstofgehalte beneden 21% gemeten. Benauwdheidsklachten kunnen daarom niet toegeschreven worden aan een te laag zuurstofgehalte.

**Ozon:** als norm is gehanteerd de waarde voor maximaal aanvaarde concentratie (DGA, 1988): 100 ppb (parts per billion). Gedurende de meetvluchten werd deze waarde enige tijd overschreden. Voor een voorbeeld van het verloop van het ozongehalte tijdens een vlucht, zie figuur 1. Overschrijding van de norm kan uitdroging en irritatie van de keel en bovenste luchtwegen veroorzaken.

**Water:** er zijn sterke aanwijzingen dat een luchtvochtigheid van minder dan 40% samenhangt met een verhoogde kans op luchtweginfecties, maar het bewijs voor een oorzakelijk verband tussen lage luchtvochtigheid en infecties is niet aangetoond (McIntyre, 1980). Verder komen bij een relatieve luchtvochtigheid van minder dan 40% geen klachten voor over te droge lucht. Daarom is 40% relatieve luchtvochtigheid gekozen als normwaarde. Tijdens de meetvluchten neemt de relatieve luchtvochtigheid na de start snel af en stabiliseert zich rond 10%.

**Kooldioxide:** bij kooldioxideconcentraties boven 1200 ppm (parts per million) wordt de atmosfeer als 'onfris' ervaren. 1200 ppm is daarom de hygiënische waarde. Gezondheidsklachten doen zich over het algemeen niet voor onder 5000 ppm, de waarde van de maximaal aanvaarde concentratie (DGA, 1988). De gemeten waarden liggen dus in de buurt van de hygiënische waarde.

**Temperatuur:** tijdens de meetvluchten werd eveneens de temperatuur in de cabine gemeten. De cabinetemperatuur is een compromis, omdat werkende personen (cabinepersoneel)

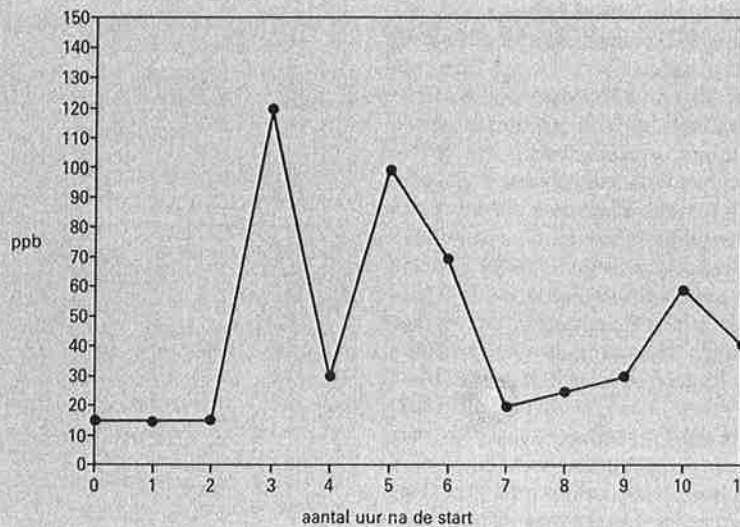
in vergelijking tot niet werkende personen (passagiers) een lagere temperatuur prefereren. De temperatuur aan boord wordt zoveel mogelijk tussen 20 en 23°C gehouden. Tijdens de meetvlucht van de KLM bleek op sommige momenten de cabinetemperatuur boven de 25° te zijn, hetgeen toegeschreven werd aan een niet optimaal functionerende temperatuurregeling. Deze te hoge temperatuur zal vooral voor het cabinepersoneel nadelig zijn. Door de lage luchtvochtigheid zal het eveneens moeilijk zijn een optimaal thermisch comfort te bereiken. Volgens de ASHRAE-standaard (1974) wordt optimaal

gering: een toename tot 15% luchtvochtigheid, hetgeen nog steeds verre van optimaal is. Ten tweede ontstonden problemen van technische aard, zoals overmatige corrosie en condensatie van waterdamp in de leidingen van het luchtverversingskanaal, waardoor lekkage van water in de cabine ontstond.

### Sick airplanes?

Klachten die gerelateerd zijn aan een kunstmatig geventileerde omgeving zoals in verkeersvliegtuigen zijn niet uniek. Er is een opmerkelijke gelijkheid tussen de hier gerapporteerde klachten en het klachtenpatroon bij

**Figuur 1. Typisch voorbeeld van het verloop van het ozongehalte versus de tijd gedurende een meetvlucht**



thermisch comfort bereikt bij een relatieve vochtigheid tussen 20 en 70% en een temperatuur tussen 22 en 25°C. Bij een relatieve vochtigheid van rond 10% kan dus geen optimaal thermisch comfort geboden worden.

### Maatregelen naar aanleiding van de meetvluchten

Uit de metingen blijkt dat er twee factoren zijn die tot gezondheidsklachten aanleiding kunnen geven: een te hoog ozongehalte en een te lage relatieve vochtigheid.

Naar aanleiding hiervan heeft de KLM besloten in haar Boeing 747 vliegtuigen ozonfilters in te bouwen. De DC-10 zal niet met ozonfilters uitgerust worden, want dit type zal binnen afzienbare tijd uit dienst genomen worden.

Voor het verhogen van de luchtvochtigheid in verkeersvliegtuigen is nog geen bevredigende oplossing gevonden.

De resultaten van luchtbevochtiging, zoals toegepast door British Airways op de Boeing 747, waren teleurstellend. Ten eerste was het effect

het Sick Building Syndrome (Brunis, 1987). De symptomen van het Sick Building Syndrome zijn: hoofdpijn, snel vermoeid raken, oogklachten, prikkeling of uitdroging van de slijmvliezen, misselijkheid, een vieze smaak in de mond, ademhalingsproblemen, concentratiemoeilijkheden en duizeligheid.

Een verklaring voor al deze symptomen is niet uitsluitend te vinden in de luchtkwaliteit in de gebouwen. Hetzelfde geldt voor de klachten in de Boeing 747. Er zijn verschillende specifieke factoren die tot klachten kunnen leiden. CO<sub>2</sub>-concentraties in de buurt van de hygiënische waarde hangen samen met een atmosfeer die als 'bedompt' en 'onfris' wordt ervaren. Een te hoge temperatuur en te lage luchtvochtigheid hebben tot gevolg dat de atmosfeer vaak als onbehaaglijk wordt ervaren, doordat het te warm of te droog is.

Een te hoog ozongehalte is een duidelijke aanleiding voor gezondheidsklachten.

De resultaten van de meetvluchten en het klachtenonderzoek komen in ►

grote lijnen overeen met het beeld dat geschetst wordt in een rapport over de kwaliteit van de cabinelucht in vliegtuigen van een onderzoekscommissie in de Verenigde Staten (NRC, 1986). Hierin wordt melding gemaakt van het feit dat tijdens meetvluchten nogal eens overschrijding van de maximaal aanvaarde concentratie ozon geconstateerd is. Verder concluderen de onderzoekers dat lage luchtvochtigheid een algemeen verschijnsel is in de luchtvaart, maar dat 'de gezondheidsrisico's die geassocieerd zijn met schone, droge lucht zeer klein zijn, zeker voor gezonde mensen. Deze gezondheidsrisico's zijn daarom geen rechtvaardiging van de kosten en mogelijke microbiologische complicaties die installatie van luchtbevochtigingssystemen in vliegtuigen met zich mee zullen brengen' (p. 165).

In dit onderzoek van de NRC zijn tevens de effecten van het roken aan boord in ruime mate bediscussieerd. Deze factor is in het KLM-onderzoek niet aan de orde gesteld, maar zou eveneens een oorzaak kunnen zijn van klachten.

Ongetwijfeld is een deel van de klachten toe te schrijven aan de gevolgen van onregelmatige werk- en rusttijden en het veelvuldig overschrijden van tijdzones.

Naast bovengenoemde specifieke factoren zijn voor de verklaring van de gemelde klachten ook psychologische oorzaken aan te wijzen. Mogelijke specifieke, psychologische factoren zijn het gevoel opgesloten te zitten en daarnaast de geringe controle die men heeft over de omgeving. Dit geldt vooral voor cabinepersoneel en passagiers op lange vluchten. Vermoed kan worden dat het diffuse klachtenpatroon toe te schrijven is aan een samenspel van specifieke en aspecifieke, psychologische factoren. Van het doorvoeren van geïsoleerde verbeteringen zoals het aanbrengen van ozonfilters kan daarom geen spectaculaire vermindering van de klachten verwacht worden.

#### Literatuur

- ASHRAE, 1974. Thermal environmental conditions for human occupancy. ASHRAE Standard 55-74. ASHRAE, New York.
- Breunis, K., 1987. Het 'Sick Building Syndrome' en het klimaat in kantoorgebouwen. PTT Ergonomie, 36, 7/11.
- DGA, 1988. Nationale MAC-lijst van de Arbeidsinspectie, publicatienummer P145 van het Directoraat Generaal van de Arbeid, Voorburg.
- McIntyre, D.A., 1980. Indoor Climate. Applied Science Publishers, London.
- NRC (National Research Council), 1986. The Airliner Cabin Environment. National Academy Press, Washington, D.C.