



Overlegorgaan  
Infrastructuur en Milieu



Rapportage 2017

**Nationale  
Adviesgroep  
Cabinelucht**



# Nationale Adviesgroep Cabinelucht



# Inhoud

Voorwoord	4
1. Aanleiding	5
2. Europese trajecten: stand van zaken	6
REACH	6
EASA/Directorate General for Mobility and Transport	8
CEN	13
Future Sky Safety	15
3. Overkoepelende aandachtspunten	18
Onderbelichte zaken	18
Recente ontwikkelingen	18
4. Conclusies en aanbevelingen	20
Bijlage 1: gastsprekers	21
Gerard Hageman	21
Remco Westerink	22
Michel Mulder	23
Bijlage 2: Deelnemende organisaties in de NAC	25



# Voorwoord

Voor u ligt de tweede rapportage van de Nationale Adviesgroep Cabinelucht. In onze eerste rapportage (mei 2016) stonden vier Europese onderzoekstrajecten centraal. Elk van deze trajecten is van belang voor het onderwerp cabinelucht in vliegtuigen.

In de afgelopen periode hebben we ons verder verdiept in het cabineluchtvragestuk. Daarbij hebben we gekeken naar de ontwikkelingen in de vier Europese trajecten, hebben we een aantal spreker te gast gehad en hebben we de actualiteit rondom de kwaliteit van cabinelucht verder gevolgd.

Eén ding is duidelijk: het cabineluchtvragestuk is complex. Het laatste woord hierover is nog niet gesproken.

In de volgende rapportage besteden we onder meer aandacht aan gestandaardiseerde meldingen.

Oktober 2017

Pieter Jan Biesheuvel

Onafhankelijk voorzitter Nationale Adviesgroep Cabinelucht



# 1. Aanleiding

Sinds enige jaren is een publieke discussie gaande over de kwaliteit van de cabinelucht in vliegtuigen. Het vraagstuk speelt internationaal: vliegen en vliegtuigen bouwen is immers een internationale activiteit met veel internationale regels. De discussie speelt nadrukkelijk ook in Nederland: onder het personeel van luchtvaartmaatschappijen en onderhoudsbedrijven, in de wetenschap, de media en de Tweede Kamer. Er zijn vragen en zorgen over de mogelijke aanwezigheid van giftige stoffen in de cabinelucht en de mate waarin deze stoffen gezondheidsklachten kunnen veroorzaken.

De directe aanleiding voor de oprichting van de NAC was een brief van 2 juni 2015 aan de Tweede Kamer van toenmalig staatssecretaris Mansveld van Infrastructuur en Milieu. In haar brief schrijft staatssecretaris Mansveld het volgende: 'Met de vier Europese initiatieven worden alle invalshoeken van deze problematiek onderzocht, maar er is wel sprake van een complexe structuur. Het houden van overzicht en het tijdig op de juiste plaats agenderen van vraagstukken is daardoor uitdagend. Daarbij hecht ik er aan dat alle stakeholders goed worden geïnformeerd over de voortgang en de mogelijkheid krijgen om nieuwe ontwikkelingen op de juiste plaats te agenderen. Gelet op het bovenstaande zal ik een "Nationaal Adviesgroep Cabinelucht" (NAC) instellen.'

Naar aanleiding van de brief van toenmalig staatssecretaris Mansveld is in de zomer van 2015 onderzocht hoe de NAC vorm te geven. Het bij wet ingestelde Overlegorgaan infrastructuur en milieu (OIM) bleek een geschikt instrument te zijn om de NAC bij onder te brengen. De Wet overleg infrastructuur en milieu waarborgt onder andere dat de vergaderingen worden voorgezeten door een onafhankelijk voorzitter. Tevens regelt deze wet de beschikbaarheid van een onafhankelijke secretaris.

De NAC rapporteert aan de staatssecretaris. In de rapporten zal de NAC ingaan op de ontwikkelingen bij de vier Europese initiatieven en de staatssecretaris adviseren over de Nederlandse inbreng in de Europese initiatieven. Daarbij zal de NAC bijvoorbeeld aandacht vestigen op samenhang tussen de vier initiatieven en onderbelichte vragen. De vier Europese initiatieven zijn REACH, EASA-studie, CEN en Future Sky Safety. Ook nieuw onderzoek, actuele ontwikkelingen in de discussie over cabinelucht en adviesvragen van de staatssecretaris kunnen aan de orde komen in de rapportages.

Dit rapport is de tweede rapportage aan de staatssecretaris van IenM. De NAC geeft hiermee invulling aan de opdracht zoals geformuleerd in de brief van toenmalig staatssecretaris Mansveld aan de Tweede Kamer van 2 juni 2015: 'De NAC zal in ieder geval worden belast met adviseren over:

- ontwikkelingen (waaronder nieuw onderzoek) die relevant kunnen zijn voor de gekozen strategie;
- de wenselijkheid van additioneel (internationaal) onderzoek;
- de Nederlandse inbreng in de Europese onderzoekstrajecten.'



## 2. Europese trajecten: stand van zaken

### REACH

#### Omschrijving traject

REACH is een Europese verordening over de productie van en handel in chemische stoffen. Het beschrijft waar bedrijven en overheden zich aan moeten houden. REACH staat voor: Registratie, Evaluatie, Autorisatie en restrictie van Chemische stoffen. Een van de verplichtingen in deze verordening is dat producenten en importeurs van chemische stoffen alle stoffen registreren die ze met minimaal 1 ton per jaar produceren of importeren. Bij de registratie moet de producent of importeur (registrant) onder meer aangeven of de stof schadelijk is en vermelden hoe een gebruiker er veilig mee om kan gaan. Er wordt onder andere standaard rekening gehouden met verschillen in gevoeligheid tussen mensen (extra correctiefactor bij afleiden van drempelwaarde).

De stoffevaluatie volgt een vast proces met het maken van een ontwerpbesluit, meerdere commentaarrondes, en tussentijdse aanpassing van het ontwerpbesluit. In deze fase is de evaluatie vertrouwelijk. Als er door het lidstatencomité unanieme overeenstemming wordt bereikt, dan wordt het besluit goedgekeurd door het Europees Chemicaliënagentschap (ECHA), waarna de registranten worden geïnformeerd en het besluit openbaar wordt gemaakt. De registranten zijn verplicht binnen de in het besluit vastgelegde termijn de gevraagde informatie aan te leveren aan ECHA. Nederland, als evaluerend lidstaat voor de stoffevaluatie van TCP, evalueert vervolgens deze informatie. Mogelijke conclusies zijn dat:

- alle risico's voldoende beheerst zijn met de huidige maatregelen;
- dat de risico's niet voldoende zijn afgedekt en verdere maatregelen nodig zijn.

Voorbeelden van maatregelen zijn restrictie van het gebruik van de stof of geharmoniseerde classificatie.

#### Stand van zaken REACH

Nederland heeft bevorderd dat TCP wordt geëvalueerd middels een stoffevaluatie. De evaluatie was deels gebaseerd op een zorg voor de gezondheid van de mens, vanwege de mogelijke neurotoxische eigenschappen van TCP en gezondheidsproblemen bij vliegend personeel. Tijdens het proces is vastgesteld dat er formeel een zorg is en er verdere informatie gevraagd wordt van de registranten van de stof om de zorg voor een risico te kunnen bevestigen of weg te nemen. Dit heeft geleid tot een besluit van ECHA, voorgesteld door Nederland en akkoord bevonden door het lidstatencomité, waarin verdere informatie geëist wordt van de registranten. Deze informatie omvat onder andere een langdurige studie in ratten



waarbij gekeken wordt naar neurotoxische effecten na inademing van TCP, en een in vitro studie waarin de opname van TCP via de huid kan worden bepaald. Daarnaast is informatie geëist over de blootstellingsniveaus van TCP tijdens werksituaties, inclusief blootstelling in vliegtuigen, en is gevraagd om een analyse van beschikbare gegevens uit vragenlijsten en medisch/klinisch onderzoek onder werkers die (mogelijk) zijn blootgesteld aan TCP. De informatie dient uiterlijk 2 augustus 2018 beschikbaar te zijn in de vorm van een update van het registratiedossier. Zodra de informatie beschikbaar is, zal Nederland deze evalueren en bepalen of de risico's beheerst zijn of dat er verdere maatregelen nodig zijn.

## Aandachtspunten REACH

In de rapportage van 2016 benoemde de NAC een aantal aandachtspunten voor het REACH-traject<sup>1</sup>:

- Maximale aandacht voor alle isomeren die aan de orde zijn;
- Waar mogelijk TCP-specifieke informatie over verschillen in gevoeligheid tussen mensen gebruiken;
- Bij bepalen drempelwaarden voor piekbelasting en continue belasting, koppeling maken met situaties die zich in de luchtvaart voordoen;
- Maximale inzet voor verhogen tempo en bevorderen transparantie.

Terugblikkend op deze aandachtspunten ziet de NAC nu het volgende:

- TCP zoals geregistreerd in het REACH-dossier bestaat uit meerdere isomeren, die in verschillende hoeveelheden kunnen voorkomen. In het besluit van ECHA is opgenomen dat de gevraagde dierstudie uitgevoerd moeten worden met een representatieve compositie van TCP. Wanneer er neurotoxiciteit wordt gezien in de studie kan ECHA tijdens de follow-up evaluatie besluiten dat ook andere composities getest moeten worden, om zo een goede risicobeoordeling van alle bestaande composities te kunnen uitvoeren.
- Van een van de isomeren van TCP, namelijk tri-ortho-cresyl fosfaat (ToCP) is bekend dat het schadelijk is voor het zenuwstelsel. Echter, op basis van de huidige gegevens is nog niet duidelijk of TCP in de compositie zoals geregistreerd onder REACH ook nadelige effecten op het zenuwstelsel veroorzaakt. Daarom wordt in het besluit van ECHA gevraagd om een dierstudie die gericht is op het onderzoeken van effecten op het zenuwstelsel na inademing van deze compositie van TCP. Op basis van de resultaten van deze studie zal tijdens de follow-up evaluatie beoordeeld worden of verder onderzoek naar mechanisme en verschillen in gevoeligheid tussen mensen nodig is en gevraagd kan worden.
- In het besluit is gevraagd om verdere onderbouwing van de drempelwaarden die in het dossier zijn afgeleid. Daarnaast zal op basis van de gegevens uit de dierstudie bepaald moeten worden of de drempelwaarden aangepast moeten worden. Op 30 december 2016 is een project gestart waarin de kwaliteit van cabinelucht in vliegtuigen verder onderzocht zal worden, (zie pagina 11). Hiermee wordt gevolg gegeven aan de aandachtspunten van de NAC zoals beschreven in de vorige rapportage, waaronder de aandacht voor zowel piekbelasting als continue belasting en de wijze waarop drempelwaarden worden afgeleid.
- Het besluit van ECHA is gepubliceerd op de website van ECHA. Met het besluit zijn de registranten verplicht om nieuwe informatie aan te leveren, met een uiterste datum van 2 augustus 2018. Zodra de vereiste informatie beschikbaar

<sup>1</sup> De volledige tekst van de aandachtspunten is te vinden in de NAC-rapportage van 2016.



is, zal er zo spoedig mogelijk gestart worden met het evalueren van deze informatie om tot conclusies over mogelijke risico's te komen.

## **EASA/Directorate General for Mobility and Transport**

In 2015 zijn twee onderzoeken uitgezet door EASA. Het eerste onderzoek, getiteld '*Preliminary cabin air quality measurement campaign*', is uitgevoerd door Fraunhofer Instituut en Hannover Medical School en betrof een meetcampagne met betrekking tot cabineluchtkwaliteit in grote transportvliegtuigen. Het tweede onderzoek getiteld, '*Characterisation of the toxicity of aviation turbine engine oils after pyrolysis (AVOIL)*' is uitgevoerd door TNO en RIVM. Verder heeft het Directoraat-Generaal Mobiliteit en Vervoer (DG MOVE) van de Europese Commissie opdracht gegeven voor een grootschalig vervolgonderzoek: FACTS.

Alliedrie deze onderzoeken komen hieronder aan de orde. De beschrijvingen zijn een weergave van de samenvattingen zoals opgesteld door de auteurs.

### **EASA-onderzoek 1**

#### **Preliminary cabin air quality measurement campaign**

Het onderzoek bestond uit twee delen: in het hoofdonderzoek zijn metingen verricht in vliegtuigen met een traditioneel 'bleed air' systeem (lucht op druk gebracht door een aan de motor gekoppelde compressor) en in het aanvullende onderzoek zijn metingen gedaan in de Boeing 787 (Dreamliner) waarin sprake is van een apart elektrisch luchtcompressiesysteem in plaats van bleed air. Dat betekent dat de luchttoevoer van buiten naar binnen het vliegtuig niet verloopt via de compressor van de vliegtuigmotoren. In totaal zijn 69 meetvluchten uitgevoerd tussen juli 2015 en juni 2016 op acht typen vliegtuigen. In het hoofdonderzoek met 'bleed air' vliegtuigen zijn 61 vluchten onderzocht; er zijn acht vluchten met de Boeing 787 onderzocht. Van Boeing 787 werd verwacht dat door een andere compressietechniek geen TCP's zouden worden gemeten. Ook hier bleken kleine hoeveelheden TCP's te worden aangetroffen. Twee sets aan meetapparatuur waren geïnstalleerd tijdens reguliere passagiersvluchten, respectievelijk in de cockpit en in de cabine. Luchtmonsters van cockpit en cabine werden gedurende verschillende vluchtfasen genomen (taxifase, opstijgen en klimmen, dalen en landen, en volledige vlucht). Additionele vereiste parameters voor cabineluchtkwaliteit, zoals klimaat data, totale vluchtige organische stoffen, koolstofdioxide, koolstofmonoxide en ozon gehalte werden continue gemeten.

Essentiële resultaten van de stoffen of groep van stoffen zijn in onderstaande tabel samengevat. De totale vluchtige organische stoffen concentratie bedroeg 0,024 - 2,1 mg/m<sup>3</sup> voor vliegtuigen met een bleedairsysteem en 0,012-0,489 mg/m<sup>3</sup> voor vliegtuigen uitgerust met een elektrisch luchtsysteem. Kleine hoeveelheden formaldehyde, acetaldehyde en andere aldehyden zijn gedetecteerd in beide systemen. Organofosfaten werden in alle luchtmonsters geanalyseerd (n = 516). De mmm, mmp, mpp en ppp isomeren<sup>2</sup> van TCP zijn aangetoond, terwijl het ooo isomeer van TCP niet werd aangetoond. Naast TCP's zijn prominent tri-n-butylfosfaat (TBP) en tris (chlorisopropyl) fosfaat gedetecteerd.

<sup>2</sup> Er bestaan 3 vormen van TCP: ortho (o), meta (m) en para (p). Deze kunnen samen verschillende isomeren vormen: ooo, oom, oop, omm, omp, opp, mmm, mmp, mpp, ppp





	hoofdonderzoek	Boeing 787
Totale vluchtige organische stoffen	0,024 - 2,1 mg/m <sup>3</sup>	0,012 - 0,489 mg/m <sup>3</sup>
Formaldehyde	0,03 - 48 µg/m <sup>3</sup>	0,02 - 17 µg/m <sup>3</sup>
Acetaldehyde	0,02 - 42 µg/m <sup>3</sup>	0,01 - 15 µg/m <sup>3</sup>
Tricresyl fosfaten (TCP's): meta- and para-isomeren	0,009 µg/m <sup>3</sup> (gemiddeld) 1,515 µg/m <sup>3</sup> (max)	0,020 µg/m <sup>3</sup> (gemiddeld) 0,403 µg/m <sup>3</sup> (max)
Tri-n-butyl phosphate (TBP)	0,037 - 2,484 µg/m <sup>3</sup> (gemiddelde: 0,430 µg/m <sup>3</sup> )	0,037 - 1,482 µg/m <sup>3</sup> (gemiddelde: 0,237 µg/m <sup>3</sup> )
Tris(chloro-isopropyl)phosphate	0,023 - 9,977 µg/m <sup>3</sup> gemiddelde: 0,506 µg/m <sup>3</sup> )	0,041 - 2,633 µg/m <sup>3</sup> (gemiddelde: 0,502 µg/m <sup>3</sup> )

In het algemeen zijn de resultaten van deze meetcampagne in overeenstemming met de bevindingen van andere meetcampagnes. De frequentie, patronen en concentraties zijn vergelijkbaar met bevindingen van andere studies uitgevoerd in binnenlucht van bijvoorbeeld kantoren en scholen. Een vliegtuig is een complex technisch systeem met een aantal mogelijke emissiebronnen van verontreinigingen en mede daardoor is voldoende luchtverversing belangrijk om goede luchtkwaliteit te hebben. Een belangrijke bevinding in deze studie was de documentatie en het bewijs van een algemeen verdunnend effect van luchtverontreinigingen. Mogelijke contaminatie van cabinelucht is in te delen in twee categorieën:

- primaire cabineluchtverontreinigingen, waarbij sprake is van lekkage van olie door bijvoorbeeld een kapot dichtingsmateriaal;
- secundaire cabineluchtverontreinigingen die ontstaan door afzetting van oliecontaminanten in het luchttoevoersysteem door permanente zeer lage lekkage van olie. Contaminanten laten dan los vanuit de afzetting.

## EASA-onderzoek 2

### **Characterisation of the toxicity of aviation turbine engine oils after pyrolysis (AVOIL)**

#### *Omschrijving traject*

AVOIL is een onderzoek naar de chemische karakterisering en toxiciteit van oliën voor vliegtuigturbinemotoren. Dit onderzoek is uitgevoerd door een consortium van TNO en RIVM, met bijdragen van Universiteit Utrecht (IRAS) en Vrije Universiteit Amsterdam.

Binnen het beschikbare budget en onderzoeksvraag is zo goed mogelijk invulling gegeven aan het onderzoek. Vanwege het grote aantal variabelen (zoals de vele soorten olie, verschillende typen vliegtuigen, de mogelijke invloed van luchtdruk, etc.) is het onmogelijk om compleet te zijn. Belangrijke informatiehiaten binnen de casus rondom de mogelijke gezondheidsrisico's in relatie tot chemische stoffen in de cabinelucht worden verder onderzocht in een grootschalig onderzoek uitgezet door de Europese Commissie (DG MOVE, in samenwerking met EASA).



### *Stand van zaken AVOIL*

Op 16 februari 2017 heeft EASA het rapport uitgebracht over dit onderzoek. Hieronder staat een verkorte weergave daarvan.

### Literatuuronderzoek

De literatuurbeoordeling is gericht op het onderzoeken van effecten bij de mens, metingen van oliecomponenten in een vliegtuig, in vitro- en in vivo-toxiciteitsonderzoeken uitgevoerd met motorolie of de dampen en samenstelling van de luchtvaart motorolie, rook of pyrolyseproducten. De bevindingen van dit onderzoek werden gebruikt in de opzet van de experimenten in deze studie. Uit de literatuur blijkt dat analysetechnieken voor de detectie van bestanddelen die aanwezig kunnen zijn in de gebruikte olie, aanzienlijk zijn verbeterd. Dit verklaart waarschijnlijk het feit, dat in de oudere literatuur geen onderdelen zoals tricresylfosfaat (TCP) werden gevonden. Verder bleek dat in een vliegtuigmotorcompartiment waar oliedampen en pyrolyseproducten worden gevormd, temperaturen van boven 500°C worden bereikt en daardoor giftige dampen (koolmonoxide (CO) en trimethylolpropan fosfaat (TMPP)) kunnen worden gegenereerd.

### Experimentele opzet

Het onderzoek is uitgevoerd met behulp van twee veelvoorkomende ongebruikte vliegtuigoliën. Eén voor typisch langeafstandvluchten en één voor korte afstanden. Voor deze laatste categorie is ook gebruikte motorolie onderzocht. De chemische karakterisering bestond uit drie afzonderlijke delen: chemische karakterisering van de originele oliën, chemische karakterisering van oliedampen die vrijkomen in een temperatuur traject van 21-375 °C onder normale luchtsamenstelling en chemische karakterisering van oliedampen die vrijkomen in een temperatuur traject van 21-375 °C onder pyrolyse omstandigheden (onder uitsluiting van zuurstof).

Het chemisch onderzoek van de oliedampen bestond uit het verwarmen van olie met twee simulaties per experiment: simultie van koude start van de motoren tot maximale stijghoogte (top of climb) gedurende 30 minuten tussen 21 °C -375°C en een stationaire periode van 60 minuten (cruise) bij een temperatuur van 375 ± 25°C (dat wil zeggen bij een temperatuur van rond 375°C met een minimum van 350 °C en een maximum van 400 °C) Van elke simulatie zijn monsternemingen uitgevoerd in de oliedampen en geanalyseerd op de volgende chemische stofgroepen-, gassen of deeltjes: organofosfaat testers, vluchtige organische stoffen, aldehyden, polycyclische aromatische koolwaterstoffen, minerale oliën, deeltjes aantallen en koolmonoxide.

### Chemische karakterisering van olie en oliedampen door olie te verhitten (onder normale lucht samenstelling)

Uit de chemische karakterisering blijkt dat de originele oliën TCP bevatten bestaande uit de isomeren tri (m, m, m,) -, tri (m, m, p) -, tri (m, p, p) en tri (p, p, p) -cresyl fosfaat. De neurotoxische tri-(o,o,o)-cresylfosfaat is niet aangetoond in de oliën. De gemeten concentraties aan TCP in de originele olie komen overeen met de productspecificaties van de afzonderlijke oliën. De samenstelling van de TCPs in de originele olie correleert in hoge mate met de samenstelling van de TCPs in oliedamp.

De originele oliën bevatten relatief lage concentraties van een aantal Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK)-verbindingen. In de oliedampen worden, mogelijk door onvolledige verbranding, nieuwe PAK-verbindingen aangetroffen in relatief lage concentraties.



Relatief hoge concentraties formaldehyde en acetaldehyde werden aangetroffen in de oliedampen. Naast deze aldehyden zijn meer dan 90 verschillende vluchtige verbindingen geïdentificeerd en gekwantificeerd waaronder o.a. alkanen, alkenen, ketonen, alcoholen, aromaten, esters, ethers en organische zuren. Tijdens de simulaties zijn continue on-line metingen uitgevoerd voor koolmonoxide en deeltjes aantallen. Uit deze metingen blijkt dat bij verhoging van de olietemperatuur zowel deeltjes aantallen als de concentratie aan koolmonoxide stijgt.

### Chemische karakterisering van de oliën na pyrolyse

Verwarmen onder stikstof (uitsluiting van zuurstof) leidt tot een toename van het aantal verbindingen waarbij 24 verbindingen in de oliedamp zijn geïdentificeerd. Een aantal verbindingen werd als uniek geïdentificeerd voor beide beproefde oliën. Daarnaast bleek de gebruikte olie nieuw geïdentificeerde verbindingen te bevatten in vergelijking met niet-gebruikte olie en een aantal verbindingen dat oorspronkelijk aanwezig was leek verdwenen te zijn. Dit geeft aan dat gedurende de levensduur van een olie, aanzienlijke veranderingen in de samenstelling kunnen plaatsvinden. Om een veiligheidsbeoordeling van stoffen afkomstig van vliegtuigoliën mogelijk te maken, is een lijst opgesteld van 127 verbindingen die zowel onder stikstof- als zuurstofomstandigheden, in alle oliën en tijdens de verschillende stadia van de gesimuleerde vlucht geïdentificeerd zijn. Deze lijst kan worden gebruikt om het risicoprofiel van deze verbindingen met de indeling en etikettering (C&L) gegevensbank van het Europees Chemicaliënagentschap (ECHA) te evalueren.

### Toxiciteit oliën en variabiliteit in effecten

De toxiciteit van de oliedampen werd onderzocht met een in vitro model van menselijke longcellen, in combinatie met een in vitro model met zenuwcellen. Concentraties die in vitro getest zijn, zijn binnen het brede bereik van concentraties die blijken uit de literatuur voor vluchten onder normale omstandigheden (bereik van 0,3 ng/m<sup>3</sup> tot 50 g/m<sup>3</sup>). De resultaten tonen aan dat acute blootstelling geen significante veranderingen in activiteit van de geteste zenuwcellen induceren. Echter, een trend naar een toename van de activiteit werd waargenomen bij de hoogste geteste concentratie. Het kan niet worden uitgesloten dat hogere concentraties de activiteit van zenuwcellen beïnvloeden. Bovendien leidde blootstelling langer dan 48 uur tot een verminderde neuronale activiteit en het is dus mogelijk dat effecten van pyrolyseproducten pas optreden na verlengde blootstelling (dat wil zeggen 48 uur of langer).

De mogelijke oorzaken van de grote verscheidenheid van de gerapporteerde gezondheidsklachten werden opgehelderd door het verkennen van:

1. de invloed van genetische verschillen in de stofwisseling en ontgifting tussen mensen onderling en
2. de invloed van stress en/of coping-strategieën die de gezondheidsklachten kunnen beïnvloeden.

Versillen in gevoeligheid tussen mensen kunnen worden verwacht bij stoffen waarbij cytochroom P450-enzymen verantwoordelijk zijn voor de afbraak. Echter, het brede gebied van verbindingen in de cabinelucht, in combinatie met andere stressoren, is niet systematisch in kaart gebracht, waardoor het moeilijk is om conclusies te trekken over de bijdrage van deze intra-individuele genetische verschillen in metabolisme en de toxiciteit van de variëteit gerapporteerde symptomen.



Met het oog op de grote verscheidenheid van de symptomen en het gebrek aan specificiteit, kan niet worden uitgesloten dat een deel van de symptomen niet verklaard kan worden door de feitelijke blootstelling. Uit de literatuur blijkt dat we te maken hebben met symptomen die in de algemene bevolking en binnen het domein van somatisch onverklaarde lichamelijke klachten vallen. Echter, over het algemeen uitspraken doen over mogelijke hogere prevalenties van somatisch onverklaarde lichamelijke klachten in het cabinepersoneel is lastig, omdat de symptomen elkaar overlappen en schattingen afhankelijk zijn van de gebruikte definities van de deelnemers aan het onderzoek. Het al dan niet verantwoordelijk zijn van de beroepsmatige omstandigheden voor de gerapporteerde klachten blijft onbekend totdat de complete set van potentiële chemische risico's bekend is.

#### *Aandachtspunten AVOIL*

In de rapportage van 2016 benoemde de NAC een aantal aandachtspunten voor het EASA-traject<sup>3</sup>:

- NAC vindt het wenselijk dat de opgedane ervaring van de vooronderzoeken van EASA ingezet wordt voor het geplande hoofdonderzoek van EASA en de Europese Commissie;
- NAC vindt het van belang dat EASA een gedegen analyse afwacht voordat zij eventuele aanbevelingen doet om alternatieven (bijvoorbeeld het gebruik van andere oliën) af te dwingen;
- de NAC is van mening dat Nederland dient te bevorderen dat EASA een coördinerende rol neemt voor de Europese aanpak. Daarbij is EASA in Europa in de beste positie om afstemming tussen vliegtuigproducerende landen te realiseren.

Nu voegt de NAC daar het volgende aan toe:

- de opgedane ervaring uit de vooronderzoeken van EASA wordt nu ingezet in een grootschalig onderzoek van de Europese Commissie en EASA (FACTS project, zie volgende onderdeel). EASA is betrokken bij het grootschalige onderzoek dat is uitgezet door DG MOVE en neemt een grote inhoudelijke rol in. TNO en RIVM, die als hoofdpartners het consortium vormden in een van de EASA-onderzoeken, maken beide deel uit van het consortium dat deze grootschalige studie zal uitvoeren. Om verder de kwaliteit te waarborgen wordt een onafhankelijke expertgroep opgesteld die meekijkt en meedenkt over de inhoud en aanpak van het onderzoek. Bovendien is er een spiegelgroep die ruimte biedt voor inbreng door stakeholders;
- het afwachten van de uitkomsten van het grootschalige onderzoek is wenselijk voordat verdere grote acties worden ondernomen met betrekking tot alternatieven;
- ten aanzien van de coördinerende rol is het van belang dat de onafhankelijkheid van het EASA-onderzoek geborgd is door bijvoorbeeld peer reviews.

## Vervolgonderzoek DG MOVE

### **FACTS**

TNO, RIVM en een aantal industriële partners hebben de opdracht gekregen verder onderzoek naar cabineluchtkwaliteit uit te voeren en om de uit de eerdere onderzoeken gebleken gaten op te vullen.

<sup>3</sup> De volledige tekst van de aandachtspunten is te vinden in de NAC-rapportage van 2016.



Hiervoor is het driejarige project FACTS vormgegeven, in opdracht gegeven door de Europese Commissie (DG MOVE) en EASA aan TNO als leider van een groot consortium. Hierbij zal gekeken worden naar:

- Karakterisering van de samenstelling en concentratie van de verontreinigingen van bleed-air en het effect daarvan op de cabineluchtkwaliteit;
- Strategie voor het simuleren van (wordt case) verontreiniging van de cabinelucht (zogenoeten 'fume events');
- Identificatie van korte en/of lange-termijn effecten op de gezondheid (toxicologische en fysiologische), die kunnen evolueren door blootstelling aan de cabinelucht;
- Toxicologische risicobeoordelingsmethode voor de ondersteuning van de besluitvorming met betrekking tot de kwaliteit van cabinelucht;
- Strategie gericht op het beperken van risico's voor de cabineluchtkwaliteit.

## CEN

### Omschrijving traject

Europese vakbonden hebben in 2013 een voorstel ingediend bij de Europese normalisatie organisatie (CEN) voor het opstellen van normen voor de luchtkwaliteit aan boord van vliegtuigen. Het Franse normalisatie instituut AFNOR heeft het voorstel gesteund en zich bereid getoond om het voorzitterschap op zich te nemen voor de nieuw te vormen Technische Commissie (TC). Dit is door CEN geaccordeerd in 2014 met de oprichting van CEN/TC 436 met de naam Cabineluchtkwaliteit in civiele vliegtuigen – Chemische stoffen. Een brede groep van stakeholders vanuit de Europese luchtvaartsector is vertegenwoordigd in deze TC.

In 2015 (20 april, 1 juli, 23-24 november) hebben drie TC-vergaderingen plaatsgevonden met als doel consensus te verkrijgen rondom de scope en werkwijze van de TC en haar taakgroepen. Tijdens de vergadering op 10-11 maart 2016 zijn doel, werkwijze en oprichting van de taakgroepen geaccordeerd. De duur van een normalisatietraject is drie jaar; de startdatum is nog niet vastgesteld.

Deze norm definieert de eisen en aanbevelingen die betrekking hebben op de kwaliteit van de cabinelucht in civiele vliegtuigen, met betrekking tot chemische stoffen die mogelijk afkomstig zijn van, maar niet beperkt zijn tot, de ventilatielucht die aan de cabine en de cockpit wordt geleverd. Bijzondere nadruk wordt gelegd op de luchtverontreinigingen die mogelijk in de cabine worden gebracht. Het omvat civiele vliegtuigen in gebruik, vanaf het moment dat de eerste persoon aan boord gaat van het vliegtuig tot de laatste persoon die het vliegtuig verlaat. De norm zal in het bijzonder gericht zijn op de aanwezigheid van chemische stoffen, inclusief stoffen die nadelige effecten kunnen veroorzaken, en middelen om blootstelling aan deze chemische stoffen te voorkomen, rekening houdend met het voorzorgsbeginsel.

De volgende vier taakgroepen zijn opgericht:

Taakgroep 1: Identificatie van geschikte chemische markers en regulatoire vereisten met betrekking tot gevaren en veiligheid.

Taakgroep 2: Identificatie van bemonstering- en meetmethoden

Taakgroep 3: Sensoren en training

Taakgroep 4: Blootstellingsbeheersmaatregelen

### Stand van zaken

Er zijn in september 2016 en maart 2017 bijeenkomsten geweest van de TC 436. Hierin is met name de voortgang van de taakgroepen en de aanpak voor het schrijven van de standaard besproken.



Ook vonden er bijeenkomsten van elke taakgroep plaats. RIVM participeert in taakgroep 1 en is tevens voorzitter van deze groep. TNO participeert in taakgroep 2. Tijdens de vergaderingen van taakgroep 1 is veelvuldig gesproken over de aanpak en scope van de taakgroep. Besloten is dat het werk zich zal richten op zowel werkers als consumenten, dat meerdere (mogelijke) bronnen van chemische stoffen worden meegenomen (motorolie, hydraulische vloeistof, antivriesvloeistof, etc) en dat de nadruk op blootstelling via inademing ligt. Verder is het doel en de aanpak vastgelegd. Taakgroep 1 zal een subset aan chemische stoffen identificeren die representatief is voor de mogelijke bronnen van chemische stoffen in cabinelucht en gemeten kan worden. Via een pragmatische benadering zullen chemische markers worden geselecteerd waardoor een interventiewaarde wordt bepaald. Bij het overschrijden van deze waarde is actie nodig, waarbij gedacht kan worden aan onderhoud na de vlucht, isolatie van de bron van de stof, etc.

Op basis van de expertise in taakgroep 1 is een eerste versie van een lijst met potentiële chemische markers opgesteld. Deze zal verder worden uitgewerkt in 2017. De voorlopige lijst is verder gebruikt in taakgroep 2 om een start te kunnen maken met het identificeren van bestaande standaarden en gevalideerde testmethoden. Taakgroep 2 is in april 2016 gestart met een inventarisatie van geaccepteerde genormaliseerde meetmethodieken die geschikt zijn voor het meten van de stoffen zoals vermeldt in de taakgroep 1 stoffenlijst. Uit de inventarisatie moet blijken welke stoffen op eenvoudige wijze kunnen worden bemeten, en voor welke stoffen nog geen standaardmeetmethoden bestaan. Belangrijk doel is om een proces te starten waarbij goede modelstoffen (markers) gekozen worden om de luchtkwaliteit aan boord van vliegtuigen op eenvoudige wijze te kunnen beoordelen.

### Aandachtspunten CEN

In de rapportage van 2016 benoemde de NAC een aantal aandachtspunten voor het CEN-traject<sup>4</sup>:

- NAC vindt de aandacht van CEN op controleerbaarheid essentieel;
- NAC adviseert dat Nederland een vertegenwoordiger heeft in elk van de technische groepen (TG1-4);
- NAC adviseert dat Nederland de NAC aanwijst als een adviserend college voor de Nederlandse Norm (NEN);
- De NAC is van mening dat Nederland moet aandringen op maximale afstemming met het REACH en EASA-traject waar meer ruimte in tijd en geld is voor gedegen kennisvergaring.

Nu voegt de NAC daar het volgende aan toe:

- In de CEN TC en de taakgroepen is aandacht voor de meetmethoden van de chemische markers. Daarmee is de controleerbaarheid onderdeel van het werk.
- Momenteel is in taakgroep 1 en 2 vertegenwoordiging aanwezig vanuit Nederland. In taakgroep 1 is dat RIVM; in taakgroep 2 is dat TNO. In taakgroep 3 en 4 is geen Nederlandse vertegenwoordiging. Er is echter wel nauwe betrokkenheid tussen de taakgroepen onderling waardoor er goed zicht is op alle werkzaamheden.
- De kennis vanuit het REACH-traject en het EASA-traject zijn waar mogelijk ingezet voor de werkzaamheden binnen het CEN traject. De kennis verkregen vanuit de literatuur en vanuit metingen zoals gedaan in het EASA-traject helpen in de discussies over de aanpak in taakgroep 1 en 2 en de keuzes voor de chemische markers.

<sup>4</sup> De volledige tekst van de aandachtspunten is te vinden in de NAC-rapportage van 2016.



- Nederland zou budget ter beschikking moeten stellen voor het actief deelnemen aan deze technische groepen. De inzet vindt op dit moment plaats op basis van eigen initiatief. Deze kostbare en tijdrovende inzet hoort niet bij de dagelijkse werkzaamheden van de door Nederland uitgezonden vertegenwoordigers.

## Future Sky Safety

### Omschrijving traject

Future Sky Safety (FSS) is een Europees transportonderzoeksprogramma op het gebied van Europese luchtvaartveiligheid waarin 33 Europese partners nieuwe aanpakken, methoden en hulpmiddelen ontwikkelen voor luchtvaartveiligheid. Het NLR leidt het Future Sky Safety programma, waarin een werkpakket gewijd is aan de luchtkwaliteit aan boord van vliegtuigen.

### Stand van zaken

Tijdens het verslagjaar is een rapport uitgebracht dat beschikbaar gesteld is op de publieke website van Future Sky Safety. Het rapport betreft een literatuurstudie gericht op potentiële methoden die kunnen helpen om de luchtkwaliteit in vliegtuigen beter te begrijpen. Met de verwachte ontwikkeling van nieuwe vliegtuigen zullen ook nieuwe materialen aan boord komen. De nieuwe materialen zijn mogelijk van invloed op de luchtkwaliteit. Het rapport legt uit hoe in bestaande vliegtuigen luchtkwaliteit geregeld en gemonitord wordt, welke uitdagingen en beperkingen daarbij tegen worden gekomen en welke strategieën kunnen worden gevolgd.

Zuurstof, druk, temperatuur en een aantal andere aspecten van luchtkwaliteit aan boord van vliegtuigen wordt geregeld met het environmental control systeem (ECS). Al sinds tientallen jaren wordt daarvoor lucht gebruikt die op druk is gebracht in de compressoren van de motoren. In de loop van de tijd zijn functies aan het ECS toegevoegd, zoals recirculatie, HEPA-filters, vochtregeling en ozonregeling. In de recente Boeing 787 wordt de lucht binnengehaald via speciale inlaten op de romp en op druk gebracht in aparte elektrische compressoren. Omdat de samenstelling van de cabinelucht niet continu gemonitord en geregistreerd wordt, is de wetenschappelijke kennisbasis over cabinelucht onder operationele omstandigheden gebaseerd op een aantal specifieke studies van vluchten.

Drie methoden voor het monitoren van de luchtkwaliteit zijn beschreven:

1. monitoren op basis van incident rapporten;
2. monitoren op basis van veelal medische onderzoeken aan bemanning/reizigers na bepaalde gebeurtenissen;
3. monitoren door meettechnologie om analytische gegevens van de samenstelling van de lucht te verkrijgen.

Geconcludeerd wordt dat incidentrapportages een gebrek aan standaardisatie vertonen, mogelijk onvoldoende vaak worden ingevuld en onvolledig kunnen zijn. Ook met verbeteringen op dit gebied zal er subjectiviteit blijven. Medische onderzoeken aan bemanning/reizigers vertonen gebrek aan standaardisatie tussen onderzoeken. Studies met meettechnologie hebben als uitdaging om te meten bij specifieke, weinig voorkomende gebeurtenissen. Verder is gebleken dat sommige (bekende) sensoren niet geschikt zijn voor de specifieke omstandigheden aan boord van vliegtuigen.

Om continue monitoring van de luchtkwaliteit aan boord van vliegtuigen mogelijk te maken, kan gestreefd worden naar het verkleinen en robuust maken van bestaande meettechnologieën. Dat kan ondersteund worden door een aanpak



gebaseerd op zogenaamde elektronische neuzen in combinatie met patroonherkenningstechnieken. Ook modellen voor de simulatie van condities in vliegtuigen kunnen daarbij helpen, ook om vooraf nieuwe materialen virtueel te testen.

De ontwikkeling op het gebied van luchtkwaliteit in vliegtuigcabines is ook vergeleken met de ontwikkelingen voor auto's, onderzeeërs en het internationale ruimtestation. Onderzeeërs en het internationale ruimtestation hebben apparatuur voor continue metingen van de samenstelling van lucht, waarbij verschillende technologieën gebruikt worden voor het geval één van de technologieën niet goed functioneert. Voor auto's spelen kosten, grootte en gewicht van de meettechnologie een belangrijke rol, waardoor alleen eenvoudige, uiterst goedkope sensoren worden toegepast, voor zover dat plaatsvindt.

Het onderzoek wordt voortgezet met een studie naar een industrieel raamwerk voor het monitoren van luchtkwaliteit aan boord van vliegtuigen. In de gepubliceerde literatuurstudie is al een en ander te vinden over de mogelijke doelen en overwegingen bij het monitoren van luchtkwaliteit aan boord van vliegtuigen. Het monitoren kan gericht zijn op comfort, veiligheid, gezondheid en onderhoud en leiden tot meer wetenschappelijke kennis, het wegnemen van zorgen, en tot verbeteringen. Daarbij is aandacht nodig voor de kosten, in het bijzonder bij langdurig meten. Van groot belang is de mogelijke invloed van het gebruiken van meetresultaten tijdens de vlucht op de veiligheid. Zo lijkt het een goed idee om meer brandsensoren in vliegtuigen op te nemen. Echter, gegeven dat er veel loos brandalarm is, kan dit leiden tot meer ongeplande tussenlandingen, die op zich meer risico opleveren, waardoor de netto veiligheid afneemt. De regelgeving is holistisch: erop gericht om de juiste balans voor de veiligheid te vinden, met inachtnaam van overwegingen ten aanzien van de gezondheid.

## Aandachtspunten Future Sky Safety

In de rapportage van 2016 benoemde de NAC een aantal aandachtspunten voor het Future Sky Safety-traject<sup>5</sup>:

- de NAC waardeert dat de luchtkwaliteit in vliegtuigen onderzocht wordt in een werkpakket in het grote Future Sky Safety programma dat de veiligheid in brede zin betreft;
- NAC ziet graag dat het luchtbehandelingssysteem specifiek betrokken wordt in onderzoek naar de kansen die technologische ontwikkelingen bieden om de luchtkwaliteit in vliegtuigen te verbeteren;
- op het gebied van meettechnologie en het monitoren van luchtkwaliteit ziet de NAC mogelijke synergie met de andere Europese trajecten.

Terugblikkend op deze aandachtspunten ziet de NAC nu het volgende:

- het luchtbehandelingssysteem is in het verleden door technologische ontwikkelingen aangepast om de luchtkwaliteit in vliegtuigen te verbeteren. In het kader van de huidige technologische ontwikkeling van "more electric aircraft" is de synergie met EASA-onderzoek 1 van belang, die de eerste resultaten oplevert over de luchtkwaliteit in de Boeing 787, waarin de cabinelucht met elektrische compressoren op druk wordt gebracht.
- Future Sky Safety heeft bijgedragen aan de synergie met de andere Europese trajecten door de studieresultaten publiek ter beschikking te stellen.
- de NAC ziet graag continuering van het betrekken van het luchtbehandelingssysteem in het verder onderzoek.

<sup>5</sup> De volledige tekst van de aandachtspunten is te vinden in de NAC-rapportage van 2016.





- de NAC ziet graag verdere aandacht voor de voor- en nadelen van het monitoren van luchtkwaliteit aan boord van vliegtuigen, en voor de ontwikkelingen en de kansen op dit gebied.



## 3. Overkoepelende aandachtspunten

### Onderbelichte zaken

In de rapportage van 2016 benoemde de NAC twee zaken die onderbelicht waren in de vier Europese trajecten.

De eerste was dat de NAC het wenselijk vond dat EASA de ontwikkelingen op het gebied van realiseerbare innovatie binnen de bestaande vloot in kaart brengt. Inmiddels kan de NAC melden dat dit onderwerp aan de orde komt in het DG MOVE-onderzoek FACTS, waarbij EASA betrokken is. In de paragraaf over de EASA/DG MOVE-onderzoeken in deze rapportage staat daarvan een omschrijving.

De tweede was dat de NAC constateerde dat de informatie en analyses die op basis van de Europese meldingsverordening moeten worden geleverd beter kunnen worden benut om meer zicht te krijgen op de verschillende oorzaken en effecten van fume events. Tijdens het schrijven van dit rapport is de Europese meldingsverordening van kracht, maar in Nederland nog niet volledig geïmplementeerd.

### Recente ontwikkelingen

Er zijn drie recente publicaties die hieronder verder worden toegelicht. De beschrijvingen zijn een weergave van de samenvattingen zoals opgesteld door de auteurs.

#### Boeing-onderzoek naar blootstelling tijdens gesimuleerde fume events

In het artikel<sup>6</sup> worden de resultaten weergegeven van metingen uit de NASA Vehicle Integrated Propulsion Research studie uitgevoerd op een C-17 Globemaster III op Edwards Air Force Base in 2015. Dit onderzoek is uitgevoerd om een motorstoring te simuleren waarbij motorolie vrij komt in het airco-systeem. Na analyse bleek dat geen overschrijding van bestaande limieten voor werkers was van de stoffen afkomstig uit motorolie in de cabinelucht. De gegevens en de wetenschappelijke conclusies die voortvloeien uit deze studie zullen worden gebruikt om toekomstige technologieën op het gebied van vliegtuig airco-systemen verder te ontwikkelen.

#### KLM-metingen aan boord en op het platform

Personeel van de luchtvaartmaatschappij uit verschillende beroepsgroepen kan worden blootgesteld aan oliedampen: vliegers, cabinepersoneel,

<sup>6</sup> Space, DR; Salgar, AK; Scheer, DA; Jones, BW; Amiri, SN, (2017). Experimental determination of the characteristics of lubricating oil contamination in bleed air, LV-17-C047. Presented at IAQ in the Airline Industry, Conference Paper Session 12, ASHRAE Winter Meeting, Las Vegas, NV



afhandelingspersoneel dat werkt op het platform. Dit onderzoek<sup>7</sup> beschrijft de inventarisatie en evaluatie van de blootstelling van TCP's bij meting in de cockpit tijdens vlucht, plaatsgebonden meting op het platform en persoonlijke meting bij afhandelingspersoneel. Geconcludeerd is dat de gevonden blootstelling zich ver beneden de met de KLM Ondernemingsraad overeengekomen bedrijfsgrenswaarden bevond, met één uitzondering bij vliegtuigonderhoud op het platform. In vervolg op de metingen zijn maatregelen genomen en heeft KLM opdracht gegeven aan TNO voor het, in de tweede helft van 2017, uitvoeren van controlemetingen.

### Onderzoek 'aerotoxisch syndroom'

Recent is een publicatie<sup>8</sup> verschenen van een onderzoek naar het 'aerotoxisch syndroom'. Dit onderzoek beschrijft twee studies waarin gekeken is naar gezondheidseffecten bij piloten en cabinepersoneel. In de eerste studie zijn gegevens van piloten verzameld via telefonische interviews en via enquêtes. In de tweede studie zijn rapportages naar aanleiding van een incident gebruikt als bron, geschreven door o.a. piloten en cabinepersoneel, vakbond, media en medisch personeel. De onderzoekers concluderen dat er een duidelijk causaal verband is tussen symptomen, diagnoses en de omgevingslucht. Men geeft verder aan dat erkenning van het geheel als beroepsziekte en een helder medisch onderzoeksprotocol dringend nodig zijn.

### International Aircraft Cabin Air Conference 2017

In september vond de *International Aircraft Cabin Air Conference* plaats in Londen (<https://www.aircraftcabinair.com/>).

---

<sup>7</sup> De Ree, H; Houtzager, M; Agterberg, H; Havermans, J; Bos, J, (2017). Exposure of airline staff to TCP's from engine oil, LV-17-C045. Presented at IAQ in the Airline Industry, Conference Paper Session 12, ASHRAE Winter Meeting, Las Vegas, NV

<sup>8</sup> Michaelis S, Burdon J and Howard CV. Aerotoxic syndrome: a new occupational disease? Public Health Panorama, Volume 3, Issue 2, 189-211.



## 4. Conclusies en aanbevelingen

De NAC constateert dat er in de afgelopen jaren steeds meer onderzoeken zijn gedaan naar cabinelucht in vliegtuigen in relatie tot gezondheidsklachten. De onderzoeken leveren geen eenduidig beeld op over de relatie tussen de klachten en de cabineluchtkwaliteit. Een mogelijk oorzakelijk verband tussen schadelijke stoffen in de cabinelucht en lichamelijke klachten is op dit moment niet eenduidig wetenschappelijk bewezen.

Meer en grondiger onderzoek is noodzakelijk om verder inzicht te krijgen in het mogelijke verband tussen lichamelijke klachten en luchtkwaliteit in vliegtuigen. Het driejarige onderzoek FACTS dat begin dit jaar is gestart zal een belangrijke bijdrage gaan leveren aan de bestaande kennis. De NAC wacht met spanning de uitkomsten van dit onderzoek en andere onderzoeken af die de komende twee jaar worden verwacht.



# Bijlage 1: gast sprekers

Sinds de NAC-rapportage 2016 heeft de NAC zich verder verdiept in het cabinelucht vraagstuk. De NAC heeft puzzelstukken verzameld om het cabinelucht vraagstuk verder in beeld te brengen. In dat kader heeft de NAC een aantal gast sprekers verwelkomd. De heer Hageman (Medisch Centrum Twente) en de heer Westerink (Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS), Universiteit Utrecht) waren in september 2016 te gast. In november kwam de heer Mulder (Aviation Medical Consultation) spreken. In februari kwamen onderzoekers van de EASA-studie een presentatie geven. Dank aan de gast sprekers voor het delen van hun kennis en inzichten.

Het valt de NAC op dat de standpunten en conclusies van de gast sprekers uiteenlopen. De NAC zal deze conclusies en aanbevelingen, voor zover van toepassing, via de Nederlandse vertegenwoordigers onder de aandacht brengen in de Europese onderzoekstrajecten.

Verder constateert de NAC dat gast sprekers het 'aerotoxisch syndroom' aan de orde stellen. Het 'aerotoxisch syndroom' is niet erkend door het Nederlands Centrum voor Beroepsziekten en is niet opgenomen in haar overzicht met beroepsziekten (<https://www.beroepsziekten.nl/beroepenindex>). Daarom plaatsen we deze term tussen aanhalingstekens.

Hieronder staat een samenvatting van de presentaties van de eerste drie gast sprekers. De EASA-studie komt aan de orde onder 'stand van zaken Europese trajecten'. De presentaties van de gast sprekers weerspiegelen niet automatisch de standpunten van de NAC.

## Gerard Hageman

Dr. Gerard Hageman behandelt als neuroloog in het Medisch Centrum Twente onder meer patiënten met (mogelijk) het 'aerotoxisch syndroom'. Dat wil zeggen dat hun klachten (mogelijk) gerelateerd zijn aan schadelijke stoffen in de cabinelucht van vliegtuigen. Gerard Hageman vertelt over zijn onderzoek bij deze patiënten. Hij plaatst dit in de context van wetenschappelijke literatuur hierover.

Uit de wetenschappelijke literatuur blijkt dat tot nu toe geen eenduidig oorzakelijk verband gevonden is tussen klachten van patiënten en specifieke schadelijke stoffen in de cabinelucht. Het is een complex vraagstuk. Dat bemoeilijkt het stellen van de diagnose 'aerotoxisch syndroom'. Er zou bijvoorbeeld ook sprake kunnen zijn van andere toxische stoffen in de motorolie. Ook bijvoorbeeld koolmonoxide, de hoogte of een jetlag zouden een rol kunnen spelen.

De afgelopen jaren heeft Gerard Hageman 48 patiënten onderzocht die mogelijk het 'aerotoxisch syndroom' hadden. Deze patiënten werkten in verschillende functies in de luchtvaartsector. Na diagnostisch onderzoek was er bij 25 van hen een verdenking van het 'aerotoxisch syndroom', bij 4 twijfel en bij 19 een andere diagnose.

Veelvoorkomende klachten waren vermoeidheid, verminderd geheugen, verminderde concentratie, spierklachten of pijnklachten, duizeligheid, darmklachten, hoofdpijn en polyneuropathieklachten<sup>1</sup>. Deze klachten zijn niet specifiek voor het



'aerotoxisch syndroom'. Zij kunnen verschillende oorzaken hebben en komen dus ook voor bij veel andere ziektebeelden. Om de diagnose 'aerotoxisch syndroom' te kunnen stellen, kijkt Gerard Hageman naar een aantal dingen. Bijvoorbeeld of sprake is van duidelijke en reële klachten en wat de blootstelling of het aantal vliegreuren is. Ook gaat hij na of er een verband is tussen beide: hoe is het met de klachten kort na het vliegen? Daarnaast onderzoekt hij hoe waarschijnlijk het is dat de klachten een andere oorzaak hebben.

Verder kan een genetisch kenmerk de diagnose ondersteunen: PON-1 mutatie. Dat is een veelvoorkomende genmutatie die ervoor zorgt dat het enzym paraoxonase-1 (PON-1) minder actief is. Het gevolg daarvan is een verminderde afbraak van toxische stoffen. Conclusie: diagnose 'aerotoxisch syndroom' is vaak niet eenduidig te stellen.

## Remco Westerink

Dr. Remco Westerink doet als neurotoxicoloog bij het Institute for Risk Assessment Sciences (Universiteit Utrecht) o.a. onderzoek naar de mogelijke mechanismen van stoffen in cabinelucht in relatie tot het 'aerotoxisch syndroom'. Daarbij gaat hij vooral in op T(o)CP. Wat weten we uit onderzoek over de effecten van T(o)CP? En in hoeverre is het dan plausibel dat T(o)CP de oorzaak is van het 'aerotoxisch syndroom'?

Uit laboratoriumonderzoek blijkt dat T(o)CP's alleen bij heel hoge concentraties een schadelijk effect hebben op zenuwcellen. Dat is onderzocht door opgekweekte stukjes hersenen van een rat bloot te stellen aan T(o)CP. In de experimenten is zowel naar directe blootstelling gekeken als naar een simulatie van het inademen van een TCP-bevattend oliemengsel (middels een gecombineerd long-hersenen model). De resultaten van deze experimenten en eerder in de literatuur beschreven dierstudies zijn, rekening houdend met onzekerheidsmarges, gebruikt om te bepalen aan hoeveel T(o)CP mensen maximaal blootgesteld kunnen worden. Ook is daarbij rekening gehouden met verhoogde gevoeligheid van mensen door verhoogde bioactivatie (P450) en verminderde detoxificatie (PON-1). Alles bij elkaar genomen blijkt dat zelfs gevoelige mensen (met veel bioactivatie en weinig detoxificatie) ongeveer 50 nanogram T(o)CP per kg lichaamsgewicht per dag binnen kan krijgen voordat er problemen ontstaan. Daarnaast zetten we informatie over blootstelling aan T(o)CP in vliegtuigen. Daarbij gaat het enerzijds om de blootstelling tijdens gewone vliegreuren en anderzijds om blootstelling tijdens fume events. De blootstelling is doorgaans laag: bij 3 dagelijkse vluchten van 2 uur bedraagt de blootstelling ongeveer 0,02 nanogram per kg lichaamsgewicht per dag. Dat is ver beneden de maximale hoeveelheid van 50 nanogram.

Over de blootstelling tijdens fume events is minder bekend. Fume events komen weinig voor. Bovendien is slechts een klein deel van de fume events relevant voor blootstelling aan T(o)CP. Dat maakt het lastig om gegevens te verzamelen. Meetapparatuur is immers duur en er zullen zeer veel vluchten moeten worden gesampled om een fume event te detecteren. Conclusie: tot nu toe zijn alleen effecten van T(o)CP gevonden bij zeer hoge concentraties, zowel in dierstudies uit de literatuur alsook in recente in vitro studies in cel-systemen. Doorgaans worden mensen in de luchtvaart niet blootgesteld aan zulke hoge concentraties. Dat maakt het zeer onwaarschijnlijk dat T(o)CP de oorzaak is van het 'aerotoxisch syndroom'. Verder onderzoek is wenselijk:

- Onderzoek naar andere chemische, fysieke en psychologische oorzaken van het 'aerotoxisch syndroom'
- Onderzoek naar fume events: welke stoffen komen in welke concentraties vrij tijdens fume events? En hoe plausibel is het dat dit gezondheidseffecten heeft?



## Michel Mulder

De heer Michel Mulder deelt zijn kennis en inzichten op het werkgebied van de NAC. De belangrijkste aanbevelingen van de heer Mulder zijn:

- Postmortem onderzoek bij al het vliegend en grondpersoneel in geval van overlijden voor het bereiken van de pensioengerechtigde leeftijd;
- Na een fume event niet alleen personeel, maar ook passagiers onderzoeken
- Onderzoek verschil klachten na vlucht met gangbare vliegtuigen ten opzichte van klachten na vlucht met Boeing 787 (no-bleed systeem)
- Poliklinieken met specifieke kennis van ´aerotoxisch syndroom´ zijn wenselijk
- Overweeg uitbreiding nationale adviesgroep cabinelucht met bijvoorbeeld passagiers, frequent flyers, topsporters, zorgverzekeraars, meer onafhankelijke instituten en onderzoekers

Toelichting:

1. Gespecialiseerd postmortem onderzoek doen bij al het vliegend- en grondpersoneel, in geval van overlijden voor het bereiken van de pensioengerechtigde leeftijd. Een speciaal team onder leiding van een patholoog en uitgebreid protocol zijn daar voor nodig. Een standaard obductie levert geen resultaten op, meent de heer Mulder. Inmiddels is bij vijf overleden leden van vliegend personeel identieke neuro-degeneratieve schade aan het brein, hart en zenuwen gevonden. De heer Mulder vindt dat reden voor ernstige zorg: de heer Mulder ziet een causaal verband tussen herhaaldelijke blootstelling aan verontreinigde lucht in vliegtuigen en histo-pathologische bevindingen.

2. Bij een fume event (volgens de heer Mulder 1 op de 2000 vluchten), stelt de heer Mulder voor onderzoek te doen bij zowel bemanning als ook passagiers, door een speciaal opgeleid team van niet-luchtvaart gerelateerde artsen en verpleegkundigen op de luchthaven. Onderzoek zou zich moeten richten op het aantonen van blootstelling aan (te) hoge concentraties van toxische gassen tijdens een dergelijk incident.

- Specifieke anamnese;
- metabolieten urine - Erlangen Universiteit;
- Acetylcholinesterase bepaling in bloed m.b.v. SECURETEC mobiele kit;
- Testen als CAPS (evenwicht) en QIK (reactiesnelheid en consistentie);
- In acute gevallen behandeling met o.a. atropine e.d.;
- Herhaal consult na 14 dagen voor mensen met klachten.

Op basis van DNA-analyse, stelt de heer Mulder is het aannemelijk dat 10 tot 30% van de passagiers blijvende neurologische schade overhoudt na een dergelijk incident:

3. De heer Mulder vindt onderzoek wenselijk naar verschil in klachten na vluchten met gangbare vliegtuigen (bleed air) ten opzichte van klachten na vluchten met Boeing 787 (bleed-less).

4. Poliklinieken met specifieke kennis van toxicologie zijn wenselijk, vindt de heer Mulder. Dit gezien het aantal frequent flyers dat na een ´gewone´ vlucht in Nederland een arts raadpleegt. Volgens de uitkomsten van ons recente bevolkingsonderzoek, is er ruimte voor een aantal van dergelijke voorzieningen. De eerstelijnsgezondheidszorg, bedrijfsartsen en specialisten zijn niet of nauwelijks bekend met dit fenomeen. Dat levert volgens de heer Mulder het gevaar op van diagnoses die niet gerelateerd zijn aan de oorzaak en ernst van de klachten. Er ontstaat medisch shopgedrag.



5. Uitbreiding NAC overwegen, vindt de heer Mulder wenselijk. De heer Mulder denkt daarbij vooral aan een vertegenwoordiging van mensen, die aantoonbare nadelige gevolgen ondervinden van het reizen in bleed-air uitgeruste vliegtuigen, zoals reis- en frequent flyer organisaties, NOC-NSF, zorgverzekeraars, onafhankelijke instituten en onderzoekers.





# Bijlage 2: Deelnemende organisaties in de NAC

Corendon Dutch Airlines

Federatie Nederlandse Vakbeweging (FNV) Luchtvaart

Koninklijke Luchtvaartmaatschappij (KLM)

Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR)

Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek(TNO)

Nederlandse Vereniging van Luchtvaart Technici (NVLT)

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)

Vereniging Nederlands cabinepersoneel (VNC)

Vereniging van Nederlandse Verkeersvliegers (VNV)