Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Rapportage 2024

Nationale Adviesgroep Cabinelucht

RIVM-briefrapport 2024-0218
H. Hendriks

Rapportage 2024

Nationale Adviesgroep Cabinelucht

RIVM-briefrapport 2024-0218

Colofon

© RIVM 2025
Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2024-0218

H. Hendriks (auteur), RIVM

Contact:
Hester Hendriks, secretaris Nationale Adviesgroep Cabinelucht
nac@rivm.nl
www.rivm.nl/vliegtuigcabine-luchtkwaliteit/nationale-adviesgroep-cabinelucht

Dit is een uitgave van:
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Rapportage 2024

Nationale Adviesgroep Cabinelucht

Piloten en cabinepersoneel in vliegtuigen kunnen gezondheidsklachten hebben, zoals duizeligheid, misselijkheid, desoriëntatie en trillende ledematen. Ondanks veel onderzoek is de oorzaak van de klachten nog steeds niet duidelijk.

Naar aanleiding van de internationale discussie hierover heeft het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) in 2015 de Nationale Adviesgroep Cabinelucht (NAC) opgericht. De adviesgroep adviseert de minister van IenW over dit onderwerp. Ook informeert de NAC alle betrokken partijen over internationale onderzoeken naar de kwaliteit van cabinelucht in vliegtuigen. De NAC rapporteert elk jaar de voortgang en resultaten van bijeenkomsten en onderzoeken.

Zo heeft de NAC in 2024 verder gewerkt aan een adviesnotitie om de aanwezigheid van bepaalde chemische stoffen bij het onderhoud aan vliegtuigen te meten in plaats van te ruiken. In 2025 zal hier verder aan gewerkt worden.

Eerder sprak de NAC al over de chemische stof tributyl fosfaat (TBP), een bestanddeel van hydraulische olie. Wanneer een vliegtuig aan de gate staat of aan het taxiën is, kan TBP via de buitenlucht in de cabine van het vliegtuig komen. De NAC heeft in mei 2024 aan IenW een voorstel voor een meetplan van TBP in cabinelucht voorgelegd. Er wordt nog gekeken naar subsidiemogelijkheden voor dit onderzoek.

Verder onderzoekt de NAC de mogelijkheden om een medisch protocol op te zetten voor vliegend personeel dat klachten blijft houden. Hier wordt in 2025 verder aan gewerkt. Ook wordt uitgezocht of er andere mogelijkheden zijn die piloten en cabinepersoneel met langdurige gezondheidsklachten kunnen helpen.

In de NAC zitten vertegenwoordigers van werkgevers: KLM en Corendon, van werknemers: VNV, NVLT, VNC en FNV Cabine en onderzoeksinstituten: RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu), NLR (Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum) en TNO (Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek). Vertegenwoordigers vanuit de ministeries van IenW en Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) zijn waarnemend lid. Het RIVM voert sinds 2020 het secretariaat.

Kernwoorden: cabinelucht, luchtkwaliteit; vliegtuigen; NAC; aerotoxisch syndroom

Synopsis

Annual report 2024

National Advisory Group Cabin Air

Pilots and personnel on airplanes may have health complaints such as dizziness, nausea, disorientation and limb tremors. The cause of the complaints is still not clear.

In response to international discussions on cabin air quality, the Ministry of Transport, Public Works and Water Management (I&W) established the National Advisory Group (NAC) in 2015. The advisory group advises the Minister of I&W on the subject. The NAC also informs stakeholders on the progress of international research projects on cabin air quality in airplanes. The NAC reports on the progress and results of meetings and investigations every year.

In 2024, the NAC continued work on an advisory note recommending the detection of certain chemicals during aircraft maintenance with measurements rather than by smell. It will continue this work in 2025.

Previously, the NAC discussed the chemical tributyl phosphate (TBP), which can be found in hydraulic fluid. When an aircraft is waiting at the gate or taxiing down the runway, TBP may enter the aircraft cabin through the outside air. In May 2024, the NAC submitted a proposal to the Ministry of I&W for a plan to measure TBP in cabin air. Funding options for this research are still being investigated.

Furthermore, the NAC is investigating the possibility to introduce a medical protocol for flying staff with continuous health symptoms. This will be continued in 2025. It is also looking into other ways to help pilots and cabin crew with long-term health problems.

The NAC includes representatives of the employers KLM and Corendon, employee representatives from the trade unions VNV, NVLT, VNC and FNV Cabine and representatives of the research institutes RIVM (Dutch National Institute for Public Health and the Environment), the National Aerospace Laboratory (NLR) and the Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO). Representatives of the Ministries of I&W and of Social Affairs and Employment (SZW) serve as observer members. RIVM has been in charge of the secretariat since 2020.

Keywords: cabin air; air quality; aircraft; NAC; aerotoxic syndrome

Voorwoord

Voor u ligt de jaarlijkse rapportage van de Nationale Adviesgroep Cabinelucht.

De adviesgroep heeft tot taak om de minister van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) te adviseren over de mogelijke relatie tussen gezondheidsklachten van vliegend personeel en de blootstelling aan chemische stoffen via de cabinelucht. In deze rapportage worden de activiteiten en resultaten van de NAC in 2024 toegelicht. In 2024 is de NAC drie keer bijeengekomen.

In de rapportage 2024 wordt door de NAC onder andere aandacht gegeven aan het 'interne exposoom', het gebruik van meetinstrumenten in plaats van de neus bij onderhoud van vliegtuigen, het beter inzicht krijgen in luchtvaartvoorvallen gerelateerd aan cabinelucht, het opstellen van een medische richtlijn voor het 'aerotoxisch syndroom', de beroepsmatige blootstelling aan CO, studies naar TBP en de ontwikkelingen binnen de Europese Cabin Air Quality III studie.

In 2023 is de adviesnotitie van de NAC "Kennisvergroting en bewustwording kwaliteit cabinelucht bij luchtvaartpersoneel" door de minister van IenW ontvangen. De adviesnotitie is vervolgens aangeboden aan de Tweede Kamer. Het ministerie van IenW is met de adviezen aan de slag gegaan. In deze rapportage 2024 wordt hierop ingegaan.

In 2024 is verder gewerkt aan de adviesnotitie "Gebruik van meetinstrumenten bij onderhoud van vliegtuigen". Het gaat hierbij om het meten van chemische stoffen bij het onderhoud van vliegtuigen. Het conceptadvies is gereed, maar er moet nog worden onderzocht wie het beste aan de uitvoering hiervan invulling kan geven.

In november 2024 heeft een aantal deelnemers van de NAC deelgenomen aan de jaarlijkse Netwerkdag Luchtvaartveiligheid. Hierbij is informatie over de NAC gedeeld met de bezoekers.

In deze rapportage gaan we ook in op de voorgenomen activiteiten van de NAC voor 2025. De volgende rapportage zal begin 2026 verschijnen. Indien er tussentijds vanuit de onderzoekstrajecten belangrijke resultaten te melden zijn zullen we tussentijds daarover rapporteren.

Ik wil natuurlijk ook weer dit jaar alle betrokken deelnemers van de Nationale Adviesgroep Cabinelucht bedanken voor hun inzet en betrokkenheid!

Januari 2025

Meiltje de Groot
Onafhankelijk voorzitter Nationale Adviesgroep Cabinelucht

Inhoudsopgave

Introductie — 11

1 NAC gerelateerde processen — 13
1.1 Terugkoppeling 'Voornemens 2024' uit Rapportage 2023 — 13
1.2 Adviesnotities — 14
1.2.1 Adviesnotitie kennisvergroting en bewustwording kwaliteit cabinelucht bij luchtvaartpersoneel — 14
1.2.2 Adviesnotitie gebruik van meetinstrumenten bij onderhoud van vliegtuigen — 15
1.3 Actuele thema's — 15
1.3.1 Medisch protocol — 15
1.3.2 Intern exposoom (erfelijke factoren) — 16
1.3.3 Tributylfosfaat (TBP) — 18
1.3.4 Sensoren — 18
1.3.5 Netwerkdag luchtvaartveiligheid — 19

2 Stand van zaken onderzoekstrajecten — 21
2.1 Introductie — 21
2.2 CAQIII — 21
2.3 Aircraft Cabin Air Conference — 22
2.4 Koolmonoxide (CO) — 22

3 Parlementair en Media — 25
3.1 Parlementair — 25
3.2 Media — 25
3.2.1 Algemeen — 25
3.2.2 Luchtvaartnieuws — 25

4 Voornemens 2025 — 27

Introductie

Deze rapportage beschrijft de voortgang en de activiteiten van de Nationale Adviesgroep Cabinelucht (NAC) voor het jaar 2024. In 2015 is de NAC ingesteld, per september 2020 is de grondslag van de NAC en haar voorzitter geborgd in het besluit van de minister van Infrastructuur en Waterstaat (IenW), van 8 september 2020, nr. IENW/BSK-2020/168657, tot instelling van een Nationale Adviesgroep Cabinelucht (Instellingsbesluit NAC). Dit besluit is 21 september 2020 in de Staatscourant gepubliceerd[1]. De NAC bestaat uit vertegenwoordigers van werkgevers, werknemers en onderzoeksinstituten. De vertegenwoordigers vanuit de ministeries van IenW en Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) zijn waarnemend lid. De voorzitter van de NAC is onafhankelijk. Het secretariaat van de NAC is bij het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) belegd.

De adviesgroep heeft tot taak om de minister van IenW te adviseren over de mogelijke relatie tussen gezondheidsklachten van vliegend personeel en de blootstelling aan chemische stoffen via de cabinelucht. Verschillende Nederlandse stakeholders dragen bij aan (internationale) onderzoeken naar de kwaliteit van cabinelucht in vliegtuigen. De NAC informeert daarom ook alle stakeholders over de voortgang van lopende onderzoeken en geeft stakeholders de mogelijkheid nieuwe ontwikkelingen te agenderen.

In deze rapportage wordt toegelicht wat met de voornemens voor 2024, zoals beschreven in de rapportage 2023[2], is gedaan en worden de activiteiten en resultaten van de NAC in 2024 toegelicht. In 2024 is de NAC drie keer bijeengekomen.

[1] https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2020-47262.html
[2] https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2023-0474.pdf

1 NAC gerelateerde processen

1.1 Terugkoppeling 'Voornemens 2024' uit Rapportage 2023

In de rapportage 2023[3] werden zeven voornemens genoemd waar de NAC in 2024 aan zou gaan werken:

- Om de rol van erfelijke factoren (het 'interne exposoom') in relatie tot het aerotoxisch syndroom verder uit te zoeken is in 2023 een werkgroep met NAC-leden samengesteld. In 2024 is bestaande literatuur hierover uitgezocht en zijn aanknopingspunten gevonden om in 2025 verder uit te werken. Zie *1.3.2 Intern exposoom (erfelijke factoren)*.
- In 2023 is door leden van de NAC verder gewerkt aan een adviesnotitie omtrent het gebruik van meetinstrumenten voor het meten van chemische stoffen bij onderhoud van vliegtuigen. De adviesnotitie is nog niet aangeboden aan een minister, zie *1.2.2 Adviesnotitie gebruik van meetinstrumenten bij onderhoud van vliegtuigen*.
- Ondanks de aanpassing in de veiligheidsindicatoren lijken er weinig meldingen van luchtvaartvoorvallen gerelateerd aan cabinelucht binnen te komen. In 2024 is geïnventariseerd of de voorvalmeldingen bij vliegtuigmaatschappijen beter gelabeld en gestandaardiseerd worden en of het meldingenproces eenvoudiger en toegankelijker gemaakt kan worden. Als onderdeel van de in 2023 aangeboden adviesnotitie is hier verder aan gewerkt, zie *1.2.1 Adviesnotitie kennisvergroting en bewustwording kwaliteit cabinelucht bij luchtvaartpersoneel*.
- Uit eerder onderzoek is gebleken dat er onvoldoende bewijs is om bij gezondheidsklachten bij vliegend personeel te kunnen spreken van een beroepsziekte. Ook ontbreken diagnostische criteria voor het 'aerotoxisch syndroom' waardoor de diagnose niet gesteld kan worden. Uit een inventarisatie binnen de NAC bleek dat er vooral behoefte is aan handelingsperspectief bij chronische klachten. In 2024 is verder gekeken naar wat nodig is om een medische richtlijn op te stellen voor het 'aerotoxisch syndroom', zie *1.3.1 Medisch protocol*.
- Koolmonoxide (CO), in september 2024 heeft de Gezondheidsraad een rapport uitgebracht met een advieswaarde voor beroepsmatige blootstelling aan CO. De belangrijkste resultaten uit het rapport zijn tijdens een NAC-vergadering gepresenteerd (zie *2.4 Koolmonoxide (CO)*).
- In 2023 is de NAC gestart met het in kaart brengen van resultaten van studies naar TBP. In 2024 is een voorstel voor een meetplan op papier gezet, zie *1.3.3 Tributyl fosfaat (TBP)*.
- Ontwikkelingen binnen de Cabin Air Quality III studie volgen, zie *2.2 CAQIII*.

[3] https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2023-0474.pdf

1.2 Adviesnotities

1.2.1 *Adviesnotitie kennisvergroting en bewustwording kwaliteit cabinelucht bij luchtvaartpersoneel*

Op 24 augustus 2023 heeft de NAC de adviesnotitie getiteld 'Adviesnotitie kennisvergroting en bewustwording kwaliteit cabinelucht bij luchtvaartpersoneel[4]' aangeboden aan de minister van IenW. De adviesnotitie is vervolgens aangeboden aan de Tweede Kamer[5].

In de adviesnotitie worden concrete adviezen gegeven omtrent het trainen van cabine-, cockpit- en technisch personeel en over het melden van voorvallen (i.e. meldingen van fume events en/of afwijkende geuren) rond cabinelucht.

Het ministerie van IenW is naar aanleiding van de adviesnotitie met vier sporen aan de slag gegaan:

1. *Trainingsvereisten*
   Om het onderwerp internationaal aan te kaarten is in december 2023 ook een Engelstalige versie van de adviesnotitie gepubliceerd[6]. In 2024 is de Engelstalige versie van de adviesnotitie aan EASA aangeboden. EASA heeft hier kennis van genomen en houdt eventuele input op dit onderwerp vanuit andere landen bij. Daarnaast is er contact geweest met Abis[7] (de gezamenlijke vertegenwoordiging van een aantal Europese landen bij ICAO[8]) over de adviesnotitie. Abis gaat het onderwerp op de agenda zetten om het internationaal aan te kaarten.
2. *Inhoudelijke invulling van de training*
   In 2023 is met luchtvaartmaatschappijen gesproken over het implementeren van een specifiek cabinelucht deel in bestaande trainingsprogramma's. In 2024 is hier verder aan gewerkt wat heeft geresulteerd in een animatievideo gemaakt door KLM. De video is onderdeel geworden van de jaarlijkse flight safety training en wordt elke drie jaar getoond. Ook Corendon en Transavia hebben interesse getoond in het concept/de animatievideo.
3. *Veiligheidspromotie*
   In november 2024 heeft de NAC met een stand over de NAC/cabinelucht bij de Netwerkdag Luchtvaartveiligheid[9] gestaan. Zie *1.3.5 Netwerkdag luchtvaartveiligheid*.
4. *Betere registratie met zoektermen*
   In de NAC is een werkgroep actief die zich bezighoudt met het verbeteren van het proces voor het melden van voorvallen. De werkgroep is in 2024 een aantal keer bijeengekomen. Er is onder andere gewerkt aan het aanpassen van de indeling in het meldsysteem van het Analysebureau luchtvaartvoorvallen (ABL) zodat het, vooral voor de cabinepersoneel, makkelijker wordt om

[4] https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/08/23/bijlage-2-adviesnotitie-nationale-adviesgroep-cabinelucht-kennisvergroting-en-bewustwording
[5] https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2023/08/23/adviesnotitie-nationale-adviesgroep-cabinelucht-over-kennisvergroting-en-bewustwording-kwaliteit-cabinelucht-bij-luchtvaartpersoneel
[6] https://www.rivm.nl/publicaties/advisory-note-on-increasing-knowledge-and-awareness-of-cabin-air-quality-among-airline
[7] https://www.abisgroup.org/abis-group
[8] https://www.icao.int/Pages/default.aspx
[9] https://www.netwerkdagluchtvaartveiligheid.nl/

efficiënt meldingen te kunnen doen. Het ABL is hier ook bij betrokken. In 2025 zal hier verder aan gewerkt worden.

1.2.2 Adviesnotitie gebruik van meetinstrumenten bij onderhoud van vliegtuigen

In 2023 is door leden van de NAC gewerkt aan een adviesnotitie omtrent het gebruik van meetinstrumenten voor het meten van chemische stoffen bij onderhoud van vliegtuigen. In 2024 is hier verder aan gewerkt en zijn onder meer citaten uit onderhoudshandleidingen opgenomen om te laten zien dat voorgeschreven wordt dat de neus moet worden gebruikt bij bepaalde (onderhouds)werkzaamheden. Technici zijn verplicht om zich te houden aan de instructies.

Binnen de NAC is bediscussieerd wat de minister van IenW concreet met deze adviesnotitie zou kunnen. Het ministerie van IenW kan immers de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) niet opleggen dat een manual moet worden afgekeurd vanwege handelingen die erin staan beschreven. Wel zou de ILT met de fabrikant in overleg kunnen gaan en fabrikanten zouden kunnen onderzoeken of er ook andere methoden zijn.
In de Arbowet is vastgelegd dat het de verantwoordelijkheid van de werkgever is dat een werknemer veilig kan werken (i.e. niet actief de neus gebruiken om een situatie te beoordelen) en dat er sensoren/ meetapparatuur komt. Maar dan moet worden afgeweken van de onderhoudshandleiding waar de fabrikant toestemming voor moet geven. Er is apparatuur beschikbaar om kerosine en olie te meten en met behulp van een ultrafijnstof sensor zou ‘real-time’ gemeten kunnen worden of een fume event[10] verholpen is.

In 2025 zullen afgevaardigden van de NAC verder onderzoeken waar dit onderwerp kan worden aangekaart.

1.3 Actuele thema’s

1.3.1 Medisch protocol

1.3.1.1 Aanleiding

Op 16 mei 2023 werd het artikel *Health consequences of exposure to aircraft contaminated air and fume events: a narrative review and medical protocol for the investigation of exposed aircrew and passengers* van Burdon *et al.* gepubliceerd[11]. Het artikel beschrijft ideeën voor een medisch protocol voor onderzoek en behandeling van personeel dat (vermoedelijk) is blootgesteld aan vervuilde cabinelucht.
Binnen de NAC is het artikel besproken en is een werkgroep gevormd om te kijken naar wat de wensen zijn binnen Nederland en welke medische protocollen er al bestaan. Uit de gesprekken bleek dat er met name behoefte is aan een protocol voor (bedrijfs)artsen, te gebruiken bij vliegend personeel of voormalig vliegend personeel met bepaalde chronische gezondheidsklachten met een vermeende relatie met cabinelucht. Idealiter wordt men doorgestuurd naar één loket, van

[10] Het vrijkomen van gassen, dampen en/of rook door een chemisch proces zoals verbranding, verhitting of explosies.
[11] Burdon, J., et al., Health consequences of exposure to aircraft contaminated air and fume events: a narrative review and medical protocol for the investigation of exposed aircrew and passengers. Environ Health 22, 43, 2023, https://doi.org/10.1186/s12940-023-00987-8.

waaruit ze verder worden geholpen door medisch specialisten zoals bij bijvoorbeeld de Polikliniek Mens en Arbeid (PMA)[12].

1.3.1.2 Huidige stand van zaken

Bij het vaststellen van een beroepsziekte wordt niet gesproken over een medisch *protocol*, maar over een zogeheten medische *richtlijn*. Dit is een aanbevelingsdocument voor goede diagnostiek en behandeling, met een wetenschappelijke basis.[13]

Een medische richtlijn kan worden vastgelegd via een 6-stappenplan.[14] Door de stappen te volgen kan onderzocht worden of de gezondheidsklachten of aandoening door werk komen of niet. Onderdelen van dit stappenplan zijn o.a. het vaststellen van de ziekte, de relatie met het werk, de aard en het niveau van blootstelling tijdens het werk, en de afweging of er andere verklaringen mogelijk zijn. Uit onderzoek van het Nederlands Centrum voor Beroepsziekten (NCvB) uit 2014 is gebleken dat er onvoldoende bewijs is voor een relatie tussen blootstelling aan cabinelucht en gezondheidsklachten.[15] Er kan daarom geen medische richtlijn worden vastgelegd. En zonder deze richtlijn kan de PMA geen diagnose stellen en gerichte behandeling toepassen.

Vervolgens is door leden van de NAC geïnventariseerd of er andere stappen mogelijk zijn die kunnen bijdragen aan verbetering van hulp bij langdurige klachten. Deze zullen in 2025 verder in kaart worden gebracht en besproken door de NAC-leden.

1.3.2 Intern exposoom (erfelijke factoren)

In 2021 werd in de NAC al gesproken over onderzoek naar erfelijke factoren die mogelijk een rol spelen bij de gevoeligheid voor blootstelling aan chemische stoffen. Hierbij wordt gedacht aan genetische verschillen in de cytochroom P450 enzymen die een belangrijke rol spelen bij het afbreken (metaboliseren) van chemische stoffen in het lichaam en paraoxonase 1 (PON-1), een enzym dat zorgt voor detoxificatie van organofosfaten.

Om de rol van erfelijke factoren in relatie tot het aerotoxisch syndroom verder uit te zoeken is in 2023 een werkgroep met NAC-leden samengesteld. Eind 2023 is begonnen met het in kaart brengen van bestaande literatuur over de genetische factoren die mogelijk een rol spelen. In 2024 is hier verder aan gewerkt.

Blootstelling aan chemische stoffen in cabinelucht kan op twee manieren voorkomen: door chronische (langdurige) herhaalde blootstelling aan relatief lage concentraties chemische stoffen (continue lekkage van olie langs afdichtingen, geen waarneembare rookontwikkeling), of door acute blootstelling aan relatief hoge concentraties die gepaard gaat met opvallende geuren en soms een zichtbare waas tijdens een zogenoemd fume event.

[12] https://www.mensenarbeid.nl/
[13] https://richtlijnendatabase.nl/werkwijze/betekenis.html
[14] https://www.beroepsziekten.nl/ncvb/het-zes-stappenplan-voor-beroepsziekten
[15] Pal, T.M., 2014. Gezondheidsklachten bij luchtvaartmedewerkers in relatie tot de luchtkwaliteit van cockpit en cabine. Rapport van een onderzoek in opdracht van de Inspectie voor Leefomgeving en Transport van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
https://www.eerstekamer.nl/overig/20150224/gezondheidsklachten_bij/document

In 1999 werd de term 'aerotoxisch syndroom' geïntroduceerd om uiteenlopende klachten van piloten en cabinepersoneel te beschrijven.[16] De afgelopen decennia zijn in Nederland twee casestudies beschreven waarbij vliegend personeel met klachten onderzocht zijn.[17,18] In die casestudies is o.a. naar specifieke biomarkers (meetbare indicatoren die informatie geven over de gezondheidstoestand) in bloed en urine gekeken na blootstelling, waaronder:

- Butyrylcholinesterase (BChE, een biomarker voor blootstelling aan organofosfaten);
- Cytochroom P450 (enzymen die een belangrijke rol spelen bij het afbreken (metaboliseren) van chemische stoffen in het lichaam);
- Paraoxonase 1 (PON-1, een enzym dat zorgt voor detoxificatie van organofosfaten).

Genetische verschillen (polymorfismen) in enzymen (bijvoorbeeld over-expressie van CYP450 en onder-expressie van PON-1, of mutaties van deze enzymen) kunnen resulteren in een verhoogde gevoeligheid voor de effecten van chemische stoffen zoals organofosfaten.[19,20,21,22,23,24] Daarnaast wordt uit wetenschappelijk onderzoek steeds duidelijker wat het effect van dag-nacht ritme is op het menselijk metabolisme. Gedurende de dag fluctueert het menselijke metabolisme, zo is er tijdens slaap minder activiteit.[25] Werken in de luchtvaartindustrie gaat hand in hand met onregelmatig werken en dus een frequent verstoord dag-nacht ritme. In 2025 zal daarom middels een literatuurstudie gekeken worden naar de gevolgen van een verstoord dag-nachtritme op het metaboliseren van chemische stoffen. Vervolgens zal beoordeeld worden wat de combinatie van genetische verschillen in enzymen in combinatie met onregelmatig werken voor effect kan hebben op hoe het menselijk lichaam reageert op blootstelling aan chemische stoffen in relatie tot cabinelucht.

[16] Balouet, J.C., Winder, C., 1999. Aerotoxic syndrome in air crew as a result of exposure to airborne contaminants in aircraft. Paper presented at the American Society of testing and materials symposium on air quality and comfort in airliner cabins, New Orleans, 27–28 October 1999.
[17] Pal, T.M., 2014. Gezondheidsklachten bij luchtvaartmedewerkers in relatie tot de luchtkwaliteit van cockpit en cabine. Rapport van een onderzoek in opdracht van de Inspectie voor Leefomgeving en Transport van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu. https://www.eerstekamer.nl/overig/20150224/gezondheidsklachten_bij/document
[18] Hageman, G., et al., Three patients with probable aerotoxic syndrome. Clin Toxicol (Phila), 2020. 58(2): p. 139-142. https://doi.org/10.1080/15563650.2019.1616092
[19] Costa LG, Vitalone A, Cole TB, et al. Modulation of paraoxonase (PON 1) activity. Biochem Pharmacol. 2005;69:541–550. doi: https://doi.org/10.1016/j.bcp.2004.08.027
[20] de Ree H, van den Berg M, Brand T, et al. Health risk assessment of exposure to tricresyl phosphates (TCPs) in aircraft: a commentary. Neurotoxicol. 2014;45:209–215. doi: https://doi.org/10.1016/j.neuro.2014.08.011
[21] Furlong CE, Holland N, Richter RJ, Bradman A, Ho A, Eskenazi B. PON1 status of farmworker mothers and children as a predictor of organophosphate sensitivity. Pharmacogenet Genomics. 2006 Mar;16(3):183-90. doi: https://doi.org/10.1097/01.fpc.0000189796.21770.d3
[22] Josse D, Lockridge O, Xie W, Bartels CF, Schopfer LM, Masson P. The active site of human paraoxonase (PON1). J Appl Toxicol. 2001 Dec;21 Suppl 1:S7-11. doi: https://doi.org/10.1002/jat.789
[23] Li WF, Costa LG, Furlong CE. Serum paraoxonase status: a major factor in determining resistance to organophosphates. J Toxicol Environ Health. 1993 Oct-Nov;40(2-3):337-46. doi: https://doi.org/10.1080/15287399309531798
[24] Shih DM, Gu L, Xia YR, Navab M, Li WF, Hama S, Castellani LW, Furlong CE, Costa LG, Fogelman AM, Lusis AJ. Mice lacking serum paraoxonase are susceptible to organophosphate toxicity and atherosclerosis. Nature. 1998 Jul 16;394(6690):284-7. doi: https://doi.org/10.1038/28406
[25] Fishbein, A.B., Knutson, K.L., and Zee, P.C. Circadian disruptopn and human health. J Clin Invest. 2021;131(19):e148286. https://doi.org/10.1172/JCI148286

1.3.3 *Tributylfosfaat (TBP)*

In 2022 is in de NAC gesproken over tributylfosfaat (TBP), een bestanddeel van hydraulische olie. Door lekkage of ingestie vanuit de buitenlucht kan hydraulische vloeistof in de cabinelucht van het vliegtuig terecht komen. Ook kan, bij gebruik van de auxiliary power unit (APU, een hulpmotor in een vliegtuig) voor luchtverversing, bij een lek in het hydraulisch systeem TBP in de cabine komen.
De schadelijkheid voor de gezondheid door blootstelling aan TBP is reeds in vele onderzoeken omschreven (zie bijvoorbeeld het Substance Evaluation Conclusion Document as required by REACH Article 48 for Tributyl phosphate[26]).

In 2023 is de NAC gestart met het in kaart brengen van gemeten TBP concentraties in vliegtuigen. Hierbij werd geconcludeerd dat TBP wordt teruggevonden in recirculatiefilters en dat blootstelling voornamelijk lijkt plaats te vinden als het vliegtuig aan de gate staat en tijdens het taxiën. Voor zover bekend zijn er geen metingen in de cabine gedaan in een vliegtuig aan de gate met de APU aan. Het zou wel zinvol zijn om onderzoek te doen naar de invloed van de APU op de kwaliteit van de cabinelucht. Airco voor een vliegtuig op de grond wordt bij voorkeur geleverd via een preconditioned air unit, zodat de APU beperkt ingezet wordt.

In 2024 is gezocht naar bestaande monitoringsstudies die naar TBP in cabinelucht tijdens de grondfase bij het opstarten van de motoren en wanneer de APU aan gaat hebben gekeken. Voor zover bekend (en publiekelijk beschikbaar) zijn deze niet uitgevoerd. Leden van de NAC hebben een voorstel voor een meetplan op papier gezet. De focus ligt hierbij op het meten van TBP tijdens de grondfase: wat zijn de concentraties en is dat zorgwekkend op basis van wat we weten over de toxische eigenschappen van de stof?

Het voorstel is in mei 2024 bij het ministerie van IenW voorgelegd. In Nederland zijn er (voorlopig) geen subsidiemogelijkheden voor onderzoek naar TBP in cabinelucht.

1.3.4 *Sensoren*

Luchtkwaliteit en comfort in vliegtuigen is afhankelijk van vele factoren en bronnen. Factoren zijn bijvoorbeeld gassen, deeltjes gebonden aan stof, temperatuur, luchtvochtigheid, bewegingen van het vliegtuig, luchtdruk en ventilatie. Veel bronnen die van invloed zijn op de luchtkwaliteit in een vliegtuig zijn lekkende motorolie die de bleed air[27] kan verontreinigingen, de-icing waardoor glycolen in de cabine komen, de APU, passagiers, cabine materialen, etc. Vliegtuigen zijn standaard uitgerust met veel sensoren: voor zuurstof, temperatuur, luchtvochtigheid, etc. Er zijn weinig luchtkwaliteitsmetingen, alleen koolmonoxide (CO) en koolstofdioxide (CO_2) sensoren worden soms toegepast. Er is echter wel een trend bij luchtvaartmaatschappijen gaande om systemen te testen voor het meten van luchtkwaliteit. Commercieel zijn een aantal sensorsystemen beschikbaar die direct in te

[26] https://echa.europa.eu/nl/information-on-chemicals/evaluation/community-rolling-action-plan/corap-table/-/dislist/details/0b0236e1807e46ea
[27] Bleed air is de warme lucht die vanuit de straalmotor gebruikt wordt, via het airconditionings systeem, om de vliegtuigcabine van nieuwe lucht te voorzien.

bouwen zijn. Ze geven een directe weergave in 'real-time' van de meetresultaten. De beschikbaarheid van deze systemen is een mooie ontwikkeling, maar er zijn ook kritische noten: de omstandigheden in een vliegtuig zijn anders dan in een laboratorium: trillingen, elektromagnetische velden, temperatuur, druk, luchtvochtigheid, windsnelheid, memory effect (hoe lang duurt het tot een sensor weer op achtergrondniveau is na piek-meting?). Maar ook de stabiliteit en levensduur van een sensor, kalibratie, opleiding van personeel, hoe ver liggen de metingen af van normen, etc. Hoewel sensormetingen min of meer indicatief zijn en nauwelijks gebruikt kunnen worden om te toetsen aan wettelijke grenswaarden, zijn ze wel interessant voor het beschermen van werknemers om het concentratieverloop in de tijd te kunnen monitoren en op die manier blootstellings-events kunnen identificeren om beter te onderzoeken wat er gebeurt aan boord.

Sensoren hebben nog een hele ontwikkeling te gaan en is een continu aandachtspunt voor de NAC, als er ontwikkelingen zijn zullen die ook in 2025 binnen de groep besproken worden.

1.3.5 Netwerkdag luchtvaartveiligheid

Op 12 november 2024 hebben de afgevaardigden van het ministerie van IenW die zitting hebben in de NAC en het secretariaat van de NAC bij een stand met informatie over de NAC gestaan tijdens de jaarlijkse Netwerkdag Luchtvaartveiligheid. Deze netwerkdag werd georganiseerd door het ministerie van IenW. Het doel van de netwerkdag is relevante onderwerpen op het gebied van luchtvaartveiligheid uitlichten met behulp van sprekers, break-outsessies en gesprekken. Tijdens de Netwerkdag Luchtvaartveiligheid zijn deelnemers uit verschillende domeinen en werkvelden bij elkaar gekomen om kennis en ervaringen uit te wisselen.

2 Stand van zaken onderzoekstrajecten

2.1 Introductie

Sinds de oprichting van de NAC zijn de voortgang en resultaten van verschillende onderzoekstrajecten besproken binnen de NAC. In dit hoofdstuk wordt een update gegeven van de verschillende lopende trajecten. Voor verdere achtergrondinformatie over de verschillende (afgeronde) onderzoekstrajecten wordt verwezen naar de NAC rapportages uit 2017[28], 2020[29], 2021[30], 2022[31] en 2023[32].

2.2 CAQIII

In december 2020 heeft EASA een nieuwe aanbesteding uitgeschreven voor onderzoek naar de mogelijke schadelijke effecten van verontreiniging van vliegtuigcabinelucht met motorolie (zogenaamde 'oil-related fume events'). In het najaar van 2021 is de tender gegund aan een consortium waar RIVM deel van uit maakt. De titel van het nieuwe onderzoeksproject is "Cabin air quality assessment of long-term effects of contaminants" en wordt ook wel het Cabin Air Quality (CAQ) III project genoemd[33].

Op 20-21 februari 2024 werd in Keulen een Cabin Air Quality Research – Stakeholder event georganiseerd waarbij de eerste voorlopige resultaten van de EASA CAQ III studie gepresenteerd werden.

Onderdeel van het project is een dierstudie waarin de schadelijkheid wordt onderzocht van fumes die worden gegenereerd met een bleed air contamination simulator (BACS). In april 2023 is een pilotstudie uitgevoerd waarbij de BACS afgesteld is om te bepalen welke concentratie geschikt is om te testen. In de maanden erna is de hoofdstudie uitgevoerd. Hierbij werden muizen vier weken blootgesteld en werd onder andere gekeken naar effecten in de longen en op het zenuwstelsel. Een deel van de dieren werd ook na de blootstellingsperiode nog wekenlang geobserveerd om te kijken naar eventuele vertraagde effecten.

De dierstudie waarbij muizen werden blootgesteld aan gegenereerde oil fumes is afgerond. De eerste resultaten laten zeer marginale effecten bij alleen vrouwtjes zien. De definitieve resultaten en de interpretatie hiervan worden bekend gemaakt in een eindrapportage van het project en een aantal wetenschappelijke publicaties.
In 2025 zal de 3e stakeholder meeting bij EASA in Keulen plaatsvinden. Dan worden de eindresultaten van CAQIII gepresenteerd.

[28] https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-830181.pdf
[29] https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2020-0218.pdf
[30] https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2021-0243.pdf
[31] https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2022-0230.pdf
[32] https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2023-0474.pdf
[33] https://www.item.fraunhofer.de/en/r-d-expertise/toxicology/cabin-air-quality.html

2.3 Aircraft Cabin Air Conference

Op 17 en 18 september 2024 vond de Aircraft Cabin Air Conference plaats.[34] Tijdens de conferentie zijn verschillende ontwikkelingen op het gebied van cabinelucht kwaliteit gepresenteerd: technische innovaties voor een betere cabineluchtkwaliteit, meet- en sensorenonderzoek, het omgaan met medische klachten, en toxicologische studies. Daarnaast waren er presentaties vanuit het perspectief van piloten.

De conferentie onderstreepte het belang van bescherming tegen en detectie van verontreinigde lucht in vliegtuigen, met voorstellen zoals het gebruik van bleed air-filters en detectoren. Een olieproducent introduceerde een nieuwe, minder giftige olie als alternatief voor bestaande producten, hoewel deze olie nog gecertificeerd moet worden voordat het in de luchtvaart kan worden toegepast.[35] Daarnaast werd er nieuw onderzoek gepresenteerd naar een bloedtest die blootstelling aan bepaalde chemische stoffen kan aantonen, al moet de publicatie van dit onderzoek nog volgen.

2.4 Koolmonoxide (CO)

In januari 2024 werd het artikel *The role of carbon monoxide in aerotoxic syndrome* van Hageman *et al.* gepubliceerd.[36] In de publicatie is terug in de tijd gekeken wat er is gemeten aan CO waarden in vliegtuigen. Die waarden zijn vergeleken met limietwaarden die over de wereld gelden. Soms komt de waarde boven de limiet. De auteurs adviseren een limiet voor beroepsmatige blootstelling aan CO voor vliegend personeel van 5 ppm. Het artikel bespreekt niet wat de nadelige effecten zouden kunnen zijn en of er zorgen zijn bij (te hoge/te lange) blootstelling aan CO.

In de CAQIII studie wordt ook CO gemeten, en op verzoek van het ministerie van SZW is door de Gezondheidsraad een advieswaarde afgeleid voor beroepsmatige blootstelling aan koolmonoxide (CO).

CO wordt op een laag niveau ook door het menselijk lichaam zelf aangemaakt, blootstelling van buitenaf vindt plaats door bijvoorbeeld de onvolledige verbranding van fossiele brandstoffen en uit de industrie. Acute hoge blootstelling leidt tot zuurstoftekort, maar de werkingsmechanismen die bijdragen aan de toxiciteit (giftigheid) na langdurige lage blootstelling (wat de basis vormt voor een advieswaarde) zijn deels nog onduidelijk. De voornaamste effecten zijn effecten op hart- en vaatstelsel, neurologische effecten en effecten op de ontwikkeling van het nageslacht. Op basis van de beschikbare gegevens voor de effecten op het hart- en vaatstelsel is door de Gezondheidsraad een gezondheidskundige advieswaarde afgeleid[37]. De advieswaarde voor een 8-urige blootstelling is nu vastgesteld op 7,5 mg/m^3 (6,4 ppm), wat drie keer lager is dan de huidige grenswaarde

[34] https://www.aircraftcabinair.com/
[35] S. Karaboga, F. Severac, E.S. Collins, *et al.*, Organophosphate toxicity patterns: A new approach for assessing organophosphate neurotoxicity, Journal of Hazardous Materials, Volume 470, 2024, 134236, https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.134236.
[36] G. Hageman, P. van Broekhuizen, J. Nihom, The role of carbon monoxide in aerotoxic syndrome, NeuroToxicology, Volume 100, 2024, Pages 107-116, ISSN 0161-813X, https://doi.org/10.1016/j.neuro.2023.12.008.
[37] https://www.healthcouncil.nl/documents/advisory-reports/2024/09/09/carbon-monoxide

(23 mg/m^3 (20 ppm)). Er waren geen bruikbare wetenschappelijke gegevens beschikbaar voor het afleiden van een advieswaarde voor kortdurende blootstelling (STEL, Short Term Exposure Limit).

De ontwikkelingen binnen de wetenschap omtrent (beroepsmatige) blootstelling aan CO en in relatie tot cabinelucht zullen ook in 2025 door de NAC gevolgd worden en ontwikkelingen zullen binnen de NAC besproken worden.

3 Parlementair en Media

3.1 Parlementair

De Tweede Kamer is in 2024 meermaals geïnformeerd over onderwerpen in relatie tot de activiteiten van de NAC. Hieronder volgt een overzicht van de brieven met daarin aandacht voor het thema cabinelucht in relatie tot chemische stoffen die door de minister van IenW het afgelopen jaar aan de Tweede Kamer zijn aangeboden:

- Aanbieding NAC Rapportage 2023 op 20 juni 2024[38]

Tijdens de commissiedebatten Luchtvaart en Vliegveiligheid in 2024 zijn geen vragen gesteld aan de NAC en/of rondom het thema cabinelucht.

3.2 Media

3.2.1 Algemeen

- Op 20 november 2024 werd melding gedaan van een vreemde lucht in een KLM-toestel.[39,40]
- Op 23 december 2024 heeft een toestel van luchtvaartmaatschappij Swiss een noodlanding moeten maken in Graz nadat er motorproblemen waren ontstaan waarbij rook in de cabine en cockpit van het toestel waren gekomen.[41] Twaalf passagiers en twee bemanningsleden moesten worden behandeld in het ziekenhuis, een van de bemanningsleden is een week later overleden.[42]
  Onderzoeken naar de oorzaak van het incident lopen nog en zullen door de NAC gevolgd worden.

3.2.2 Luchtvaartnieuws

Luchtvaartnieuws publiceerde op 11 oktober 2024 het artikel 'TCP-vrije motorolie mogelijk doorbraak in strijd tegen aerotoxic syndrome'[43] waarin verwezen wordt naar presentaties die gegeven werden tijdens de Aircraft Cabin Air Conference (zie *2.3 Aircraft Cabin Air Conference*).

[38] https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/detail?id=2024D26302&did=2024D26302
[39] https://nos.nl/artikel/2545209-vreemde-lucht-in-klm-toestel-passagiers-na-landing-op-schiphol-nagekeken
[40] https://www.luchtvaartnieuws.nl/nieuws/categorie/2/airlines/geurtje-aan-klm-vlucht-nooddiensten-rukken-uit-voorzorg-uit
[41] https://nos.nl/artikel/2549483-zwitsers-vliegtuig-maakt-noodlanding-in-oostenrijk-na-rook-en-motorproblemen
[42] https://www.ad.nl/buitenland/bemanningslid-van-swiss-airlines-overleden-week-na-noodlanding-in-oostenrijk~ada3a9cb/
[43] https://www.luchtvaartnieuws.nl/nieuws/categorie/18/technologie/tcp-vrije-motorolie-mogelijk-doorbraak-in-strijd-tegen-aerotoxic-syndrome

4 Voornemens 2025

In 2024 is door leden van de NAC gewerkt aan verschillende actuele thema's rondom de mogelijke relatie tussen gezondheidsklachten van vliegend personeel en de blootstelling aan chemische stoffen via de cabinelucht. Hieronder volgt een opsomming van de in deze rapportage genoemde voornemens waar in 2025 (verder) aan gewerkt zal worden:

- Betere registratie met zoektermen: in 2025 zal verder gewerkt worden aan het verbeteren van het proces voor het melden van voorvallen. Het Analysebureau luchtvaartvoorvallen (ABL) wordt hierbij betrokken.
- Adviesnotitie gebruik van meetinstrumenten: in 2025 zullen afgevaardigden van de NAC verder onderzoeken bij wie van de ILT dit verder voorgelegd kan worden.
- Medisch protocol: in 2025 zal de NAC verder werken aan aanbevelingen over het opstellen van een medisch protocol en/of stappen die kunnen bijdragen aan verbeterd medisch handelen.
- Om de rol van erfelijke factoren (het 'interne exposoom') in relatie tot het aerotoxisch syndroom verder uit te zoeken, zal in 2025 middels een literatuurstudie uitgezocht worden wat de gevolgen van een verstoord dag-nachtritme op het metaboliseren van chemische stoffen kan zijn. Vervolgens zal beoordeeld worden wat de combinatie van genetische verschillen in enzymen in combinatie met onregelmatig werken voor effect kan hebben op hoe het menselijk lichaam reageert op blootstelling aan chemische stoffen in relatie tot cabinelucht.
- Sensoren en sensorsystemen in vliegtuigen zijn in ontwikkeling en is daarmee een continu aandachtspunt voor de NAC.
- Ontwikkelingen binnen de Cabin Air Quality III studie zullen gevolgd worden.
- De ontwikkelingen binnen de wetenschap omtrent beroepsmatige blootstelling aan CO en in relatie tot cabinelucht zullen ook in 2025 door de NAC gevolgd worden.
- De NAC zal de ontwikkelingen over het onderzoek naar het incident met Swiss van 23 december 2024 volgen.

Dit is een uitgave van:

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

maart 2025

De zorg voor morgen begint vandaag