

1906	MADRID	935
1022	STUTTGART HBF	935
F 1701	LYON	940
AY 822	HELSINKI	940
A 071	SAN FRANCISCO-DALLAS	940
AF 743	PARIS	940
LH 1116	VENEZIA	940
DL 823	DALLAS	940
892	AMSTERDAM	940

## Indicatie LTO emissies Schiphol bij 440.000 bewegingen



# Achtergrond en onderzoeksvraag

- Op vrijdag 24 juni 2022 heeft het kabinet middels een brief aan de tweede kamer het besluit bekend gemaakt om het jaarlijks aantal toegestane vluchten op Schiphol te reduceren van 500.000 naar 440.000 bewegingen.
- IenW heeft To70 gevraagd om indicatief in kaart te brengen wat de effecten van de capaciteitsreductie zijn op de emissies van verschillende stoffen gedurende de LTO cyclus.
- Emissies van de volgende stoffen zijn in kaart gebracht:
  - CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, VOS, SO<sub>2</sub>, PM10 en UFP
  - Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS): 1,3-butadiene, Formaldehyde, Benzene, 1-Methylnaphthalene, Naphthalene, 2-methylnaphthalene, Isolpropylbenzene, Crotonaldehyde



# Onderzochte scenario's

- Het exacte verloop van de reductie naar 440.000 bewegingen is onzeker. Daarom zijn er 3 scenario's gedefinieerd voor een reductie van 500.000 naar 440.000 bewegingen. Deze drie scenario's geven samen een bandbreedte van de mogelijke effecten. Deze drie scenario's zijn:
  - Scenario 1: Reductie naar 440.000 bewegingen, zonder markreacties
    - Reductie evenredig over maatschappijen, bestemmingen en vloot
  - Scenario 2: Reductie naar 440.000 bewegingen, met marktreacties
    - Reductie per airline o.b.v. evenredigheid, binnen airlines reductie op basis van veronderstelde marktreacties
  - Scenario 3: Reductie naar 440.000 bewegingen, met marktreacties en vlootverzwaring
    - Zelfde opzet als scenario 2, met inzet grotere toestellen ter compensatie van verloren stoelcapaciteit
- Alle drie de scenario's gaan uit een restrictie op het aantal bewegingen van 440.000 bewegingen. Mogelijke andere plafonds/restricties zijn niet meegenomen in de scenario's. De scenario's betreffen indicatieve scenario's voor een eerste inschatting. Uitgebreid onderzoek zal verder plaatsvinden in het kader van een MER.
- Voor het bepalen van de effecten van de capaciteitsreductie op de emissie van verschillende stoffen worden de emissies bepaald voor bovenstaande 3 scenario's, deze emissies worden vervolgens afgezet tegen de baseline (gebruiksjaar 2019).

# Emissieberekening

- Emissies zijn berekend voor de LTO (Landing and Take-off) cycle zoals gedefinieerd door ICAO en ook opgenomen in de Regeling milieu-informatie luchthaven Schiphol (RMI). Uitgebreide berekeningen van lokale emissies zijn onderdeel van een MER.
- Emissies zijn bepaald met de Landelijke Emissie Database. Deze database bevat per motor type de brandstof stroom en emissiefactoren voor CO, NO<sub>x</sub>, VOS (gelijk aan HC), SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> (gelijk aan PM<sub>2.5</sub>). De uitstoot van CO<sub>2</sub> wordt bepaald op basis van het brandstofverbruik.
- Voor de Time in Mode (TIM) wordt uitgegaan van de TIM tijden zoals bepaald voor Schiphol in het RMI.

$$\text{Emissie}_{LTO,j} = \sum_{i=1}^N n_i \cdot \left[ \sum_{f=1}^4 \text{Fuel}_{i,f} \cdot \text{TIM}_{i,f} \cdot \text{EF}_{j,i,f} \right]$$

(3)

met:

j	Index 1 t/m 5 voor respectievelijk de stoffen: CO, NO <sub>x</sub> , VOS, SO <sub>2</sub> en PM <sub>10</sub> ;
i	Index over het aantal LTO's in het tijdvak;
f	Index 1 t/m 4 voor respectievelijk de vliegfasen: approach, idle, take-off en climb out;
N	Het totaal aantal LTO's per tijdvak;
Emissie <sub>LTO,j</sub>	De totale emissie van stof, j, ten gevolge van de LTO cycles van het luchthavenluchtverkeer per tijdvak uitgedrukt in gram per tijdvak;
n <sub>i</sub>	Het aantal motoren van het vliegtuigtype corresponderend met LTO, i;
Fuel <sub>i,f</sub>	Het brandstofverbruik in vliegfase, f, van het motortype van het vliegtuig corresponderend met LTO, i, uitgedrukt in kg per seconde;
TIM <sub>i,f</sub>	TIM (Time In Mode) tijd van vliegfase, f, voor het vliegtuigtype corresponderend met LTO, i, uitgedrukt in seconden;
EF <sub>j,i,f</sub>	Emissiefactor van stof, j, in vliegfase, f, van het motortype corresponderend met LTO, i, uitgedrukt in gram per kg brandstof.

Bron: Regeling milieu-informatie luchthaven Schiphol



# Emissieberekening

- De Landlijke Emissie Database bevat emissiegegevens voor verschillende vliegtuigmotoren.
- Onder een vliegtuigtype kunnen verschillende motoren worden gebruikt, met verschillende emissies.
- Voor de berekeningen zijn de motortypes gehanteerd zoals deze in de praktijk voorkwamen in 2019.
- Op basis van het aantal bewegingen in 2019 met een specifieke vliegtuigtype-motortype combinatie is de gewogen gemiddelde uitstoot per vliegtuigtype bepaald.

$$\text{Emissie}_{LTO,j} = \sum_{i=1}^N n_i \cdot \left[ \sum_{f=1}^4 \text{Fuel}_{i,f} \cdot \text{TIM}_{i,f} \cdot \text{EF}_{j,i,f} \right]$$

(3)

met:	
j	Index 1 t/m 5 voor respectievelijk de stoffen: CO, NO <sub>x</sub> , VOS, SO <sub>2</sub> en PM <sub>10</sub> ;
i	Index over het aantal LTO's in het tijdvak;
f	Index 1 t/m 4 voor respectievelijk de vliegfasen: approach, idle, take-off en climb out;
N	Het totaal aantal LTO's per tijdvak;
Emissie <sub>LTO,j</sub>	De totale emissie van stof, j, ten gevolge van de LTO cycles van het luchthavenluchtverkeer per tijdvak uitgedrukt in gram per tijdvak;
n <sub>i</sub>	Het aantal motoren van het vliegtuigtype corresponderend met LTO, i;
Fuel <sub>i,f</sub>	Het brandstofverbruik in vliegfase, f, van het motortype van het vliegtuig corresponderend met LTO, i, uitgedrukt in kg per seconde;
TIM <sub>i,f</sub>	TIM (Time In Mode) tijd van vliegfase, f, voor het vliegtuigtype corresponderend met LTO, i, uitgedrukt in seconden;
EF <sub>j,i,f</sub>	Emissiefactor van stof, j, in vliegfase, f, van het motortype corresponderend met LTO, i, uitgedrukt in gram per kg brandstof.

Bron: Regeling milieu-informatie luchthaven Schiphol



# Emissieberekening: ZZS

- De emissie van Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) is bepaald voor een selectie aan ZZS op basis van de TNO notitie “Notitie Emissieberekening ZZS Luchthavens”
- In de berekening worden de emissies van ZZS berekend uit de emissie van vluchtige organische stoffen (VOS), gebruikmakend van de fracties van de verschillende ZZS in de emissie van VOS.
  - $[Emissie\_ZZS\text{component}] = [Emissie\_KWS] \times [TOG\_to\_VOC\text{ RATIO}] \times [Gew.\% \text{ in KWS}]$
- TNO notitie bevat fracties voor 8 stoffen die door RIVM als ZZS zijn aangemerkt.
- Doordat de ZZS een fractie is van VOS, is het procentuele effect van de reductie van 500.000 naar 440.000 bewegingen voor alle ZZS gelijk zijn aan die voor VOS.

Stof	Gew.% In KWS
1,3-butadiene	1,687
Formaldehyde	12,310
Benzene	1,681
1-Methylnaphthalene	0,247
Naphthalene	0,541
2-methylnaphthalene	0,206
Isopropylbenzene	0,003
Crotonaldehyde	1,033

Bron: TNO

# Emissieberekening: UFP

- Ultrafijnstof (UFP) maakt momenteel geen onderdeel uit van de landelijke emissiedatabase omdat er bij het opstellen van de emissiedatabase door verschillende wetenschappelijke inzichten geen eenduidige conclusie omtrent een emissiefactor voor UFP kon worden getrokken.
- Voor een indicatieve berekeningen van UFP wordt aangesloten bij de indicatieve emissiefactor gehanteerd door het RIVM in rapport 2019-0074. Deze indicatieve emissiefactor van ultrafijnstof is afgeleid van Mazaheri et al. Voor de verschillende vluchtfases van de LTO cyclus

Tabel 2. Indicatieve emissiefactor van ultrafijn stof afgeleid uit Mazaheri et al. (2009).

Vluchtfase	Emissiefactor in aantal deeltjes per kg brandstof	Met brandstofverbruik afgeleide emissiefactor in aantal deeltjes per seconde (zie Bijlage 2)
Taxiën	$3 \cdot 10^{16}$	$7 \cdot 10^{15}$
Starten	$5 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{17}$
Klimmen	$5 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{17}$
Naderen	$4 \cdot 10^{16}$	$3 \cdot 10^{15}$
Landen	$4 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{16}$

Bron: RIVM rapport 2019-0074



# Resultaten emissies

- Afname in brandstof verbruik afhankelijk van afname in bewegingen (welke voor alle drie de scenarios gelijk is) en de veranderingen in de vloot.
- Veranderingen in de vloot:
  - Scenario 1: samenstelling vloot blijft gelijk
  - Scenario 2: samenstelling vloot veranderd doordat airlines op specifieke segmenten vluchten schrappen. Hierdoor worden bij 440.000 bewegingen procentueel meer grotere toestellen ingezet.
  - Scenario 3: inzet grotere toestellen ter compensatie van verloren stoelcapaciteit. Verdere toename inzet grotere toestellen t.o.v. scenario 2.
- Grotere toestellen verbruiken meer brandstof, waardoor afname bij scenario's 2 en met name 3 kleiner is t.o.v. scenario 1.

Totale Emissie (%)	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Fuel	10.80%	9.50%	4.30%
CO2	10.80%	9.50%	4.30%
CO	10.90%	10.00%	4.30%
NOx	10.70%	8.40%	+2.90%
VOS / ZZS	10.80%	9.70%	7.10%
SO2	10.80%	9.50%	4.70%
PM10	10.70%	10.10%	16.60%
UFP	10.80%	9.40%	3.60%

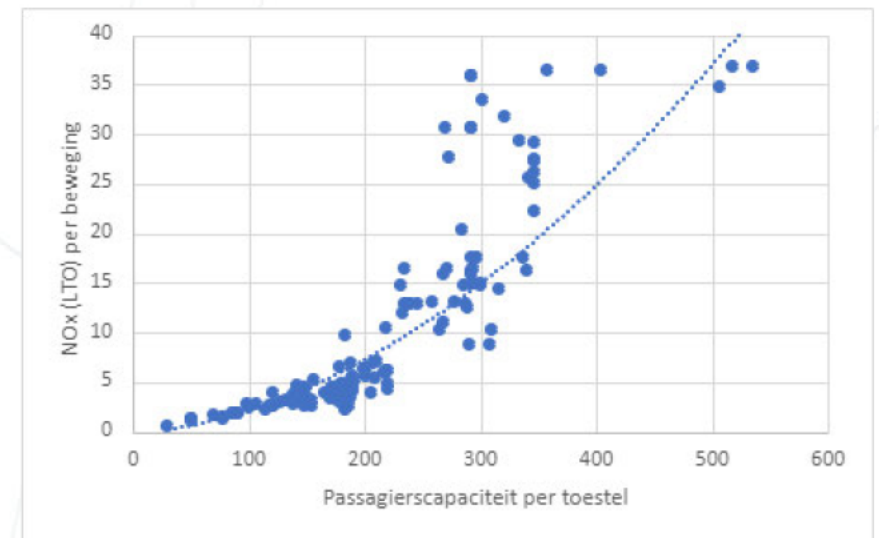




# Resultaten emissies

- Emissies van de meeste stoffen (CO<sub>2</sub>, CO, VOS/ZZS, SO<sub>2</sub> en UFP) volgen de trend zichtbaar in het brandstof verbruik zoals toegelicht op de vorige slide.
- Scenario 3 laat zien dat een verzwaring van de vloot (scenario 3) tot een toename van de NOx emissies kan leiden.
- Net als bij de andere stoffen is dit het gevolg van het feit dat grotere toestellen meer brandstof verbruiken. Daarnaast is de uitstoot van NOx per stoel ook hoger bij toestellen met een hogere stoelcapaciteit.

Totale Emissie (%)	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Fuel	10.80%	9.50%	4.30%
CO <sub>2</sub>	10.80%	9.50%	4.30%
CO	10.90%	10.00%	4.30%
NOx	10.70%	8.40%	<b>+2.90%</b>
VOS / ZZS	10.80%	9.70%	7.10%
SO <sub>2</sub>	10.80%	9.50%	4.70%
PM10	10.70%	10.10%	16.60%
UFP	10.80%	9.40%	3.60%



# Resultaten emissies

- Emissies van de meeste stoffen (CO<sub>2</sub>, CO, VOS/ZZS, SO<sub>2</sub> en UFP) volgen de trend zichtbaar in het brandstof verbruik zoals toegelicht op de vorige slide.
- De resultaten van scenario 3 op het gebied van PM10 zijn afwijkend van de overige resultaten. Dit effect wordt sterk bepaald door de B737-900, een toestel wat bij vlootverzwaring vaker wordt ingezet.
- Een specifiek motortype welke veel voorkomt bij de B737-900 heeft voor PM10 in de ICAO emissions databank (bron voor de landelijke emissiedatabase) een lagere waarde in vergelijking met andere motortypes voor dit type.
- Indien dit motortype niet wordt meegenomen in de berekeningen voor de B737-900 is het effect op PM10 met -9.8% in lijn met de trend zichtbaar bij overige stoffen (een lichte vermindering van het effect ten opzichte van scenario 2).

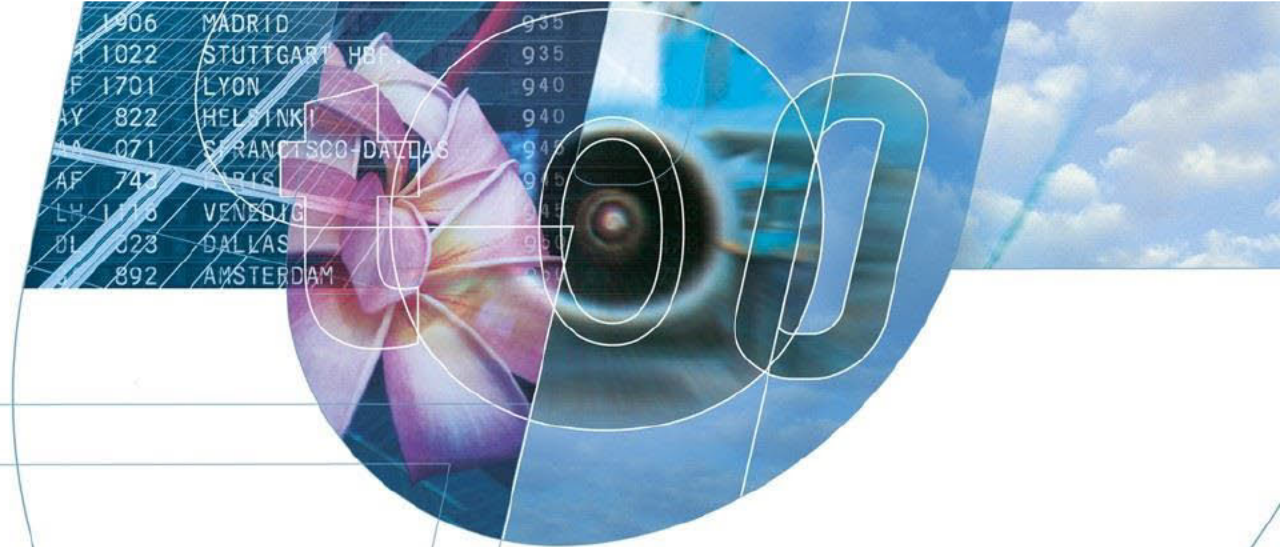
Totale Emissie (%)	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Fuel	10.80%	9.50%	4.30%
CO <sub>2</sub>	10.80%	9.50%	4.30%
CO	10.90%	10.00%	4.30%
NO <sub>x</sub>	10.70%	8.40%	+2.90%
VOS / ZZS	10.80%	9.70%	7.10%
SO <sub>2</sub>	10.80%	9.50%	4.70%
PM10	10.70%	10.10%	<b>-16.60%</b>
UFP	10.80%	9.40%	3.60%

Vliegtuig type	Engine Type	APP	Idle	T/O	C/O	% in Scenario 3
<b>B737-900</b>	CFM56 7B26/2	0.07	0.07	0.07	0.07	51.0
	CFM56 7B26	0.25	0.20	1.50	1.21	41.3
	CFM56 7B27	0.25	0.20	1.61	1.23	5.3
	CFM56 7B27/3	0.21	0.21	1.36	1.13	1.5
	CFM56 7B26/3	0.25	0.20	0.91	0.65	0.8

Bron: Landelijke emissiedatabase

Totale Emissie (%)	PM10
Scenario 1	-10.7%
Scenario 2	-10.1%
Scenario 3	-16.6%
Scenario 3 (zonder CFM56-7B26/2)	-9.8%







## To70 Aviation

Amsterdam, Brussels, Frankfurt, Geneva, London, Milan  
Bangalore, Bangkok, Shanghai, Singapore  
Brisbane, Melbourne  
Medellín, São Paulo  
Montreal



 @to70\_aviation  
 @to70  
 to70BV