

Broeikasgassen en toxische emissies door de luchtvaart. Wat kunnen we er aan doen?

Kennisdag LBBL , 12 okt 2019

Bernard Gerard (BVM2)

bjmgerard@gmail.com

www.bjmgerard.nl (presentatie verschijnt hier)

De context: het Parijse klimaatakkoord en opvattingen daarover

Nederlandse voorgestelde ambitie: opwarming $<1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ door

- beperking Nederlandse CO₂-emissie in 2030 = 49% minder dan in 1990;
- CO₂-emissie in 2050 = 95% minder dan in 1990

Diverse opvattingen over het luchtvaartdeel hierbinnen:

- ICAO: fixatie toekomstige mondiale netto CO₂-emissies als in 2020 = 650Mton/y
- NL-vliegsectorplan Slim en Duurzaam:
1990 3,5; 2005 11,0; 2016 11.9; 2030 11,1;
2050 5,5 Mton CO₂ = 0,5 * 2005 = 1,6 * 1990
- Ontwerpakkoord duurzame luchtvaart
In 2030 11,0Mton CO₂ = in 2005; in 2050 5,5Mton = 50% van in 2005
- Opvatting G11 in recente Luchtvaartvisie:
Eerst bevrozing en dan daling CO₂-uitstoot tot ca 0Mton in 2050, schema nader te bepalen door het PBL.

De vijf hoofdroutes naar minder emissies

- 1) Minder vliegtuigen
- 2) Efficiënter vliegen: zuiniger vliegtuigen en betere organisatie
- 3) (Hybride –) elektrisch vliegen
- 4) Elektrificatie van de grondoperaties
- 5) Minder emissie per kg brandstof

Hoofdroute 3 en 4 worden kort behandeld, en 5 uitgebreid.
Binnen hoofdroute 5 zal een nadere onderverdeling aangebracht worden.

Hoofdroute 3: hybride elektrisch vliegen

Als voorbeeld de hybride-elektrische Zunum ZA10, een twaalfzitter voor afstanden tot 1000km.

Hij vliegt op een accupakket, een gasturbine van een helicopter, en op door elektromotoren aangedreven propellers.

Het vliegtuig zou, vergeleken met conventionele types, ongeveer half zoveel brandstof gebruiken, minder luchtvervuiling veroorzaken en 6dB stiller zijn.

Men kan al bestellingen plaatsen en het vliegtuig zou in 2022 gaan vliegen.

De opschalingstermijn naar grotere types is nog onduidelijk.

Doorontwikkeling naar full-elektrisch zou gradueel mogelijk zijn.



Hoofdroute 4: elektrische grondactiviteiten (oa taxien)

Een gestandaardiseerde LTO-cyclus speelt zich af onder de 3000 voet en duurt 33 minuten. Daarvan draait de straalmotor of de APU 26 minuten in de stand 'Idle' op 7% van zijn vermogen. De motor draait dan erg vervuilend.

Alle grondactiviteiten moeten geëlektrificeerd worden.

- Voor het klimaat is dat iets gunstiger mits de stroom groen is
- Voor de luchtvervuiling maakt dat veel uit, omdat bij lage motorvermogens langdurig en onevenredig veel half- en onverbrande koolwaterstoffen vrijkomen (kerosinelucht!), en koolmonoxide.



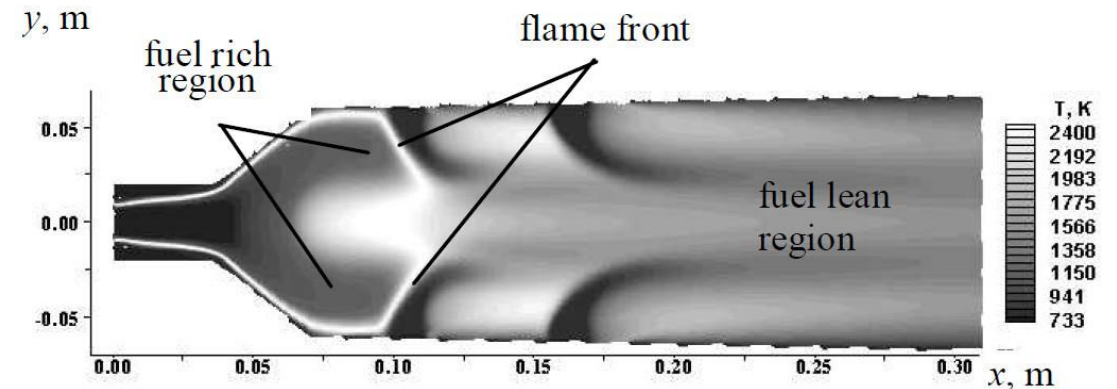
APU van een Airbus A380

Hoofdroute 5. Minder emissies per kg brandstof - onderverdeling

- a) Wat komt er uit een straalmotor in welke vluchtfase?
- b) Welke toxische effecten hebben deze stoffen?
- c) Welke klimaateffecten hebben deze stoffen?
- d) Wat is het verschil tussen synthetische kerosine en fossiele kerosine en waarom is dat voor de luchtvervuiling relevant?
- e) Productie synthetische kerosine; waarom is dat voor het klimaat relevant?
- f) Het juridisch/bestuurlijk regime van biokerosine en hoeveel staat dat toe?
- g) Wat zijn de mogelijkheden van Power to Liquid-fuel?

Tot slot:

Conclusies en aanbevelingen



The temperature field inside the conventional aviation combustor.

5a: Wat komt er uit een straalmotor bij welke belasting?

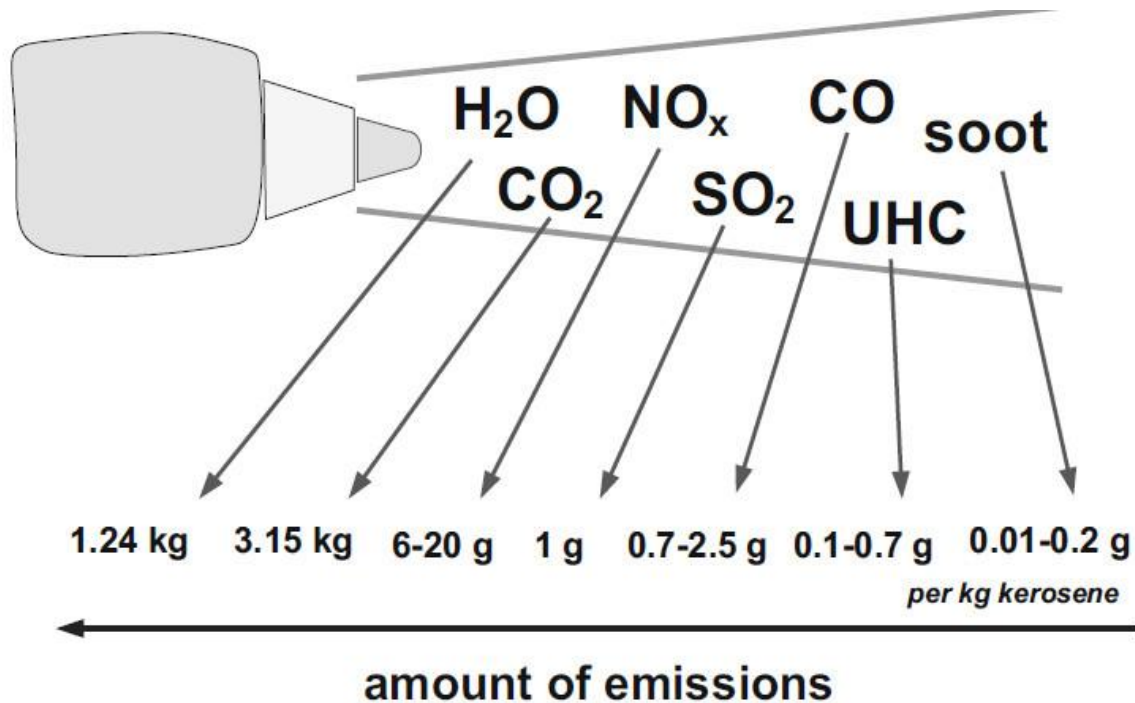


Fig. 1 Major emissions when burning kerosene in a jet engine [33]

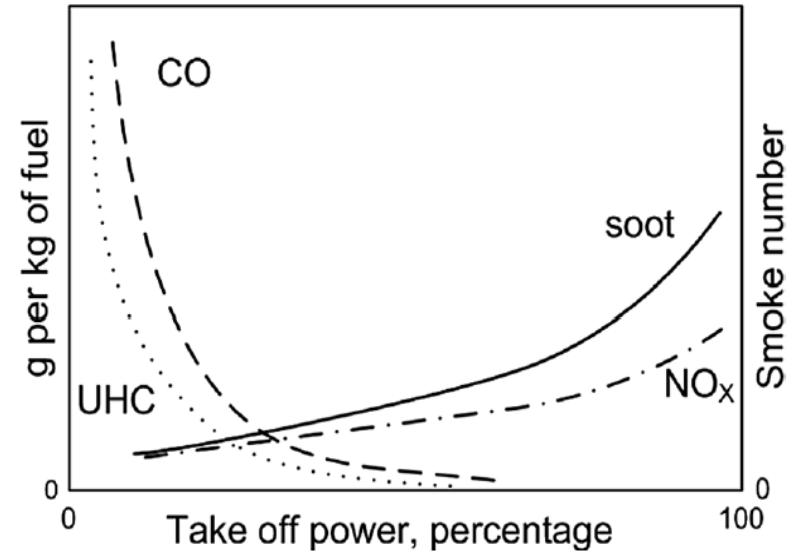


Fig. 3 Emissions characteristics in an aircraft engine, principle power dependency [40]

Percentage van motorvermogen:

Idle/taxi (gestandaardiseerd)	7%
Take off (gestandaardiseerd)	100%
Climbing (gestandaardiseerd)	85%
Cruise (niet gestandaardiseerd) (rekenvoorbeeld)	70%
Approach (gestandaardiseerd)	30%

5a: Wat komt er wanneer uit een straalmotor?

CO ₂	++K	altijd (koolstofdioxide)
H ₂ O	++K	altijd (waterdamp cq –vloeistof)
CO		bij laag motorvermogen (idle) (koolmonoxide)
SO ₂	-K	altijd als de kerosine zwavelhoudend is
NO en NO ₂	?K	vooral bij hoog motorvermogen (take-off, climb, cruise)
UHC		(onverbrande brandstof) vooral bij laag motorvermogen
VOC		Volatile Organic Compounds, vooral bij laag motorvermogen
Roet (soot)	+K	vooral bij hoog motorvermogen, vooral als er aromatische stoffen in de kerosine zitten (benzeen en benzeenderivaten)

De in **rood** aangeduide stoffen zijn toxisch.

De met **K** aangeduide stoffen hebben een klimaateffect (**-** is gunstig)

5b: Welke toxische effecten hebben deze stoffen?

Giftigheid is groter op kortere afstand en in omsloten ruimtes (personeel!)
Vliegvelden zijn een bron tussen andere bronnen

- **CO** soort giftigheid bekend, vooral relevant op korte afstand
- **SO₂** is bijtend en giftig. Reageert door tot **SO₃**, dat water aantrekt en druppeltjes **zwavelzuur** vormt. Met **ammoniak** kan dit doorreageren tot ammoniumsulfaat. **Zwavelzuur** en ammoniumsulfaat horen tot het (ultra)fijn stof.
- **NO** en **NO₂** zijn van zichzelf giftig. Kan doorreageren tot **salpeterzuur**. Als er **ammoniak** in de lucht zit, kan ammoniumnitraat ontstaan. Dit is (ultra)fijn stof.

Als op of in de grond → stikstofdepositie (PAS)

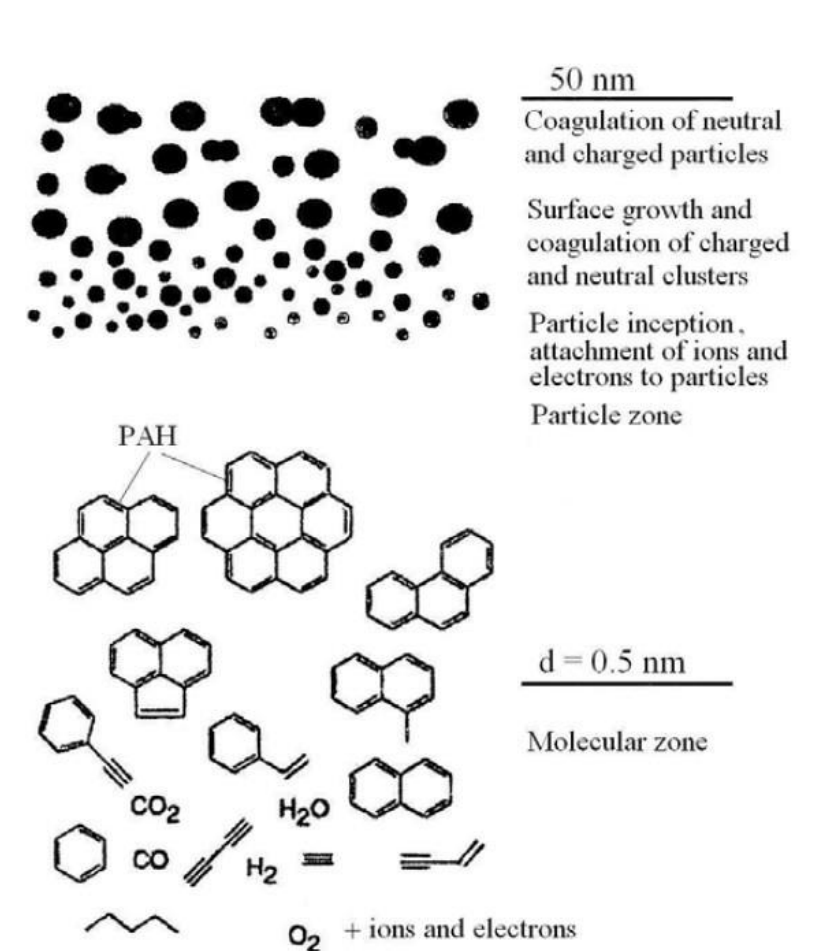
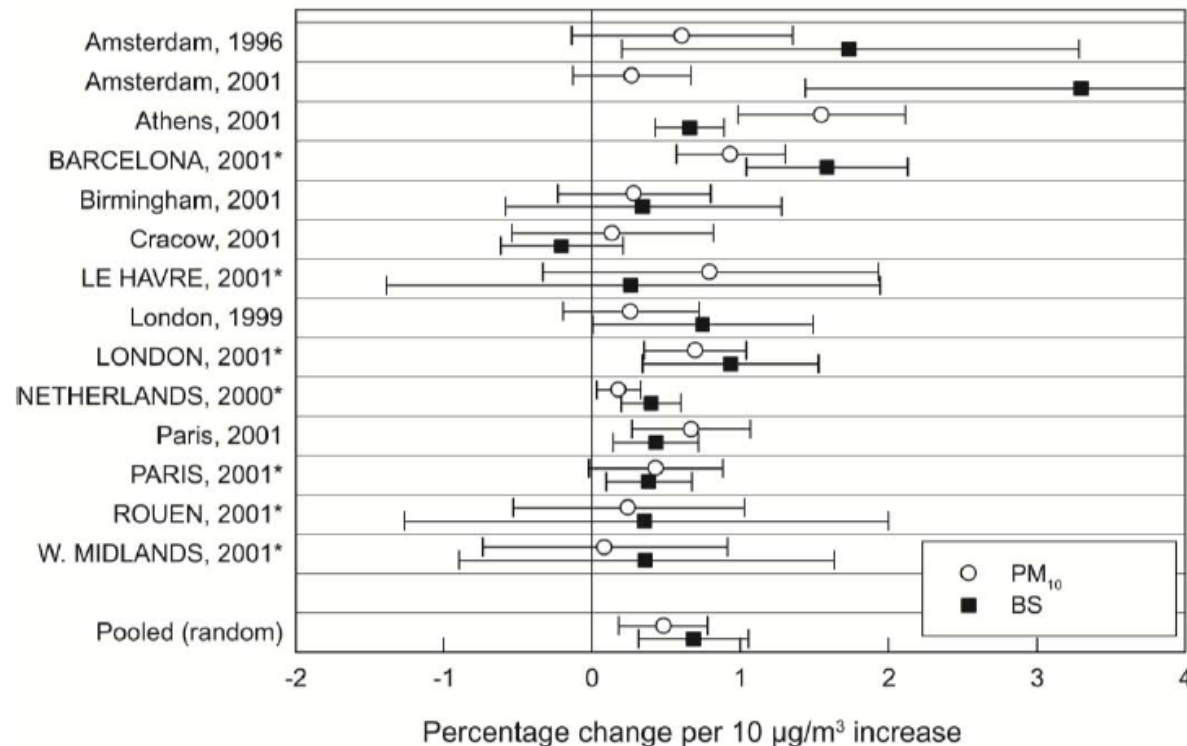
- **UHC** is Unburned Hydro Carbon = de kerosine zelf. Sommige componenten zijn kankerverwekkend (**benzeen**) of organisch oplosmiddel (**tolueen**)
- **VOC** is grote groep van gedeeltelijk verbrande stoffen, bijv. **formaldehyde (CH₂O)**. Die stof is giftig en mogelijk kankerverwekkend.

5b: Welke toxische effecten hebben deze stoffen?

Roet is in hoofdzaak koolstof, maar met veel aanhangend ander materiaal (bijv. VOC's of PAK's die erop condenseren). Roet is link.

(WHO: Health effects of black carbon, 2012)

Fig. 1. Single-city, single-pollutant estimates for PM₁₀ and BS and all-cause mortality



A rough picture for soot formation in combustion plasmas.

5b. Luchtkwaliteitsnormen

- De sector (ICAO) heeft zijn eigen emissienormen, die traag scherper gesteld worden. Overheden kunnen daar niets mee.
- Vliegtuigen en vliegvelden dragen bij aan de immissie in de omgeving. Daarover gaan de diverse overheden.
- Voor de immissie van het geheel van alle bronnen bestaan soms normen (NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, benzeen). Vliegveld en vliegtuigen dragen (voor zover bekend) niet sterk bij. Meestal worden deze normen niet overschreden.
- Voor sommige categorieën kan het vliegveld relevant zijn (roet en Ultra Fijn Stof), maar daarvoor bestaan überhaupt geen normen.

5c: Welke klimaateffecten hebben deze stoffen?

- Ten onrechte wordt van de luchtvaart alleen de CO₂ mee te nemen als maat voor de klimaatimpact . Van de niet-CO₂ effecten zou te weinig bekend zijn.
- Uit Lee, 2009, Atmospheric Environment blijkt, dat de niet-CO₂-effecten samen in dezelfde orde van grootte zijn als het CO₂-effect.
Aviation Induced Cloudiness telde toen nog niet mee.
- Waterdamp is een krachtig broeikasgas
- Roetdeeltjes fungeren vaak als condensatiekern voor contrails en cirrus

Table 1

Historical and current-day aviation fuel usage, CO₂ annual emissions, and radiative forcings.

Year	Fuel (Tg yr ⁻¹)	CO ₂ emission (Tg yr ⁻¹)	RF (mW m ⁻²) ^a								
			CO ₂	O ₃	CH ₄	H ₂ O	Contrails	SO ₄	Soot	AIC (low, mean, high)	Total (excl. AIC)
1992 (IPCC, 1999)	160.3	505	18.0	23.0	-14.0	1.5	20.0	-3.0	3.0	0 (low) 40 (high)	48.5
2000a (Sausen et al., 2005) ^b	169.0 ^c	533	25.3	21.9	-10.4	2.0	10.0	-3.5	2.5	10, 30, 80 ^d	47.8
2000b ^e	214.3	676	24.5	23.7	-11.2	2.5	10.0	-4.4	3.2	10, 30, 80	48.3
2005	232.4	733	28.0	26.3	-12.5	2.8	11.8	-4.8	3.5	11, 33, 87	55.0
% change (2005-2000b)	8.4%	8.4%	14.0%	11.1%	11.1%	8.4% ^f	18.2%	8.4% ^f	8.4% ^f		14.0%

5c: Welke klimaateffecten hebben deze stoffen?

(uit Brasseur, Impact of aviation on climate, BAMS, april 2016). CO₂ zit hier op ongeveer 29 mW per m²

TABLE 5. Radiative forcings (mW m⁻²) from models participating in ACCRI, by hemisphere and global average for AEDT 2006 aviation emissions. The minimum and maximum ranges are shown in square brackets where multiple estimates are available. Average and the minimum–maximum range shown are based on ACCRI models that reported hemispheric forcings. Note that not all groups contributed hemispheric RF data and this table does not include the large aerosol indirect effect. Numbers may not add up because of rounding. Aerosol indirect effects are not included because of their large uncertainty, as highlighted by the large differences between participating models. The uncertainties (the minimum and maximum range of evaluations) reported represent the variation between model estimates and are not a comprehensive estimate of uncertainty due to parameter and other uncertainties. Since some groups did not provide data for the table, data from all models are not included.

Forcing agent	NH	SH	NH/SH	Global	LEE2009
CH ₄	[−8.0, −12.3]	[−8.0, −12.3]	1	[−8.0, −12.3]	[−2.1, −76.2]
O ₃ long	[−4.0, −4.7]	[−4.0, −4.7]	1	[−4.2, −4.5]	—
O ₃ short	[10.3, 63.6]	[2.0, 24.1]	[5, 3]	[6.0, 36.5]	[8.4, 82.3]
SO ₄ direct	[−5.5, −11.8]	[−0.5, −1.5]	[11, 8]	[−3.0, −7.0]	[−0.79, −29.3]
Nitrate direct	[−11.6]	[−4.2]	[3]	[−4.0, −7.5]	—
BC direct	[1.2, 1.9]	[0.1, 0.2]	[12, 10]	[0.6, 1.0]	[0.56, 20.7]
LCs				[2.9, 11.3]	[5.4, 25.6]
Contrail cirrus	[24.0, 95.0]	[0.7, 5.0]	[34, 19]	[12.4, 51.3]	[12.5, 86.7]

5d: verschil synthetische kerosine en fossiele kerosine waarom is dat voor de luchtvervuiling relevant?



5d: verschil synthetische kerosine en fossiele kerosine waarom is dat voor de luchtvervuiling relevant?

In deze presentatie is synthetische kerosine alle kerosine die niet uit aardolie komt.

Onderstaande analyse doet alsof synthetische kerosine voor 100% in motoren kan.
In praktijk gaat het om <50% bijmenging (vanwege motortechniek).

Synthetische kerosine bevat

- geen zwavel (wordt er in het productieproces uitgehaald). Op zwavel gebaseerde luchtvervuiling verdwijnt. De klimaatopwarming neemt in directe zin iets toe.
- Normaliter geen aromatische verbindingen. De roetproductie bij de verbranding neemt drastisch af. De luchtvervuiling wordt minder.
Er ontsnappen geen aromatische verbindingen (benzeen en –derivaten) de lucht op en rond het vliegveld in.
- Voor de stikstofoxides verandert er weinig (dan gunstig) of niets.

5e: Herkomst synthetische kerosine, relevantie voor klimaat

Broeikasgas-emissies in gr CO₂,eq/MJ over de hele levensloop

Fossiele JetA	88
- - - - -	
Gas To Liquid (GTL)	100
Gas zomaar affakkelen	oneindig
- - - - -	
HEFA/HRJ (oliën en vetten)	27-55
HEFA/HRJ volgens SkyNRG (claim)	15
Fischer-Tropsch (FT) op biomassa	6-13
Eis RED II-richtlijn EU	<35, na 01/01/2021 <31
Het restant van de biokerosineproductie kan nog nut hebben. Dit is niet meegeteld.	
- - - - -	
Power To Liquid (PTL) zonder installaties mee te rekenen	1
met ..	11-28

Een logische hypothese is: minder condensatiekernen (roet, sulfaat??) → minder contrails → minder niet CO₂-effecten, maar dit is nog onbewezen.

5e: Herkomst synthetische kerosine, relatieve prijs en TRL

Herkomst, indicatieve relatieve prijs (fossiel = 1), Technological Readiness Level

Fossiele JetA	1	bestaat en ruim verkrijgbaar
GTL	1 a 1,5	bestaat en zeer beperkt verkrijgbaar
HEFA/HRJ	2 a 4	bestaat zeer beperkt, techniek is commercieel
FT-biokerosine	2 a 4	zit op grens van commercialisatie, bestaat nog niet
Andere biokerosine	?	Meestal nog in of op het eind van demonstratiefase
PTL	wisselt 5-8	Uit schoorstenen en via methanolroute tegen de commercie aan Via FT-route met elektrolyse of uit Direct Air Capture pilot/demo

5f. Wat is bij biokerosine het juridisch/bestuurlijk regime?

Vooraf.

- Maak onderscheid: biomassa > biobrandstof > biodiesel > biokerosine.
Zo liep het ook in de historie.
Biokerosine voldoet aan hogere eisen dan biodiesel. Nabewerking is nodig.
- Biodiesel ontstond in de generatie-1 fase (met voedsel concurrerende gewassen).
Er bestaat een functionerende markt (Neste Oil als grootste).
- De luchtvaartbemoeienis met biobrandstoffen is relatief jong.
Een groot deel van de sector wil van meet af aan op generatie-2 instappen (afval en gewassen die niet met voedsel concurreren en geen ILUC veroorzaken. ILUC= Indirect Land Use Change.)
- Dit voornemen wordt ondersteund met wetgeving (RED II-richtlijn EU van december 2018), deels met zelfregulatie (SAFUG en RSB- of ISCC-certificering).

5f. Wat zegt RED II over biobrandstoffen in 2030?

RED II, zie: <https://ec.europa.eu/jrc/en/jec/renewable-energy-recast-2030-red-ii> .

- CO₂-reductie biobrandstoffen > 60%, vanaf 01 jan 2021 > 65%
- >14% weg- en rail brandstof hernieuwbaar. Luchtvaart mag, maar moet hier niet aan meetellen. Als de kerosine non-food, dan telt hij met factor 1,2 mee.
- Gen. 1 brandstof moet < 7% van de 14% zijn
- Duurzaamheidseisen aan houtige biomassa
- High ILUC-risk brandstoffen gelimiteerd, aflopend tot 0 in 2030. Lidstaten mogen ze nog wel importeren, maar boven de limiet tellen ze niet mee voor de 14%.
- Tot 2030 oplopend tot 3,5% van de 14% moet bestaan uit Advanced Biofuels (Annex IX, part A, niet olie- en vetafval en non-food cellulose). Hooguit 1,7% van de 14 % mag bestaan uit afvalolie- en vet (Annex IX, part B)

5f. De RSB-certificering

Er bestaat (op basis van zelfregulering) een speciale RSB-certificering voor biokerosine (Roundtable Sustainable Biomaterials). Zie <https://rsb.org/aviation/> .

Het bureau werkt ook voor de ICAO.

De bestaande biokerosine-ondernemingen (AltAir en SkyNRG) volgen RSB/aviation.

RSB/Aviation eist >50% broeikasgasreductie en heeft een ILUC-module (Indirect Land Use Change).

Een citaat:

- The development of our Standard for Advanced Fuels ensures that producers of non-traditional alternative aviation fuels – such as those produced from fossil fuel waste – are able to achieve RSB's rigorous sustainability certification.
- This approach is supporting the aviation industry to overcome many of the challenges associated with 1st generation biofuels – such as ILUC and GHG emissions, biodiversity and food security – and supports innovative solutions For the next generations of sustainable alternative aviation fuels.

5f. De 12 RSB-aviation principles

Principle 1: Legality

Operations follow all applicable laws and regulations.

Principle 2: Planning, Monitoring & Continuous Improvement:

Sustainable operations are planned, implemented, and continuously improved through an open, transparent, and consultative impact assessment and management process and an economic viability analysis.

Principle 3: Greenhouse Gas Emissions

Biofuels contribute to climate change mitigation by significantly reducing life-cycle GHG emissions as compared to fossil fuels.

Principle 4: Human and Labour Rights

Operations do not violate human rights or labour rights, and promote decent work and the well-being of workers.

Principle 5: Rural and Social Development

In regions of poverty, operations contribute to the social and economic development of local, rural and indigenous people and communities.

Principle 6: Local Food Security

Operations ensure the human right to adequate food and improve food security in food insecure regions.

Principle 7: Conservation

Operations avoid negative impacts on biodiversity, ecosystems, and conservation values.

Principle 8: Soil

Operations implement practices that seek to reverse soil degradation and/or maintain soil health.

Principle 9: Water

Operations maintain or enhance the quality and quantity of surface and groundwater resources, and respect prior formal or customary water rights.

Principle 10: Air Quality

Air pollution shall be minimised along the whole supply chain.

Principle 11: Use of Technology, Inputs, and Management of Waste

The use of technologies shall seek to maximise production efficiency and social and environmental performance, and minimise the risk of damages to the environment and people.

Principle 12: Land Rights

Operations shall respect land rights and land use rights.

5f. Het SAFUG-verband

24 vliegtuigmaatschappijen hebben zich aaneengesloten in de SAFUG (Sustainable Aviation Fuels Users Group) . De SAFUG volgt de RSB-certificering.

De SAFUG specificeert zijn doelen als volgt:

- Exhibit minimal impact on biodiversity
- Meet a sustainability standard with respect to land, water, and energy use
- Do not displace or compete with food crops
- Provide a positive socioeconomic impact
- Do not require any special fuel handling equipment, distribution systems, or changes to engine design

De website geeft een specifiek overzicht van de nagestreefde grondstoffen, welke alle non-food zijn (olie uit halofyten, Jatropha, Camelina; algen; cellulose en huishoudelijk afval).

<http://www.safug.org/>

5f. De ISCC – certificering

Zie <https://certifications.controlunion.com/nl/about-us/who-we-are> .

De ISCC-certificering

- is van Control Union, waar ook Skal onder valt.
- heeft geen aparte tak voor de luchtvaart en verwijst daarvoor door naar de RSB.
- geeft geen expliciete beschrijving van de beginselambities die ze nastreeft

De biokerosine van Neste Oil verkeert nog in een proefstadium en wacht nog op ASTM-goedkeuring. De start is aangekondigd. Neste Oil gebruikt ISCC.



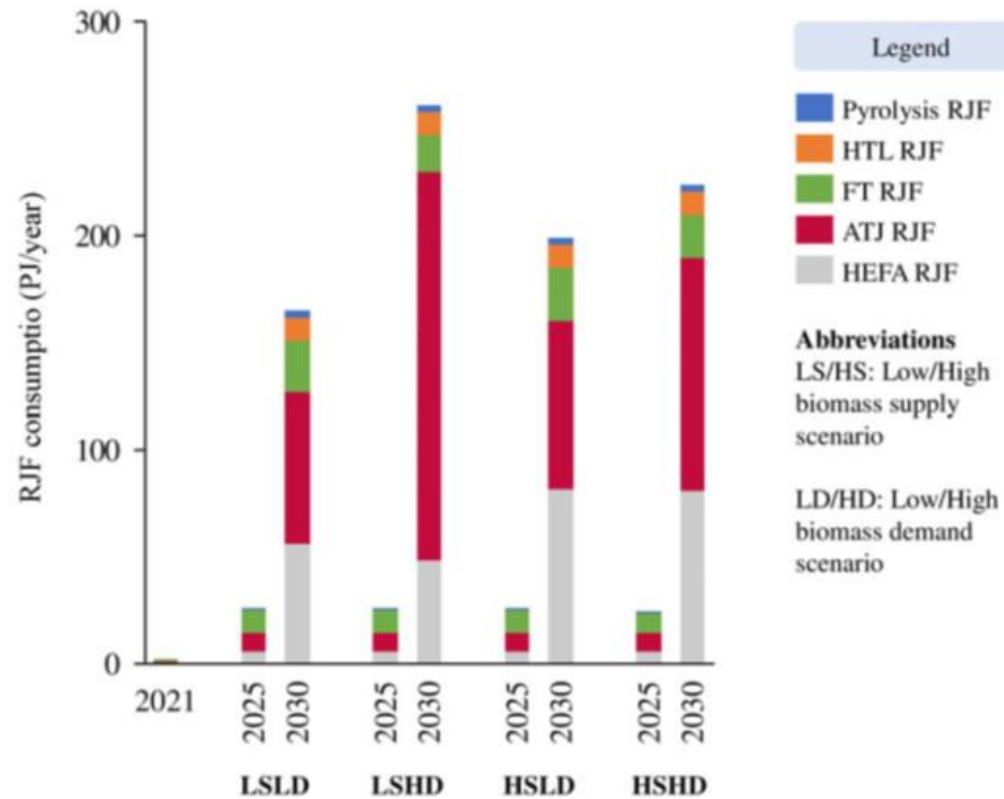
8 oktober 2019 - 13:58 | Door: Niek Vernooij

Neste maakt Hoofddorp hub voor duurzame vliegtuigbrandstof

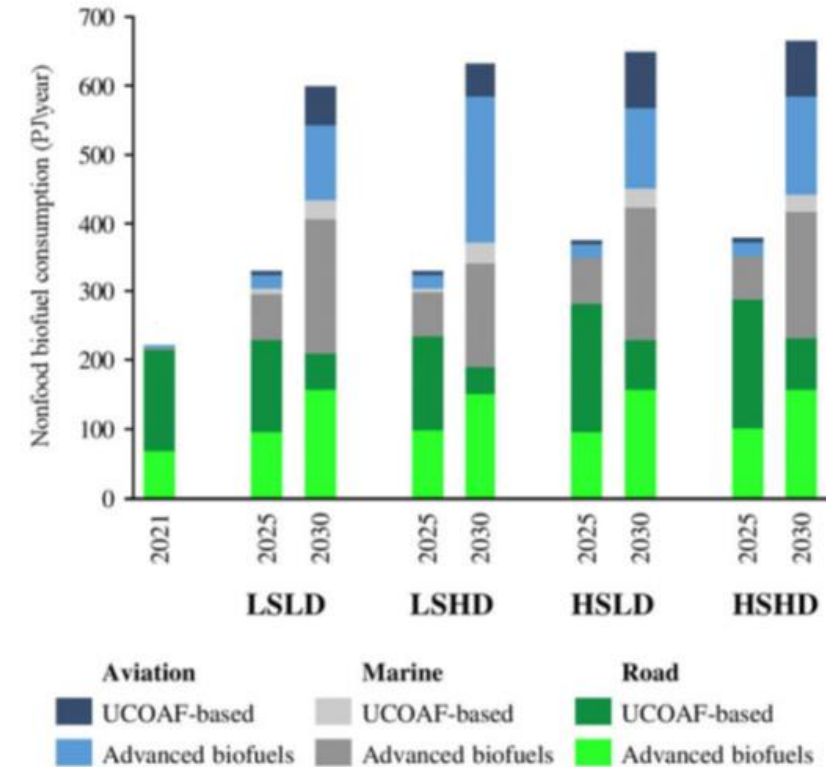
HOOFDDORP - Neste, een Finse specialist op het gebied van biobrandstoffen, heeft dinsdag een nieuw kantoor geopend in Hoofddorp. Dit kantoor gaat dienen als wereldwijde hub voor de divisie van het bedrijf die zich bezighoudt met duurzame brandstof voor de luchtvaart.

5f. De beschikbaarheid van biomassa (Sierk de Jong ea)

Opbrengsten (RJF links en alle biofuel rechts)



(a) Non-food biofuel mix by end-use sector



Abbreviations

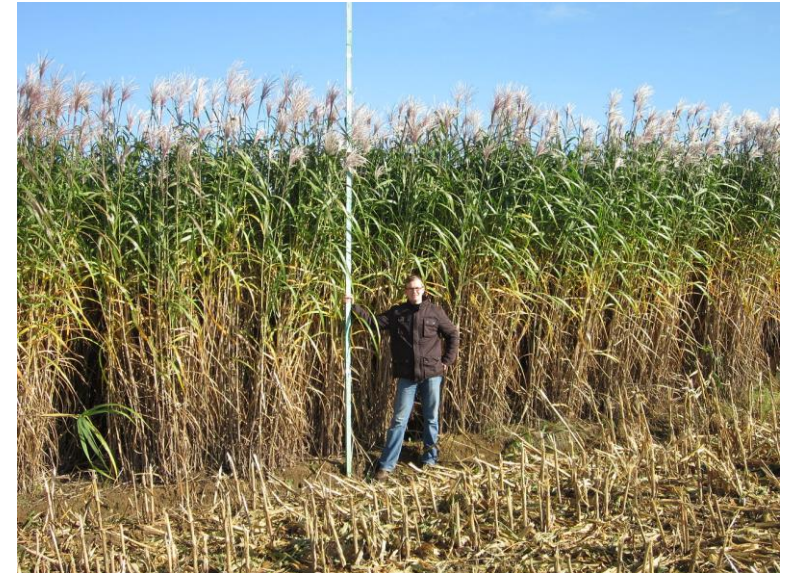
LS/HS: Low/High biomass supply scenario
 LD/HD: Low/High biomass demand scenario
 UCOAF: Used cooking oil and animal fats

5f. De absolute en relatieve beschikbaarheid van biokerosine

- Bij de duurzaamheidseisen, zoals die in RSB/aviation gehanteerd worden
- bij stimuleringsregime van RED II
- als men in de EU ongeveer 50000 km² Miscanthus plant ('olifantsgras')

Dan

- haalt biokerosine in 2030 ongeveer 210PJ (+- 50PJ)
- en halen scheepsbrandstof en autobrandstof beide ongeveer 200PJ. Met de 200PJ van autobrandstof kan men schuiven.



Miscanthus x giganteus

In 2018 tankten vliegtuigen in de EU samen ongeveer 2200PJ aan kerosine.

In 2030 is dat bij ongewijzigd beleid ca 2900PJ. Biokerosine beslaat dan 6 a 9% .

Ter vergelijking: de 100.000 ton voorgenomen biokerosineproductie van SkyNRG en idem van Neste Oil zijn elk goed voor 4,3PJ.

5g. Power To Liquid-Fuel (PTL, Elektrofuel , synthetische kerosine)

Voor PTL-fuel wordt de verbrandingsreactie omgekeerd:

$\text{CO en CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{energie} \rightarrow \text{koolwaterstof en zuurstof en water .}$

Die koolwaterstof kan kerosine zijn, maar ook diesel of benzine.

Dit kan een duurzaam proces zijn.

De energie, nodig voor de terug-reactie, is veel meer dan de energie, die vrijkwam bij de heenreactie. Huidige vuistregel: ongeveer het dubbele.

Het efficientste en goedkoopste is om de CO en CO₂ te oogsten uit afvoerpijpen. Rechtstreeks uit de atmosfeer oogsten is veel moeilijker.

Het gaat nog om kleinschalige pilots. In 2030 is er nog niet veel beschikbaar.

In theorie is de toekomstige beschikbaarheid zeer ruim, maar in praktijk concurreert de benodigde duurzame energie met de behoefte van andere maatschappelijke functies. Zie voorbeeld Schiphol hierna.

5g. PTL-schatting t.b.v. Schiphol

Quintel en Kalavasta: business case voor Schiphol
(zie www.bjmgerard.nl/?p=6723)

Om Schiphol dd 2016 (155PJ)

- voor 50% energieneutraal te maken
- op basis van regionale mogelijkheden
 - * CO en CO2 van uit de pijp van Tata Steel
 - * windparken bij IJmuiden
 - * nabijgelegen zonnepark

Is ongeveer nodig

- 15 GW wind op zee = 1,5*totaalopbrengst windparken bij IJmuiden in 2030)
- 2GWpiek zon (15 a 20 km2 zonnepark bruto)

Deze claims concurreren met andere maatschappelijke claims.
Alleen in groter verband kan hierover een oordeel geveld worden.

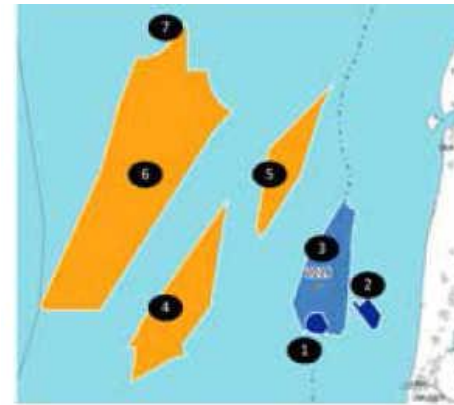


Figure 4: Current and future offshore wind farms off the IJmuiden coast, operational by 2030 (latest)

1. Prinses Amaliapark (120 MW)
2. OWEZ (108 MW)
-in operation
3. Hollandse Kust Noord (700 MW)
-operational in 2023 (exp.)
-connected in Beverwijk or Vijfhuizen
4. 'Gebied C' (1,500 MW)
5. Gebied D' (unknown MW)
6. IJmuiden Ver (6,000 MW)
-operational in 2030 (exp.)
7. Extension north of IJmuiden Ver of 2000 MW

Total: >10,000 MW

Conclusies en aanbevelingen

- Pijnloze oplossingen bestaan niet
- Stimuleer hybride-elektrisch vliegen
- Eis vanwege de luchtvervuiling volledige elektrificatie van alle grondoperaties
- Eis een roetnorm (voor alle bronnen samen)
- Zolang er nog geen grote importen naar de EU zijn, leveren bio- en PTL-kerosine samen niet genoeg op om de bestaande vraag in de EU in 2030 te voorzien. De situatie in 2050 valt nog niet te voorspellen.
Groeiambities kunnen niet met synthetische kerosine beargumenteerd worden.
- Zorgvuldig geproduceerde synthetische kerosine heeft grote klimaatvoordelen
- Benadruk de niet CO₂-effecten veel sterker in zienswijzen e.d.
- Synthetische kerosine verbetert sommige vormen van luchtvervuiling. Dit is met name gunstig voor de directe omgeving van vliegvelden en voor het personeel.
- Zowel biokerosine als PTL-kerosine zullen een blijvende bijdrage leveren.

Conclusies en aanbevelingen

- ‘Gewoontegetrouwe’ afwijzing van biokerosine is niet zinvol.
- Het is belangrijk om eisen te stellen aan, en greep te krijgen op, de randvoorwaarden voor de productie van biokerosine. Dat vraagt om inzicht in o.a. de RED II-richtlijn, in de certificeringsprocessen en in de zelfregulatieprocessen.
- Neem de belangen van het personeel mee (vakbond!)
- Synthetische kerosine kan industriepolitiek interessant zijn
- Er moet op EU-niveau een krachtiger energiepolitiek komen en een top down-rantsoenering voor energie uit biomassa
- Er moet (liefst EU) een top down-rantsoenering komen voor PTL – kerosine, vanwege de concurrerentie met duurzame energie-behoefte van andere sectoren.

Dank u voor uw aandacht!

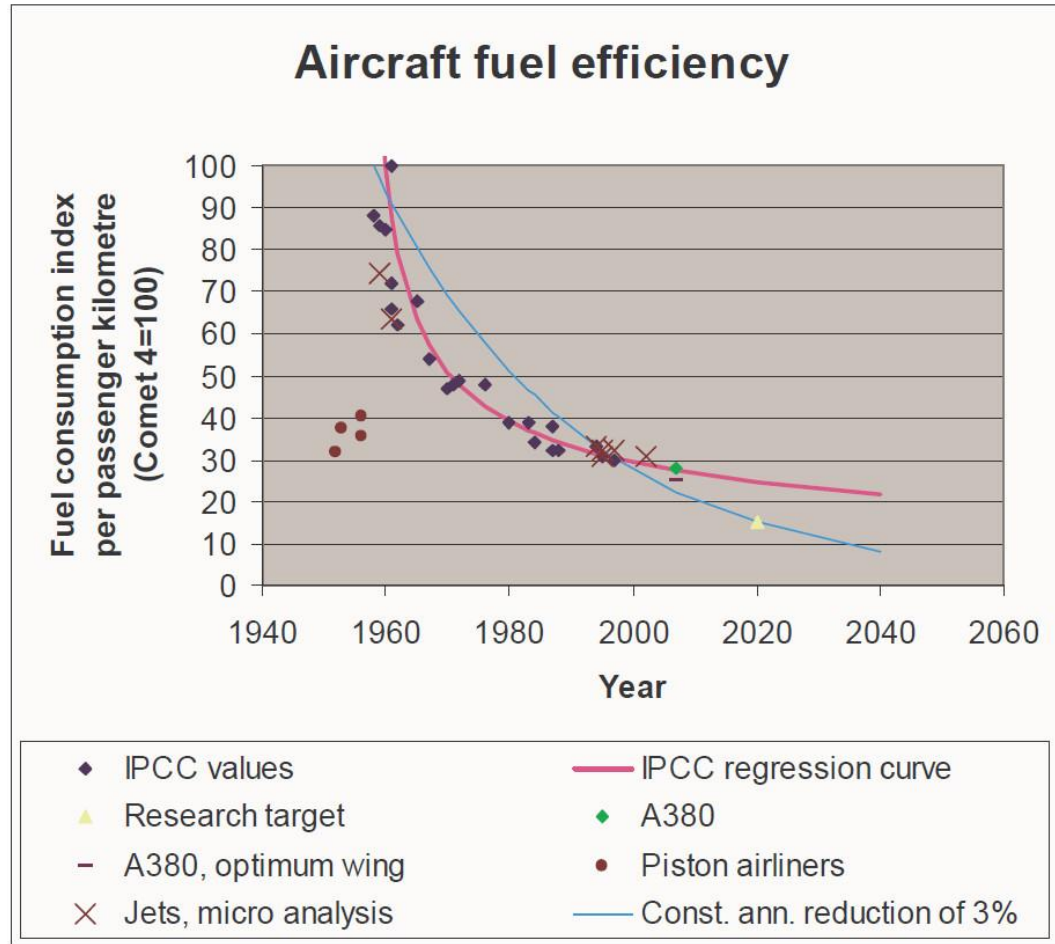
Bernard Gerard (BVM2)

bjmgerard@gmail.com

www.bjmgerard.nl (presentatie verschijnt hier)

www.bjmgerard.nl/?p=8829 (hier kan mijn
afstudeerscriptie Milieukunde OU gedownload
worden over synthetische kerosine)

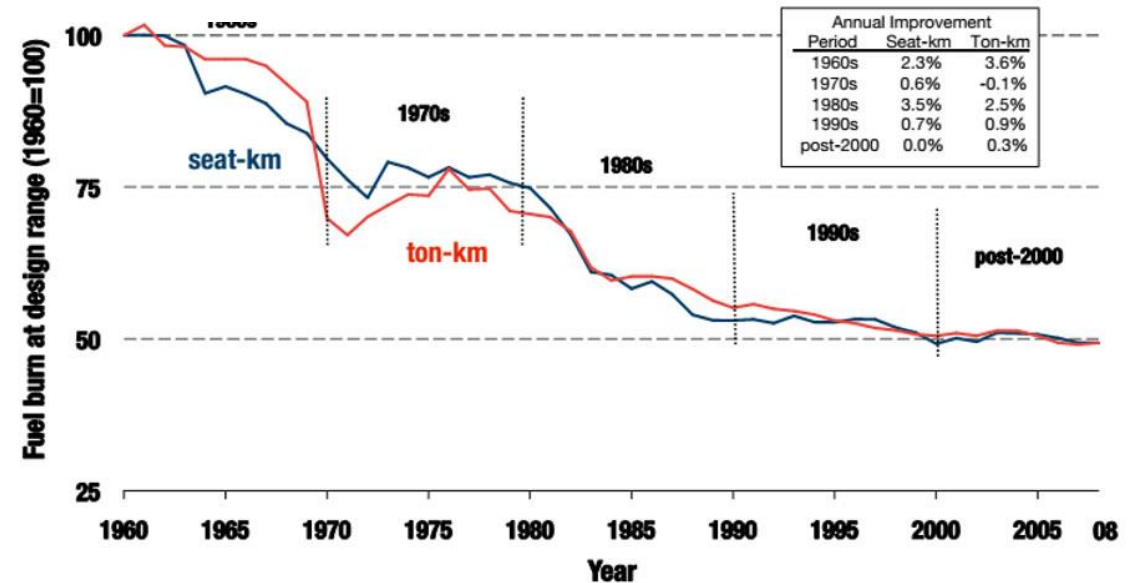
Hoofdroute 2. Minder kerosine per vliegtuig - 1.



Fuel efficiency of commercial aircraft
An overview of historical and future trends
Peeters, Middel, Hoonhorst

< ---

Efficiency Trends for New Commercial
Jet Aircraft 1960 to 2008,
ICCT 2009



ABSTRACT 1. AVERAGE FUEL BURN FOR NEW AIRCRAFT, 1960-2008

Hoofdroute 2. Minder kerosine per vliegtuig - 2

De efficiency van vliegtuigen verbetert traag, duidelijk minder dan 1% per jaar (sinds 1995 ca 0,75% per jaar). Dit afhankelijk van hoe je rekent.

De fabrikant beweert dat in de cruisefase de A320NEO 15 tot 20% zuiniger is dan de A320, en idem de B737 MAX 20% zuiniger dan de B737.

De CO₂ gaat gelijk op met de brandstof, en omgekeerd.

De efficiency van het vliegsysteem verbetert ook traag (bijv. Single European Sky)

Voor het klimaat, stimuleer vlootvernieuwing (bijv. via Rates and conditions).

NO_x en PM₁₀ hangen niet alleen van de brandstof af, maar ook van het motortype en andere zaken. Modernisering van de vloot leidt niet tot een eenduidig effect.

(CE Delft, LTO-emissies van CO₂-, NO_x- en PM₁₀ Eindhoven Airport, 2018)