Dedicated to innovation in aerospace

NLR-TR-2021-223 | juni 2021

Verkenning milieuscores voor de luchtvaart

Analyse van mogelijke doelen en toepassingen en consultatie van betrokken partijen

OPDRACHTGEVER: Kennis voor Beleid Programma



Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

Dedicated to innovation in aerospace

Verkenning milieuscores voor de luchtvaart

Analyse van mogelijke doelen en toepassingen en consultatie van betrokken partijen

Binnen het “Kennis voor Beleid”-programma heeft Koninklijke NLR onderzoek gedaan naar milieuscores voor de luchtvaart. Volgend op een eerdere tussenrapportage (NLR-TR-2019-080; juni 2020) sluit dit eindrapport het project af. Dit werkt beschrijft alleen de resultaten van de werkzaamheden die zijn uitgevoerd sinds publicatie van de tussenrapportage – en niet het gehele project.

Probleemstelling

Het beoordelen van vliegreizen over de volle breedte van hun milieu-impact wordt steeds relevanter gevonden. De toenemende interesse is onder andere een gevolg van ambitieuzere doelstellingen op het gebied van impact op klimaat en leefomgeving, waarbij de link tussen bepaalde soorten ‘emissies’ en de resulterende ‘impact’ de afgelopen decennia steeds duidelijker is geworden.

De eerder gepubliceerde tussenrapportage heeft laten zien dat een brede milieuscore verschillende mogelijke toepassingen kent, variërend van informatievoorziening naar consumenten tot beleidsinstrument voor overheden en sector, bijvoorbeeld als basis voor differentiatie van luchthaventarieven. In die rapportage is echter ook vastgesteld dat verschillende toepassingen verschillende eisen stellen aan de manier waarop een milieuscore wordt ontwikkeld.

Beschrijving van de werkzaamheden

De inhoud van dit eindrapport wijkt af van de vervolgstappen zoals die bij afronding van de tussenrapportage waren voorzien. In plaats van ontwikkeling van een prototype milieuscore zijn in dit rapport in overeenstemming met het ministerie van IenW mogelijke doelen en kansrijkheid van toepassingen verder in kaart gebracht. Daarom hebben de werkzaamheden sinds publicatie van de tussenrapportage zich gericht op de verdere analyse van deze mogelijke doelen en toepassingen en consultatie van betrokken partijen. Specifiek is toepassing als

RAPPORTNUMMER
NLR-TR-2021-223

AUTEUR(S)
B. Peerlings
E.S. van der Sman

RUBRICERING RAPPORT
ONGERUBRICEERD

DATUM
juni 2021

KENNISGEBIED(EN)
Luchtverontreiniging door de luchtvaart
Vliegtuiggeluidseffecten op de omgeving

TREFWOORD(EN)
Klimaat
Luchtkwaliteit
Geluid

basis voor beprijzing, bijvoorbeeld via (differentiatie van) luchthaventarieven, of als hulpmiddel bij informatievoorziening naar consumenten onderzocht.

Resultaten en conclusies

De meeste Europese luchthavens kennen modulatie van luchthaventarieven op basis van milieu, meestal om geluid (ook op Amsterdam Airport Schiphol); soms ook om NO_X-uitstoot (e.g. Zurich Airport). NO_X-differentiatie die wordt toegepast is op basis van de (gecertificeerde) uitstoot tijdens de LTO-cyclus (*landing and take-off cycle*). De effectiviteit van sturing op LTO-NO_X-uitstoot om de klimaatimpact van vliegen te beperken wordt gecompliceerd door gebrek aan kennis en *trade-offs*.

Differentiatie van luchthaventarieven op basis van een brede milieuscore lijkt op dit moment niet mogelijk vanwege verschillende belemmeringen. Die hebben zoal betrekking op onzekerheid t.a.v. bundeling en weging van verschillende componenten, de noodzaak tot voortijdige vaststelling van tarieven, beschikbaarheid van data en van modellen, en de door meerdere partijen gedeelde verantwoordelijkheid voor de milieu-impact van een vlucht. Deze belemmeringen zijn niet of minder van toepassing op het differentiatie op basis van innovatieve losstaande milieuaspecten (bijvoorbeeld het gebruik van e-taxi of elektrisch slepen; gebruik van duurzame vliegtuigbrandstof; of gebruik van emissievrije toestellen).

Afhankelijk van het gewenste detailniveau bij informatievoorziening naar consumenten is het vaststellen van een brede milieuscore meer of minder gemakkelijk. Voor een aantal relevante parameters zijn mogelijke manieren van beoordeling geïdentificeerd, die verschillen in nauwkeurigheid.

Consultatie van KLM en Schiphol laat zien dat beide partijen positief tegenover het onderzoek staan, maar dat er zorgen zijn, onder andere ten aanzien van de mogelijke ‘overmodulatie’ van luchthaventarieven. Beide partijen zien de grootste kansen in het ontwikkelen van een prototype-score(systeem) gericht op informatievoorziening van consumenten.

Het onderzoek benoemt aandachtspunten bij het mogelijke toekomstige ontwerp en de implementatie van een milieuscore voor de luchtvaart en doet aanbevelingen voor verder onderzoek.

Toepasbaarheid

De resultaten van dit onderzoek zijn toepasbaar voor politieke sturing bij, als startpunt voor vervolgonderzoek naar en als kennisdocument over milieuscores in de luchtvaart.

Koninklijke NLR
Anthony Fokkerweg 2
1059 CM Amsterdam
p) +31 88 511 3113
e) info@nlr.nl i) www.nlr.nl

Dedicated to innovation in aerospace

NLR-TR-2021-223 | juni 2021

Verkenning milieuscores voor de luchtvaart

Analyse van mogelijke doelen en toepassingen en consultatie van betrokken partijen

OPDRACHTGEVER: Kennis voor Beleid Programma

AUTEUR(S):

B. Peerlings	NLR
E.S. van der Sman	NLR

Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het NLR.

OPDRACHTGEVER	**Kennis voor Beleid Programma**
CONTRACTNUMMER	**-----**
EIGENAAR	**NLR**
NLR DIVISIE	**Aerospace Operations**
VERSPREIDING	**Beperkt**
RUBRICERING TITEL	**ONGERUBRICEERD**

GOEDGEKEURD DOOR:		**Datum**
AUTEUR	B. Peerlings	08-06-2021
REVIEWER	J. Derei	08-06-2021
BEHERENDE AFDELING	M.H. Nagelsmit	09-06-2021

Inhoudsopgave

Afkortingen 4

1 Introductie 5

2 Analyse van mogelijke toepassingen van een milieuscore voor de luchtvaart 6

2.1 Milieuscores als basis voor beprijzing via (differentiatie van) luchthaventarieven 6

2.2 Situatie op Amsterdam Airport Schiphol 6

2.2.1 Differentiatie van luchthaventarieven op basis van een brede milieuscore 10

2.2.2 Differentiatie van luchthaventarieven op innovatieve losstaande milieuaspecten 11

2.3 Milieuscores als hulpmiddel voor informatievoorziening 11

3 Uitkomsten van consulatie van betrokken partijen 15

4 Aandachtspunten bij het mogelijke toekomstige ontwerp en de implementatie van een milieuscore voor de luchtvaart 16

5 Aanbevelingen voor verder onderzoek 17

6 Referenties 18

Appendix A Morfologische kaart 20

Afkortingen

ACRONIEM	OMSCHRIJVING
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance – Broadcast
CAEP	Committee on Aircraft Environmental Protection
CDA	Continuous descent approach
CO_2	Koolstofdioxide
D/E/N	Day / evening / night (*dag / avond / nacht)*
DDR2	Demand Data Repository 2 (vluchtendatabase van EUROCONTROL)
EASA	European Aviation Safety Agency
ECAC	European Civil Aviation Conference
EEA	European Environmental Agency
EIS	Entry into service *(jaar van marktintroductie)*
ERLIG	Emissions Related Landing Charges Investigation Group (deel van ECAC)
FANOMOS	Flight Track and Aircraft Noise Monitoring System
FL	Flight level (*vluchthoogte*)
FMS	Flight Management System (boordsysteem van het vliegtuig)
GCD	Great circle distance *(grootcirkelafstand)*
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organisation
LF	Load factor *(bezettingsgraad)*
LH	Long-haul (*langeafstandsvlucht*)
LR2	Long Range Twin *(tweemotorig vliegtuig voor lange afstand)*
LR4	Long Range Quad *(viermotorig vliegtuig voor lange afstand)*
LTO-cyclus	Landing and Take-Off Cycle
MH	Medium-haul (*middellangeafstandsvlucht*)
NLR	Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum
NO_x	Stikstofoxiden
RJ	Regional Jet *(straalaangedreven regionaal vliegtuig)*
SAF	Sustainable Aviation Fuel *(duurzame luchtvaartbrandstof)*
SH	Short-haul (*korteafstandsvlucht*)
SMR2	Small/Medium Range Twin *(tweemotorig vliegtuig voor korte / middellange afstand)*

1 Introductie

In het “Kennis voor Beleid”-programma van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft Koninklijke NLR – Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR) een verkennend onderzoek gedaan naar milieuscores voor de luchtvaart. In juni 2020 is een tussenrapportage uitgebracht (NLR-TR-2020-080; van der Sman, Derei, Hak, Blom, & Meerstadt, 2020) en gedeeld met de Tweede Kamer[1]. Daarin zijn onder andere verschillende scoresystemen en daarvoor benodigde gegevens en modellen onderzocht.

Sinds de tussenrapportage heeft NLR vervolg gegeven aan het onderzoek, onder meer via:

- analyses van mogelijke doelen en toepassingen van een milieuscore, in het bijzonder (Hoofdstuk 2):
  - als basis voor beprijzing, bijvoorbeeld via differentiatie van luchthaventarieven (Sectie 2.1);
  - als hulpmiddel bij informatievoorziening naar consumenten (Sectie 2.3);
- consultatie van betrokken partijen (Hoofdstuk 3).

Dit rapport beschrijft de bevindingen hieromtrent. Bovendien noemt het belangrijke aandachtspunten in het mogelijke toekomstige ontwerp en implementatie van een milieuscore voor de luchtvaart (Hoofdstuk 4) en doet het aanbevelingen voor verder onderzoek (Hoofdstuk 5).

In dit rapport wordt op verschillende plekken gesproken over een ‘brede’ milieuscore. Daarmee wordt een milieuscore bedoeld waarin de volledige impact op klimaat en/of leefomgeving wordt uitgedrukt.

[1] Kamerstuk 31 936, nr. 798.

2 Analyse van mogelijke toepassingen van een milieuscore voor de luchtvaart

In het onderzoek zijn twee voor de hand liggende toepassingen van een milieuscore voor de luchtvaart geïdentificeerd:

1. als basis voor beprijzing, bijvoorbeeld via (differentiatie van) luchthaventarieven (Sectie 2.1);
2. als hulpmiddel bij informatievoorziening naar consumenten (Sectie 2.3).

De bevindingen met betrekking tot deze doelen en toepassingen worden in de volgende secties gerapporteerd.

2.1 Milieuscores als basis voor beprijzing via (differentiatie van) luchthaventarieven

Op het moment kunnen luchthaventarieven op Europese luchthavens onder meer gebaseerd worden op publieke- en milieubelangen (zoals drukte, geluid, CO_2- en NO_X-emissies). De Europese regelgeving daartoe[2] is medio 2019 geëvalueerd door de Europese Commissie (EC, 2019). Uit die evaluatie[3] blijkt dat de meerderheid van luchthavens waarop Richtlijn 2009/12/EC van toepassing is, tarieven moduleert op basis van milieu. Daarbij gaat het om geluid (48 van 79 luchthavens, 61%) en/of NO_X-emissies (16 van 79 luchthavens, 20%), terwijl CO_2-modulatie niet wordt toegepast[4].

Uit de evaluatie blijkt ook dat ondanks het feit dat milieu-gedifferentieerde tarieven vaker worden toegepast, dat zulke tariefonderdelen een relatief beperkt aandeel vormen van de totale tarieven per *turnaround* (aankomst en vertrek): minder dan 4% voor een typische langeafstandsvlucht; ongeveer 1% voor regionale en korteafstandsvluchten. Uit wereldwijde data blijkt dat het aandeel luchtvaartheffingen in de totale kosten die een luchtvaartmaatschappij per vlucht maakt bovendien ook beperkt is (IATA, 2019). Voor de Airbus A320 en Boeing 737, die het meest voorkomen op Nederlandse luchthavens, vormen luchthavenheffingen (“airport charges”) ongeveer 8% van de kosten per vlucht. Dat aandeel is lager (zo’n 5%) voor langeafstandsvliegtuigen en hoger (tot ruim 10%) voor regionale toestellen.[5]

2.2 Situatie op Amsterdam Airport Schiphol

De vergoedingen voor landen en starten (hierna: luchthaventarieven) van Amsterdam Airport Schiphol zijn momenteel vastgesteld voor de periode 1 april 2019 tot en met 31 maart 2022 (Schiphol, 2018b), conform de Wet Luchtvaart (art. 8.25d). De tarieven verschillen gedurende deze periode per jaar, beginnend op 1 april en eindigend op de daaropvolgende 31 maart. De tarieven worden gedifferentieerd op basis van geluid (via 7 categorieën, op basis van

[2] Richtlijn 2009/12/EC van het Europees Parlement en de Raad van 11 maart 2019 inzake luchthavengelden. De aangehaalde differentiatiemogelijkheden zijn opgenomen in artikel 8.25dc, lid 2, van de Wet Luchtvaart.
[3] De evaluatie leunt op een externe studie, uitgevoerd tussen 1 januari en 20 december 2017, gebruikmakend van gegevens over 2016.
[4] Luchthavenkoepel ACI-EUROPE heeft medio 2020 een publicatie uitgebracht met informatie over het moduleren van luchthaventarieven voor milieubelangen (ACI EUROPE, 2020). Dat document gaat ook dieper in op CO_2-modulatie en de zorgen dan wel uitdagingen daaromtrent.
[5] De variatie per toestelklasse wordt onder andere verklaard door het verschillend aantal passagiers per toestel. Daarmee kunnen kosten per vlucht of per toestel over minder of juist over meer passagiers worden verdeeld.

geluidscertificatiewaarden van het vliegtuig), tijdstip (dag of nacht), type (vluchten of vrachtvluchten) en afhandelingslocatie (*connected* of *disconnected stand*) (Schiphol, 2018a).

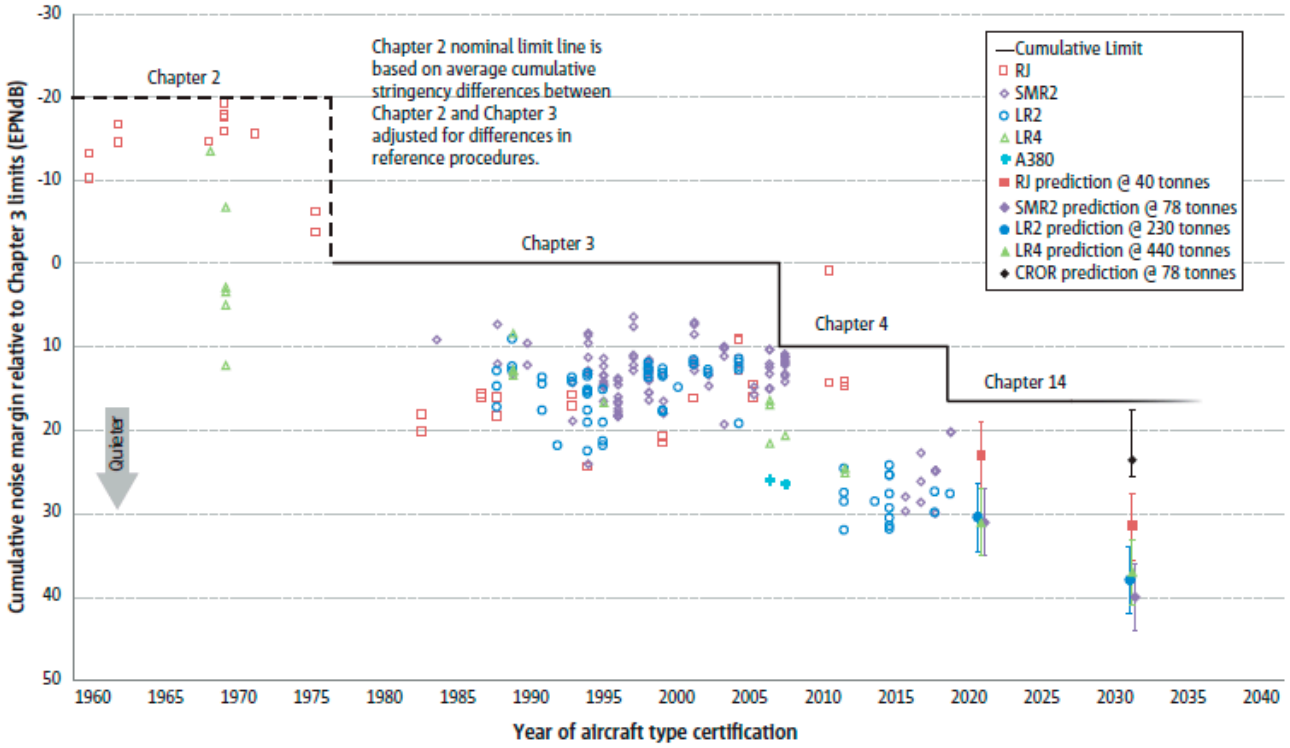
Differentiatie van luchthaventarieven op basis van NO_X-uitstoot

Uit het voorgaande blijkt dat Schiphol haar luchthaventarieven niet differentieert op basis van CO_2- en NO_X-uitstoot. Op verschillende naburige luchthavens gebeurt dat laatste wel. In ieder geval de luchthavens van Frankfurt, Londen (Gatwick en Heathrow), München en Zürich differentiëren luchthaventarieven op basis van uitstoot per motortype (Zuidberg & van Spijker, 2019). De NO_X-emissies waarop de differentiatie plaatsvindt worden voor straaltoestellen berekend via een zogenaamde ERLIG formule, die gebruik maakt van gecertificeerde NO_X-uitstoot[6] tijdens de LTO-cyclus (Fraport, 2020; Heathrow Airport Limited, 2020; Gatwick Airport Limited, 2020; Munich Airport, 2019; Zurich Airport, 2020; van der Sman, Derei, Hak, Blom, & Meerstadt, 2020).

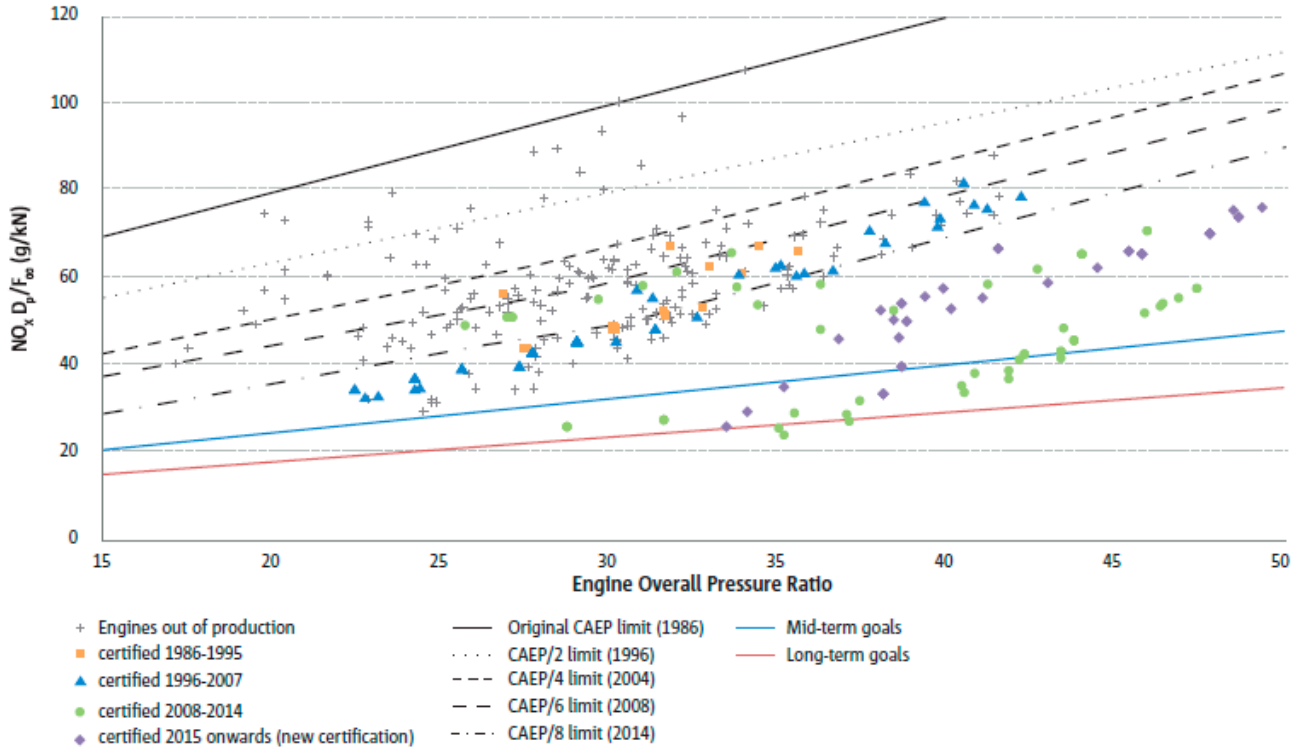
> **EFFECTEN VAN NO_X-UITSTOOT DOOR VLIEGTUIGEN**
> In de discussie over NO_X-uitstoot door vliegtuigen is het belangrijk om onderscheid te maken tussen lokale en globale effecten.
>
> Voor de impact van NO_X op leefomgeving en bos- en natuurgebieden is met name de uitstoot tijdens de LTO-cyclus van belang. Uitgestoten NO_X met depositie als gevolg is schadelijk voor de natuur wanneer deze waarde boven het kritische depositieniveau komt. Het kritische depositieniveau geeft aan boven welk niveau veranderingen in vegetatie plaats zullen vinden. Plantensoorten kunnen hierdoor verdwijnen, waardoor de soortenrijkdom achteruit gaat. De lokale luchtkwaliteit is afhankelijk van de concentraties van stoffen in de atmosfeer op leefniveau die de gezondheid en het milieu negatief kunnen beïnvloeden. In Nederland worden de concentraties van stikstofdioxide (NO_2) meegenomen voor de luchtkwaliteit.
>
> Recent krijgt ook de invloed van NO_X op klimaatverandering meer aandacht (Lee, et al., 2020; EASA, 2020). Er vindt namelijk ook NO_X-uitstoot plaats tijdens de klim-, kruis- en daalvlucht. NO_X heeft verschillende gevolgen. Voor NO_x speelt de hoogte waarop uitstoot plaatsvindt een rol in de impact die het heeft op de ozonlaag. Het kwantificeren van de klimaatimpact van NO_x wordt gedaan door te kijken naar de stralingsforcering (*radiative forcing*).
>
> Ondanks dat het in beide gevallen gaat om NO_X-uitstoot, zijn certificatiewaarden alleen bekend voor de LTO-uitstoot. Het recent verschenen EASA-rapport naar de invloed van non-CO_2 effecten (EASA, 2020) stelt dat eerdere studies hebben aangetoond dat een verlaging van LTO NO_X-emissies leidt tot een verlaging van NO_X-emissies tijdens de kruisvlucht. Er bestaat echter onduidelijkheid over de relatie hiertussen voor nieuwere motoren, die bijvoorbeeld gebruik maken van een zogenaamde arme verbranding (*lean burn*). ICAO CAEP onderzoekt momenteel of huidige methoden om NO_X-emissies tijdens de kruisvlucht te bepalen aan de hand van de LTO NO_X-uitstoot, zoals bijvoorbeeld de *Boeing fuel flow method* en de *DLR fuel flow method*, nog geschikt zijn. NO_X-emissies tijdens de kruisvlucht worden op dit moment niet gemeten. (EASA, 2020)

Ondanks dat de luchthaventarieven van Schiphol geen (gas)emissiecomponent bevatten, stelt de luchthaven dat ze hiermee “stillere en schonere vliegtuigen” stimuleert (Schiphol, 2018b). Die uitspraak is mogelijk gebaseerd op de observatie dat moderne vliegtuigen naast stiller, ook steeds schoner worden[7]. Figuren 1 en 2 (EASA, EEA, & EUROCONTROL, 2019, pp. 31, 35), die laten zien dat certificatie-eisen ten aanzien van zowel geluid als NO_X-uitstoot strenger worden, ondersteunen dat in het algemeen op de langere termijn (1986 tot en met 2014) – al laten toestellen gecertificeerd na 2015 juist weer hogere uitstootwaardes zien. Bovendien wil een algemene trend niet zeggen dat het vervangen van een ouder toestel door een nieuwer toestel altijd zorgt voor minder geluids- en/of NO_X-uitstoot.

[6] ICAO Annex 16, Volume II
[7] Deze redenatie is niet verder onderzocht.



Figuur 1: Moderne vliegtuigen worden steeds stiller (EASA, EEA, & EUROCONTROL, 2019, p. 31). Verticale as toont cumulatieve marge ten opzichte van de Chapter 3-certificatielimiet



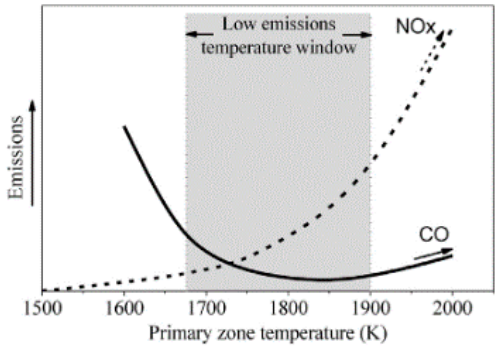
Figuur 2: Moderne vliegtuigen stoten, binnen dezelfde klasse van 'engine overall pressure ratio' minder NO_X uit (EASA, EEA, & EUROCONTROL, 2019, p. 35). Verticale as toont NO_X-emissie (g) per hoeveelheid geleverde kracht (kN). Kleuren corresponderen niet met Figuur 1

Relatie tussen CO-, CO_2- en NO_X-emissies

Veel emissies van vliegtuigmotoren schalen direct met het brandstofverbruik – en daarmee met CO_2 uitstoot. Dat geldt niet voor NO_X-emissies. De chemische bouwstenen daarvoor (stikstof en zuurstof) komen namelijk niet uit de brandstof, maar uit de atmosfeer. De hoeveelheid NO_X die wordt geproduceerd is met name afhankelijk van de temperatuur. Bij een hoge temperatuur (boven zo'n 1600°C) komt er veel NO_X vrij, daaronder minder (Liu, et al., 2017).

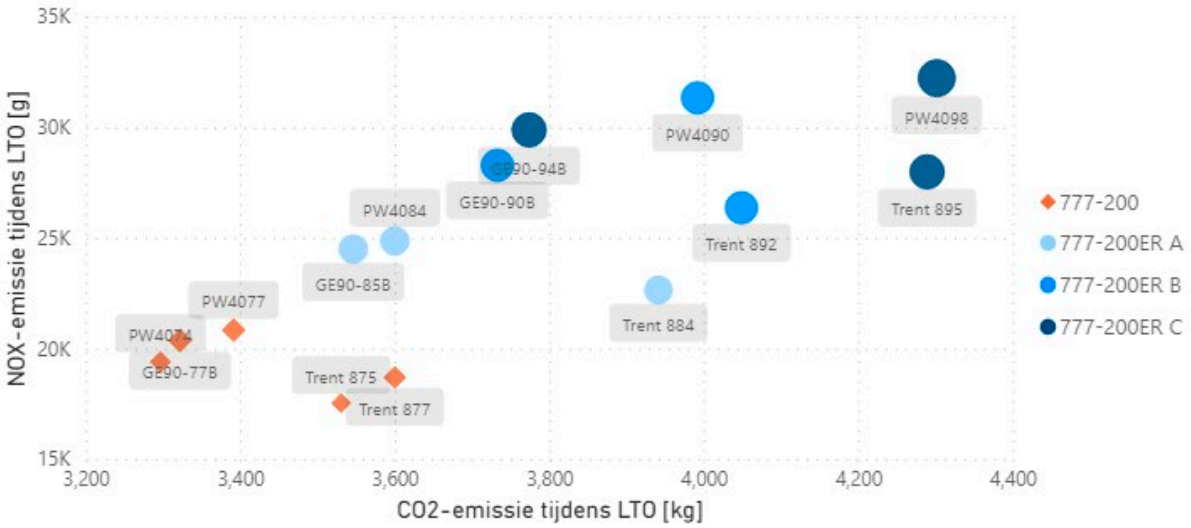
Die relatie is precies andersom bij de uitstoot van koolstofmonoxide (CO). Die is hoger op lagere temperaturen en neemt af als de verbrandingstemperatuur hoger wordt. CO komt vrij als het brandstofmengsel te rijk is (teveel brandstof ten opzichte van zuurstof). Dat duidt op verlaagde efficiëntie. Dat betekent dat er meer brandstof nodig is (en daarmee meer CO_2 wordt uitgestoten) om dezelfde hoeveelheid voortstuwingskracht te leveren. (Liu, et al., 2017)

In het middengebied, ruwweg tussen 1400 en 1600°C is de emissie van zowel NO_X als CO beperkt. Dat middengebied wordt vaak aangeduid als het *low emissions window*. Dit wordt getoond in onderstaande figuur (Chmielewski & Gieras, 2017).



Motorfabrikanten zien zich daarbij dus voor een uitdaging gesteld. Het feit dat de efficiëntie van motoren hoger wordt met een hogere *overall pressure ratio* (ook weergegeven in Figuur 2) en een hogere *turbine inlet temperature* (grotendeels afhankelijk van de verbrandingstemperatuur) maakt die uitdaging extra groot. Technieken waarmee de verbrandingstemperatuur verhoogd kan worden zonder dat dat zorgt voor een excessieve toename in NO_X-emissies zijn in ontwikkeling en worden besproken in o.a. EASA (2020) en Liu et al. (2017).

Uit certificatiegegevens van recent ontwikkelde motoren blijkt dat het soms beter en soms minder goed lukt om deze belangen te balanceren. Onderstaande grafiek, op basis van certificatiegegevens uit de ICAO emissiedatabank (EASA, n.d.), illustreert dat: voor de Boeing 777-200 en Boeing 777-200ER zijn verschillende motoren leverbaar, die soms verschillen in vermogensklasse ('A', 'B' en 'C'). Per toestel en zelfs per vermogensklasse lopen de hoeveelheid uitgestoten CO_2 (x-as) en zeker NO_X (y-as) tijdens de LTO-cyclus (per motor) desalniettemin uiteen. De Rolls-Royce Trent motoren hebben over de gehele linie een lagere NO_X-uitstoot, terwijl de motoren van General Electric juist minder CO_2 uitstoten in de LTO.



2.2.1 Differentiatie van luchthaventarieven op basis van een brede milieuscore

In de eerder gepubliceerde tussenrapportage is behandeld hoe verschillende luchtvaartemissies van invloed zijn op klimaat en leefomgeving. Daaruit bleek een veelvoud van emissies en invloeden, die niet in alle gevallen duidelijk in kaart zijn gebracht of worden begrepen. In het algemeen lijkt het baseren of differentiëren van luchthaventarieven op basis van een gedetailleerde brede milieuscore op dit moment en met de op dit moment beschikbare informatie, niet mogelijk. Dit volgt uit een aantal concrete belemmeringen.

Bundeling van factoren tot een brede milieuscore

Met een brede milieuscore wordt een score bedoeld waarin de volledige impact op klimaat en/of leefomgeving wordt uitgedrukt. De eerder gepubliceerde tussenrapportage biedt inzicht in verschillende bijdragen daaraan. Desalniettemin lijken die verschillende bijdragen nog onvoldoende onomstotelijk (empirisch) gekwantificeerd voor gebruik in de hier voorziene toepassing. Dat geldt eveneens – of mogelijk nog meer – voor de vertaling van emissie naar impact en de interactie tussen verschillende effecten. Deze onzekerheid maakt het lastig (en potentieel discussiegevoelig) om verschillende effecten te combineren in één score.

Noodzaak van voortijdige vaststelling van tarieven

Luchthaventarieven moeten “voorafgaande aan de periode waarop [deze] betrekking hebben”[8] worden medegedeeld aan gebruikers. Aangezien de impact van sommige emissies afhankelijk is van operationele condities en de lokale atmosfeer – en daarmee van plaats en tijd – is het niet mogelijk om de impact door middel van een meting vast te stellen vóórdat deze impact plaatsvindt.

Beperkingen ten aanzien van beschikbaarheid van data

Voor de NO_X-modulatie van luchthaventarieven wordt een berekening op basis van certificatiewaarden gebruikt. Dat soort gegevens zijn echter maar beschikbaar voor een deel van de emissies van vliegtuigen. Bovendien zijn operationele variabelen hierin niet meegenomen, terwijl dat juist iets is waar actoren van dag tot dag op kunnen sturen.

Beperkingen ten aanzien van modellen

Als alternatief zouden modellen gebruikt kunnen worden, waarvan er in de tussenrapportage verschillende behandeld zijn. Daarmee is echter onmogelijk om de specifieke operationele condities van een vlucht, die voorafgaand aan die vlucht nog niet bekend zijn, in het model mee te nemen. Dat vormt een beperking en mogelijk handhavingsrisico wanneer modellen gebruikt zouden worden voor het bepalen van een brede milieuscore voor het hier voorziene doel.

Bij sommige van de onderzochte modellen die gebruikt zouden kunnen worden voor het bepalen van (een deel van) de milieuscore vormen licentievoorwaarden een belemmering. Vliegtuig- en motorfabrikanten stellen soms data beschikbaar voor onderzoeksdoeleinden, maar limiteren het gebruik daarvan tot studies waarbij geen (concurrentiegevoelige) één-op-één vergelijkingen tussen toestellen worden gemaakt.

Attributie van verantwoordelijkheden

Differentiatie van luchthaventarieven op basis van milieueffecten (een brede milieuscore of specifieke emissies) is uiteindelijk bedoeld als middel om milieubelasting te verminderen. Bij de operatie van een vlucht zijn echter veel partijen betrokken, met eigen verantwoordelijkheden en eigen handelingsruimte. Vaststellen welke actor precies welke verantwoordelijkheid draagt voor en invloed heeft op een meer of minder milieuvriendelijke vlucht – en het

[8] Wet Luchtvaart, artikel 8.25da, lid 1.

kwantificeren van die invloed – is bijzonder complex. Daarmee is de doeltreffendheid van het differentiëren van luchthaventarieven op basis van een brede milieuscore (die juist de gehele vlucht moet omvatten) twijfelachtig, omdat de (financiële) prikkel in volledigheid bij één van de partijen wordt gelegd.

2.2.2 Differentiatie van luchthaventarieven op losstaande milieuaspecten

In de voorgaande sectie zijn verschillende belemmeringen besproken waardoor het baseren of differentiëren van luchthaventarieven op basis van een brede milieuscore op dit moment niet mogelijk lijkt. Aan de andere kant worden luchthaventarieven steeds vaker ingezet om gebruik van (met name) milieuvriendelijke technologie te stimuleren (EC, 2019).

Los van de toepassing van differentiatie op basis van NO_x-emissies, wat elders wel gebeurt, zijn er mogelijk andere vormen van milieuvriendelijkheid die via landingsgelden kunnen worden gestimuleerd en waarop voornoemde belemmeringen niet of minder van toepassing zijn. Gesprekken met stakeholders en een bredere impactanalyse zijn nodig om voor-/nadelen, effectiviteit en haalbaarheid verder in kaart te brengen, maar te denken valt bijvoorbeeld aan onderstaande opties[9]:

- het gebruik (ja/nee) van e-taxi of elektrisch slepen, of de mate waarin dat gebeurt;
- het gebruik (ja/nee) van duurzame vliegtuigbrandstof, of de mate waarin dat gebeurt;
- het gebruik van emissievrije toestellen; en/of
- het gebruik (ja/nee) van continue daalpad (continuous descent approach), mits beschikbaar gesteld door de luchtverkeersleiding, of de mate waarin dat gebeurt.

Een dergelijk onderzoek zou ook fundamentelere vragen kunnen adresseren, zoals:

- Is differentiatie van luchthaventarieven de meest efficiënte en effectieve manier om duurzame luchtvaart(operaties) te stimuleren, of zijn er andere (directere) maatregelen denkbaar?
- Bij welke omvang van een maatregel sorteert die effect? Is het effectiever om te streven naar een beperkte milieuwinst door een beperkte bijdrage van veel partijen (bijvoorbeeld: beperkte NO_x-differentiatie), of door een grote milieuwinst door een beperkt aantal partijen (bijvoorbeeld: volledige kwijtschelding van landingsgelden voor emissieloze toestellen)?
- Wat is het veranderpotentieel voor partijen met betrekking tot voorgestelde maatregelen?

2.3 Milieuscores als hulpmiddel voor informatievoorziening

In het onderzoek is ook de inzet van milieuscores als hulpmiddel voor informatievoorziening (bijvoorbeeld naar consumenten) geanalyseerd. In een studie van het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid wordt “keuze voor ‘schone’ vlucht of luchtvaartmaatschappij” gezien als een optie voor het verduurzamen van de luchtvaart die “kansrijk” is

[9] De genoemde opties zijn vrij gekaderd, om ‘overmodulatie’ (als verder besproken in Hoofdstuk 3) te beperken of te voorkomen. Meeromvattende opties zijn eveneens mogelijk, maar iedere verbreding maakt die optie meer vatbaar voor de geïdentificeerde nadelen van een ‘brede’ milieuscore genoemd in Sectie 2.2.1.

(Berveling, Zijlstra, Knoope, & Huibregtse, 2020, p. 4). In zo'n toepassing zouden vluchten in algemenere zin worden geanalyseerd[10] of zouden juist verschillen kunnen worden uitgelicht[11].

Detailniveau en databronnen

Afhankelijk van het gewenste detailniveau wordt het bepalen van een milieuscore meer of minder gemakkelijk. De morfologische kaart die in dit project is opgesteld (versimpelde weergave in Figuur 3; uitgebreider in Appendix A) laat dat zien.

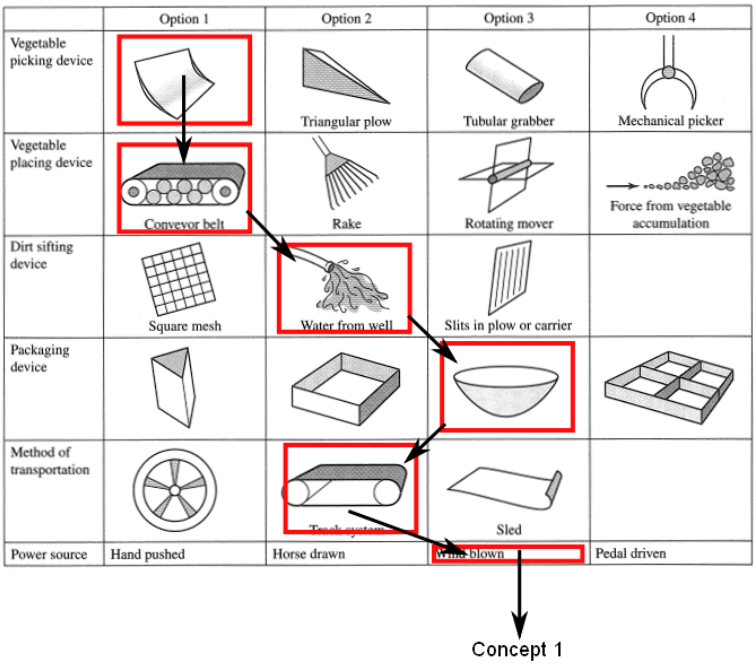
> **MORFOLOGISCHE KAART**
> Een morfologische kaart wordt in productontwerp en -ontwikkeling gebruikt om verschillende concepten te genereren. Rijen representeren functies; kolommen verschillende manieren om een functie te vervullen. Onderstaande figuur toont een voorbeeld voor een product dat bedoeld is om groenten te pakken, te verzamelen, schoon te maken, te verpakken en te transporteren.

	Option 1	Option 2	Option 3	Option 4
Vegetable picking device		Triangular plow	Tubular grabber	Mechanical picker
Vegetable placing device	Conveyor belt	Rake	Rotating mover	Force from vegetable accumulation
Dirt sifting device	Square mesh	Water from well	Slits in plow or carrier	
Packaging device				
Method of transportation		Track system	Sled	
Power source	Hand pushed	Horse drawn	Wind blown	Pedal driven

> Elke combinatie van selecties (één per rij) maakt een nieuw concept.

[10] Bijvoorbeeld: "een langeafstandsvlucht zorgt voor een grotere milieubelasting dan een korte vlucht, bij gebruik van even moderne technologie". Of "toestel A is zoveel procent meer of minder zuinig dan het gemiddelde in diens klasse".

[11] Bijvoorbeeld: "maatschappij A gebruikt een ouder toestel dan maatschappij B op dezelfde route, wat waarschijnlijk resulteert in een grotere milieubelasting". Of: "maatschappij A verzorgt een directe vlucht tussen deze luchthavens en verbruikt daardoor minder brandstof (bij gelijkblijvende technologie en operationele vluchtuitvoering) dan maatschappij B, die een tussenstop maakt".



In Figuur 3 is diezelfde methode toegepast op het ontwerp van een brede milieuscore. Voor verschillende aspecten ("functies") toont de figuur vier mogelijke manieren om verschillende aspecten te beoordelen ("opties"). In dit geval zijn de opties gesorteerd: door van links naar rechts te bewegen neemt de nauwkeurigheid toe, terwijl de data-beschikbaarheid afneemt.

De verschillende nauwkeurigheidniveaus maken gebruik van verschillende databronnen of berekeningsmethoden. Componenten (bijvoorbeeld: CO_2-uitstoot per passagier) kunnen bijvoorbeeld mogelijk worden bepaald op basis van publiek beschikbare informatie, op basis van een meer of minder gedetailleerd model, op basis van surrogaatvariabelen of op basis van historische data of heuristiek (bijvoorbeeld: de CO_2-uitstoot per passagier in de *business class* is hoger dan die in *economy class*, die van nieuwere toestellen is lager dan die van oudere, …). Het gekozen nauwkeurigheidsniveau kan verschillen per score-component, zoals geïllustreerd in Figuur 3. Niet iedere component kan immers accuraat worden gemodelleerd (bijvoorbeeld: gebruik van duurzame brandstof per vlucht) en van niet ieder aspect is informatie publiek beschikbaar.

	(Expert-) inschatting	Simpel / empirisch	Geavanceerd / natuurkundig	Realiteit
% SAF	Gemiddelde overall	Gemiddeld per airline		
Route / afstand	GCD	Omvliegfactor t.o.v. GCD	Geplande route	Gevlogen route
D/E/N	Distributie per al / apt	Vertrektijd	Take-off tijd (gate/baan)	Take-off tijd (baan)
Week / weekend	Distributie per al / apt	Vertrekdag	Take-off tijd (gate/baan)	Take-off tijd (baan)
Startprofiel / procedure (verticaal)				O.b.v. tracks
Cruise FL	Gemiddeld overall	Gemiddeld, o.b.v. afstand/route		
Landingsprofiel / procedure (verticaal)				O.b.v. tracks
CDA	Gebruik CDA per al / apt	% level flight level flight altitude		
Reduced engine taxi	Distributie algemeen / per al / per apt	X% reductie	Aanpassing gashendelstand	O.b.v. airline-data

	(Expert-) inschatting	Simpel / empirisch	Geavanceerd / natuurkundig	Realiteit
Payload	O.b.v. standaardpassagier	O.b.v. standaardpas-sagier + gem. Cargo-LF	O.b.v. standaard-passagier + cargo-LF	O.b.v standaard-passagier + cargo-LF
Load factor	Gemiddeld overall	Gemiddeld per SH/MH/LH?	Per airline	Airline-data
Toesteltype	Gemiddeld per route / afstand			
Toestelleeftijd (gegeven type)	EIS		Productiejaartal	
Toesteluitvoering (e.g. capaciteit, klasse-indeling)	Geen spec.	Geen spec.	Per airline	O.b.v. registratie

Figuur 3: Vereenvoudigede morfologische kaart (uitgebreidere weergave in Appendix A). Afkortingen worden verklaard in het overzicht vooraan dit rapport

Net als in voorgaand kader is het – door in elke rij één optie te kiezen – mogelijk om te komen tot één "concept" (in dit geval: een milieuscore) dat alle aspecten meeneemt, zonder dat alle aspecten even gedetailleerd worden beoordeeld.

Tegenstrijdige uitkomsten

Tests met verschillende modellen hebben echter ook laten zien dat de gekozen manier van rapportage van een milieuscore-component sterk van invloed kan zijn op de uitkomst daarvan – zelfs als het om dezelfde emissie gaat. Wordt er bijvoorbeeld gescoord op basis van absolute uitstoot, of is de relatieve uitstoot (per passagier, per passagierskilometer, per bijdrage aan de economie, …) belangrijker? En bij geluid: gaat het om de absolute hoeveelheid decibellen, of om de marge ten opzichte van een bepaalde standaard?

Daarnaast bestaan er *trade-offs* tussen bepaalde variabelen. Nieuwe technologieën waarmee het brandstofverbruik (en daarmee de CO_2-uitstoot) van vliegtuigmotoren kunnen worden teruggedrongen, zorgen tegelijkertijd voor een hogere uitstoot van NO_X. Datzelfde geldt voor het aanpassen van de vliegroute (meer brandstof en gerelateerde emissies) om een gebied dat gevoeliger is voor geluid, klimaateffect of aantasting van lucht- of bodemkwaliteit te vermijden.

Combinatie van deelscores tot één

Aansluitend bij de hiervoor omschreven tegenstrijdige uitkomsten en zoals ook aangegeven in de tussenrapportage is de eventuele weging en/of bundeling van deelscores tot één score een keuze die afhankelijk is van de ervaren noodzaak om een bepaalde impact te verkleinen. Dat is te vereenvoudigen door te werken met deelscores (één op het gebied van klimaat en één op het gebied van de leefomgeving), maar één juiste manier daarvoor bestaat niet. Prioritering vanuit de politiek is hierbij noodzakelijk.

3 Uitkomsten van consulatie van betrokken partijen

Zowel KLM als Schiphol hebben deelgenomen aan een consultatie. Beide partijen staan positief tegenover het onderzoek, maar hebben ook verschillende zorgen geuit. Die hebben onder andere betrekking op de mogelijke 'overmodulatie' van luchthaventarieven[12], de wenselijkheid van een *naming and shaming*-systeem (onder andere omdat straffen vaak minder effectief is dan belonen) en de toegevoegde waarde van nóg een score (bovenop bestaande systemen als de Dow Jones Sustainability Index en het Carbon Disclosure Project).

De geconsulteerde partijen benadrukten bovendien het belang van het definiëren van een doel van de score. Dat geldt zowel in de nauwe zin als besproken in dit document (tariefmodulatie versus informatievoorziening), als ook het einddoel waaraan een milieuscore moet bijdragen: is een milieuscore een effectief en efficiënt middel om duurzamere luchtvaart(operaties) te stimuleren?

Met betrekking tot vervolgstappen zagen partijen de grootste kansen in het ontwikkelen van een prototype-score(systeem) dat kan dienen als hulpmiddel voor informatievoorziening.

[12] Hiermee wordt bedoeld dat er een veelvoud (dan wel overvloed) is aan factoren waarvoor luchthaventarieven worden gemoduleerd. Geconsulteerde partijen zijn bang dat dit leidt tot *mixed signals*, bijvoorbeeld in de vorm van diffusie van (financiële) prikkels en onduidelijkheid ten aanzien van (de prioritering van) verschillende doelen. Het eerdere kader "Relatie tussen CO_2- en NO_X-emissies" in Sectie 2.2 laat zien dat dat echter niet per sé het geval hoeft te zijn. Bovendien kan de mate van modulatie per (milieu)effect verschillen om prioriteiten kenbaar te maken.

4 Aandachtspunten bij het mogelijke toekomstige ontwerp en de implementatie van een milieuscore voor de luchtvaart

Op basis van de eerdere tussenrapportage, de sindsdien ondernomen onderzoeksactiviteiten en consultatie van betrokken partijen zijn een aantal aandachtspunten vast te stellen die relevant zijn bij het mogelijke toekomstige ontwerp en/of de implementatie van een milieuscore voor de luchtvaart.

Meest belangrijk is de conclusie dat het cruciaal is dat het doel en de voorziene toepassing duidelijk zijn gedefinieerd. Het is niet mogelijk gebleken om één score(systeem) te ontwikkelen dat tegelijkertijd gebruikt kan worden voor iets als luchthaventariefdifferentiatie én als hulpmiddel voor informatievoorziening.

Het vastgestelde doel en de gekozen toepassing geven vervolgens belangrijke input voor het verdere ontwerpproces van een score. Doel en toepassing bepalen namelijk de vereiste nauwkeurigheid en detailniveau van de analyse, net als de meest geschikte weergave van de resultaten. Bij het identificeren van mogelijk verbeterpotentieel is een gedetailleerd rapport waarschijnlijk het meest inzichtelijk; bij het voorlichten van consumenten werkt vereenvoudiging tot een sterrenbeoordeling mogelijk beter.

In ieder geval is er meer inzicht nodig in aspecten als de beïnvloedbaarheid en gevoeligheid van emissies en invloeden, en de verantwoordelijkheid en handelingsruimte van beïnvloeders en mogelijke andere stakeholders om de milieuscore verder te ontwerpen. Dat inzicht wordt nodig geacht om te komen tot een goede selectie van (meest) relevante parameters en selectie van de schaalverdeling waarop of resolutie waarmee parameters worden gescoord. Een politieke of maatschappelijke prioriteitenstelling is nodig om factoren te bepalen waarmee verschillende deelscores worden gewogen en mogelijk worden gecombineerd.

5 Aanbevelingen voor verder onderzoek

Met dit document komt het verkennende onderzoek naar milieuscores voor de luchtvaart tot een eind. Suggesties voor verder onderzoek zijn in zowel in een eerdere tussenrapportage als in dit document genoemd. De drie belangrijkste daarvan zijn hieronder opgesomd:

- Ontwikkeling van een prototype-milieuscore t.b.v. informatievoorziening.
- Bredere effectenstudie naar toepassing van op NO_x-uitstoot gedifferentieerde luchthaventarieven op Nederlandse luchthavens.
- Mogelijkheden en verwachte effecten van differentiatie van luchthaventarieven op losstaande milieuaspecten, zoals bijvoorbeeld elektrisch taxiën/slepen, gebruik van duurzame brandstof, gebruik van CDA, en inzet van emissieloze toestellen.

6 Referenties

Berveling, J., Zijlstra, T., Knoope, M., & Huibregtse, O. (2020). *Op de groene toer: De bijdrage van gedragsinterventies aan het verduurzamen van de luchtvaart.* Den Haag, Nederland: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat / Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid. Opgehaald van https://www.kimnet.nl/publicaties/rapporten/2020/05/25/op-de-groene-toer-de-bijdrage-van-gedragsinterventies-aan-het-verduurzamen-van-de-luchtvaart

Chmielewski, M., & Gieras, M. (2017). Impact of variable geometry combustor on performance and emissions from miniature gas turbine engine. *Journal of the Energy Institute*, 257-264.

EASA. (2020). *Updated analysis of the non-CO2 climate impacts of aviation and potential policy measures pursuant to the EU Emissoins Trading System Directive Article 30(4).* Brussels, Belgium: European Commission. Opgehaald van https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=SWD:2020:277:FIN

EASA. (sd). *Emissions Databank - New Format (08/2020)*. Opgehaald van ICAO Aircraft Engine Emissions Databank: https://www.easa.europa.eu/domains/environment/icao-aircraft-engine-emissions-databank

EASA, EEA, & EUROCONTROL. (2019). *European Aviation Environmental Report 2019.*

EC. (2019, July 9). Evaluation of the Directive 2009/12/EC of the European Parliament and of the Council of 11 March 2009 on airport charges. Brussels, Belgium. Opgehaald van https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/legislation/swd20190289-evaluation-report.pdf

Fraport. (2020). *Airport Charges according to Art. 19b Air Traffic Act (LuftVG) – Frankfurt Airport, valid as of January 1, 2020.* Opgehaald van https://www.fraport.com/content/dam/fraport-company/documents/geschaeftsfelder/betrieb/flughafenentgelte/Entgelte%202020.pdf/_jcr_content/renditions/original./Entgelte%202020.pdf

Gatwick Airport Limited. (2020). *Gatwick Airport: Conditions of Use 2020/21.* Opgehaald van https://www.gatwickairport.com/globalassets/publicationfiles/business_and_community/all_public_publications/2020/2020-21-conditions-of-use---final---28jan20.pdf

Heathrow Airport Limited. (2020). *Conditions of Use including Airport Charges from 1 January 2021.* Opgehaald van https://www.heathrow.com/content/dam/heathrow/web/common/documents/company/doing-business-with-heathrow/flights-condition-of-use/conditions-of-use-documents/Heathrow-Airport-Ltd-Conditions-of-Use-2021.pdf

IATA. (2019). *ACMG Data Toolset FY2019.* Opgeroepen op November 4, 2020, van Airline Cost Management Group (ACMG): https://www.iata.org/en/programs/workgroups/airline-cost-mgmt/

Lee, D., Fahey, D., Skowron, A., Allen, M., Burkhardt, U., Chen, Q., . . . Wilcox, L. (2020). The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. *Atmospheric Environment*.

Liu, Y., Sun, X., Sethi, V., Nalianda, D., Li, Y.-G., & Wang, L. (2017). Review of modern low emissions combustion technologies for aero gas turbine engines. *Progress in Aerospace Sciences, 94*, 12-45.

Munich Airport. (2019). *Tariff Regulations, Part 1.* Opgehaald van https://www.munich-airport.com/_b/0000000000000007860284bb5df1eff0/entgeltordnung-2020-teil1.pdf

Schiphol. (2018a). *Schiphol - Tarieven en Voorwaarden: 1 april 2019 - 1 april 2021.* Opgehaald van https://www.schiphol.nl/nl/download/b2b/1553614675/3mbUt8j092KqwYgqIGEg8G.pdf

Schiphol. (2018b, oktober 31). *Nieuwe haventarieven Schiphol stimuleren stillere en schonere vliegtuigen*. Opgehaald van Schiphol Newsroom: https://nieuws.schiphol.nl/nieuwe-haventarieven-schiphol-stimuleren-stillere-en-schonere-vliegtuigen/?

van der Sman, E., Derei, J., Hak, M., Blom, M., & Meerstadt, C. (2020). *Verkenning milieuscores voor de luchtvaart.* Amsterdam, Nederland: NLR - Koninklijk Lucht- en Ruimtevaartcentrum.

Zuidberg, J., & van Spijker, V. (2019). *Benchmark luchthavengelden en overheidsheffingen voor de jaren 2003, 2008, 2013, 2017en 2018.* Amsterdam, Nederland: SEO Economisch Onderzoek. Opgehaald van https://www.seo.nl/publicaties/benchmark-luchthavengelden-en-overheidsheffingen-2018/

Zurich Airport. (2020). *AIrport Charges Catalogue for Zurich Airport.* Opgehaald van https://www.zurich-airport.com/~/media/flughafenzh/dokumente/business_und_partner/flugbetrieb/gebuehrenreglement_20200101_en.pdf

Appendix A Morfologische kaart

Deze appendix toont een uitgebreidere versie van de morfologische kaart uit Sectie 2.3 (Figuur 3). Het is desondanks een concept, waar mogelijk zaken in ontbreken. Afkortingen worden verklaard in het overzicht vooraan dit rapport.

Acties / input		Modelfideliteit							
		(Expert-)inschatting		Simpel / empirisch model		Geavanceerd / natuurkundig model		D: Realiteit	
Groep	**Aspect**	**Wat?**	**Hoe? / Bron**	**Wat?**	**Hoe? / Bron**	**Wat?**	**Hoe? / Bron**	**Wat?**	**Hoe? / Bron**
Brandstof	**% SAF**	Gemiddelde overall		Gemiddeld per airline					Tankbon / FMS
Extern	**Wind**								
Extern	Regen								
Operatie	**Airport pair**	Domestic / internat. / intercont.		n/a		n/a		n/a	
Operatie	**Route / afstand**	GCD	Lat/long van apt., CO2-tool-data	Omvliegfactor t.o.v. GCD	Historisch o.b.v. DDR2	Geplande route	Vluchtplan	Gevlogen route	ADS-B
Operatie	**D/E/N**	Distributie per al / apt		Vertrektijd	Dienstregeling	Take-off tijd (gate/baan)	Flight plan	Take-off tijd (baan)	FANOMOS / ADS-B
Operatie	Week / weekend	Distributie per al / apt		Vertrekdag	Dienstregeling	Take-off tijd (gate/baan)	Flight plan	Take-off tijd (baan)	FANOMOS / ADS-B
Operatie	**Landing / start**		O.b.v airport pair						
Operatie	**Baan**	Distributie per apt		Distributie per apt / tijd / airport pair			Flight plan	O.b.v. tracks	FANOMOS / ADS-B
Operatie	**Startprofiel / procedure (verticaal)**						Company procedures?	O.b.v. tracks	FANOMOS / ADS-B
Operatie	**SID**						Flight plan	O.b.v. tracks	FANOMOS / ADS-B
Operatie	**Cruise FL**	Gemiddeld overall		Gemiddeld, o.b.v. afstand/route	Historisch o.b.v. DDR2 / ADS-B / FlightAware-stats?		Flight plan (?)		FANOMOS / ADS-B (?) / airline data
Operatie	**Variatie in cruise FL**	Niet meenemen		Gemiddeld / correctiefactor?					FANOMOS / ADS-B (?) / airline data

Acties / input		Modelfideliteit							
		(Expert-)inschatting		Simpel / empirisch model		Geavanceerd / natuurkundig model		D: Realiteit	
Groep	**Aspect**	**Wat?**	**Hoe? / Bron**	**Wat?**	**Hoe? / Bron**	**Wat?**	**Hoe? / Bron**	**Wat?**	**Hoe? / Bron**
Operatie	**STAR**						Flight plan	O.b.v. tracks	FANOMOS / ADS-B
Operatie	**Landingsprofiel / procedure (verticaal)**						Company procedures?	O.b.v. tracks	FANOMOS / ADS-B
Operatie	CDA	Gebruik CDA per al / apt		% level flight level flight altitude	FANOMOS / ADS-B + algoritmes				
Operatie	**Reduced engine taxi**	Distributie algemeen / per al / per apt		X% reductie		Aanpassing gashendelstand			Tankbon / FMS
Operatie	**Electric taxi**	Distributie algemeen / per al / per apt		X% reductie		Aanpassing gashendelstand			Tankbon / FMS
Operatie	**APU-gebruik**	Gemiddeld overall		Gemiddeld per airport	Airport info (?)				FMS
Operatie	Cost index								Airline data
Productiviteit	**Payload**	O.b.v. standaardpassagier		O.b.v. standaardpas-sagier + gem. Cargo-LF		O.b.v. standaard-passagier + cargo-LF	Cargo LF uit jaarverslagen	O.b.v standaard-passagier + cargo-LF	Airline data
Productiviteit	**Load factor**	Gemiddeld overall		Gemiddeld per SH/MH/LH?		Per airline	Jaarverslagen		Airline data
Techniek	**Toesteltype**	Gemiddeld per route / afstand					Vluchtplan		FANOMOS / ADS-B
Techniek	Toestelleeftijd (gegeven type)		EIS			Productiejaartal	o.b.v. registratie, Ascend		
Techniek	**Motortype**							O.b.v. registratie	Ascend
Techniek	**Gewicht**								
Techniek	**Toesteluitvoering (e.g. capaciteit, klasse-indeling)**	Geen spec.		Geen spec.		Per airline	Airfleets / SeatGuru	O.b.v. registratie	SeatGuru / Ascend (?)

Dedicated to innovation in aerospace

Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

Het onderzoekscentrum Koninklijke NLR werkt op objectieve en onafhankelijke wijze met zijn partners aan een betere wereld van morgen. NLR biedt daarbij innovatieve oplossingen en technische expertise en zorgt voor een sterke concurrentiepositie van het bedrijfsleven.

NLR is ruim 100 jaar een kennisorganisatie met de diepgewortelde wil om te blijven vernieuwen en zet zich in voor een duurzame, veilige, efficiënte en effectieve lucht- en ruimtevaart.
De combinatie van diepgaand inzicht in de klantbehoefte, multidisciplinaire expertise en toonaangevende onderzoeksfaciliteiten, maakt snel innoveren mogelijk. NLR vormt in binnen- en buitenland de spilfunctie tussen wetenschap, bedrijfsleven en overheid, en overbrugt de kloof tussen fundamenteel onderzoek en toepassingen in de praktijk. Daarnaast werkt NLR als Groot Technologisch Instituut ruim tien jaar in de TO2-federatie samen aan toegepast onderzoek in Nederland.

Vanuit de hoofdvestigingen in Amsterdam en Marknesse en twee satellietvestigingen, draagt NLR bij aan een veilige en duurzame maatschappij en werkt met partners in vele (defensie)programma's, onder andere aan complexe composieten constructies voor verkeersvliegtuigen en aan doelgericht gebruik van het F-35-jachtvliegtuig. Daarnaast geeft NLR invulling aan Nederlandse en Europese (klimaat)doelstellingen conform de Luchtvaartnota, de European Green Deal, Flightpath 2050, en door deelname aan programma's zoals Clean Sky en SESAR.

Voor meer informatie bezoek: **www.nlr.nl**

Postal address
PO Box 90502
1006 BM Amsterdam, The Netherlands
e) info@nlr.nl **i)** www.nlr.org

Royal NLR
Anthony Fokkerweg 2
1059 CM Amsterdam, The Netherlands
p) +31 88 511 3113

Voorsterweg 31
8316 PR Marknesse, The Netherlands
p) +31 88 511 4444