



Dedicated to innovation in aerospace



NLR-CR-2024-144 | mei 2024

Verduurzaming General Aviation & Business Aviation

OPDRACHTGEVER: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum



Verduurzaming General Aviation & Business Aviation

In de Luchtvaartnota is aangenomen dat de CO₂-uitstoot van de binnenlandse luchtvaart in Nederland in 2030 met 15% moet zijn afgenomen ten opzichte van referentiejaar 1990. Daarnaast moet in 2050 de CO₂-uitstoot van binnenlandse luchtvaart teruggebracht zijn tot nul. Voor internationale luchtvaart geldt dat de CO₂-uitstoot in 2030 minimaal moet zijn gedaald tot het niveau van 2005, in 2050 gehalveerd t.o.v. 2005, en in 2070 nul moet zijn. Dit leidt tot de opgave om de *General Aviation* (GA) en *Business Aviation* (BA) te verduurzamen.

In dit onderzoek, in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, hebben NLR, NACO en Ecorys onderzocht hoe het verduurzamingspad voor GA eruit kan zien en welke beleidsopties er zijn om dit te faciliteren en eventueel te versnellen. Hiervoor is ten eerste een **afbakening van de GA-sector** gemaakt. Hierna is in kaart gebracht wat de huidige **vlootsamenstelling met bijbehorende CO₂-emissies** van de sector is, en hoe deze zich ontwikkelt richting **2030** en **2050**. Hierbij is mede rekening gehouden met **verwachte marktintroducties** op het gebied van duurzame(re) alternatieven. Tot slot zijn **kansrijke beleidsopties** geïdentificeerd voor (versnelde) verduurzaming van de GA-sector.

Afbakening GA-sector

GA is de door de internationale burgerluchtvaartorganisatie ICAO (*International Civil Aviation Organisation*) gehanteerde verzamelnaam voor vliegverkeer dat niet valt onder het geregelde en ongeregelde groothandelsverkeer dat uitgevoerd wordt door commerciële luchtvaartmaatschappijen, zoals KLM, easyJet en Ryanair. Het omvat een grote verscheidenheid aan activiteiten en diensten, zoals *Business Aviation*, recreatief (sport-) vliegen, zweefvliegen, ballonvaart, en les- en opleidingsvluchten (voor zowel amateurvliegers als het opleiden van piloten voor de commerciële luchtvaart)

RAPPORTNUMMER

NLR-CR-2024-144

RUBRICERING RAPPORT

ONGERUBRICEERD

DATUM

mei 2024

KENNISGEBIED(EN)

Duurzame
luchtvaartoperaties

TREFWOORD(EN)

General Aviation
Business Aviation
Duurzaamheid
Beleid

Daarnaast omvat het ook maatschappelijk luchtverkeer zoals medische vluchten en gespecialiseerde diensten, inclusief fotografie, inspectie en reclame, met en zonder commercieel karakter. De GA-sector is zodoende opgedeeld in onderstaande negen segmenten:

Privévluchten	Business Aviation	Sportvluchten
<p>Alle vluchten van gebrevetteerde vliegers die <u>geen commercieel karakter hebben</u>.</p> <p>Ook bezoekers van andere vliegvelden met een gehuurd of eigen vliegtuig vallen onder deze categorie.</p>	<p>Vluchten van beroeps- of privévlieger met <u>zakelijk karakter</u>, niet-zijnde het grootshandelsverkeer (uitgevoerd door bv. KLM). Hieronder vallen ook taxivluchten.</p> <p>NB: media refereren vaak naar privéjets, deze vallen binnen dit segment, en niet binnen privévluchten.</p>	<p>Vluchten van sportieve aard.</p> <p>Bijvoorbeeld zweef-, paramotor-, en deltavliegen.</p>
Lesvluchten	Maatschappelijke vluchten	Klein commercieel
<p>Alle lesvluchten, met of zonder toezicht van een instructeur.</p>	<p>Vluchten met een maatschappelijk karakter.</p> <p>Bijvoorbeeld ambulance, politie en kustwacht.</p>	<p>Vluchten met een commercieel karakter met kleine vliegtuigtypes.</p> <p>Bijvoorbeeld foto-, rond- en reclamevluchten en ballonvaart</p>
Positievluchten	Technische vluchten	Overig
<p>Niet-commerciële vlucht waarbij een gestationeerd vliegtuig vanaf een ander vliegveld zal opereren.</p> <p>Bijvoorbeeld het terugvliegen van een leeg commercieel vliegtuig na een landing op een uitwijkveld.</p>	<p>Overige vluchten met een technisch karakter.</p> <p>Bijvoorbeeld proef-, inspectie-, brandstof- en besproeiingsvluchten.</p>	<p>Een niet in de andere codes onder te brengen niet-commerciële vlucht.</p> <p>Bijvoorbeeld een vlucht met wetenschappelijke doeleinden.</p>

Positievluchten, technische vluchten en overige vluchten vormen gezamenlijk minder dan 4% van het totaal aantal startbewegingen in 2022. Daarnaast worden vaak uitgevoerd met toestellen die normaliter worden gebruikt voor regulier grootshandelsverkeer of binnen andere GA-segmenten. Deze zijn daarmee gebonden aan de verduurzaming van de overige segmenten. Hierdoor zijn deze segmenten niet verder beschouwd in dit onderzoek.

Huidige vlootsamenstelling met bijbehorende CO₂-uitstoot

Nederlandse luchthavens en vliegvelden handelden in 2022, het laatste jaar waarvoor gedetailleerde data beschikbaar was, naar schatting zo'n **535 duizend GA-vliegbewegingen** af. **Ruim driekwart van deze vliegbewegingen bestond uit lesvluchten (52%) en privévluchten (25%)**. Het hoge aandeel lesvluchten wordt deels verklaard door het oefenen van meerdere *touch-and-go's* binnen één vlucht. Het resterende kwart bestond uit respectievelijk *Business Aviation* (7%), sportvluchten (6%), maatschappelijke vluchten (4%), klein commerciële vluchten (3%) en technische, positie- en overige vluchten (allen 1%).

Ondanks het relatief grote aandeel vliegbewegingen¹ (53%) van de GA-sector is de **CO₂-uitstoot van de GA-sector relatief beperkt**. Uit een eerste modellering van het vliegverkeer in 2022 blijkt namelijk dat de GA-sector naar schatting verantwoordelijk is voor slechts **1% tot 2% van de totale CO₂-uitstoot (10 Mt)** van alle uit Nederland vertrekkende vluchten. Uit eerder onderzoek van het RIVM¹ blijkt dat de uitstoot van het binnenlands verkeer in 1990 gelijk was aan 85 kt CO₂. Hiermee lijkt het doel van 15% CO₂-reductie van het binnenlands verkeer in 2030 t.o.v. 1990 uit de Luchtvaartnota goed haalbaar. De behaalde reductie zal echter sterk beïnvloed zijn door het schrappen van de binnenlandse lijndiensten en in mindere mate door de verduurzaming van de GA-sector. Om het doel van nul CO₂-uitstoot door het binnenlands verkeer in 2050 te halen, is het daarom van belang de verduurzaming van de GA-sector tot 2050 verder te schetsen en zo nodig te versnellen.

Verwachte toekomstige vlootsamenstelling met bijbehorende CO₂-reductie

Om het verduurzamingspad van de GA-sector verder te kunnen schetsen is de toekomstige ontwikkeling van de sector van belang. Hiervoor is een **business-as-usual (BAU)-scenario voor de GA-sector** opgesteld. In dit scenario is uitgegaan van een beperkte, maar aanhoudende krimp van het GA-verkeer. Dit scenario vormt een **indicatie van de potentiële CO₂-reductie** van de GA-sector richting 2050. Dit scenario is o.a. tot stand gekomen door voor de GA-segmenten rekening te houden met vlootontwikkeling, verwachte technologische ontwikkelingen, marktintroducties, ambities van marktpartijen en mogelijkheden om te verduurzamen. De marktintroducties die worden verwacht, zijn (hybride) elektrische aandrijving, waterstof-elektrische aandrijving, *Vertical Take-Off and Landing (VTOL)* -toestellen, de toepassing van *Sustainable Aviation Fuels (SAF)* en het retrofitten van bestaande vliegtuigen.

Omdat het op dit moment nog onzeker is hoe technologische alternatieven en andere factoren die de transitie beïnvloeden zich precies gaan ontwikkelen, is het verduurzamingspad van de GA-sector gemodelleerd volgens een algemeen **S-curve innovatiemodel**. In dit model worden een introductiefase, een versnellingsfase en een verzadigingsfase onderscheiden.

Lesvluchten, privévluchten en klein commerciële en sportvluchten zullen naar verwachting hoofdzakelijk **elektrificeren**. Lesvluchten zullen hierbij naar verwachting het snelste elektrificeren wegens de relatief korte vliegafstand. Voor **Business Aviation** is elektrisch vliegen, in ieder geval op korte termijn, geen geschikt alternatief vanwege de veelal langere vliegafstanden. Aangezien een groot deel van de BA-vloot gebruik maakt van straalmotoren op vliegtuigbrandstof (kerosine), lijkt **SAF** hierbij de voornaamste kandidaat om de emissies in het BA-segment te beperken.

Het totale **CO₂-reductiepotentieel van de GA-sector** is volgens het BAU-scenario naar verwachting zo'n **8% in 2030** en zo'n **62% in 2050, ten opzichte van de uitstoot in 2022**. Lesvliegen verduurzaamt naar verwachting het snelst met een CO₂-reductie van ruim 80% in 2050. Privévliegen verduurzaamt naar verwachting het langzaamst met een CO₂-reductie van een krappe 50% in 2050. Het tragere transitiepad van privévluchten wordt met name gedreven door de veelal beperkt beschikbare financiële middelen die beschikbaar zijn voor vlootvernieuwing, in combinatie met de mogelijkheid om de levensduur van de vloot te verlengen. Dit kan door regelmatig groot onderhoud uit te voeren, waardoor relatief oude vliegtuigen langer door kunnen blijven vliegen. Daarnaast wordt dit segment

gekenmerkt door een groter aantal gebruikers en eigenaren, inclusief individuele vliegtuigeigenaren. Het besluitvormingstraject over vlootvernieuwing binnen een vliegclub met meerdere leden met verschillende meningen kan voor vertraging zorgen. Zeker als er recentelijk in vlootvernieuwing is geïnvesteerd of als het tot een aanzienlijke stijging in gebruikskosten kan leiden.

De GA-sector zal dus naar verwachting in 2050 nog steeds deels op fossiele brandstoffen vliegen. Veel GA-toestellen hebben een traditionele verbrandingsmotor die op mogas of avgas (loodvrije/loodhoudende fossiele brandstoffen) werkt, waardoor ze in hun levenscyclus niet geschikt zijn voor een transitie naar SAF. Zodoende wordt verwacht dat de **GA-sector in een business-as-usual scenario, zonder verdere beleidsmaatregelen, ook in 2050 nog CO₂-uitstoot.**

Kansrijke beleidsopties

Omdat een *business-as-usual* scenario naar verwachting niet leidt tot 100% CO₂-reductie in alle segmenten van de GA-sector, is dus aanvullend beleid nodig. Dit aanvullende beleid komt **bovenop reeds geldend internationaal beleid** vanuit de Internationale Burgerluchtvaartorganisatie (CORSIA) en EU-beleid (EU ETS en RefuelEU).

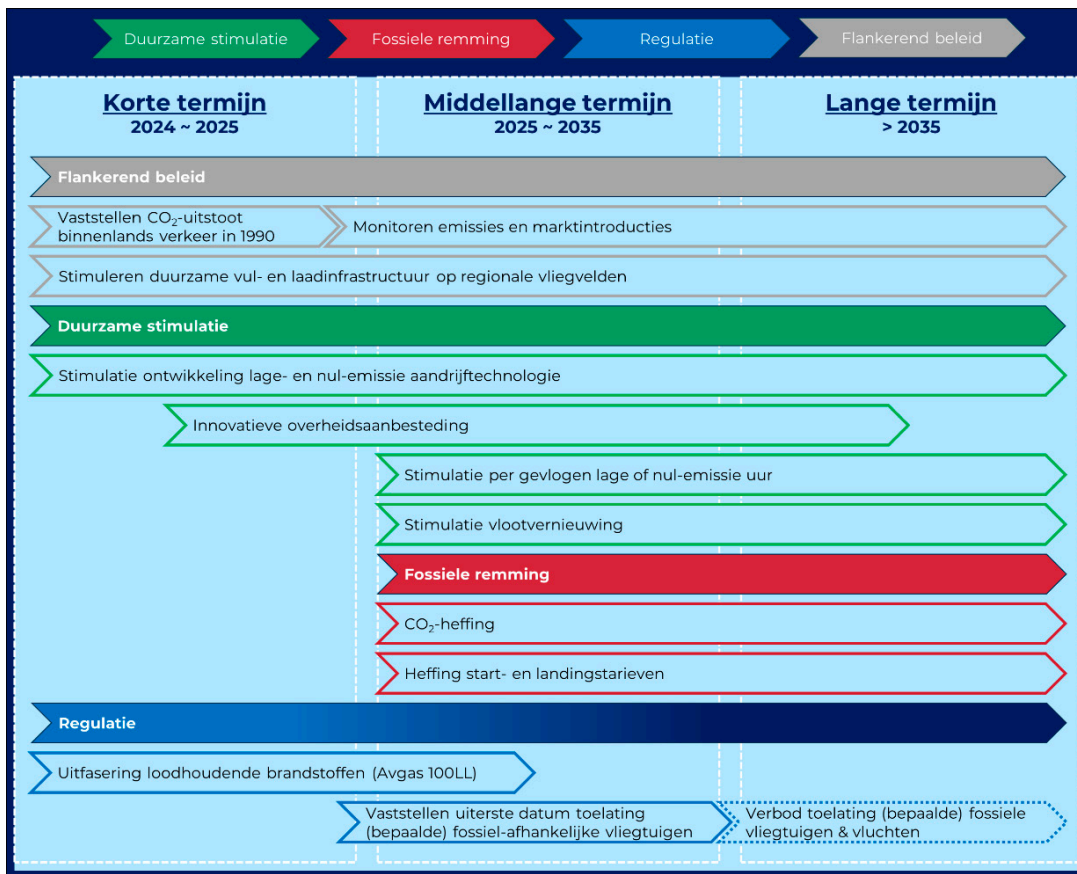
Op basis van een **beleidsanalyse** van Frankrijk, Groot-Brittannië, Duitsland, Noorwegen en de Verenigde Staten en input van opdrachtgever (IenW), Platform Duurzaam Vliegen en NLR, NACO en Ecorys zijn een longlist en shortlist van beleidsopties opgesteld. De geïdentificeerde beleidsopties zijn eerst **beoordeeld op basis van de verwachte impact op de GA-sector en impact op CO₂-besparing**. Overgebleven kansrijke opties zijn vervolgens beoordeeld op hun verwachte **lead time** (tijd tot effect op CO₂-reductie) en de verwachte **inspanning van de Rijksoverheid op juridisch, technisch en financieel vlak**.

De geïdentificeerde kansrijke **beleidsopties zijn ingedeeld in drie klassen**, oplopend in de mate van sturing van de sector. In de klasse "**Duurzame stimulatie**" zijn veelal financiële instrumenten opgenomen. De **GA-sector wordt** namelijk, op *Business Aviation* na, **gekenmerkt door lage marges en beperkte financiële ruimte**. Denk hierbij bijvoorbeeld aan partijen als vliegscholen, vliegclubs en regionale vliegvelden. In de klasse "**Fossiele remming**" zijn opties opgenomen die specifiek het gebruik van fossiele brandstoffen in de sector afremmen. In de klasse "**Regulatie**" zijn maatregelen opgenomen die naar verwachting veel impact hebben op de GA-sector (bv. het niet kunnen accommoderen van voldoende lesvluchten voor piloten of krimp van de sector), maar ook kunnen zorgen voor veel CO₂-reductie. Hiernaast is ook "**Flankerend beleid**" geformuleerd. Deze maatregelen zorgen naar verwachting op zichzelf niet voor een significante directe CO₂-besparing, maar zijn wel essentieel voor het succesvol verduurzamen van de GA-sector.

In figuur 1-1 zijn de geselecteerde beleidsopties per klasse weergegeven. Verder is aangegeven op welke termijn de beleidsopties naar verwachting aandacht behoeven. Hierin wordt geadviseerd om te starten met flankerend beleid en duurzame stimulatie op korte termijn. Dit is ook in lijn met de roadmap die is opgesteld waarin de GA-sector als *Living Lab* moet functioneren waarbij succesvolle innovaties in de GA opgeschaald kunnen worden voor implementatie en commercialisatie in de

bestaande commerciële luchtvaart. Daarnaast kan ook ingezet worden op de uitfasering van loodhoudende brandstoffen (avgas). De invoering van fossiele remming en overige regulatiemaatregelen worden pas op een later moment geïmplementeerd, om te voorkomen dat de GA-sector moet krimpen om doelen te kunnen behalen.

Het invoeren van een verbod op toelating van (bepaalde) fossiele vliegtuigen en vluchten wordt dan ook als laatste redmiddel gezien. Zie sectie 4.4.2 voor een toelichting per beleids optie.



Figuur 1-1: kansrijke beleidsopties ter verduurzaming van de GA-sector

Om het verduurzamingspad van de GA-sector te versnellen wordt aangeraden om op korte termijn te starten met het volgende beleidspakket:

- 1) het vaststellen van de CO₂-uitstoot van het binnenlands vliegverkeer in 1990;
- 2) het monitoren van emissies en marktintroducties;
- 3) het stimuleren van duurzame vul- en laadinfrastructuur op regionale vliegvelden;
- 4) het stimuleren van de ontwikkeling van lage- en nul-emissie aandrijftechnologie;
- 5) een innovatieve overheidsaanbesteding;
- 6) de uitfasering van loodhoudende brandstoffen (avgas 100LL).

Op middellange termijn wordt aanbevolen om een passende economische stimuleringsstructuur op te stellen. In essentie moet namelijk de onrendabele top¹ van duurzame(re) alternatieven worden verkleind. De hoogte en timing van verschillende economische *incentives* kan worden

geïnformeerd met de output van beleidsoptie 1) en 2). Beleidsopties uit de klasse “Fossiele remming” kunnen eventueel gebruikt worden ter financiering van opties uit de klasse “Duurzame stimulatie”. Concreet worden de volgende beleidsopties aanbevolen:

- 7) **Stimulatie per gevlogen lage- of nul-emissie uur;**
- 8) **Stimulatie vlootvernieuwing;**
- 9) **CO₂-heffing;**
- 10) **Heffing start- en landingstarieven;**
- 11) **Vaststellen datum toelating (bepaalde) fossielafhankelijke vliegtuigen.**

Op lange termijn kan, indien nodig, worden overgeschakeld op strengere vormen van regulering.

Als richting 2050 blijkt dat het zero-emissie doel voor GA uit de Luchtvaartnota uit zicht dreigt te raken, moet worden nagedacht over de wenselijkheid van:

12. **een verbod op (bepaalde) fossielafhankelijke vliegtuigen en vluchten.**

Veel van de genoemde beleidsopties kunnen op verschillende manieren worden ingevuld, elk met zijn eigen effect op de CO₂-uitstoot, de GA-sector en de Rijksoverheid. Daarom wordt tot slot aanbevolen om, voorafgaand aan de voorgestelde tijdlijn, te **starten met het selecteren van beleidsopties en deze concreet in te vullen**. In het rapport zijn de globale gevolgen van de beleidsopties op het gebied van CO₂-besparing, inspanning van de GA-sector en inspanning van de Rijksoverheid op juridisch, technisch en financieel gebied reeds kwalitatief ingeschat. Bij verdere selectie en uitwerking van de beleidsopties wordt aanbevolen om de **doelmatigheid en doeltreffendheid van de beleidsopties in te schatten**, bijvoorbeeld middels een kosten-batenanalyse.

Met deze set aan beleidsopties kan de GA-sector naar verwachting succesvol fungeren als *Living Lab* voor toekomstige technologische innovaties ten behoeve van hybride-elektrische luchtvaart en toewerken naar het gestelde zero-emissie doel in 2050.



Dedicated to innovation in aerospace



NLR-CR-2024-144 | mei 2024

Verduurzaming General Aviation & Business Aviation

OPDRACHTGEVER: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

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

OPDRACHTGEVER	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
CONTRACTNUMMER	31190902
EIGENAAR	NLR + partner(s)
NLR DIVISIE	Aerospace Operations
VERSPREIDING	Beperkt
RUBRICERING TITEL	ONGERUBRICEERD

GOEDGEKEURD DOOR:	DATUM
AUTEUR	03-05-2024
REVIEWER	02-05-2024
BEHERENDE AFDELING	02-05-2024

Inhoudsopgave

Afkortingen	5
1 Introductie	6
2 Overzicht van de General Aviation	7
2.1 Overzicht van General Aviation-segmenten	7
2.2 Scope	9
2.3 Historische marktontwikkeling van GA	10
2.4 Verkeersontwikkeling van de diverse GA-segmenten	12
2.5 Historische en huidige vlootsamenstelling GA	15
3 Toekomstige ontwikkelingen General Aviation vloot	19
3.1 Verwachte marktintroducties	19
3.1.1 (Hybride) elektrische vliegtuigen	20
3.1.2 Waterstof-elektrische vliegtuigen	21
3.1.3 Helikopters en VTOL	22
3.1.4 Toepassing van SAF	23
3.1.5 Retrofitten van bestaande vliegtuigen	23
3.2 Toekomstige verkeersontwikkeling GA	24
3.2.1 Verwachte verkeersontwikkeling GA	24
3.2.2 Business-as-usual scenario	34
4 Beleidsmogelijkheden	40
4.1 Internationaal beleid	41
4.1.1 ICAO	41
4.1.2 Europese Unie	42
4.1.3 RefuelEU Aviation	44
4.2 Vijf voorbeeldlanden	44
Frankrijk	44
Groot-Brittannië	46
Duitsland	49
Noorwegen	52
Verenigde Staten	57
4.3 Longlist beleidsmogelijkheden	60
4.4 Shortlist beleidsmogelijkheden	61
4.4.1 Verwachte impact op GA-sector en CO ₂ -besparing	61
4.4.2 Shortlist	62
4.4.3 Flankerend beleid	68
5 Doorkijk naar de toekomst	71
5.1 Inpassing van beleidsmogelijkheden	71
5.2 Beleidsintensief scenario	73

6 Conclusie	75
Appendix A Onderbouwing verwachte verkeersontwikkeling BA	79
Appendix B Beleidsanalyse; longlist met landenanalyse	81
Appendix C CO₂-uitstoot van GA	83
Appendix D Lead-time en inspanning shortlist	84

Afkortingen

ACRONIEM	OMSCHRIJVING
AanZET	Aanschafsubsidie Zero-Emissie Trucks
ATPL	Airline Transport Pilot License
BA	Business Aviation
CPL	Commercial Pilot License
DOE	U.S. Department of Energy
DOT	U.S. Department of Transportation
EIS	Entry into service
FAA	Federal Aviation Administration
FBO	fixed-base operators
FME	het Onderzoekscentrum voor Milieuvriendelijke Energie
GA	General Aviation
HNWI	High Net Worth Individuals
ICAO	International Civil Aviation Organisation
ILT	Inspectie Leefomgeving en Transport
LAPL	Light Aircraft Pilot License
LTO	Landing and Takeoff Cycle
MLA	Micro Light Aeroplane
NLR	Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum
PPL	Private Pilot License
PSO	Public Service Obligation
R&D	Research and Development
SAF	Sustainable Aviation Fuels
SFI	het Centrum voor Onderzoeksgedreven Innovatie
UHNWI	Ultra High Net Worth Individuals
USDA	U.S. Department of Agriculture
VS	Verenigde Staten
VTOL	Vertical Take-Off and Landing

1 Introductie

In het akkoord Duurzame Luchtvaart is aangenomen dat de CO₂-uitstoot van de binnenlandse luchtvaart in Nederland in 2030 met 15% moet zijn afgenomen ten opzichte van referentiejaar 1990. Daarnaast moet in 2050 de uitstoot van binnenlandse luchtvaart teruggebracht zijn tot net-zero CO₂-emissies. Voor internationale luchtvaart geldt dat de CO₂-uitstoot in 2030 minimaal moet zijn gedaald tot het niveau van 2005, in 2050 gehalveerd en in 2070 nul moet zijn. Dit leidt tot de opgave om de General Aviation (GA) en Business Aviation (BA) te verduurzamen.

Daarnaast is GA bij uitstek geschikt om als *living lab* te fungeren voor toekomstige technologische innovaties ten behoeve van hybride-elektrische luchtvaart. Door dit segment van de luchtvaart in te zetten als experimenteer- en demonstratieplatforms, kunnen fundamentele technieken worden getest, gedemonstreerd en geoptimaliseerd. Succesvolle innovaties kunnen zo verder worden opgeschaald voor implementatie en commercialisatie in de bestaande commerciële luchtvaart, dan wel in het kader van *Regional Air Mobility* leiden tot ontwikkeling van nieuwe vormen van regionale mobiliteit. Voor GA is dan ook een roadmap opgesteld die in 2030 leidt tot een *living lab* voor innovaties¹.

Het doel van dit onderzoek is om in beeld te brengen hoe het verduurzamingspad voor de GA en BA eruitziet en welke beleidsopties er zijn om dit te faciliteren en eventueel te versnellen. Op dit moment is er onvoldoende zicht op de huidige vlootsamenstelling (bouwjaar, gewichtsklasse, gebruiksprofielen) en de bijbehorende emissies van GA op Nederlandse luchthavens. Daarnaast is onduidelijk hoe innovaties de toekomstige marktontwikkelingen van GA beïnvloeden: welke vliegtuigfabrikanten hebben in welk segment (de ontwikkeling van) batterij-elektrische, waterstof-elektrische of andere duurzame aandrijflijnen voorzien en wanneer zijn deze ontwikkelingen (nieuwe vliegtuigen of retrofit van bestaande vliegtuigen) rijp voor marktintroductie? Tot slot is onduidelijk welke beleidsopties het meest geschikt zijn om de bestaande vloot te verduurzamen en in lijn te brengen met de duurzaamheidsdoelstellingen van GA en welke mogelijkheden er zijn om de verduurzaming te versnellen.

Dit rapport laat de resultaten zien van het onderzoek naar bovenstaande vraagstukken. In **hoofdstuk 2** wordt er een overzicht gegeven van de historische en huidige GA-vloot. Er wordt ingegaan op de verschillende segmenten van GA, de GA-scope die wordt gebruikt in dit onderzoek en de historische markt- en verkeersontwikkelingen van GA.

Hoofdstuk 3 weergeeft een verwachte toekomstige GA-vloot. Allereerst wordt dieper ingegaan op de verwachte marktintroducties van GA-toestellen. Hierna wordt een schets gepresenteerd van de toekomstige verwachte verkeersontwikkelingen, afgesloten met een *business-as-usual* scenario.

Hoofdstuk 4 gaat verder in op de beleidsmogelijkheden om GA te verduurzamen. Allereerst worden de resultaten weergegeven van een GA-beleidsanalyse in Frankrijk, Groot-Brittannië, Duitsland, Noorwegen en de Verenigde Staten. Op basis van de analyse is een longlist van beleidsmogelijkheden opgesteld die toegepast kunnen worden in Nederland. Vanuit de longlist worden de meest impactvolle en haalbare beleidsmogelijkheden geselecteerd en verder uitgewerkt tot een shortlist.

In **hoofdstuk 5** wordt gekeken wat mogelijke effecten zijn van de beleidsmogelijkheden (resultaat van de shortlist) ten opzichte van het *business-as-usual* scenario. Dit betreft het beleidsintensief scenario waarin duidelijk wat voor mogelijke effecten de invoering van beleid mogelijk hebben op de CO₂-vermindering per segment. Het rapport eindigt in **hoofdstuk 6** met de conclusie.

¹ Kamerbrief betreffende 'wenselijkheid en mogelijkheden om privejets meer onderdeel te maken van het klimaatbeleid voor de luchtvaart, 03-04-2023 (kenmerk: IENW/BSK-2023/78607)

2 Overzicht van de General Aviation

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van het General Aviation-verkeer in Nederland. In hoofdstuk 2.1 wordt een inzicht gegeven in de term 'General Aviation'. Dit wordt opgevolgd door de toegepaste scope met bijbehorende segmenten van GA voor dit onderzoek in hoofdstuk 2.2. Het hoofdstuk wordt afgesloten met de historische marktontwikkelingen in hoofdstuk 2.3 en de verkeersontwikkelingen per segment in hoofdstuk 2.4. Het hoofdstuk wordt afgesloten met de historische en huidige vlootsamenstelling van GA in Nederland.

2.1 Overzicht van General Aviation-segmenten

GA is de door de ICAO gehanteerde verzamelnaam voor vliegverkeer dat niet valt onder het geregelde en ongeregelde handelsverkeer dat uitgevoerd wordt door commerciële luchtvaartmaatschappijen. Het omvat een grote verscheidenheid aan activiteiten en diensten, met en zonder commercieel karakter. Binnen GA kunnen verschillende segmenten zoals zakenvluchten en privévluchten worden onderscheiden, evenals recreatief (sport-) vliegen, zweefvliegen, ballonvaart, les- en opleidingsvluchten (voor zowel amateurvliegers als het opleiden van piloten voor de commerciële luchtvaart). Daarnaast omvat het ook maatschappelijk luchtverkeer zoals medische vluchten en gespecialiseerde diensten, inclusief fotografie, inspectie en reclame, met en zonder commercieel karakter. Het type luchtvaartuig dat wordt gebruikt voor GA-doeleinden kan variëren van kleine zakentoestellen met kleine passagiersaantallen, tot propeller-aangedreven sportvliegtuigjes en van (gemotoriseerde) zweefvliegtuigen tot drones en luchtballonnen. GA-vluchten vinden veelal plaats vanaf de kleinere burgerluchthavens van Nederland en door ongereguleerd luchtruim binnen Nederland. Het Business Aviation-segment van GA kent daarnaast ook een groot aantal internationale vluchten in het gereguleerde luchtruim.

Op basis van *tower log data* van luchthavens en vliegvelden in Nederland en in overeenstemming met de classificatie opgesteld door de internationale burgerluchtvaartorganisatie ICAO (International Civil Aviation Organisation²), kunnen de verschillende GA-activiteiten onderverdeeld worden in 29 categorieën. Deze kunnen worden samengevat in de volgende segmenten:

² ICAO https://www.icao.int/safety/fatiguemanagement/Fatigue%20Management%20Docs/FM_Annex%206%20Pt1.pdf

Privévluchten	Business Aviation	Sportvluchten
<p>Alle vluchten van gebrevetteerde vliegers die <u>geen commercieel karakter hebben</u>.</p> <p>Ook bezoekers van andere vliegvelden met een gehuurd of eigen vliegtuig vallen onder deze categorie.</p> <p>N.B. Vluchten met privétoestellen waarin ongebrevetteerde eigenaren zich laten vervoeren worden gecategoriseerd als zaken-/taxivlucht.</p> <p><i>Bijv: Cessna 172 Skyhawk</i></p>	<p>Vluchten van beroeps- of privévlieger met <u>zakelijk karakter</u>, niet-zijnde het groothandelsverkeer (uitgevoerd door bv. KLM). Hieronder vallen ook taxivluchten.</p> <p>NB: media refereren vaak naar privéjets. Deze vallen binnen dit segment, en niet binnen privévluchten.</p> <p><i>Bijv: Cessna Citation Excel</i></p>	<p>Vluchten van sportieve aard, zweefvliegen, zweefsleepvluchten, valschermvluchten, paramotorvliegen, deltavliegen en vluchten met een <i>Micro Light Aeroplane</i></p> <p><i>Bijv: Cessna 208 Caravan</i></p>
Lesvluchten	Maatschappelijke vluchten	Klein commercieel
<p>Alle lesvluchten, met of zonder toezicht van een instructeur.</p> <p><i>Bijv: Socata Tobago</i></p>	<p>Vluchten met een maatschappelijk karakter.</p> <p>Bijvoorbeeld ambulance, politie en kustwacht.</p> <p><i>Bijv: Eurocopter 35</i></p>	<p>Vluchten met een commercieel karakter met kleine vliegtuigtypes.</p> <p>Bijvoorbeeld foto-, rond- en reclamevluchten en ballonvaart.</p> <p><i>Bijv: Cessna 150 Standard</i></p>
Positievluchten	Technische vluchten	Overig
<p>Niet-commerciële vlucht waarbij een gestationeerd vliegtuig vanaf een ander vliegveld zal opereren.</p> <p>Bijvoorbeeld het terugvliegen van een leeg commercieel vliegtuig na een landing op een uitwijkveld.</p> <p><i>Bijv: Boeing 737-800</i></p>	<p>Overige vluchten met een technisch karakter.</p> <p>Bijvoorbeeld proef-, inspectie-, brandstof- en besproeiingsvluchten.</p> <p><i>Bijv: Robinson R44</i></p>	<p>Een niet in de andere codes onder te brengen niet-commerciële vlucht.</p> <p>Bijvoorbeeld een vlucht met een wetenschappelijke doeleinde.</p> <p><i>Bijv: Cessna Citation II</i></p>

Figuur 2-1: Overzicht van de verschillende GA-segmenten en type vliegtuig waarmee vluchten in het segment worden uitgevoerd

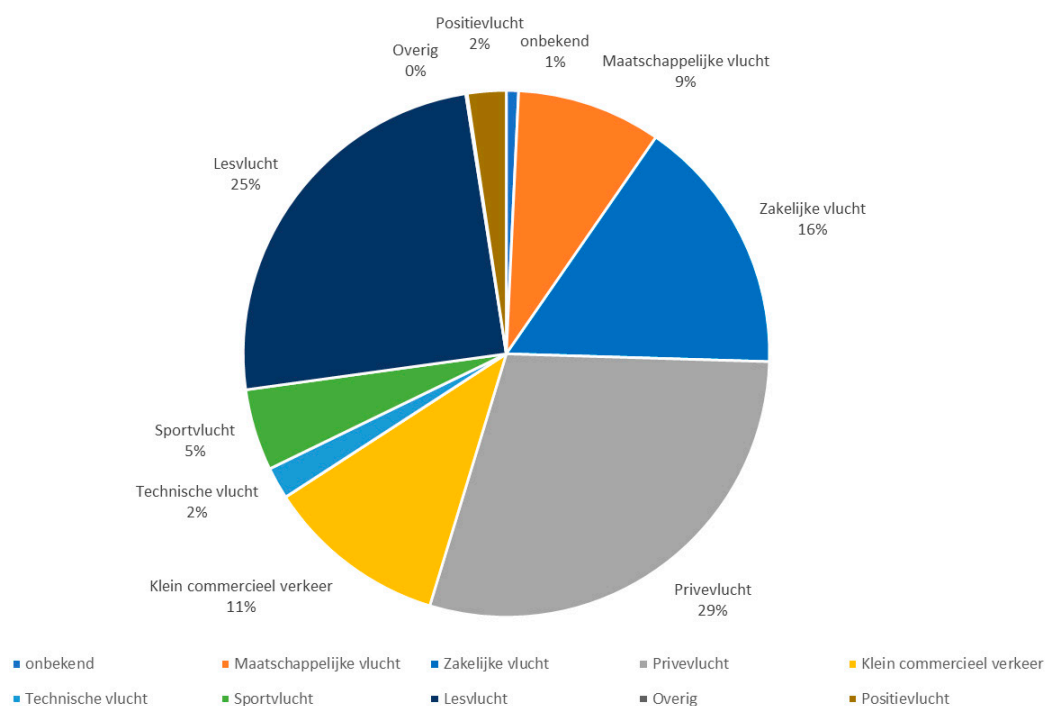
Hierbij dient opgemerkt te worden dat de betrouwbaarheid van de classificatie afhangt van de rapportagemethode van individuele luchthavens en vliegvelden, en de informatie die aan hen wordt verstrekt door de gebruikers. Hoewel vluchten in het Business Aviation-segment formeel een zakelijk karakter hebben, is het daadwerkelijke reisdoel niet altijd bekend en kan bijvoorbeeld worden aangenomen dat een klein deel van de vluchten in dit segment ook voor privédoeleinden wordt uitgevoerd. Dit kan onder meer worden afgeleid worden uit de internationale bestemmingen die aangedaan worden met Business Aviation-vliegtuigen. Naast een groot aantal vluchten naar typische zakenbestemmingen als London en Parijs, blijkt uit analyse van verkeersdata van de Nederlandse luchthavens en vliegvelden dat een deel van de vluchten ook naar bestemmingen met een toeristisch karakter gaan, zoals Nice en Cannes in Frankrijk, en Malaga en Ibiza in Spanje. Hoewel deze vluchten ook een zakelijk doeleinde kunnen hebben, is het niet onredelijk om aan te nemen dat een deel van deze vluchten uitgevoerd worden door vrijetijdsreizigers.

Deze vluchten worden in het algemeen uitgevoerd met privé-, business- of zakenjets, die eigendom kunnen zijn van (een) particuliere eigenaar(s) (in het geval van *fractional ownership* of deeleigenaarschap), bedrijven en ondernemingen, of *private jet charters* en *operators*, bedrijven die gespecialiseerd zijn in business en privaat luchtverkeer, en die op aanvraag vluchten kunnen uitvoeren met hun eigen vloot en cabinepersoneel.

Dergelijke vluchten uitgevoerd met een *private jet* vallen overigens nog steeds onder de definitie van Business Aviation en dienen niet te worden verward met het segment privévluchten. In de laatste categorie vallen alle vluchten van gebrevetteerde vliegers die geen commercieel karakter hebben, bijvoorbeeld recreatieve vliegers die met hun eigen vliegtuig of een gehuurd vliegtuig vliegen.

2.2 Scope

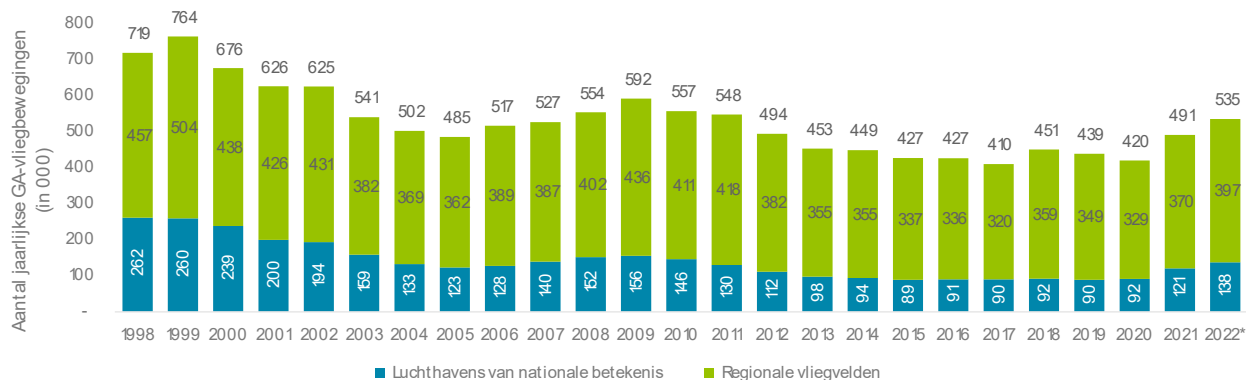
Op basis van de resultaten uit de analyse van *tower log data* van de 15 grootste burgerluchthavens (exclusief militaire bases, zweefvliegvelden en heliports) in Nederland in 2012, 2019 en 2022 is voor GA de volgende scope vastgesteld; 'alle vluchten op de 15 grootste Nederlandse burgerluchthavens die niet vallen onder Commercial Aviation'. Hierin worden enkele subcategorieën gedefinieerd: Zakelijke vluchten (1), Privévluchten (2), Maatschappelijke diensten (zoals politievvluchten en medische vluchten) (3), Lesvluchten (4), Klein commercieel verkeer (5), en Sportvluchten (6). Er wordt binnen deze definitie niet vastgehouden aan een *Maximum Take-Off Weight*, zodat de CO₂-impact van de zwaarste zakenvliegtuigen en eventuele CO₂-vermindering door elektrificatie van lichtere vliegtuigen, vaak gepaard met verzwaring, binnen de scope valt. Positievvluchten, technische vluchten en overige vluchten worden in deze scope niet meegenomen. Deze vluchten vertegenwoordigen tezamen minder dan 4% van het totaal aantal startbewegingen zoals op te maken uit Figuur 2-2. De vluchten worden veelvuldig met vliegtuigtypen uitgevoerd die normaliter voor het groothandelsverkeer of voor de overige GA-categorieën worden ingezet, en per uitzondering voor een technische, positie- of overige vlucht. Bij vlootvervangning vanuit andere segmenten, zal ook het vliegtuig voor de positie-, technische en overige vluchten vervangen worden voor een duurzamere variant.



Figuur 2-2: Aandeel van GA-segmenten op het totaal aantal startbewegingen op de 15 grootste burgerluchthavens in Nederland in 2019

2.3 Historische marktontwikkeling van GA

GA-activiteiten vinden plaats op een groot aantal luchthavens in Nederland, inclusief de luchthavens van nationaal belang en vliegvelden van regionale betekenis. Figuur 2-3 geeft een overzicht van de historische ontwikkeling van het aantal GA-vliegbewegingen op luchthavens en vliegvelden in Nederland. De vliegbewegingen zijn onderverdeeld in de luchthavens van nationaal belang (Amsterdam Airport Schiphol, Eindhoven Airport, Rotterdam-The Hague Airport, Maastricht Aachen Airport en Groningen Airport Eelde) en de vliegvelden van regionale betekenis.



Figuur 2-3: Historisch overzicht van GA-vliegbewegingen op luchthavens en vliegvelden in Nederland (CBS)

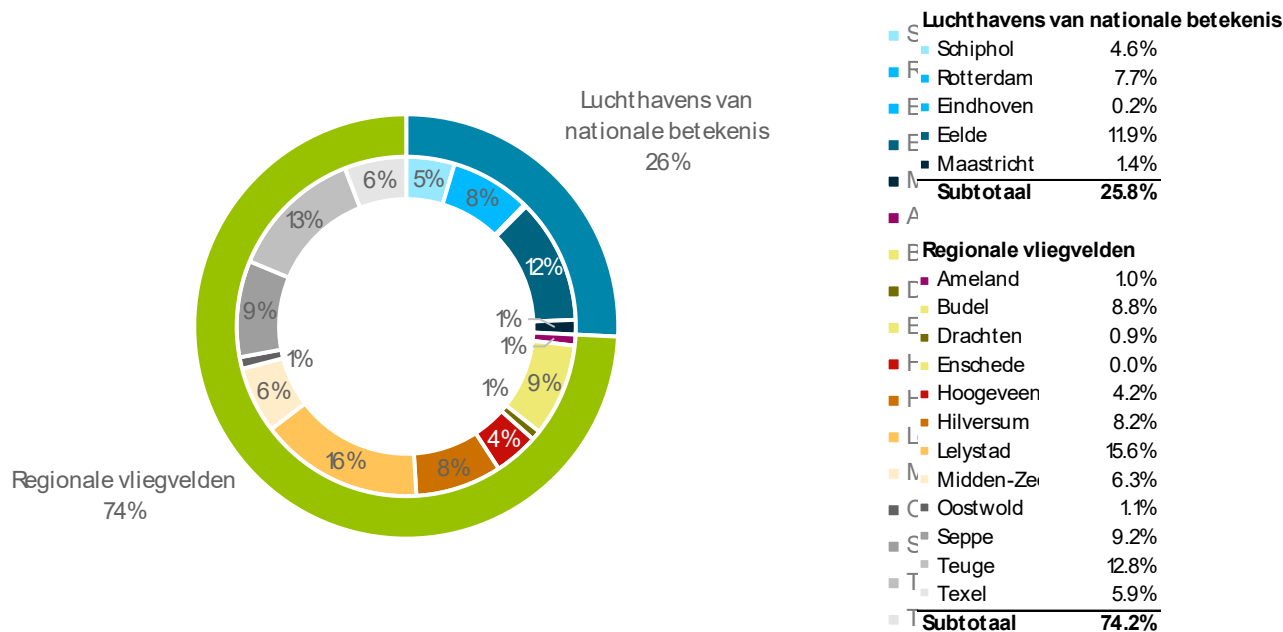
Volgens voorlopige cijfers handelden de luchthavens en vliegvelden in Nederland ongeveer 535.000 GA-bewegingen af in 2022.³ Dit is een stijging ten opzichte van de twee voorgaande jaren en ook significant boven het niveau van 439.000 bewegingen in 2019 (het laatste “gangbare” jaar voor COVID-19). Luchthavens die een sterke toename in het absolute aantal bewegingen hebben gezien sinds 2019, zijn Groningen Airport Eelde en in mindere mate Rotterdam-The Hague Airport en Amsterdam Airport Schiphol. De toename op Groningen Airport Eelde kan verklaard worden door een toename van het aantal lesvluchten, gedreven door de verwachting dat KLM de komende jaren nieuwe piloten gaat aannemen. Teuge International Airport en Vliegveld Hogeveen hebben de grootste toename geboekt van de regionale vliegvelden.

De recente stijging in het aantal GA-vliegbewegingen is een breuk met een dalende trend in het aantal bewegingen sinds 1999. Hoewel er een opleving was in GA-verkeer in de periode tussen 2006 en 2009, is het aantal vliegbewegingen sinds 1999 geleidelijk aan het dalen van 764.000 in 1999 tot 514.000 in 2017. Behalve dat GA conjunctuurgevoelig is, wordt de daling met name gedreven door de afname in het aantal lesvluchten; de overige segmenten zijn relatief stabiel gebleven. Met uitzondering van de periode sinds COVID-19, hebben de luchthavens van nationale betekenis een structurele daling van het aantal GA-vliegbewegingen gezien, waarbij het aantal bewegingen in de laatste jaren voor COVID-19 relatief stabiel was rond 90.000. GA-verkeer op de regionale vliegvelden heeft een golfpatroon gezien, waarbij ondanks de recente stijging het totaal aantal bewegingen in 2022 ongeveer 100.000 minder is dan de piek van 500.000 in 1999. Over de gehele historische periode sinds 1999 is het aantal GA-vliegbewegingen gemiddeld gedaald met ongeveer 1.5% per jaar.

Figuur 2-4 illustreert het marktaandeel GA-bewegingen van individuele luchthavens en vliegvelden in Nederland in 2022. Ongeveer 74% van het totaal aantal GA-vliegbewegingen vond plaats op de regionale vliegvelden. Lelystad Airport was in 2022 verantwoordelijk voor ongeveer 84.000 GA-vliegbewegingen van een totaal aantal van

³ Het totaal aantal vliegbewegingen in Nederland in 2022 was gelijk aan 997,543, zodat ongeveer 50% van de vliegbewegingen door de GA wordt gemaakt.

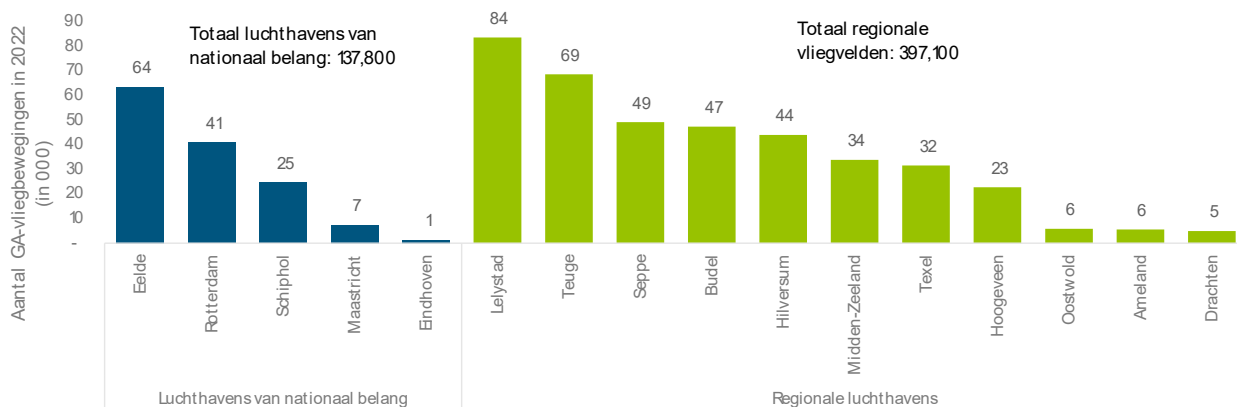
ongeveer 535.000. Dit komt overeen met een marktaandeel van rond de 16%. De sterke vertegenwoordiging van Lelystad in het GA-verkeer kan verklaard worden door het ontmoedigingsbeleid dat luchthavens van nationaal belang voeren om het GA-verkeer uit te plaatsen naar kleinere velden. Voor Schiphol was Lelystad in het verleden een aantrekkelijk achtervang. Sinds 2019 is Lelystad een gecontroleerd vliegveld. Dit heeft geleid tot een daling in het GA-verkeer, van 100.000 GA-vliegbewegingen in 2019 naar 84.000 GA-vliegbewegingen in 2022. Dit heeft verplaatsing van GA-verkeer naar andere kleine velden als gevolg.



Figuur 2-4: Marktaandeel GA-vliegbewegingen per luchthaven (in 2022)

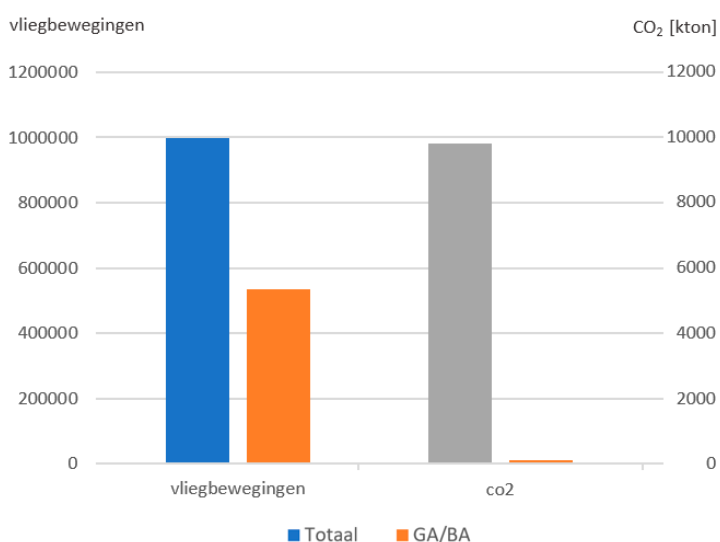
Andere regionale vliegvelden die significant bijdragen aan het totaal aantal GA-bewegingen in Nederland, zijn Teuge International Airport, Breda International Airport (voorheen: Seppe), Kempen Airport (voorheen: Budel), en Vliegveld Hilversum. Zoals weergegeven in figuur 2-5, voert Groningen Airport Eelde met 63.500 GA-vliegbewegingen in 2022 de ranglijst van de luchthavens van nationaal belang aan, gevolgd door Rotterdam-The Hague Airport met 40.900 GA-vliegbewegingen en Schiphol met 24.700 GA-vliegbewegingen. Op Schiphol is met name het aantal BA-bewegingen in 2022 toegenomen ten opzichte van voorgaande jaren.

Tijdens de coronacrisis heeft BA niet dezelfde krimp ondergaan als de commerciële luchtvaart. Voor sommige luchthavens is een toename te zien in het aantal BA-vluchten. Tussen 2020 en 2022 zochten relatief meer reizigers hun toevlucht tot BA vanwege de beperkte beschikbaarheid en onbetrouwbaarheid van commerciële lijnvluchten, en om grote menigtes en eventuele besmettingshaarden te ontwijken. Een andere verklaring voor de recente stijging in BA-vluchten kan ook liggen in de recente toename in het aantal grotere business jets geregistreerd in Nederland, zoals later weergegeven in figuur 2-13.



Figuur 2-5: Aantal GA-vliegbewegingen per luchthaven in 2022

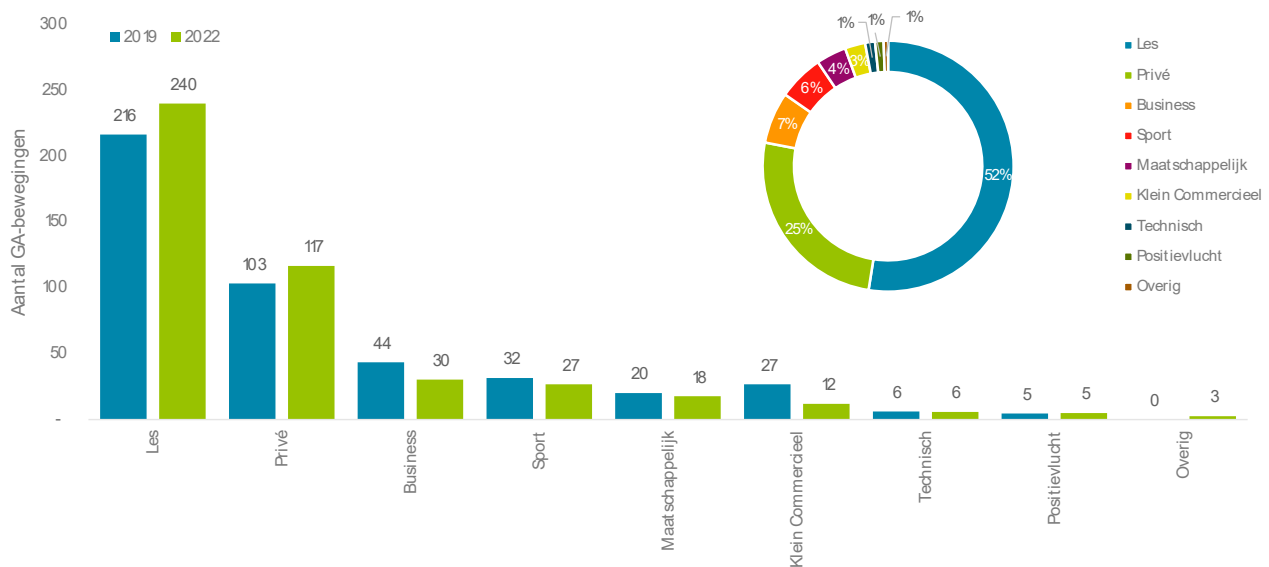
Ondanks het relatief grote aandeel van de GA in vliegbewegingen, is de CO₂ uitstoot van de GA beperkt. Uit een eerste modellering van het vliegverkeer in 2022 volgt dat slechts 1 tot 2% van de totale 10 MtCO₂-uitstoot van vluchten vertrekkend vanaf Nederland wordt veroorzaakt door de GA. Het grote aandeel vliegbewegingen maakt het GA-segment echter wel bij uitstek geschikt om te fungeren als *living lab* voor verduurzaming in het groothandelsverkeer.



Figuur 2-6: Aandeel vliegbewegingen en CO₂ van GA vergeleken met het totaal in 2022

2.4 Verkeersontwikkeling van de diverse GA-segmenten

Zoals eerder is aangegeven, bestaat GA-verkeer uit verschillende activiteiten die kunnen worden onderverdeeld in individuele segmenten. Op basis van een analyse van historische *tower log data* van GA-verkeer uitgevoerd op diverse luchthavens en vliegvelden in Nederland, illustreert figuur 2-7 het aantal GA-vliegbewegingen in 2022 ten opzichte van 2019, het laatste “gangbare” jaar voor COVID-19. De donutdiagram geeft het marktaandeel van ieder segment in 2022 weer.



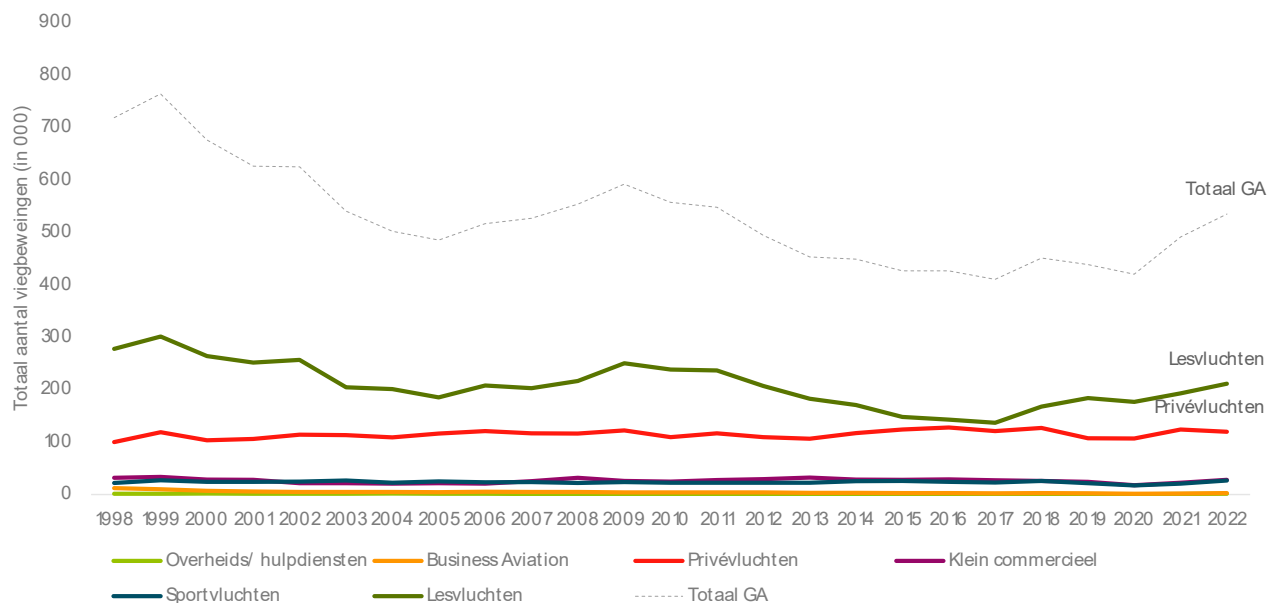
Figuur 2-7: Aantal GA-vliegbewegingen per segment in 2022 t.o.v. 2019 evenals aandeel van ieder segment in 2022

De volgende observaties kunnen gemaakt worden:

- Vluchten met een les- of trainingskarakter vormen veruit de grootste categorie binnen GA en zijn verantwoordelijk voor 240.000 vliegbewegingen. Dit zijn meer dan de helft van alle GA-bewegingen in 2022. Binnen dit segment worden veel *touch and goes* uitgevoerd. Dit zijn veelvoorkomende oefenmanoeuvres waarbij aspirant-vliegers het landen en opstijgen oefenen. Hierdoor bestaat de mogelijkheid dat meerdere vliegbewegingen gegenereerd worden binnen een enkele vlucht. Dit draagt bij aan het aanzienlijke aantal vliegbewegingen van dit segment. Ten opzichte van 2019 kan er een toename in het aantal vluchten in 2022 worden vastgesteld van 11%;
- Privévluchten, vluchten van gebrevetteerde vliegers die geen commercieel karakter hebben en bezoekers van andere vliegvelden met een gehuurd of eigen vliegtuig, zijn, na lesvluchten, de grootste categorie binnen GA. Ze vertegenwoordigen ongeveer een kwart van alle bewegingen. Ook in dit segment is er een toename in het aantal vliegbewegingen in 2022 ten opzichte van 2019 waar te nemen van ongeveer 13%;
- BA is het derde segment binnen GA. BA vertegenwoordigt ongeveer 7% van alle bewegingen. Dit segment heeft een flinke daling meegemaakt ten opzichte van 2019, waarbij het aantal bewegingen in 2022 bijna een derde lager is. Dit kan te maken hebben met een herclassificatie van specifieke vluchten. Het merendeel van de BA-vluchten wordt uitgevoerd vanaf Amsterdam Airport Schiphol (ongeveer 24.000 in 2022) en in mindere mate vanaf Rotterdam-The Hague Airport (2.700 in 2022).

Figuur 2-8 geeft het aantal vliegbewegingen voor de relevante segmenten weer voor de regionale vliegvelden, dus exclusief het verkeer op de luchthavens van nationale betekenis⁴. Daarnaast presenteert de figuur ook het totaal aantal GA-vliegbewegingen.

⁴ CBS-data geeft alleen de onderverdeling van GA-vliegverkeer op de regionale vliegvelden; voor luchthavens van nationale betekenis is deze gedetailleerde informatie niet beschikbaar



Figuur 2-8: Aantal GA-vliegbewegingen per segment op regionale luchthavens

Het is opvallend dat het verloop van het totale GA-verkeer in het algemeen sterk samenhangt met de ontwikkeling van lesvluchten op de regionale vliegvelden. Deze sterke correlatie wordt geïllustreerd in figuur 2-9, die de geïndexeerde ontwikkeling van totaal GA-verkeer en lesvluchten presenteert. Het aantal bewegingen in 1998 is gebruikt als referentiewaarde van 100. Uit deze figuur is duidelijk af te leiden dat de historische ontwikkeling van GA-verkeer sterk overeenkomt met lesverkeer.



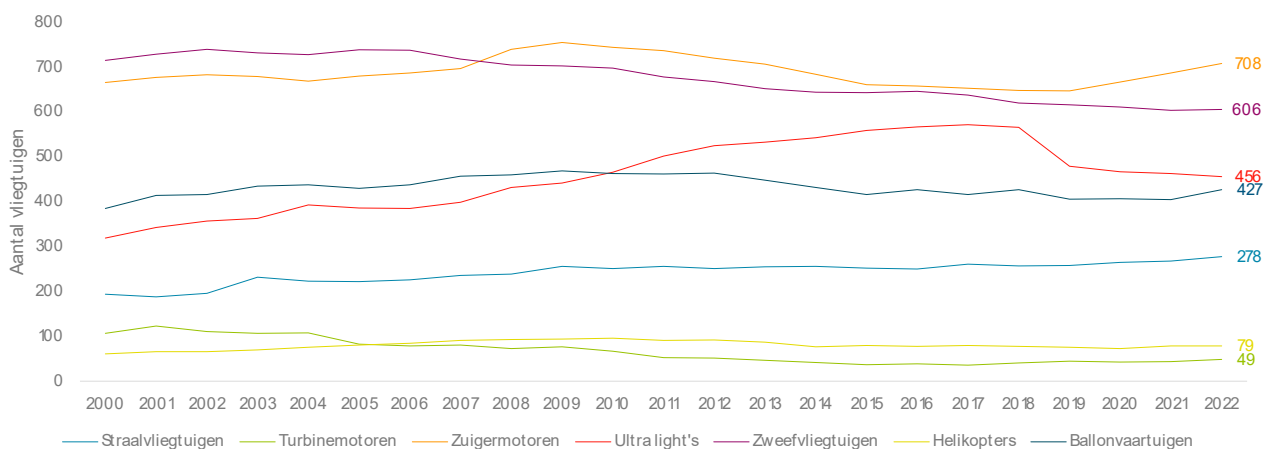
Figuur 2-9: Geïndexeerde ontwikkeling van GA-verkeer en lesvluchten (1998 = 100)

De toename in lesverkeer in de periode tussen 2005 en 2009 is waarschijnlijk gedreven door de dreiging van een mogelijk pilotentekort door de sterke economische groei in die periode en de toenemende vraag naar luchtvervoer. De financiële crisis in 2008 en 2009 heeft de dreiging van een mogelijk pilotentekort tijdelijk weggenomen en juist voor een groot aantal werkloze piloten gezorgd. Dit kan de daling in lesverkeer na 2009 verklaren. Recentelijk zijn de zorgen over een mogelijk pilotentekort weer toegenomen, wat de stijgende lijn sinds 2017 zou kunnen duiden. Tijdens

de coronacrisis is er een toename gesignaleerd in het aantal inschrijvingen bij vliegclubs om lesvluchten te volgen. Op korte termijn is het niet onaannemelijk dat lesverkeer zal toenemen tot de volgende economische teruggang begint.

2.5 Historische en huidige vlootsamenstelling GA

Het luchtvaartuigregister geeft een actueel overzicht van alle luchtvaartuigen die in Nederland geregistreerd zijn. Wanneer een vliegtuig in Nederland geregistreerd is, betekent dit dat het vliegtuig bij de Nederlandse luchtvaartautoriteit, de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT), is ingeschreven en een Nederlands kenmerk heeft gekregen. Dit kenmerk bestaat uit het prefix "PH" gevolgd door een uniek registratienummer. Deze registratie is verplicht voor alle vliegtuigen die in Nederland worden geëxploiteerd, ongeacht hun oorsprong. Het biedt een manier om vliegtuigen te identificeren en te volgen voor regelgevings- en veiligheidsdoeleinden. Volgens dit register staan er in 2023 in Nederland bijna 3.000 luchtvaartuigen geregistreerd. Deze luchtvaartuigen variëren in type van drones en ballonvaartuigen tot de grote commerciële straalvliegtuigen waar luchtvaartmaatschappijen (zoals KLM) passagiers en vracht mee vervoeren. Figuur 2-10 geeft de ontwikkeling weer van de in Nederland geregistreerde vloot sinds 2000 per motortype, exclusief drones. Op de regionale en kleine velden wordt 93% van het GA-vliegverkeer uitgevoerd met een toestel dat in Nederland geregistreerd staat. Echter door bijvoorbeeld de nauwe samenwerking tussen de Nederlandse en Belgische kustwacht, en privébezitters die hun vliegtuigen uit praktische overwegingen in Duitsland geregistreerd hebben, wordt een deel van de vluchten in het maatschappelijke en private segment van GA uitgevoerd door vliegtuigen uit andere landen.



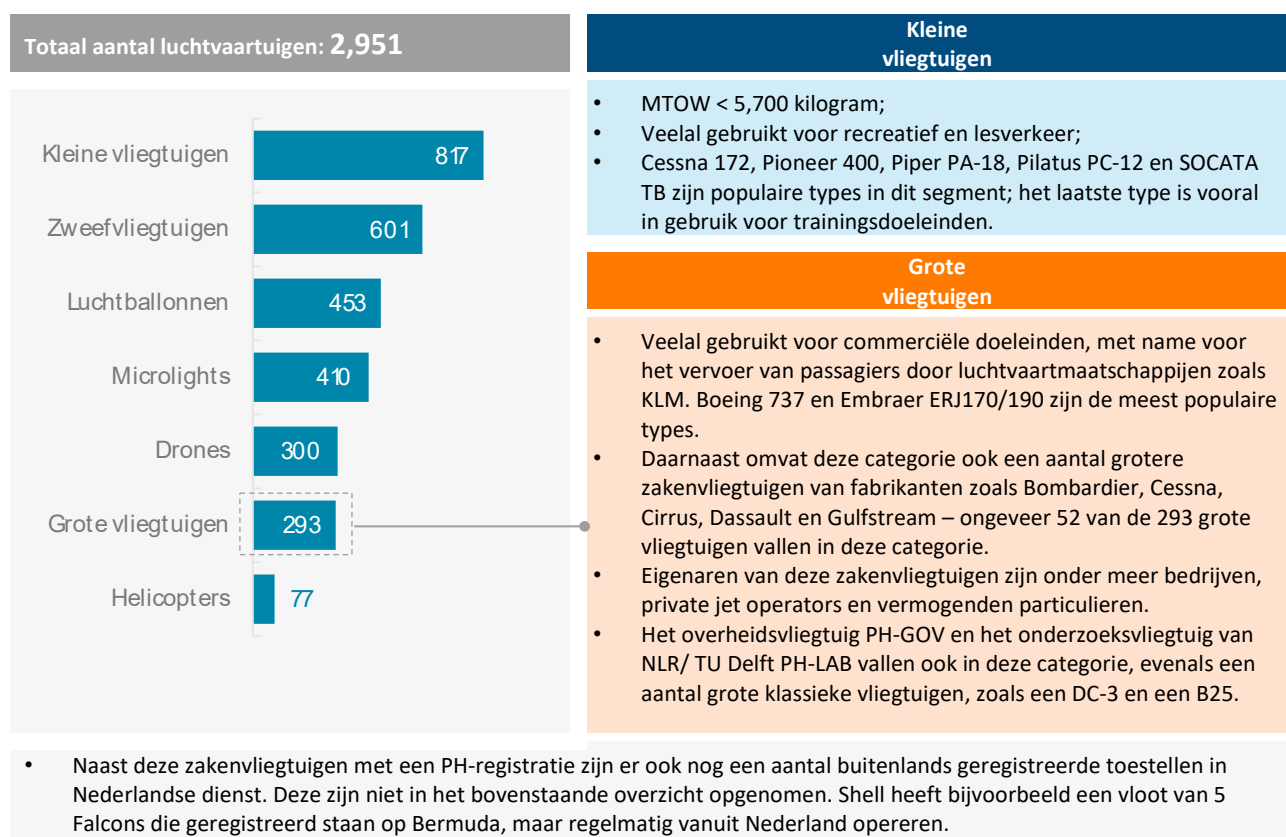
Figuur 2-10: Vlootontwikkeling in Nederland sinds 2000

Over de afgelopen periode van ruim twintig jaar heeft het totaal aantal luchtvaartuigen, exclusief drones, een bescheiden toename geboekt van 2.447 luchtvaartuigen in 2002 tot 2.603 in 2022:

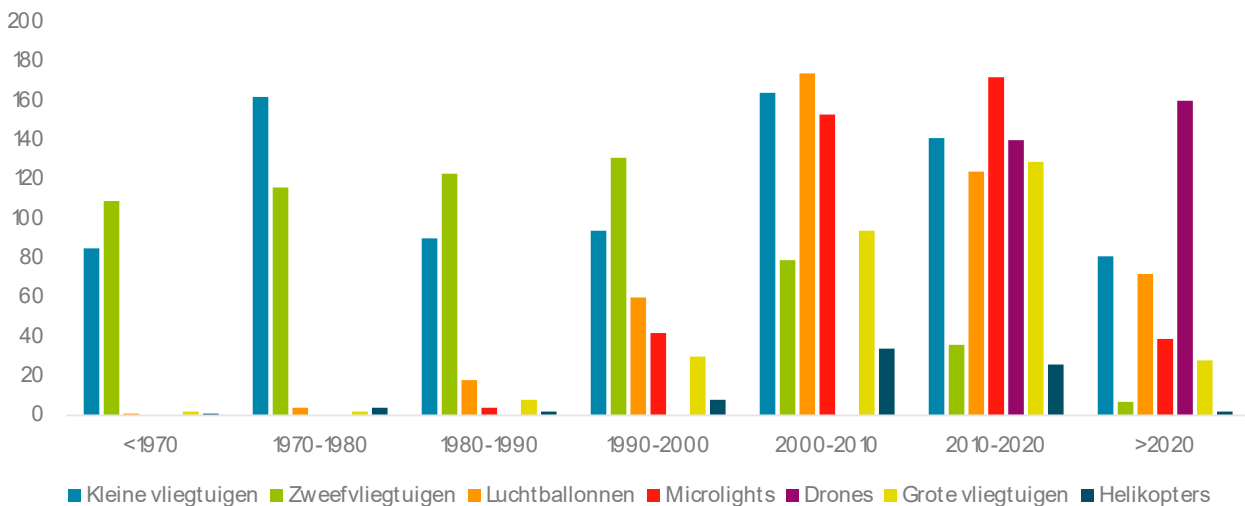
- Het aantal vliegtuigen dat gebruik maakt van zuigermotoren, heeft in de afgelopen twintig jaar een golfpatroon ondergaan. Het totaal aantal vliegtuigen heeft uiteindelijk slechts een bescheiden groei ondergaan;
- Het aantal zweefvliegtuigen is geleidelijk afgenomen;
- De populariteit van *ultralight*-luchtvaartuigen is in de afgelopen decennia sterk toegenomen. Het is de meest betaalbare vorm van recreatief vliegen. 2019 zag een sterke daling van het aantal *Micro Light Airplanes* (MLA) en deze daling heeft zich afgelopen jaren, in mindere mate, doorgezet;
- Het aantal ballonvaartuigen en helikopters is redelijk constant gebleven;

- De categorie straalvliegtuigen is geleidelijk toegenomen sinds 2000. Zoals eerder aangegeven bestaat het merendeel van deze categorie uit grote vliegtuigen die bestemd zijn voor de commerciële luchtvaart (buiten scope van dit onderzoek). Daarnaast omvat het ook in mindere mate zakenvliegtuigen en privéjets;
- Vliegtuigen met turbinemotoren vormen de kleinste categorie luchtvaartuigen op basis van motortype;
- Sinds 2022 zijn ook de eerste elektrische vliegtuigen in Nederland gestationeerd.

Figuur 2-11 geeft de vloot in Nederland in 2022 weer, onderverdeeld per type luchtvaartuig. Meer dan een kwart van de geregistreerde luchtvaartuigen is een klein vliegtuig, bijvoorbeeld van het type Cessna 172. Hoewel het totaal aantal zweefvliegtuigen geleidelijk aan het dalen is, is het nog steeds de op één na grootste groep luchtvaartuigen met een aandeel van ongeveer 20% van alle geregistreerde luchtvaartuigen. Luchtballonnen en *microlight*-luchtvaartuigen hebben een vergelijkbaar aandeel rond de 14% tot 15%. Drones en grote vliegtuigen (inclusief de grotere *business jets*) vertegenwoordigen allebei rond de 10%.



Figuur 2-11: Vloot in Nederland in 2022 onderverdeeld per type luchtvaartuig

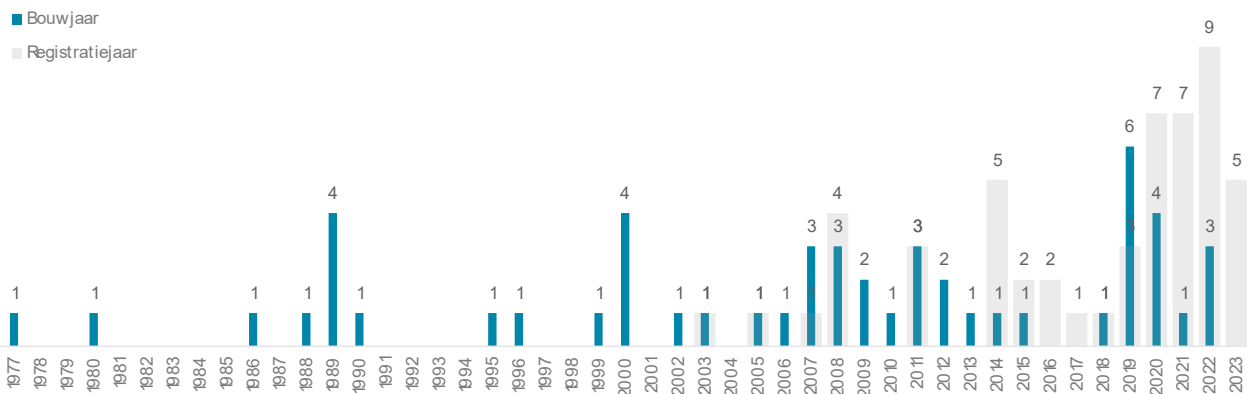


Figuur 2-12: Onderverdeling vloot naar leeftijdscategorie

In figuur 2-12 is de vloot van luchtvaartuigen in Nederland weergegeven per introductiedecennium. De gemiddelde vloot van luchtvaartuigen geregistreerd in Nederland is in 2022 ongeveer 21 jaar; per type luchtvaartuig zijn er echter aanzienlijke verschillen te onderscheiden:

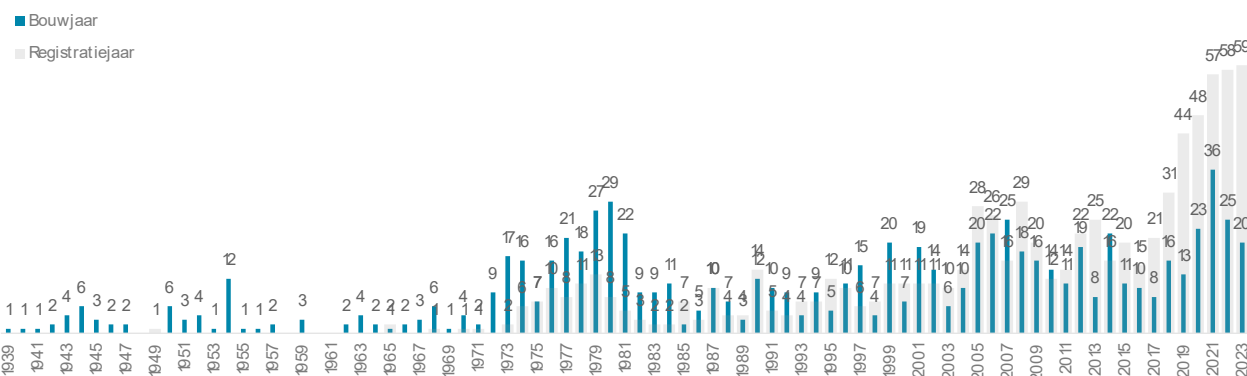
- Hoewel drones al langere tijd voor militaire doeleinden werden gebruikt, kwamen de eerste betaalbare modellen voor consumenten rond 2013 op de markt. Sindsdien is het aantal drones in Nederland sterk toegenomen. De gemiddelde leeftijd van een drone in Nederland is ongeveer 2 jaar;
- Het aantal MLAs nam pas met name in het begin van deze eeuw een vlucht en de jaren daarna. Het gevolg is een relatief jonge gemiddelde leeftijd van ongeveer 13 jaar;
- Ook de vloot luchtballonnen en grote vliegtuigen heeft een gemiddelde leeftijd van rond de 13 tot 14 jaar. Wat betreft de laatste categorie wordt de vlootvernieuwing met name gedreven door een kortere economische levensduur en financiële prikkels om de vloot tijdig te vernieuwen door zuinigere en onderhoudsvriendelijke vliegtuigtypes;
- Deze noodzaak is minder sterk aanwezig bij kleine vliegtuigen en zweefvliegtuigen, wat deels de relatief hoge gemiddelde leeftijd van 29 en 37 jaar respectievelijk verklaart;
 - Zweefvliegtuigen genieten het voordeel dat ze in het algemeen geen motorische bewegende onderdelen bevatten. Dit verhoogt de technische levensduur van het vliegtuig, en drukt de onderhoudskosten;
 - Hoewel andere onderdelen, zoals de motor, eerder vervangen dienen te worden, kan de technische levensduur van een frame van een GA-luchtvaartuig 20.000 tot 30.000 vlieguren overschrijden. Dit komt overeen met een periode van 40 tot 60 jaar bij een gemiddeld jaarlijks gebruik van 500 uur.

Figuur 2-13 illustreert de leeftijdsverdeling van de grotere business jets. Er is de laatste jaren een groeiend aantal business jets in Nederland geregistreerd, waarvan het merendeel eerder een andere eigenaar hadden. In 2022 bijvoorbeeld, zijn 9 vliegtuigen geregistreerd waarvan er 3 nieuw van de productielijn zijn gekomen; de overige 6 zijn eerder gefabriceerd en hadden een eerdere eigenaar. Sinds 2019 zijn er 31 business jets in Nederland geregistreerd. Dat is meer dan de helft van de huidige vloot van 52. *Dassault* voert de boventoon met 16 vliegtuigen, gevolgd door *Cessna* met een gecombineerde vloot van 13 vliegtuigen.



Figuur 2-13: Onderverdeling vloot grotere business jets naar bouwjaar en registratiejaar

Figuur 2-14 geeft een vergelijkbaar overzicht van het bouwjaar en registratiejaar van kleine vliegtuigen met een maximum startgewicht lager dan 5.700 kilogram.



Figuur 2-14: Onderverdeling vloot kleinere vliegtuigen naar bouwjaar en registratiejaar

Ook deze categorie vliegtuigen kent in de afgelopen jaren een sterke toename in het aantal geregistreerde vliegtuigen. De afgelopen 3 jaar zijn er jaarlijks bijna 60 vliegtuigen bijgeschreven in het Nederlands luchtvaartregister, waaronder:

- 24 vliegtuigen van fabrikant *Cessna* (inclusief Reims Aviation);
- 23 vliegtuigen van *Diamond Aircraft Industries*, voornamelijk van het type *DA40*;
- 12 vliegtuigen van *Piper Aircraft*;
- *Pipistrel Velis Electro*: het tot nu toe enige gecertificeerde elektrische vliegtuig;
- Groot aantal zelfbouwvliegtuigen, vliegtuigen die door een individu of een groep personen wordt gebouwd, meestal als een hobbyproject. Deze vliegtuigen worden vaak gebouwd met behulp van bouwpakketten (kits) die door gespecialiseerde fabrikanten worden geleverd.

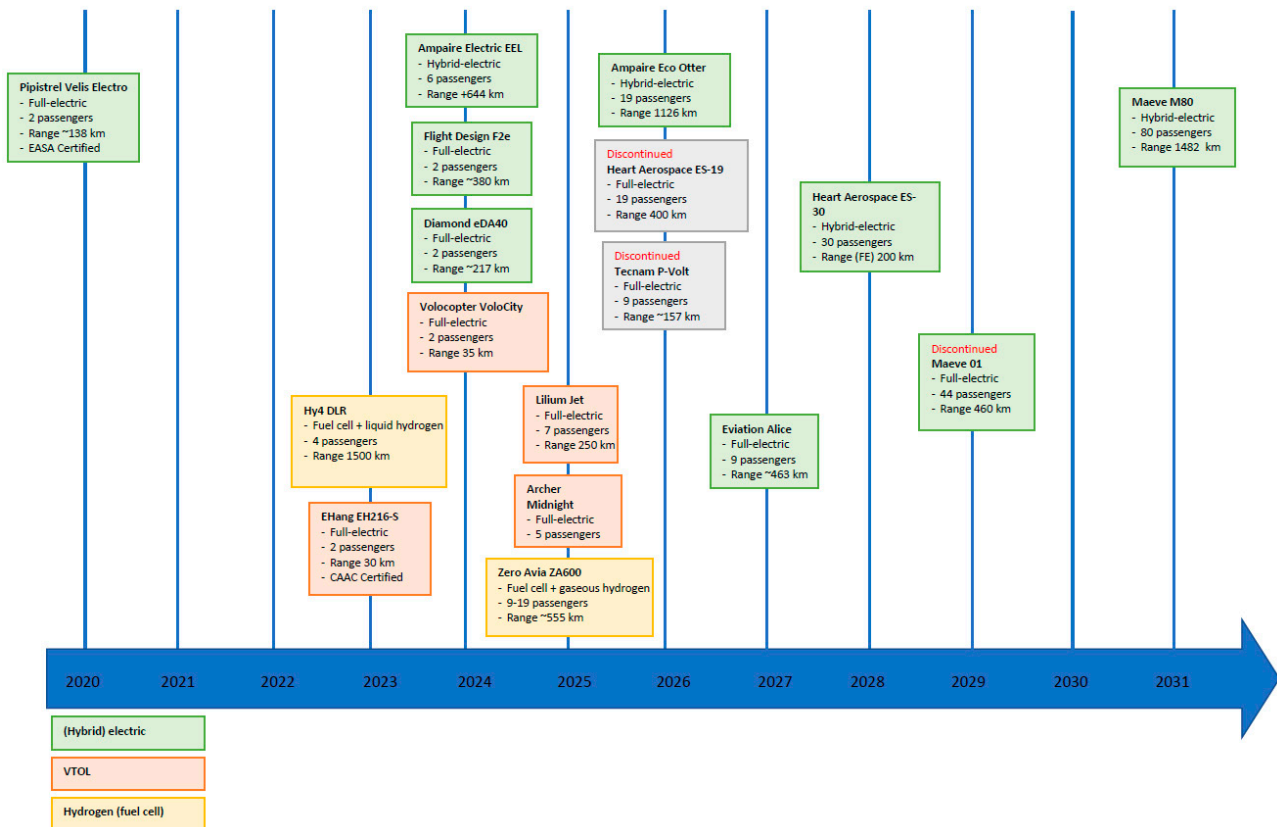
3 Toekomstige ontwikkelingen General Aviation vloot

In dit hoofdstuk wordt gekeken naar de toekomstige ontwikkelingen van de GA-vloot. Eerst wordt een overzicht gegeven van de verwachte marktintroducties in hoofdstuk 3.1. Dit wordt opgevolgd met de toekomstige marktontwikkeling van GA in hoofdstuk 3.2.

3.1 Verwachte marktintroducties

Om klimaatneutrale luchtvaart mogelijk te maken, zijn radicale innovaties zoals nieuwe voortstuwingstechnologieën, vliegtuigontwerpen en alternatieve brandstoffen van belang. De toepassing van (hybride)elektrische vliegtuigen (1), waterstofvliegtuigen (2) en het verduurzamen van helikopters en verticaal opstijgen en landen (VTOL) (3). Daarnaast dragen ook het gebruik van Sustainable Aviation Fuels (SAF) (4) en retrofitten van bestaande vliegtuigen (5) bij aan de verduurzaming van GA.

In dit hoofdstuk worden de verwachte technologische ontwikkelingen en marktintroducties van alternatieve brandstoffen voor GA in kaart gebracht. De verwachte introducties zijn gebaseerd op de informatie die producten van de verschillende nieuwe vliegtuigtypen naar buiten brengen. Fabrikanten hebben echter de neiging om optimistische tijden naar de markt te voorspellen om financiering en kapitaal aan te trekken. Certificering van een retrofit-vliegtuig duurt doorgaans 2-5 jaar (*supplement type certificate*) en voor een nieuwbouwvliegtuig 7-10 jaar. In de praktijk is het dus realistisch dat de benoemde vliegtuigen in figuur 3-1 op een later moment pas op de markt wordt uitgebracht. De tijdlijn geeft de verwachte conceptintroducties, vliegbereik en aantal passagiers weer zoals vliegtuigontwikkelaars deze hebben benoemd. Verdere toelichting per voortstuwingstechnologie en alternatieve brandstoffen worden in de subhoofdstukken gegeven.



Figuur 3-1: Verwachte technologie introducties GA

3.1.1 (Hybride) elektrische vliegtuigen

(Hybride) elektrische vliegtuigen worden gezien als vervangend duurzaam type voor de kleine luchtvaartuigen. Door het gelimiteerde aantal passagiersplekken en gelimiteerde afstands bereik, zullen elektrische vliegtuigen niet of nauwelijks van toepassing zijn op commerciële luchtvaart. Momenteel zijn er meer dan honderd elektrische vliegtuigprojecten gestart waar er gekeken wordt naar de technologische ontwikkelingen van het vliegtuig, batterijen en andere onderdelen. Het gebruik van groene, duurzame energie zal de CO₂-uitstoot van een (hybride)elektrisch vliegtuig reduceren. Bij een hybride-elektrisch vliegtuig is de emissiereductie afhankelijk van de batterijcapaciteit ten opzichte van het gebruik van kerosine. Bij een elektrisch vliegtuig zal de uitstoot dalen tot zero emissies tijdens het vliegen.

Er is naar verwachting veel toekomst voor elektrisch vliegen, maar wel voor een beperkt aantal toepassingen. Zo kunnen lesvluchten in de nabije toekomst (circa 2030) volledig elektrisch uitgevoerd worden, omdat deze vaak met kleinere vliegtuigen en voor kleinere afstanden, tussen 100-300km, gebruikt worden. In de verdere toekomst (circa 2050) is de verwachting dat (hybride)elektrische vliegtuigen worden ingezet om meer passagiers te vervoeren over een kortere afstand tot maximaal 1000 km, bijvoorbeeld met een business jet van Nederland tot Duitsland. Ook enkele specifieke toepassingen kunnen worden uitgevoerd met (hybride)elektrische vliegtuigen. Een interessante toepassing is bijvoorbeeld bij *skydiving*; Hierbij worden grotere hoeveelheden mensen vervoerd maar hoeft het toestel telkens maar éénmalig te klimmen en weer te dalen.

Tot op heden is de *Pipistrel Velis Electro* het enige gecertificeerde vliegtuig dat op de markt is gebracht. Dit volledig elektrisch tweepersoons vliegtuig is gecertificeerd door EASA volgens de 'Type Certification' in 2020 en wordt voornamelijk gebruikt voor piloottrainingen. In Nederland zijn al enkelen van dit type vliegtuig aangekocht en in gebruik door onder andere E-flight Academy op Teuge Airport en het Koninklijke NLR. Het vliegtuig heeft een bereik van 60 minuten vliegen inclusief landingstijd. In de nabije toekomst zullen meer volledig elektrische GA-vliegtuigen volgen, zoals de *F2e* van *Flight Design* en *eDA40* van *Diamond Aircraft Industries*. De ingebruikname wordt verwacht in 2024.

Tot 2025 worden er meerdere kleine (hybride)elektrische vliegtuigen op de markt verwacht. De *Ampaire EEL*, *Bye Aerospace eFlyer 2* en *4* zijn hier voorbeelden van. Deze vliegtuigen kunnen voor dezelfde doeleinden (voornamelijk piloottrainingen) gebruikt worden. De introductie van volledig elektrische negen en negentien-zitters staat gepland voor 2030. Op langere termijn (richting 2050) worden er grotere batterijcapaciteiten en meer passagiersaantallen verwacht voor elektrische vliegtuigen. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de toepassing van (hybride) elektrische vliegtuigen in de vlootvernieuwing afhankelijk is van de luchthaveninfrastructuur, voldoende (duurzame) energievoorzieningen en vernieuwde veiligheidseisen (buiten scope van dit onderzoek).

Er staan ook grotere volledig elektrische business jets (BA) op de planning, zoals de *Eviation Alice*. Dit type vliegtuig kan negen passagiers vervoeren tot een range van 815 kilometer. De tijdlijn voor dit vliegtuig is nog enigszins onzeker. Volgens de producent wordt dit vliegtuigtype richting 2030 op de markt geïntroduceerd. Het bereik van deze vliegtuigen is sterk afhankelijk van de specificaties van de batterij (zoals specifieke energie, vermogen en dichtheid). Daarom wordt ook ingezet op hybride-elektrisch vliegen. De combinatie van vliegen met conventionele kerosineverbrandingsmotoren en elektrische motoren, kan het vliegbereik significant vergroten in vergelijking met een volledig elektrisch alternatief. Hybride-elektrische concepten van *Maeve*, *Ampaire* en *Heart Aerospace* worden voorzien tussen 2024 en 2031. De sterke afhankelijkheid van de batterijspecificaties wordt geïllustreerd door het stopzetten van enkele volledig elektrische vliegtuigconcepten zoals *Heart Aerospace ES-19*, een volledig elektrisch business jet met negentien passagiers en de *Tecnam P-Volt*, een volledig elektrische negenzitter. Het is daarom de verwachting dat batterij-elektrisch vliegen met name toegepast zal worden in kleine GA-vliegtuigen, die in de nabije toekomst in gebruik genomen worden. De toepassing van hybride systemen voor BA wordt in de nabije toekomst verwacht. Volledig elektrisch vliegen is in dit segment (nog) niet op korte termijn mogelijk. Grotere elektrische of hybride BA-toestellen voor lange afstanden lijken nog niet haalbaar. Voor verduurzaming in dit segment zijn duurzame brandstoffen zoals Sustainable Aviation Fuels (SAF) de beste oplossing.

Een belangrijke kanttekening die gemaakt moet worden, is de verwachting in kosten voor elektrisch vliegen. Uit interviews uitgevoerd voor dit onderzoek is gebleken dat momenteel elektrisch vliegen nog niet financieel aantrekkelijk is. Verzekeringen zijn duur omdat de technologie nog relatief nieuw is voor vliegtuigen en batterijen moeten nog veelvuldig vervangen worden. Deze extra kosten, in combinatie met beperkte vliegbereik en vliegduur van de elektrische vliegtuigen, kan een knelpunt zijn voor bijvoorbeeld vliegscholen om (op dit moment) over te stappen op elektrisch vliegen. Verder moet de luchthaven infrastructuur aangepast zijn om voldoende beschikbare laadmogelijkheden te bieden.

3.1.2 Waterstof-elektrische vliegtuigen

Voor de ontwikkeling van waterstofvliegtuigen zijn er ambitieuze marktpartijen. Momenteel is er nog geen commerciële toepassing voor vliegen op waterstof en daarnaast is het certificeren van deze nieuwe technologie een

groot verwacht knelpunt. Dit kan de *entry into service* (EIS) die worden benoemd door vliegtuigfabrikanten vertragen. Het introduceren gaat volgens de verwachting alleen in een geleidelijk proces waarbij eerst kleinere toestellen beoogd worden. Naast de ontwikkeling van deze technologie is het ook van belang dat luchthavens zich voorbereiden op het nieuwe type brandstof door middel van de juiste infrastructurele aanpassingen en veiligheidseisen.

Waterstof kan op verschillende manieren geproduceerd worden. Bij de opwekking van grijze waterstof (1) komt nog steeds CO₂ vrij omdat er gebruik wordt gemaakt van olie, gas of steenkool. Blauwe waterstof (2) wordt met dezelfde grondstoffen opgewekt maar CO₂ wordt hierbij opgevangen en opgeslagen onder de grond. De meest duurzame variant, groene waterstof (3), wordt geproduceerd met het gebruik van groene energie en draagt daarmee bij aan de verduurzaming van de kleine luchtvaart. Deze vorm van waterstof is nog maar beperkt beschikbaar en daardoor relatief prijzig. Een tussenoplossing is blauwe waterstof. Deze waterstof wordt net als grijze waterstof opgewekt door olie, gas of steenkool, maar bij de productie wordt de CO₂-uitstoot opgevangen en opgeslagen waardoor het beter is voor milieu. Op langere termijn wordt verwacht dat de beschikbaarheid van groene waterstof toeneemt en door grotere productiecapaciteiten is de verwachting dat de prijs zal afnemen.

In de nabije toekomst worden aanzienlijke technologische ontwikkelingen verwacht op het gebied van waterstof-brandstofcellen. De vermogensdichtheden nemen aanzienlijk toe. Er valt ook nog veel winst te halen in het verhogen van de energie-efficiëntie bij de systemen die de brandstofcel moeten ondersteunen, ook genoemd de 'balance of plant'. Innovatie in de opslag van waterstof speelt ook een belangrijke rol. Verbeteringen in de efficiëntie worden verwacht in de gravimetrische index van een waterstoftank. Er is winst te behalen wanneer er op vloeibaar waterstof wordt gevlogen, in vergelijking met de huidige gasvormige tanks in de industrie.

Er is nog geen commerciële toepassing van vliegen op waterstof. Er zijn wel meerdere veelbelovende demonstratievliegtuigen onderzocht. In 2023 vloog de *Hy4* van de *German Aerospace Center* (DLR) met een door vloeibare waterstof aangedreven bemande elektrische vlucht. *ZeroAvia*, een producent voor brandstofcellen onderzoekt de mogelijkheden om bestaande kerosinevliegtuigen te retrofitten met een waterstofbrandstofcel. *ZeroAvia* heeft in 2023 gevlogen met een *Dornier 228 retrofit demonstrator*. *ZeroAvia* verwacht in 2025 de brandstofceltechnologie op gasvormige waterstof klaar te hebben voor commerciële vliegtuigen met een capaciteit tussen 9-19 passagiers. Dit vliegtuig heeft een verwacht bereik van 555km. Met de doorontwikkeling van dit *ZeroAvia* type vliegtuig, verwacht het bedrijf in 2027 een waterstofvliegtuig op de markt te brengen voor 50 tot 90 passagiers met een bereik van 1852 km⁵. Het bereik van waterstofvliegtuigen zal hoger liggen dan het bereik van elektrische vliegtuigen waardoor deze technologie gebruikt kan worden voor vluchten op middellange afstanden.

3.1.3 Helikopters en VTOL

Elektrische voortstuwing opent ontwerpruimte voor *Vertical Take-Off and Landing* (VTOL) vliegtuigen met concepten zoals gedistribueerde elektrische voorstuwing en nieuwe benaderingen van VTOL op vleugels. Dit zien we terug in de concepten van *Volocopter*, *Lilium* en *Archer*. Van deze innovatieve elektrische VTOL-toestellen vliegen momenteel al enkele prototypes. De verwachting is dat deze toestellen in dienst treden in 2024-2025. Daarnaast worden er studies gedaan zoals de *Airbus PioneerLab* naar de implementatie van (hybride)-elektrische voortstuwingssystemen in conventionele helikopters. Dit type studies hebben als doel om de prestaties van elektrische motoren te verbeteren, waarbij verduurzaming een bijkomstigheiddoel is.

⁵ <https://zeroavia.com/>, retrieved at 11-11-2023.

Voor helikopters en VTOL-vliegtuigen wordt een onderscheid gemaakt in de verwachte marktintroducties tussen utiliteitsdoeleinden en privédoeleinden. VTOL-vliegtuigen worden in grote mate ingezet voor transport- en utiliteitsdoeleinden zoals traumahelikopters, politievluchten en boorplatformvluchten. De missies die worden uitgevoerd kunnen uitdagend zijn vanwege de slechte vliegomstandigheden. De verwachting is dat deze taken in eerste instantie (circa 2030) zullen worden verduurzaamd door het gebruik van SAF. Hierdoor kan er snel en efficiënt worden verduurzaamd met minimale aanpassingen, zonder verlies van vliegprestaties. Rond 2050 wordt het zeker mogelijk geacht om met elektrische VTOLs utiliteitsoperaties uit te voeren. Zo kijken bijvoorbeeld *Volocopter* en *ADAC* naar de mogelijkheden om traumahelikopteroperaties uit te voeren met elektrische VTOLs. Er wordt echter verwacht dat het elektrificeren van VTOL eerst zal plaatsvinden in privétransport en passagierstransport, en pas later voor de utiliteitsdoeleinden.

3.1.4 Toepassing van SAF

Het verduurzamen van GA zal net als bij commerciële luchtvaart bestaan uit een combinatie van verschillende technologieën die over verschillende tijdperiodes worden geïntroduceerd. Voor GA-vliegtuigen die toegepast worden op lange afstanden, zal de overstap naar elektriciteit of waterstof niet toereikend zijn. Hierbij is de toepassing van SAF van belang. De huidige verbrandingsmotoren kunnen worden gebruikt om te vliegen op SAF. Momenteel is elk Europees vliegtuig gecertificeerd om op 50% SAF en 50% kerosine te vliegen. Wanneer een vliegtuig al op Jet-A1 vliegt, kan het bijmengen plaatsvinden zonder aanpassingen aan het vliegtuig. Hierdoor is het relatief snel op te schalen. De productievolumes van SAF zijn op dit moment echter niet groot genoeg om op grote schaal toe te passen.

Echter is het technisch niet haalbaar om SAF met avgas en mogas te mengen. Aangezien de kleinere GA-toestellen op deze typen brandstof vliegen, betekent dit dat SAF voornamelijk toepasbaar is voor BA.

3.1.5 Retrofitten van bestaande vliegtuigen

Retrofitten van bestaande vliegtuigen komt vaker voor bij GA-vliegtuigen waarbij onderdelen worden vervangen door nieuwere (en vaak ook duurzamere) onderdelen. Het is ook mogelijk om bestaande vliegtuigen te retrofitten met nieuwe voorstuwingsmethoden, om zo op een snelle manier te kunnen verduurzamen. Retrofits worden momenteel al voorzien voor (hybride)elektrische vliegtuigen (zie hoofdstuk 3.2.1) of waterstofbrandstofcellen (zie hoofdstuk 3.2.2). Echter is niet elk type vliegtuig geschikt om te retrofitten, bijvoorbeeld vanwege ongunstige impact op de gewichtsverdeling van een toestel. Daarnaast zal het extra gewicht van de nieuwe voortstuwing effect hebben op de vliegduur van een vliegtuig (vooral van toepassing op batterijen), waardoor retrofitten voornamelijk in aanmerking komt voor vliegtuigen die worden gebruikt op korte afstanden.

In bovenstaande subhoofdstukken wordt vaker benoemd dat het nog onzeker is wanneer nieuwe vliegtuigtypen op de markt beschikbaar zijn. Daarom wordt er verder in dit rapport gesproken van eerste, tweede en latere generatievliegtuigen. Voor (hybride) elektrische vliegtuigen zijn eerste generatievliegtuigen al op de markt (bv. *Velis Electro*). Vanaf 2025 wordt een tweede generatie verwacht tot 2030, waarna de latere generatievliegtuigen op de markt worden gebracht. Voor VTOLs zal de eerste generatie tot 2030 verwacht worden met hierna de latere generatie VTOLs. Waterstofvliegtuigen worden pas vanaf 2035 op de markt verwacht. Vanaf 2040 wordt een latere generatie verwacht. Zoals op het moment zichtbaar is bij de eerste generatie elektrische vliegtuigen, worden eerste generatie vliegtuigen niet optimaal geadopteerd door marktpartijen. De adoptie van latere generatievliegtuigen zal toenemen.

Dit zal nader toegelicht worden in het hoofdstuk 4.2.2. Het is van belang om de verwachte marktintroducties en adoptiesnelheid tussentijds te blijven monitoren.

3.2 Toekomstige verkeersontwikkeling GA

Om het verduurzamingstraject van de sector in kaart te brengen, wordt eerst de verwachte verkeersontwikkeling van GA in kaart gebracht in hoofdstuk 3.2.1. Dit geeft inzicht in het totaal aantal GA-bewegingen dat verwacht kan worden tot 2050 op basis van historische trends en marktontwikkelingen. **In deze analyse zijn nog geen specifieke verduurzamingsopties of beleidsmaatregelen verwerkt.** Het geeft enkel inzicht in de manier waarop verschillende segmenten en gerelateerde vliegbewegingen zich zouden kunnen ontwikkelen op basis van de onderliggende factoren die de vraag beïnvloeden. Deze factoren worden in de subhoofdstukken verder toegelicht.

In de tweede stap wordt voor ieder segment een verduurzamingstraject uitgewerkt, waarbij per segment beschouwd wordt welke duurzame energiedrager het meest geschikt is en hoe het transitiepad zich zou kunnen ontwikkelen. De volgende elementen zijn meegenomen in dit scenario:

- Technologische ontwikkelingen;
- Verwachte marktintroducties van duurzame brandstoffen en energiedragers;
- Ambities van marktpartijen en mogelijkheden om te verduurzamen (verzameld tijdens interviews).





In dit verduurzamingsscenario, het zogenaamde *business-as-usual* scenario, worden enkel de *huidige* beleidsmaatregelen en doelstellingen meegenomen. Dit wordt nader toegelicht in hoofdstuk 3.2.2.

3.2.1 Verwachte verkeersontwikkeling GA

Zoals eerder aangegeven, wordt in dit hoofdstuk eerst gekeken naar het aantal vliegbewegingen dat in de toekomst kan worden verwacht op basis van historische trends en de ontwikkeling van factoren die de onderliggende vraag beïnvloeden. Bij commercieel passagiersvervoer uitgevoerd door luchtvaartmaatschappijen zoals KLM, wordt de vraag sterk beïnvloed door socio-economische ontwikkelingen. Echter is deze relatie minder uitgesproken in het geval van GA. Dit komt met name door de diversiteit aan activiteiten, eigenaren en gebruikers van de GA-vloot.

Aan de hand van figuur 2-3 'Historisch overzicht van GA-vliegbewegingen op luchthavens en vliegvelden in Nederland' in hoofdstuk 2 kan ook afgeleid worden dat er geen directe en eenduidige relatie bestaat tussen de ontwikkeling van GA-verkeer en economische ontwikkeling: hoewel de Nederlandse economie een stijging doorgemaakt heeft sinds eind jaren '90, is het aantal GA-vliegbewegingen afgenomen over dezelfde historische periode. In tijden van laagconjunctuur, zoals tijdens de economische crisis in 2008 en 2009, kan ook een stijging van GA-verkeer waargenomen worden die tegen de trend van een dalende economie ingaat. Zoals eerder genoemd, kan deze stijging echter worden verklaard door een toename in lesverkeer om een mogelijk tekort aan piloten weg te werken, onder andere veroorzaakt door een toename in de vraag naar luchtvervoer door de sterke economische groei in de voorafgaande periode.

Voor ieder segment is er een aantal factoren vastgesteld worden waarvan redelijkerwijs aangenomen kan worden dat deze de verkeersontwikkeling van de verschillende segmenten in de toekomst gaan beïnvloeden. Dit is te zien in figuur 3-2. In Appendix A is een onderbouwing te vinden voor de verwachte marktontwikkeling van BA.

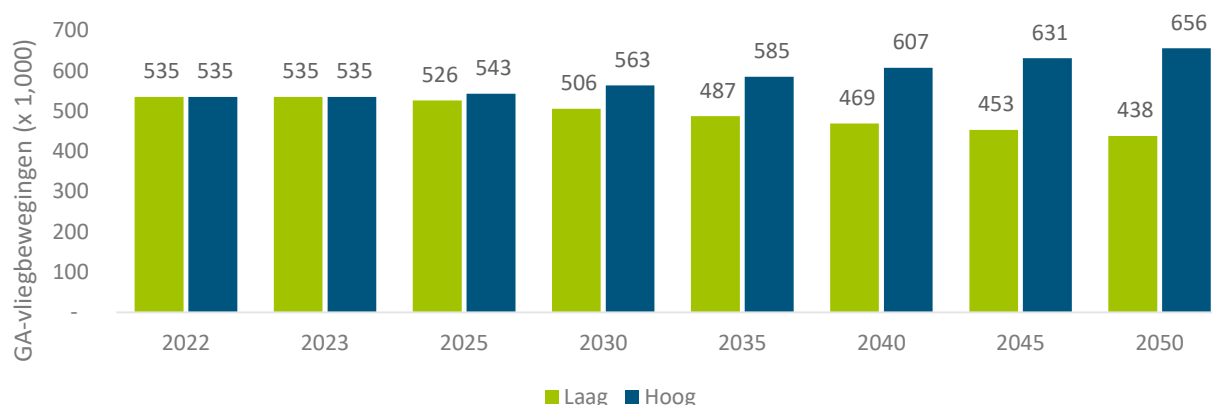
	 Algemene karakteristieken	 Historische trends	 Toekomstverwachtingen	 Belangrijkste groeifactoren
Lesverkeer	<p>In Nederland worden op de verschillende luchthavens diverse opleidingsprogramma's aangeboden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • KLS Flight Academy op Groningen Airport Eelde is het opleidingsinstituut van de KLM; op Eelde is tevens het European Flight Training Center gevestigd dat verschillende opleidingsprogramma's aanbiedt. • AIS Flight Academy en Wings over Holland op Lelystad bieden een aantal opleidingsprogramma's aan, waaronder ATPL. • Daarnaast worden er op de Nederlandse luchthavens en vliegvelden ook opleidingsprogramma's voor recreatieve vliegers aangeboden. Seppe, Teuge, Budel, Hilversum zijn regionale vliegvelden waar frequent lesvluchten gevlogen worden. • Op Teuge is de E Flight Academy gevestigd die een deel van het lesprogramma uitvoert met elektrische vliegtuigen 	<ul style="list-style-type: none"> • Op basis van een analyse van CBS-data is het aantal lesvluchten op de regionale vliegvelden weer aan het toenemen, na een dip in 2017. In 2022 werden er ruim 200.000 lesvluchten uitgevoerd, wat aanzienlijk meer is dan de 145.000 lesvluchten uitgevoerd in 2016. Desalniettemin is het aantal lesvluchten nog significant later ten opzichte van eind jaren 90, toen er ongeveer 300.000 lesvluchten uitgevoerd werden. • Lesvluchten op Rotterdam zijn afgelopen jaren vrij constant gebleven; terwijl het aantal lesvluchten op Eelde aanzienlijk gestegen is sinds 2019. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sinds vorig jaar neemt de KLM weer in hoog tempo afgestudeerde verkeersvliegers aan om te voorzien in de groeiende vraag aan piloten, veroorzaakt door vergrijzing van het huidige pilotenbestand, toenemende vraag naar luchtvervoer, strengere eisen voor het aantal benodigde vliegen voor het verkrijgen van een brevet en ingekrompen pilotenbestand tijdens COVID-19. • Ook de internationale consultant Oliver Wyman² verwacht een tekort aan commerciële piloten wereldwijd. Hoewel andere regio's dringender behoefte hebben aan nieuwe piloten dan Europa, is het probleem nog steeds aanwezig en zullen de zorgen toenemen richting 2030. 	<ul style="list-style-type: none"> • Voor de commerciële opleidingsprogramma's zal de verwachte vlootuitbreiding en verkeersgroei in Europa een belangrijke factor zijn. • De opleidingsprogramma's tot sportvlieger worden met name gedreven door economische en demografische factoren, zeker wanneer in acht genomen wordt dat een opleidingsprogramma al snel tussen de Euro 15.000 en 20.000 euro bedraagt.
Privévluchten	<ul style="list-style-type: none"> • Alle vluchten van gebrevetteerde vliegers die geen commercieel karakter hebben. • Ook bezoekers van andere vliegvelden met een gehuurd of eigen vliegtuig vallen onder deze categorie 	<ul style="list-style-type: none"> • Op de regionale vliegvelden is het totaal aantal privévluchten gegroeid van ongeveer 100,000 in 1998 tot rond de 120.000 in 2022. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gezien de trends van de afgelopen jaren geen significante groei verwacht in dit segment • Conjunctuurgevoelig 	<ul style="list-style-type: none"> • Demografische (met name bevolkingsgroei) en economische (zoals besteedbaar inkomen) indicatoren.
Business Aviation	<ul style="list-style-type: none"> • Vluchten van beroeps- of privévlieger met zakelijk karakter. • Hieronder vallen ook taxivluchten. 	<ul style="list-style-type: none"> • Op de regionale vliegvelden is het aantal vluchten met een zakelijk karakter de afgelopen 8 jaar redelijk constant gebleven, rond de 2.500 vluchten. • Over een langere historische periode valt op dat het aantal zakelijke vluchten op 	<ul style="list-style-type: none"> • Tijdens COVID-19 nam het aantal Business Aviation vluchten toe, gedreven door een tekort aan commerciële vluchten, onbetrouwbaarheid van vluchtschema's van commerciële 	<ul style="list-style-type: none"> • Demografische en economische indicatoren, waaronder het aantal vermogenden en zeer vermogende particulieren, de zogenaamde High Net Worth Individuals (HNWI) en Ultra High Net Worth Individuals (UHNWI)

		de regionale vliegvelden gedaald is van 7.000 in 2000 tot 2.500 in 2022.	luchtvaartmaatschappijen en potentiële gezondheidsrisico's.	
		<ul style="list-style-type: none"> • Schiphol heeft het aantal zakenvluchten zien stijgen in de afgelopen jaren tot 24.000 in 2022. 	<ul style="list-style-type: none"> • Na de stijging in het aantal vluchten tijdens COVID-19 tonen recente Europese trends aan dat het niveau weer geleidelijk teruggaat naar het niveau voor COVID-19 	
Sportvluchten	<ul style="list-style-type: none"> • Onder sportvluchten worden activiteiten als zweefvliegen, zweefsleep vluchten, valschermvluchten en vluchten uitgevoerd met MLAs geschaard. 	<ul style="list-style-type: none"> • Het aantal sportvluchten is over de afgelopen twintig jaar vrij constant gebleven tussen de 20.000 en 25.000 vluchten per jaar. • Tijdens COVID-19 daalde begrijpelijkerwijs het aantal sportvluchten, maar dit segment is inmiddels weer terug op het historische niveau. 	<ul style="list-style-type: none"> • Volwassen markt, waar relatief weinig groei verwacht wordt. 	<ul style="list-style-type: none"> • Demografische (met name bevolkingsgroei) en economische (zoals besteedbaar inkomen) indicatoren.
Klein commercieel verkeer	<ul style="list-style-type: none"> • Vluchten met een commercieel karakter met kleine vliegtuig type, zoals foto-, rond-, en reclamevluchten 	<ul style="list-style-type: none"> • Het aantal vluchten met een klein-commercieel is over de afgelopen twintig jaar vrij constant gebleven tussen de 25.000 en 30.000 vluchten per jaar. • 	<ul style="list-style-type: none"> • Volwassen markt, waar relatief weinig groei verwacht wordt. • 	<ul style="list-style-type: none"> • N.v.t.
Maatschappelijk verkeer	<ul style="list-style-type: none"> • Vluchten met een maatschappelijk karakter, zoals overheidsvluchten, ambulance, politie en kustwacht. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoewel er van jaar tot jaar fluctuaties waar te nemen zijn, was het aantal vluchten met een maatschappelijk karakter in 2022 vergelijkbaar met het niveau van 2002. 	<ul style="list-style-type: none"> • Volwassen markt, waar relatief weinig groei verwacht wordt. 	<ul style="list-style-type: none"> • N.v.t.

Figuur 3-2: Beïnvloedende factoren op toekomstige verkeersontwikkeling per segment

¹ Bron: *The airline pilot shortage will get worse*, Oliver Wyman [link](#)

Iedere prognose brengt een aantal onzekerheden met zich mee met betrekking tot de toekomstige ontwikkeling. Om deze onzekerheden te ondervangen en inzicht te bieden in de mogelijke uitkomsten, zijn er twee scenario's opgesteld: (i) een laag scenario waarin de dalende trend van de afgelopen twintig jaar wordt doorgezet en (ii) een hoog scenario waarin de recente trend van stijgend GA-verkeer wordt doorgezet voordat een afvlakking plaatsvindt op het moment dat GA-verkeer een vergelijkbaar niveau bereikt als de eerdere piek in 2009. In beide scenario's zijn nog steeds geen specifieke beleidsmaatregelen meegenomen, maar ze dienen enkel om inzicht te bieden in de mogelijke verkeersontwikkeling in GA. In het lage scenario wordt impliciet de impact meegenomen van een eventuele beperking van BA-verkeer op luchthavens van nationale betekenis. In dit geval wordt er aangenomen dat slechts een deel van dit verkeer geacommodeerd kan worden op regionale vliegvelden en dat een deel van deze vraag opgevangen wordt door traditioneel commercieel lijnverkeer en/of verdwijnt. De resulterende projecties voor beide scenario's worden gepresenteerd in figuur 3-3. In het lage scenario wordt een daling verwacht van ongeveer tot ongeveer 440.000 vliegbewegingen in 2050 terwijl in het hoge scenario aangenomen wordt dat GA-verkeer toeneemt tot 650.000 vliegbewegingen in 2050. De stijging in het hoge scenario wordt met name gedreven door een toename van lesvluchten en in mindere mate privévluchten en BA-verkeer, terwijl in het lage scenario de historische dalende trend wordt doorgezet.



Figuur 3-3: Verwachte GA-verkeersontwikkeling

3.2.2 Business-as-usual scenario

In de vorige paragraaf werd inzicht geboden in de karakteristieken van ieder segment evenals de groeiverwachtingen van de GA-sector. In deze paragraaf wordt in een tweede stap een *business-as-usual* verduurzamingsscenario (BAU-scenario) afgeleid van bovenstaande verwachte GA-verkeersontwikkelingen. Hierbij wordt voor ieder segment een verduurzamingstraject uitgewerkt zonder dat er specifieke of aanvullende beleidsmaatregelen worden ingevoerd. Het dient ter illustratie van hoe een mogelijk transitiepad naar duurzame energiedragers er uit kan zien op basis van initiatieven en ambities vanuit de markt zelf en huidige beleidsmaatregelen.

De volgende elementen zijn meegenomen in dit scenario:

- Technologische ontwikkelingen;
- Verwachte marktintroducties van duurzame brandstoffen en energiedragers;
- Ambities van marktpartijen en mogelijkheden om te verduurzamen (verzameld tijdens interviews);
- Huidige beleidsmaatregelen

Het verduurzamingstraject wordt beïnvloed door de volgende factoren:

- Financiële overwegingen:
 - De transitie naar duurzamere brandstoffen en energiedragers gaat waarschijnlijk gepaard met investeringen en/of hogere gebruikskosten. De verwachting is dat, zeker in de beginfase, elektrisch aangedreven vliegtuigen een hogere aanschafprijs hebben ten opzichte van de huidige vloot, terwijl bijmengen met SAF hogere brandstofkosten met zich meebrengt.
 - Daarnaast dient rekening gehouden te worden met eventuele investeringen die recentelijk in de vloot gedaan zijn en die eerst afgeschreven dienen te worden voordat het vanuit financieel oogpunt mogelijk is om een nieuwe investering te doen. Vliegclubs die recentelijk een significante investering hebben gedaan in hun vloot door bijvoorbeeld motoren te vervangen of een zogenaamde “*grande visite*” (ingrijpende revisie) zullen op korte termijn waarschijnlijk niet de financiële middelen hebben om een nieuwe investering te doen.
 - Afhankelijk van eigenaar en segment, kunnen financiële overwegingen een belemmering zijn om de transitie te maken. Vliegclubs bijvoorbeeld opereren traditioneel financieel rond het break-even punt, en nieuwe investeringen evenals een stijging onderhouds- en gebruikskosten dienen zorgvuldig afgewogen te worden aangezien ze waarschijnlijk tot hogere kosten voor de gebruikers gaan leiden. Ook voor recreatieve vliegers kunnen hogere investeringskosten en gebruikskosten een obstakel vormen voor de transitie. In het BA-segment daarentegen, is vaak wel het kapitaal aanwezig om stappen te maken.

- Ambities en milieubewustzijn:
 - Een toewijding om de milieu-impact van de luchtvaart te verminderen is een belangrijke drijfveer. Vliegtuigeigenaren die milieubewust zijn, kunnen duurzame brandstoffen kiezen om hun ecologische voetafdruk te verkleinen en bij te dragen aan algemene emissiereducties in de luchtvaartindustrie.
 - De KLM Flight Academy vindt het bijvoorbeeld belangrijk dat haar vliegopleiding zo duurzaam mogelijk plaatsvindt, waarbij sprake is van zo min mogelijk uitstoot. Om dit te realiseren, heeft de KLM Flight Academy recentelijk 12 nieuwe *Diamond DA40's* aangeschaft met de optie om deze in te ruilen voor de elektrische variant (*eDA40*) zodra deze gecertificeerd en beschikbaar is. In 2026 wil de KLM Flight Academy volledig klimaatneutraal zijn.
 - In een interview met een van de *fixed-base operators* (FBO's) op Rotterdam-The Hague Airport, blijkt ook een toenemende vraag naar duurzame brandstoffen van met name particuliere eigenaren van zakenvliegtuigen buiten Europa, bijvoorbeeld het Midden-Oosten.

- Operationele overwegingen:
 - Lesvliegen zou een ideale eerste stap zijn voor elektrisch vliegen, mede omdat zeker in het begin van de opleiding de vliegafstanden nog relatief kort zijn. Echter, de vliegeigenschappen van het toestel moeten wel geschikt zijn voor een vliegopleiding, waarbij specifieke manoeuvres en veelvuldige *touch and goes* geoefend worden.
 - Retrofits zijn ook niet altijd mogelijk. Volgens een online artikel met de Vliegclub Rotterdam is er overleg geweest met fabrikant Robin over het inbouwen van een accupakket en elektromotor in Robin toestellen. Echter, de voorlopige conclusie is dat het frame ongeschikt is vanwege de veranderende kracht- en gewichtsverdeling.

- Beschikbaarheid van geschikte en gecertificeerde duurzame alternatieven:
 - Zoals geschetst in hoofdstuk 3.1, zijn er momenteel nog beperkte duurzame alternatieven beschikbaar. De alternatieven die er zijn, brengen een aantal uitdagingen met zich mee, bijvoorbeeld op het gebied van investerings- of gebruikskosten, infrastructuur of operationele beperkingen.
 - Per segment zal beschouwd moeten worden op welke termijn deze obstakels kunnen worden overwonnen.

Het is op dit moment nog onduidelijk hoe technologische alternatieven en andere factoren die de transitie beïnvloeden zich precies gaan ontwikkelen. Daarom is de transitie naar duurzame brandstoffen gemodelleerd aan de hand van een S-curve innovatiemodel. Het S-curve innovatiemodel is een concept dat wordt gebruikt om de evolutie van technologieën of innovaties in de tijd te beschrijven. Het model visualiseert hoe de acceptatie en groei van een nieuwe technologie verlopen. De belangrijkste kenmerken van het S-curve innovatiemodel zijn als volgt:

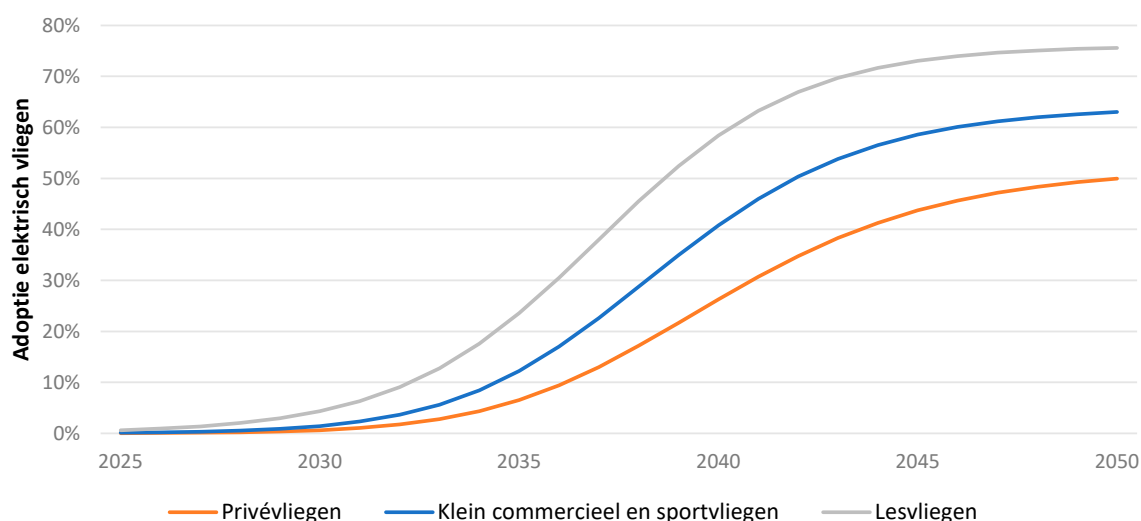
1. **Introductiefase (Start-up):** In het begin is er een periode van langzame groei, waar de innovatie wordt ontwikkeld en geïntroduceerd. Dit is vaak een fase van onderzoek, ontwikkeling en vroege acceptatie.
2. **Versnellingsfase (Take-off):** Zodra de innovatie wordt begrepen en geaccepteerd door een groter publiek, begint de groei te versnellen. Dit is vaak een periode van snelle acceptatie en adoptie.
3. **Verzadigingsfase (Maturity):** Naarmate de innovatie meer mainstream wordt, neemt de groei af. De markt bereikt een punt waarop het grootste deel van het publiek de innovatie heeft geadopteerd, en er is minder ruimte voor groei.

Het model wordt vaak weergegeven als een "S"-vormige curve, vandaar de naam. Elke fase van de curve vertegenwoordigt een ander stadium in de levenscyclus van de innovatie. Wanneer een technologie het verzadigingspunt bereikt, kan er een behoefte ontstaan aan nieuwe innovaties om de cyclus opnieuw te starten. Voor ieder relevant segment is een ander transitiepad aangenomen:

- Lesvluchten:
 - Gezien de relatief korte vliegafstand lenen lesvluchten zich bij uitstek voor elektrisch vliegen, zeker als de batterijcapaciteit zich de komende jaren blijft ontwikkelen.
 - Met de introductie van de elektrische *Pipistrel* van de *E-Flight Academy* in Teuge bevindt dit segment zich in de introductiefase van de S-curve.
 - Hoewel de *Pipistrel* op dit moment het enige gecertificeerde elektrische vliegtuig is, worden er gezien het aantal lopende initiatieven en ontwikkelingen de komende jaren meerdere kleine (hybride)elektrische vliegtuigen verwacht op de markt die voor dezelfde doeleinden gebruikt kunnen worden.
 - De versnellingsfase wordt dan ook verwacht in de periode tussen 2030 en 2040, waarna de verzadigingsfase langzaam zal optreden.
 - De verwachting is dat rond 2050 het merendeel van de lesvluchten uitgevoerd zal worden met elektrische vliegtuigen.
- Privévliegen:
 - Privévliegen zal een vergelijkbare transitie doormaken als lesvliegen, waarbij de focus met name ligt op elektrisch vliegen. De verwachting is wel dat verduurzamingspad voor privévluchten langzamer verloopt dan bij lesvliegen en dat in 2050 weliswaar het merendeel van de vluchten met elektrische vliegtuigen uitgevoerd worden. In vergelijking met lesvliegen zullen meer vluchten nog met fossiele brandstoffen uitgevoerd worden.

- Het tragere transitiepad wordt met name gedreven door het feit dat dit segment gekenmerkt wordt door een groter aantal gebruikers en eigenaren, inclusief individuele vliegtuigeigenaren. Het besluitvormingstraject over vlootvernieuwing binnen een vliegclub met meerdere leden met verschillende meningen kan voor vertraging zorgen, zeker als er recentelijk in vlootvernieuwing is geïnvesteerd of als het tot een aanzienlijke stijging in gebruikskosten kan leiden.
- Hoewel het merendeel van de vluchten binnen dit segment gekenmerkt worden door relatief korte afstanden, is de gemiddelde vliegduur wel langer dan lesvluchten. Gezien de beperkte actieradius van elektrische vliegtuigen is het aannemelijk dat een deel van de vluchten nog steeds uitgevoerd zullen worden met fossiele brandstoffen; SAF en waterstof lijken geen geschikte alternatieven.

De bijbehorende S-curve is gepresenteerd in figuur 3-4, waarbij de aangenomen transitie voor een aantal relevante segmenten is geïllustreerd. Gezien de huidige onzekerheid over de ontwikkeling van beschikbare duurzame alternatieven evenals andere factoren die het transitiepad beïnvloeden, dienen onderstaande transitiepaden geïnterpreteerd te worden als mogelijke en illustratieve scenario's; het daadwerkelijke transitiepad kan afwijken van de aangenomen transitiepaden. Het advies is om deze scenario's regelmatig bij te werken op basis van nieuwe informatie, met name met betrekking tot de beschikbare alternatieven.

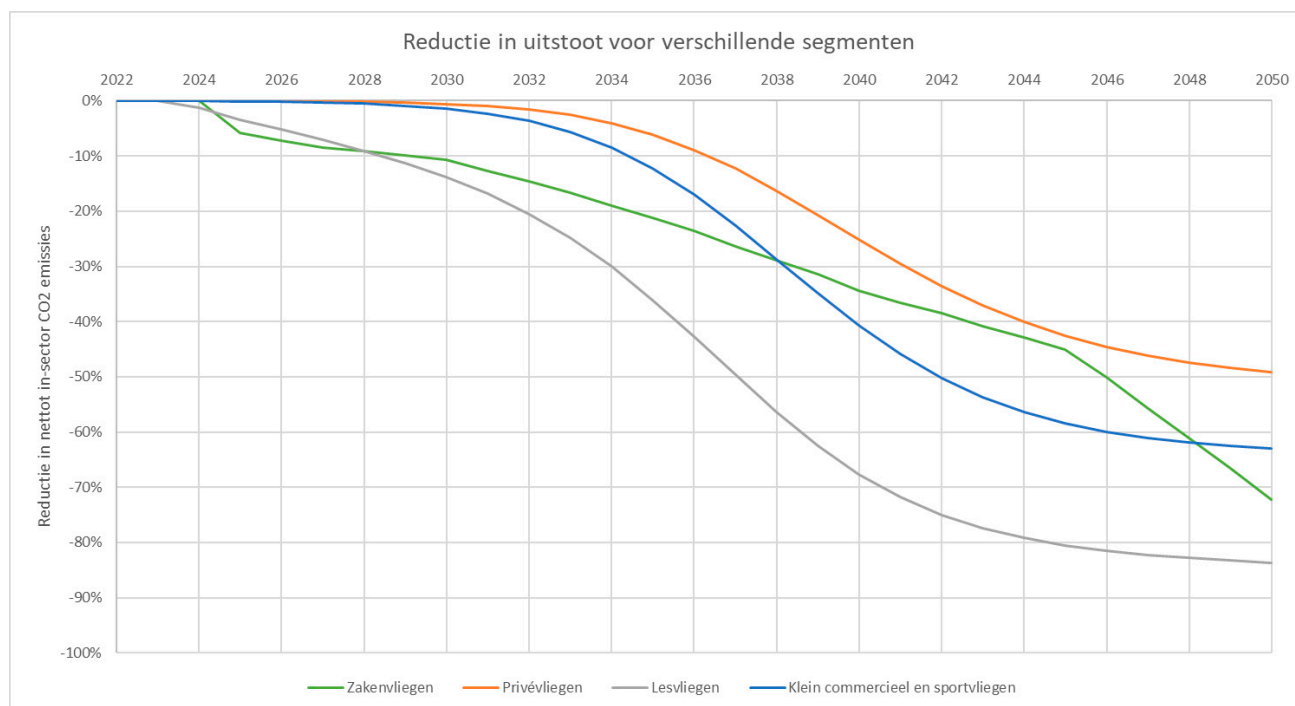


Figuur 3-4: Adoptiesnelheid van elektrisch vliegen voor de relevante segmenten

- Business Aviation:
 - Gezien de langere vliegafstanden binnen het BA-segment, is elektrisch vliegen geen geschikt alternatief voor BA-verkeer, althans niet op korte termijn. (Let op: in het geval van langere vliegafstanden waarbij de bestemming niet in Nederland ligt, zijn binnenlandse doelstellingen niet van toepassing maar valt dit onder de internationale luchtvaartdoelstellingen).
 - Hoewel de introductie van waterstof in commerciële vliegtuigen rond 2035 wordt verwacht, is het de verwachting dat waterstof pas tegen het einde van de planningsperiode (latere generatie waterstofvliegtuigen) een rol zal spelen voor BA-verkeer. Flexibiliteit en betrouwbaarheid zijn belangrijke factoren voor reizigers om met een zakenvliegtuig te reizen en zeker op de korte- en middellange termijn is het niet ondenkbaar dat de waterstof nog niet overal aanwezig zal zijn, waarmee de mogelijkheden van BA-reizigers beperkt worden. Pas rond 2040 worden daarom de eerste vluchten in het BA-segment verwacht.

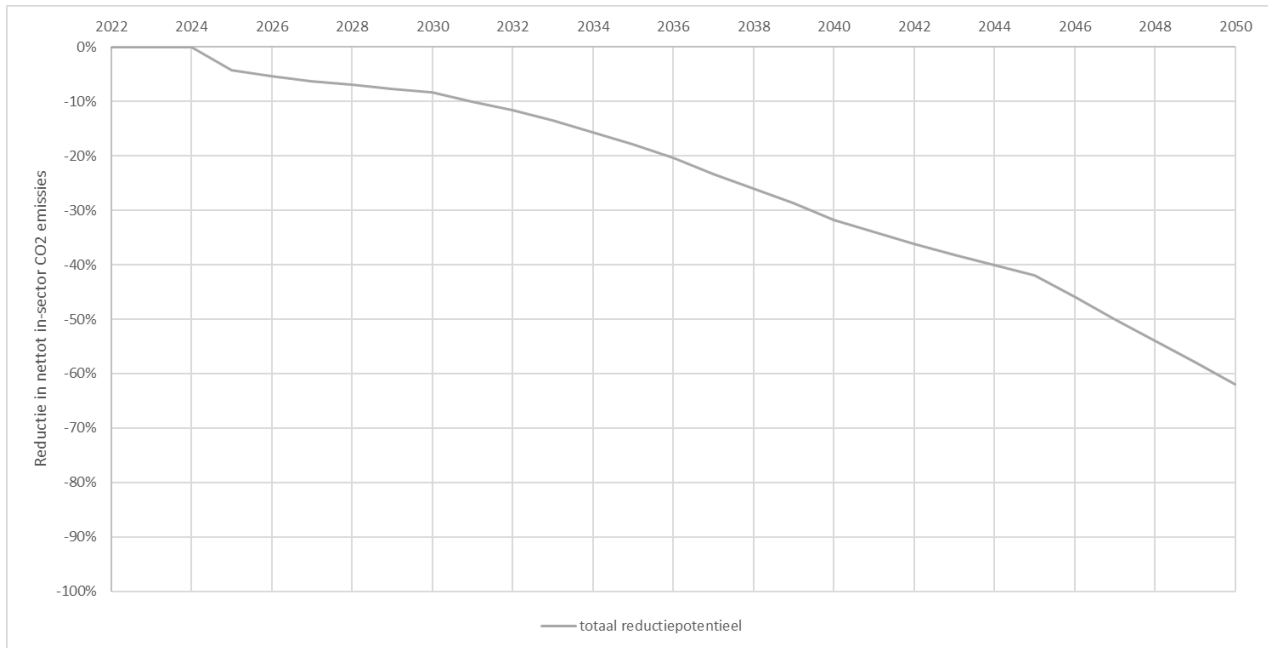
- SAF lijkt de voornaamste kandidaat om de emissies in het BA-segment te beperken. Het merendeel van de vloot waarmee BA-vluchten worden uitgevoerd zijn geschikt voor bijmenging en de motivatie en financiële middelen zijn ook aanwezig binnen dit segment om de hogere kosten van SAF te dragen.

Op basis van de geanticipeerde vliegbewegingen, de verwachte adoptiegraad van (hybride)elektrisch vliegen, en de verwachte inzet van SAF en waterstof in het zakelijk, klein commercieel, privé-, les- en sportverkeer zijn voor de relevante segmenten in het *business-as-usual* scenario de volgende reducties in netto in-sector CO₂-emissies gemodelleerd. Zoals figuur 3-5 laat zien, wordt de reductie in de segmenten klein commercieel, privé-, les-, en sportvliegen gekenmerkt door een curve tegengesteld aan de S-curves voor de adoptiegraad van hybride en volledig elektrisch vliegen. De grotere (en eerdere) geanticipeerde adoptie van elektrische vliegen van het lesverkeer ten opzichte van het privé-, sport- en klein commercieel verkeer is terug te zien door de hogere reductiepercentages in dit segment. De reductie in CO₂-uitstoot van zakenvliegen wordt gekenmerkt door een minder gelijkmatige curve. Dit wordt veroorzaakt door versnellingen in de middels het ReFuelEU gemandateerde emissiereductiefactor voor waterstof en SAF. Ondanks de hoge graad van verwachte adoptie blijft een deel van het GA-segment naar verwachting op fossiele brandstoffen vliegen. Zodoende zal in een *business-as-usual* scenario, zonder verdere beleidsmaatregelen ook in 2050 nog CO₂ worden uitgestoten door GA.



Figuur 3-5: Reductie in uitstoot voor verschillende segmenten in het *business-as-usual* scenario

Door de grote impact van zakenvliegen op de totale CO₂-uitstoot is de curve van het reductiepotentieel van het *business-as-usual* scenario ook sterk beïnvloed door het verduurzamingspotentieel van zakenvliegen, zoals terug te zien in figuur 3-6.



Figuur 3-6: Totale reductiepotentieel business-as-usual scenario

4 Beleidsmogelijkheden

In het vorige hoofdstuk werd duidelijk dat een *BAU*-scenario naar verwachting niet leidt tot 100% CO₂-reductie in alle segmenten van de GA-sector. Uit deze conclusie volgt dat aanvullend beleid nodig is om verdere verduurzaming van de sector te verwezenlijken. Dit hoofdstuk verkent de mogelijkheden om dit beleid invulling te geven. Het volgende hoofdstuk weergeeft de uitwerking van een beleidsintensief scenario. Op deze wijze wordt als het ware een maximum netto CO₂-reductie van de GA-sector met zijn verschillende segmenten geschat. Oftewel, hoe ver de sector extra kan verduurzamen bij het inzetten van extra beleidsmogelijkheden.

Om een beeld te krijgen van duurzaam en kansrijk GA-beleid is als eerste stap, in afstemming met de opdrachtgever, een beleidsanalyse van vijf voorbeeldlanden (Frankrijk, Groot-Brittannië, Duitsland, Noorwegen, Verenigde Staten) gemaakt. Indien een van de voorbeeldlanden geen specifiek GA-beleid voert, wordt algemener duurzaam luchtvaartbeleid beschouwd die ook van toepassing is, of kan zijn op de GA-sector.

De beleidsopties zijn ingedeeld in drie klassen, oplopend in de mate van sturing van de sector. De eerste klasse beleidsmogelijkheden wordt aangeduid als “Duurzame stimulatie” en bevat, met name, opties die de sector stimuleren om gebruik te maken van duurzame alternatieven. De tweede klasse wordt aangeduid als “Fossiele remming” en bevat beleidsmogelijkheden die specifiek het gebruik van fossiele brandstoffen in de sector afremmen. De derde en laatste klasse wordt aangeduid als “Regulatie”. Deze klasse bevat beleidsmogelijkheden die de sector aan bepaalde, bindende regels verbindt.

Op basis van deze beleidsanalyse, en aanvullende expertise van het onderzoeksteam, wordt een longlist opgesteld van potentieel kansrijke beleidsmogelijkheden voor de verduurzaming van de GA-sector. Vervolgens wordt van de longlist een shortlist gemaakt. Dit gebeurt op basis van (1) het per beleidsmogelijkheid uitzetten van de verwachte CO₂-reductie tegen de bijbehorende verwachte inspanning van de sector, en (2) op basis van feedback van opdrachtgever en twee afgevaardigden van *Platform Duurzaam Vliegen*. Tot slot wordt voor iedere beleidsmogelijkheid van de shortlist kwalitatief de *lead time*⁶ en haalbaarheid op juridisch, technisch en financieel-economisch vlak geschat.

Naast de beleidsmogelijkheden op de shortlist, die naar verwachting veel effect hebben op het reduceren van CO₂-uitstoot, worden ook aanbevelingen voor flankerend beleid gedaan. Dit flankerende beleid heeft op zichzelf weinig directe impact op het reduceren van CO₂-uitstoot, maar is wel wenselijk bij de ingrijpende transitie naar een duurzame GA-sector.

Door deze shortlist (met bijbehorende kwalitatieve inschattingen over de impact en haalbaarheid van betreffende beleidsmogelijkheden) en opties voor flankerend beleid worden potentieel kansrijke beleidsmogelijkheden geïdentificeerd die bijdragen aan het verduurzamen van de GA-sector. De keuze voor, en de concrete invulling van bepaalde beleidsmogelijkheden in verloop van tijd zal afhankelijk zijn van het heersende politieke klimaat en de voortgang van de verduurzaming van de GA-sector.

⁶ Met *lead time* wordt de tijd tussen het invoeren van een beleidsmogelijkheid en het moment dat de beleidsmogelijkheid naar verwachting significante CO₂-besparing zal opleveren bedoeld.

De beleidsmogelijkheden die geïdentificeerd worden betreffen aanvullend beleid op bestaande wet- en regelgeving. Om het onderscheid tussen aanvullend en reeds geldend beleid duidelijk te maken, wordt in dit hoofdstuk eerst een overzicht van internationaal geldende wet- en regelgeving door de Internationale Burgerluchtvaartorganisatie (ICAO) en EU gepresenteerd.

4.1 Internationaal beleid

In dit subhoofdstuk worden de belangrijkste instrumenten van twee regelgevende organen toegelicht. Eerst wordt CORSIA toegelicht: het belangrijkste verduurzamingsinstrument van de Internationale Burgerluchtvaartorganisatie (ICAO). Daarna worden het *European Union Emissions Trading System* (EU ETS) en RefuelEU van de Europese Unie (EU) toegelicht.

4.1.1 ICAO

De Internationale Burgerluchtvaartorganisatie (ICAO) is een VN-orgaan die principes en standaarden kan stellen voor de internationale luchtvaart. ICAO is een regeling overeen gekomen om de CO₂-uitstoot door de internationale luchtvaart terug te dringen, genaamd CORSIA.

CORSIA

Een mijlpaal in het beleid van de ICAO is het *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*, oftewel CORSIA⁷. Het doel van CORSIA is om de CO₂-uitstoot van de internationale luchtvaartsector te beperken en te beheersen.

CORSIA is gestoeld op vier pijlers:

1. **Koolstofcompensatie en -reductie:** CORSIA streeft ernaar om de netto-CO₂-uitstoot van internationale burgerluchtvaart vanaf 2020 op een stabiel niveau te houden. Sinds 2021 zijn luchtvaartmaatschappijen die internationale vluchten uitvoeren, verplicht om hun extra CO₂-uitstoot boven het niveau van 2020 te compenseren.
2. **Fasering:** CORSIA wordt gefaseerd ingevoerd. In de eerste fase (2021 - 2023) was deelname vrijwillig voor landen, en in de tweede fase (2024 - 2026) blijft deelname vrijwillig voor landen met lagere niveaus van luchtverkeer. Vanaf 2027 wordt deelname echter verplicht voor alle landen, behalve de minst ontwikkelde landen en landen met kleine marktaandeelen in de internationale luchtvaart.
3. **Compensatie-instrumenten:** Luchtvaartmaatschappijen kunnen hun extra CO₂-uitstoot compenseren door te investeren in projecten die de uitstoot elders verminderen, zoals hernieuwbare energieprojecten of bosbouwinitiatieven. Een interessant voorbeeld hiervan in de Business Aviation is genomen door *NetJets*, een *air operator* gespecialiseerd in zakelijk privé-verkeer.⁸ Als voorbeelden worden investeringen in schonere energieopwekking in Azië en duurzame bouwmethoden in Malawi genoemd. Voor een monetaire bijdrage kunnen gebruikers hun uitstoot compenseren middels deze projecten.
4. **Impact op de luchtvaartindustrie:** Het uiteindelijke doel van CORSIA is om de luchtvaartindustrie te helpen bij het verminderen van haar koolstofvoetafdruk en bij te dragen aan wereldwijde inspanningen om klimaatverandering tegen te gaan. Het introduceert een nieuw element van verantwoordelijkheid voor de

⁷ ICAO (2023). Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA). [Link](#).

⁸ NetJets (g.d.) Blue Skies. [Link](#).

uitstoot van de luchtvaartsector en stimuleert maatschappijen om hun emissies te verminderen en te investeren in duurzamere praktijken. Over het algemeen is CORSIA een belangrijke stap in de richting van het verminderen van de klimaatimpact van de luchtvaartindustrie op wereldschaal.⁹

4.1.2 Europese Unie

De Europese Unie (EU) voert, bovenop de regelgeving vanuit de ICAO, aanvullend verduurzamingsbeleid. Een groot deel van het Europese verduurzamingsbeleid wordt gespecificeerd in het zogenoemde 'Fit for 55'-pakket¹⁰.

Eerder onderzoek door CE Delft¹¹ schetst de impact van *Fit for 55* op het Nederlandse luchtvaartlandschap. De bevindingen van dit rapport worden samengevat en getoetst met voortschrijdend inzicht. De actiepunten van *Fit For 55* die betrekking hebben op de luchtvaart in de meest algemene zin van het woord, worden hier behandeld: EU ETS en RefuelEU.

EU ETS

Sinds 2012 vallen alle vluchten tussen EU-lidstaten onder de bepalingen van het *European Union Emissions Trading System* (EU ETS). Dit systeem reguleert de emissies in verschillende sectoren, waaronder de luchtvaart.

Luchtvaartmaatschappijen die intra-Europese vluchten uitvoeren krijgen een toegewezen hoeveelheid emissierechten op basis van historische gegevens en andere relevante factoren. Deze emissierechten representeren het recht om een specifieke hoeveelheid broeikasgassen uit te stoten.

Indien een luchtvaartmaatschappij de toegewezen emissierechten overschrijdt, dient zij aanvullende rechten aan te schaffen op de markt. Dit mechanisme fungeert als een economische stimulans voor luchtvaartmaatschappijen om hun emissies te verminderen. Het wordt financieel gunstiger voor hen om efficiënter met brandstof om te gaan en de uitstoot te verminderen dan om extra emissierechten te moeten aankopen.

Aan de tegenovergestelde zijde, indien een luchtvaartmaatschappij minder uitstoot dan de aan haar toegewezen emissierechten, heeft zij de mogelijkheid om het overschot aan emissierechten te verhandelen. Deze praktijk fungeert als een prikkel voor ondernemingen om proactieve maatregelen te nemen ter vermindering van hun uitstoot, en biedt ook de gelegenheid om extra inkomsten te genereren door de verkoop van onbenutte emissierechten.

⁹ K. Gordon (2023). An Advisor's Guide to the EU Carbon Market. VettaFi. [Link](#).

¹⁰ Europese Raad (g.d.). Fit for 55. [Link](#).

¹¹ CE Delft (2021). Effects of the Fit for 55 Package on the Dutch Aviation Sector. [Link](#).

Brede impact ETS

De Europese commissie heeft in bepaling 202/455 van 14 maart 2022 een lijst opgesteld van *air operators* die verplicht zijn om ETS-gegevens te verstrekken voor het *cap-and-trade*-systeem. Deze lijst is hieronder te vinden:

<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/455/oj>

Enkele opvallende waarnemingen van ETS-plichtingen in Nederland:

- CHC-helikopters (bevoorrading / *crew change* van booreilanden in de Noordzee);
- Heerema Vliegbedrijf (Business Aviation);
- Fokker Heritage (oldtimers / vliegshows);
- Nationaal Lucht- en ruimtevaart Laboratorium (metingen);
- Shell Aviation (Business Aviation).

Deze *air operators* zijn geen luchtvaartexploitant pur sang zoals een KLM of Transavia, maar dienen wel ETS-regelgeving te respecteren. De lijst is langer dan de genoemde bedrijven, deze zijn enkel belicht om aan te geven dat ETS een bredere impact heeft op de keten, en dus ook op de GA-sector.

CE Delft rapporteert dat de **Fit For 55**-richtlijn drie specifieke aanpassingen aan ETS heeft doorgevoerd: De eerste aanpassing omvat de geleidelijke afbouw van de ETS-certificaten op jaarbasis. Vanaf 2024 zal de maximale toewijzing gebaseerd zijn op de uitstoot van 2023, met een jaarlijkse afname van 4,2%. Dit wordt geïmplementeerd om de luchtvaartsector in overeenstemming te brengen met de overkoepelende doelstellingen van het ETS. Ten tweede zal de kosteloze toewijzing van certificaten worden verminderd. Momenteel wordt ongeveer 82%¹² van de certificaten kosteloos verstrekt, en dit zal tegen 2027 worden afgebouwd tot 0%, met 2024 als overgangsjaar. Dit betekent dat vanaf 2027 alle ETS-certificaten via een veiling moeten worden verkregen. De derde aanpassing betreft de specifieke toepassing van het ETS op vluchten die hun oorsprong en bestemming hebben binnen de EER. Vluchten die buiten deze ruimte vertrekken of arriveren, vallen onder CORSIA. Vluchten uitgevoerd door luchtvaartmaatschappijen van de Europese Unie die buiten de Europese Economische Ruimte plaatsvinden, vallen eveneens niet onder het ETS, maar vallen onder de regelgeving van CORSIA. Voor bepaalde landen, die om economische redenen zijn uitgesloten van deelname aan CORSIA, geldt een verplichte vrijstelling van de verplichtingen van CORSIA voor alle vluchten naar deze landen. Zowel ETS als CORSIA zijn marktgedreven maatregelen en voor elke gebruiker gelijk. De markt bepaalt de vervoersvraag, en als afgeleide dus ook de prijs voor emissie. Dit geldt voor alle gebruikers binnen de EER. Het is mogelijk dat afzonderlijke gebruikers of naties een stringenter beleid hanteren om eerder nationale doelen te bereiken.

EU ETS-plichtigen

“Alle vliegtuig-exploitanten die vliegen tussen twee landen die CORSIA-maatregelen geïmplementeerd hebben moeten hun CO₂-emissie offsetten. Uitzonderingen zijn er voor operators die jaarlijks minder dan 10.000 ton aan CO₂ uitstoten, toestellen onder de 5.700 kg, en vluchten van humanitaire, medische of vuurbestrijdingsaard.” – Europese Commissie [\[link\]](#)

¹² CE Delft (2021). Effects of the Fit for 55 Package on the Dutch Aviation Sector. [Link](#).

4.1.3 RefuelEU Aviation

In RefuelEU Aviation wordt met name gefocust op een bijmengverplichting van SAF voor brandstofaanbieders. Deze verplichting geldt op basis van volume, met een minimum percentage SAF die vermengd moet worden met fossiele equivalenten. Deze brandstof moet worden aangeboden aan vliegtuigen die vertrekken uit de EER op luchthavens die meer dan één miljoen passagiers of meer dan 100.000 ton vracht per jaar afhandelen.

De operator heeft geen keuze in het wel of niet tanken van alternatieve brandstoffen. De maatregelen worden opgelegd aan de entiteit die de toestellen van brandstof voorziet (de *fuellers*). Gebruikers krijgen brandstof getankt met een bijmenging, vergelijkbaar met het wegverkeer. De *fueller* registreert de hoeveelheid getankte brandstof, en met latere declaratie via het zogenoemde *clearing house* kan de operator verplichtingen volgens ETS en CORSIA verrekenen. De keuze om de bijmenging via de *fueller* te laten organiseren is om juridische geschillen over de exacte hoeveelheid bijmenging in de toekomst voor te zijn.

Vanuit RefuelEU is er een mandaat dat operators tenminste 90% van de brandstof die nodig is voor het uitvoeren van de vlucht volgens vliegplan moeten tanken. Met volle tanks aankomen is dan niet meer mogelijk.

Tabel 4-1: Bijmengverplichting van SAF volgens RefuelEU¹³

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
SAF	2%	6%	20%	34%	42%	70%
Waarvan synthetisch		1,2 (2030) 2,0% (2032) ¹⁴	5%	10%	15%	35%

4.2 Vijf voorbeeldlanden

Nu duidelijk is aan welke regelgeving de Nederlandse GA-sector reeds onderhevig is, kunnen potentiële aanvullende beleidsmogelijkheden worden geïdentificeerd. Hiervoor wordt een beleidsanalyse van vijf landen gemaakt: Frankrijk, Groot-Brittannië, Duitsland, Noorwegen en de Verenigde Staten.

Voor elk van deze landen wordt bekeken welk duurzaam beleid van toepassing is op de GA-sector. De verduurzaming van de GA-sector is echter een relatief nieuw beleidsveld. Daarom worden ook beleidsmogelijkheden die niet specifiek op de GA-sector gericht zijn, maar wel van toepassing (kunnen) zijn op de sector opgenomen in de beleidsanalyse.

Voor elk van de landen wordt eerst een korte introductie van de GA-kenmerken van het betreffende land beschreven. Hierna volgt de beleidsanalyse.

Frankrijk

Frankrijk kent een goed onderhouden tolwegsysteem en een hogesnelheidstrein-netwerk op vrij liggende sporen. Zo kan men relatief snel het land van oost naar west, of noord naar zuid doorkruisen. Desalniettemin is er een aanzienlijk

¹³ Publicatieblad van de Europese Unie (2023). VERORDENING (EU) 2023/2405. [Link](#).

¹⁴ <https://www.ebaa.org/industry-updates/refuel-eu-sets-ambitious-saf-mandate-but-opens-book-claim-dilemma-for-business-aviation/#:~:text=Additionally%2C%20a%20share%20of%20the,synthetic%20fuels%20like%20e%2Dkerosene.>

potentieel voor de binnenlands luchtvaart, dat qua tijd kan concurreren met weg- en spoorverkeer. Opvallend is dat er veel verbindingen om Parijs heen zijn (regio → regio).

Frankrijk sorteert voor om binnen Europa koploper te worden qua productie van SAF, dit vanwege energie-onafhankelijkheid aspiraties. Het land heeft in de afgelopen decennia geïnvesteerd in nucleaire energieopwekking en heeft nu een surplus dat gebruikt kan worden voor de productie van bijvoorbeeld waterstof.¹⁵

Om de vraag naar luchttransport te dempen is beleid aangenomen om binnenlandse vluchten waar een alternatief per hogesnelheidstrein van minder dan twee-en-een-half uur is, niet voor verkoop aan te bieden.¹⁶ Detail is dat deze vluchten wel als verbinding op de hubs aangeboden mogen worden. Washington-(Parijs)-Bordeaux mag dus wel uitgevoerd worden, maar Parijs-Bordeaux niet.

Beleidsanalyse

In het rapport van CE Delft uit 2023¹⁷ zijn verschillende beleidsmaatregelen in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat geïnventariseerd. Deze staan hieronder genoteerd. Interessant is dat in tegenstelling tot bijvoorbeeld het Verenigd Koninkrijk, Frankrijk sterk inzet om beleid te voeren om de vraag naar luchttransport af te remmen. Verder zijn voor Frankrijk geen beleidsmaatregelen specifiek ter verduurzaming van de GA-sector geïdentificeerd.

Hieronder worden de maatregelen uit onder andere dit pakket beschreven en ingedeeld in één van de drie dimensies (1) fossiele remming, (2) regulatie en (3) duurzame stimulatie.

Tabel 4-2: Beleidsanalyse van het Frankrijk

Maatregel	Omschrijving
Fossiele remming	
Afstandsafhankelijke belasting	Frankrijk kent voor passagiersvluchten een variabele belasting, afhankelijk van de afstand. Hierbij worden de volgende tarieven, afhankelijk van de cabineklasse, gehanteerd: <ul style="list-style-type: none"> vluchten < 1.000 km: € 2,63 – 20,27; vluchten > 1.000 km: € 7,51 – € 63,07.
Regulatie	
Verbod op binnenlandse vluchten	Frankrijk kent een ambitieus verbod op binnenlandse vluchten (voor groothandelsverkeer). Er geldt een restrictie als: <ul style="list-style-type: none"> de alternatieve treinreis < 2,5 uur is.
Compensatie van binnenlandse vluchten	Bovenop restricties van binnenlandse vluchten stelt Frankrijk het volgende voor: <ul style="list-style-type: none"> een volledige compensatie van CO₂-uitstoot van binnenlandse vluchten vanaf 2024. <p>Concreet moet dit zorgen voor:</p> <ul style="list-style-type: none"> compensatie van 4,5 MT CO₂.

¹⁵ <https://www.iddri.org/en/publications-and-events/conference/frances-hydrogen-vision-and-its-significance-europe-and-beyond>

¹⁶ <https://www.euronews.com/green/2022/12/02/is-france-banning-private-jets-everything-we-know-from-a-week-of-green-transport-proposals>

¹⁷ https://cedelft.eu/wp-content/uploads/sites/2/2023/01/CE_Delft_210334_National_Sustainability_Policy_for_the_Aviation_Sector_def.pdf

Maatregel	Omschrijving
	Hierbij kan de uitstoot ook worden verdisconteerd met andere sectoren.
Verbod op luchtvaartreclame	Frankrijk stelt voor om een verbod op luchtvaartreclame af te kondigen.
Duurzame stimulatie	
Financiering van SAF-productie	Frankrijk heeft voorgesteld om middelen te reserveren om bestaande infrastructuur geschikt te maken voor SAF. Concreet is hiervoor: <ul style="list-style-type: none"> • € 3,4 miljard euro gereserveerd.

Groot-Brittannië

De geografie van Groot-Brittannië is anders dan Nederland: afstanden zijn langer, en urbane gebieden worden afgelost door een uitgestrekt natuurlijk landschap. (Spoor)wegen zijn vooral op Londen gericht op de noord-zuid-as. “Cross-country”-verkeer is toegewezen op N-wegen en regionaal spoorverkeer, enige uitzonderingen daargelaten. Op belangrijke spoorverbindingen zijn de laatste decennia grote investeringen gedaan. Deze zijn echter niet vergelijkbaar met hogesnelheidsnetwerken zoals die op het Europese vaste land. Afstanden die hemelsbreed relatief kort zijn, kunnen als gevolg hiervan lang duren. Dit maakt een fijnmazig luchtnet mogelijk.

Tijdens de Tweede Wereldoorlog zijn er veel vliegvelden ingericht om de luchtoorlog naar het Europese vasteland te brengen. Na 1945 zijn deze velden gebruikt voor het onderhouden van regionale verbindingen of ad-hoc vluchten. Mede hierdoor heeft Groot-Brittannië een sterk binnenlands netwerk, en heeft het naast vliegvelden van nationaal belang een aanzienlijke hoeveelheid velden voor GA. Door de diversiteit van aanbod ziet men dat grotere steden een systeem van meerdere vliegvelden hanteren voor één verzorgingsgebied. In dit areaal bevinden zich vliegvelden speciaal ingericht voor GA en BA zoals Northolt en Biggin Hill voor Londen, en Manchester Barton Airfield. Dit staat in contrast tot Nederlandse velden, waar bijna elke vorm van operatie gemengd wordt.

Beleidsanalyse

Het Verenigd Koninkrijk is geen lid van de Europese Unie en hoeft zodoende niet meer te voldoen aan diens wetgeving, zo ook decarbonisatie. Echter heeft de Brexit er juist voor gezorgd dat de regering de peildata naar voren heeft gehaald.

Zodoende loopt het Verenigd Koninkrijk voor op de beoogde doelstellingen van de Europese “Green Deal”. In juli 2022 heeft het ministerie van Transport een implementatiestrategie¹⁸ laten opstellen met aanbevelingen voor te ontwikkelen beleid. De overkoepelende thema’s zijn als volgt:

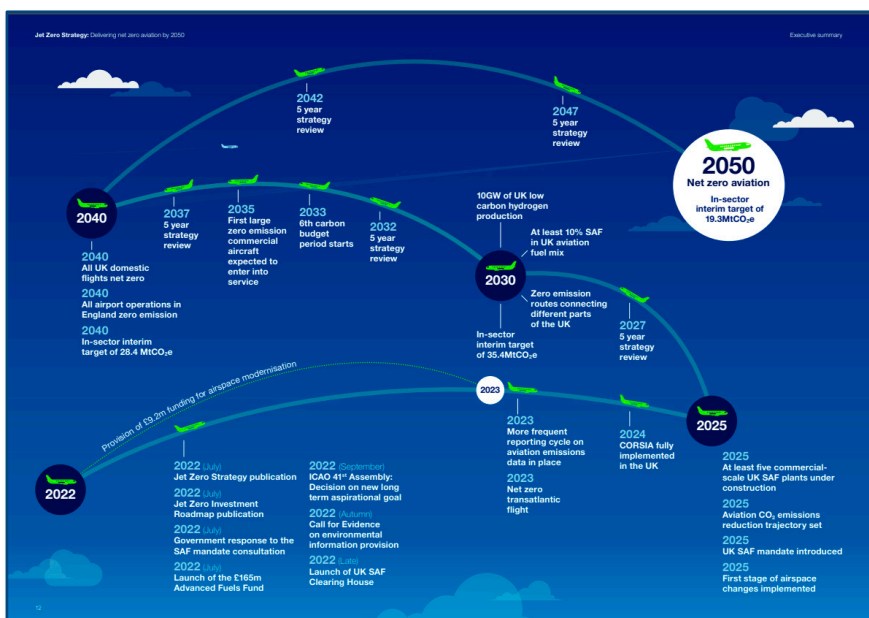
1. **Systeemefficiëntie:** het verbeteren van de efficiëntie van het bestaande luchtvaartstelsel, inclusief luchthavens, luchtruim en de vliegtuigen die gebruikt worden.
2. **Duurzame luchtvaartbrandstoffen (SAF):** het opbouwen van een bloeiende duurzame luchtvaartbrandstofindustrie in het Verenigd Koninkrijk, het introduceren van Britse innovaties op de commerciële markt, het ondersteunen van duizenden groene banen en het waarborgen van de brandstofveiligheid van het Verenigd Koninkrijk.

¹⁸ https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1095952/jet-zero-strategy.pdf

3. **Vluchten zonder emissies:** het ontwikkelen en in commerciële dienst brengen van innovatieve vliegtuigvormen die het potentieel bieden voor nul koolstofuitstoot uit de uitlaat.
4. **Markten en verwijdering:** het creëren van succesvolle koolstofmarkten en investeren in het verwijderen van broeikasgassen om resterende emissies in 2050 te compenseren.
5. **Consumenten beïnvloeden:** het behouden van de mogelijkheid voor mensen om te vliegen en tegelijkertijd consumenten ondersteunen bij het maken van duurzame keuzes voor vliegtravels.
6. **Aanpakken van niet- CO₂:** nauw samenwerken met academici en de industrie om de wetenschap en mogelijke beperkingen van niet-CO₂-impact beter te begrijpen.

De belangrijkste mijlpalen voortvloeiend uit deze aanpak zijn in figuur 4-1 weergegeven. Interessant is dat op 28 november 2023, de Britse maatschappij *Virgin Atlantic* de eerste 100% SAF-vlucht naar de Verenigde Staten heeft uitgevoerd¹⁹, hetgeen het ten tijde van publicatie van het rapport al op de agenda had gezet.

Er zijn verder geen beleidsmaatregelen specifiek ter verduurzaming van de GA-sector geïdentificeerd.



Figuur 4-1: UK Jet Zero Strategy, delivering net zero aviation by 2050 (UK DoT, July 2022)

Daarnaast heeft Frazer Nash Consultancy in 2022 in opdracht van de Britse overheid een onderzoek naar decarbonisatie van GA uitgevoerd.²⁰ Dit onderzoek richt zich voornamelijk op de vliegvelden, omdat het effect van verduurzaming groter is vanwege het relatief hoge aantal velden. Van operationele vliegbewegingen worden tien initiatieven genoemd, welke worden ingedeeld op eerder beproefde ervaringen, kosteneffectieve oplossingen en toekomstige maatregelen welke verder onderzocht dienen te worden. Deze initiatieven worden op hoog, medium, laag geschat op impact, kosten en barrières. Het is opvallend dat de genoemde vliegoperatie-initiatieven niet specifiek gericht zijn op GA. Ze zijn breder toepasbaar op de gehele luchtvaartsector. Het infasieren van *taxibots* kan wel sneller, simpelweg omdat de toestellen in de eerstgenoemde categorie lichter en kleiner zijn dan de grote luchtvaart.

¹⁹ <https://www.luchtvaartnieuws.nl/nieuws/categorie/2/airlines/virgin-atlantic-vliegt-volledig-op-duurzame-brandstof-de-oceaan-over>

²⁰ https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1154849/decarbonising-ga.pdf

Tabel 4-3: tien initiatieven decarbonisatie GA (L = laag, M = midden, H = hoog)

	Initiatief	Impact	Kosten	Barriere
Plan voor:	Bewezen oplossingen die een matige tot aanzienlijke inspanning en/of kosten vereisen om te implementeren.			
Reduceer	Luchtverkeersleiding: Verbeter de efficiëntie van het luchtverkeersmanagement voor zowel de lucht als op de grond.	M	M	H
Vervang	Sustainable Aviation Fuel (SAF) Verhoog het gebruik van SAF	M	M	H
Evalueren:	Duurdere oplossingen die effectief zullen zijn in bepaalde situaties, afhankelijk van de evaluatie.			
	Voorspelbaar Onderhoud: Gebruik tools zoals Kunstmatige Intelligentie (AI) om onderhoudsplanning en -planning efficiënter te maken.	L	M	M
Reduceer	Vlucht Simulatoren Maak zo veel mogelijk gebruik van vluchtsimulatoren tijdens trainingen om het aantal vliegtuigen van vliegtuigen te verminderen.	L	M	H
	Brandstof Besparing: Verbeterde efficiëntie van vliegtuigkrachtbronnen (motoren) en luchtframe-aerodynamica om brandstofverbruik te verminderen.	M	H	M
	Walstroom aansluiting: Het gebruik van elektrische grondvoeding tijdens vliegtuigcontroles in plaats van een aan boord aanwezige APU voor vliegtuigen die er een hebben.	L	M	M
Monitor:	Toekomstige oplossingen die verdere ontwikkeling vereisen voordat ze op grote schaal kunnen worden ingezet.			
Reduceer	Electrische sleep-robot: Slepen van vliegtuigen naar de startbaan ipv het taxiën op de motor. Dit met behulp van elektrische voertuigen (bijv. Taxibots).	M	M	M
	Waterstof aandrijving: Gebruik waterstof aandrijving voor vliegtuigen	H	H	H
Vervang	Electrische aandrijving: Gebruik elektrische aandrijving voor vliegtuigen	H	H	H
	Productie van koolstofvrije brandstof Onsite productie van Sustainable Aviation Fuels (SAFs) en waterstof.	H	H	H

In januari 2023 heeft CE Delft in opdracht van het ministerie van IenW een overzicht gemaakt van nationaal duurzaamheidsbeleid²¹ voor de luchtvaartsector van onder andere het Verenigd Koninkrijk. Deze *quickscan* richt zich op capaciteitsbeperking, belasting- en andere prijsgerelateerde maatregelen, subsidies en investeringen in duurzame luchtvaart en nationale regulering en verplichtingen. In onderstaande tabel worden de specifieke geïdentificeerde beleidsmaatregelen geïnventariseerd. Voor het Verenigd Koninkrijk kan geconcludeerd worden dat het gros van de maatregelen zich richt op het minder afhankelijk worden van fossiele brandstoffen, en minder op het afremmen van de vraag. Hieronder worden de maatregelen uit onder andere dit pakket beschreven en ingedeeld in één van de drie dimensies fossiele remming (1), regulatie (2) en duurzame stimulatie (3).

Tabel 4-4: Beleidsanalyse van het Verenigd Koninkrijk (enkel CE Delft-rapport)

Maatregel	Omschrijving
Fossiele remming	
Afstandsafhankelijke vliegbelasting	Het Verenigd Koninkrijk hanteert voor passagiers een variabele vliegbelasting, afhankelijk van de afstand. Hierbij worden de volgende tarieven, afhankelijk van cabineklasse, gehanteerd: <ul style="list-style-type: none"> vluchten < 2.000 mijl: £ 13 – £ 78 vluchten > 2.000 mijl: £ 84 - £ 554
Regulatie	
UK Carbon Project	Het Verenigd Koninkrijk heeft besloten om de luchtvaartsector mee te nemen in de totale landelijke

²¹ https://cedelft.eu/wp-content/uploads/sites/2/2023/01/CE_Delft_210334_National_Sustainability_Policy_for_the_Aviation_Sector_def.pdf

Maatregel	Omschrijving
	CO ₂ -uitstoot van 2035. Het stelt zich daarbij, vergeleken met 1990, tot doel: <ul style="list-style-type: none"> • een reductie van 78%.
Bijmengverplichting SAF	Exacte percentages moeten nog worden bepaald.
Duurzame stimulatie	
Financiering van SAF-productie	Het Verenigd Koninkrijk heeft middelen gereserveerd voor de ontwikkeling van productielocaties voor duurzame luchtvaartbrandstoffen (SAF). Concreet is hiervoor gereserveerd: <ul style="list-style-type: none"> • £ 15 miljoen.
SAF Clearing House	3 miljoen pond voorgestelde investering voor <i>Biofuel offsetting</i> .
Financiering van lage- en nul-emissietechnologie (geen SAF)	Naast het financieren van projecten die SAF-productie moeten stimuleren, heeft het Verenigd Koninkrijk ook geld beschikbaar gesteld voor de ontwikkeling van lage- en nul-emissietechnologie. SAF maakt hier specifiek geen onderdeel van uit. Voor dit soort projecten is: <ul style="list-style-type: none"> • £ 1,95 miljard pond gereserveerd.

Duitsland

Duitsland wordt gekenmerkt door zijn geografisch grote spreiding. Mede hierdoor kent Duitsland een groot aantal regionale luchthavens. Tevens heeft Duitsland Europa's grootste economie (gemeten in BBP). Hierdoor heeft Duitsland slagkracht bij het stimuleren van innovatieve technologieën. Dit vertaalt zich ook door naar de ontwikkeling van duurzame luchtvaart. Duitsland heeft namelijk relatief veel fondsen vrijgemaakt voor de stimulatie van o.a. SAF-productie. In onderstaande sectie wordt het concrete Duitse beleid toegelicht.

Beleidsanalyse

Naar aanleiding van de coronapandemie kwam Duitsland met een maatregelenpakket om de luchtvaartsector in stand te houden.²² Een onderdeel van dit pakket is het versterken van het vertrouwen in de sector, waarbij ook specifiek het vertrouwen in de ecologische verantwoordelijkheid van de sector wordt genoemd. Om het ecologisch vertrouwen te versterken en de sector te verduurzamen heeft de Duitse regering verschillende maatregelen gedefinieerd.

Hieronder worden de maatregelen uit onder andere dit pakket beschreven en ingedeeld in één van de drie dimensies. Hierbij is ook gebruik gemaakt van het rapport *Nationaal luchtvaartbeleid verduurzaming* van CE Delft.²³

Er is te zien dat er geen maatregelen betreffende regulatie zijn vastgesteld. Daarnaast zijn er verder geen beleidsmaatregelen specifiek ter verduurzaming van de GA-sector geïdentificeerd.

²² BMDV (2020). Den Luftverkehr stabilisieren. [Link](#).

²³ CE Delft (2023). Nationaal luchtvaartbeleid verduurzaming, Overzicht van maatregelen in Nederland, België, Duitsland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk. [Link](#).

Tabel 4-5: Beleidsanalyse van Duitsland

Maatregel	Omschrijving
Fossiele remming	
NO _x -heffing	<p>Bovenop de reeds bestaande en aangekondigde mondiale en Europese uitstootbeprijzing heeft Duitsland een eigen NO_x-heffing.</p> <p>Reguliere vluchten betalen per uitgestoten kilogram NO_x-equivalent tijdens de <i>Landing and Takeoff Cycle</i> (LTO) een bepaald bedrag.²⁴ Dit bedrag verschilt per luchthaven.^{25 26 27 28 29 30 31}</p> <p>Specifiek voor BA/GA gelden tarieven:</p> <ul style="list-style-type: none"> • € 0,57 - € 3,37 / landing of start. <p>Dortmund hanteert een tarief van:</p> <ul style="list-style-type: none"> • € 3,00 / start. <p>Keulen-Bonn hanteert een variabel tarief van:</p> <ul style="list-style-type: none"> • € 2,00 / kg NO_x-eq. / landing. <p>Zie tabel 4-6 voor meer detail per luchthaven.</p>
Duurzame stimulatie	
Ontwikkeling van hernieuwbare luchtvaartbrandstoffen	<p>Tot 2023 was:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ruim € 1 miljard beschikbaar gesteld voor de ontwikkeling van hernieuwbare brandstoffen voor de luchtvaart. Deze middelen zijn beschikbaar gesteld uit het nationale Energie- en Klimaatfonds. <p>Duitsland benadrukt echter dat enkel het beschikbaar stellen van deze publieke middelen niet voldoende is. Het benadrukt dat het ook essentieel is om:</p> <ul style="list-style-type: none"> • een regelgevend kader te ontwikkelen waarin de productie van deze brandstoffen commercieel levensvatbaar wordt.
Versnelde vlootvernieuwing	<p>Vlootvernieuwing wordt door Duitsland gezien als een snel en effectief middel om CO₂-reductie in de luchtvaart realiseren.</p> <p>Zo wordt geredeneerd dat de nieuwste generatie vliegtuigen tot 30% minder CO₂-uitstoot, vergeleken met de vorige generatie.</p> <p>Doordat vlootvernieuwing nagenoeg tot stilstand kwam tijdens de coronacrisis besloot Duitsland in 2020 tot:</p>

²⁴ De LTO is gedefinieerd door de ICO en beslaat het opstijgen, klimmen, landen en taxiën van vliegtuigen, zie [link](#).

²⁵ Flughafen Köln/Bonn GmbH (2023). List of fees. [Link](#).

²⁶ Düsseldorf Airport (2023). Tariff Regulations for Düsseldorf Airport. [Link](#).

²⁷ Dortmund Airport (2023). Fee schedule for Dortmund commercial airport, Fees subject to approval within the meaning of §19b LuftVG. [Link](#).

²⁸ Flughafen Hamburg GmbH (2023). Airport Charges, Effective April 1st 2023. [Link](#).

²⁹ Stuttgart Airport (2023). ENTGELTORDNUNG AVIATION. [Link](#).

³⁰ Fraport (2023). Flughafenentgelte nach § 19b LuftVG Entgelte für Zentrale Bodenverkehrsdienstinfrastruktureinrichtungen. [Link](#).

³¹ Flughafen München GmbH (2023). Entgeltordnung, Teil 1. [Link](#).

Maatregel	Omschrijving
	<ul style="list-style-type: none"> Een stimuleringspakket ter waarde van € 1 miljard. <p>Naar eigen zeggen draagt het programma significant bij aan de Europese en nationale klimaatdoelen.</p>
Studie naar hybride-elektrische vliegtuigen	<p>Duitsland zet ook in op de ontwikkeling van alternatieve aandrijvingsvormen. Specifiek richt Duitsland zich hierbij op waterstof. De Duitse overheid heeft zich hierbij tot doel gesteld om:</p> <ul style="list-style-type: none"> tegen 2030 een nul-emissie vliegtuig te demonstrenen dat volledig in Duitsland is ontwikkeld. <p>Om dit doel te bereiken is de financiering van de 'hybride-elektrisch vliegen'-lijn van het LuFo-onderzoeksprogramma³² uitgebreid met:</p> <ul style="list-style-type: none"> € 200 miljoen tot 2024.
Korting of vrijstelling op start- en landingstarieven	<p>De luchthavens van Stuttgart en Düsseldorf stimuleren het gebruik van elektrische vliegtuigen via kortingen.</p> <p>Stuttgart hanteert hierbij een:</p> <ul style="list-style-type: none"> vrijstelling van het start- en landingstarief. <p>Düsseldorf hanteert een gereduceerd tarief van:</p> <ul style="list-style-type: none"> € 1,00 * MTOW per start of landing. <p>Zie Tabel 4-7 voor meer detail per luchthaven.</p>

Tabel 4-6: NO_x-heffing op Duitse luchthavens

Luchthaven	NO _x -heffing			Heffing per:	
	Tarief algemeen	BA/GA		Start	Landing
		Tarief	MTOM		
Keulen Bonn	€ 3,00 / kg	€ 2,00 / kg	2.000 kg – 6.000 kg		X
Düsseldorf	€ 1,50 / kg	€ 1,50	≤ 5.700 kg	X	X
Bremen	€ 1,50 / kg	€ 1,50	≤ 5.700 kg	X	X
Dortmund	€ 3,00 / kg	€ 3,00	≤ 5.700 kg	X	
Hamburg	€ 1,72 / kg	€ 0,2873	≤ 2.000 kg	X	X
Stuttgart	€ 1,62 / kg	€ 1,62	≤ 5.700 kg	X	X
Frankfurt	€ 3,37 / kg	€ 3,37	≤ 5.700 kg	x	X
München	€ 9,38* / kg	-			X

* Dit geldt voor vliegtuigen met een MTOM > 20.000 kg. Voor GA/BA gelden specifieke *all-in* tarieven.

Tabel 4-7: Stimulatie van elektrische vliegen en SAF op Duitse luchthavens

Luchthaven	Stimulatie elektrisch vliegen		Stimulatie SAF	
	Stimulans	Opmerking	Subsidie	Opmerking
Stuttgart	Vrijstelling start- en landingstarief	-	€ 300 / 1.000 liter	€ 500.000 beschikbaar
Düsseldorf	Verlaagd tarief start- en landingstarief	€ 1 * MTOW	€ 250 / ton	€ 1000 per tankbeurt, € 100.000 per jaar, per maatschappij
München	-	-	€ 11,15 / kuub	-

*Geldt voor de eerste twaalf maanden

³² Luftfahrtforschungsprogramm, zie [link](#).

Noorwegen

Vanwege het langgerekte en dunbevolkte karakter van Noorwegen, kent het land relatief veel binnenlandse vluchten. Een deel van deze binnenlandse vluchten betreft zogenoemde PSO-routes. Op deze routes met een *Public Service Obligation* (PSO) legt de Noorse overheid geld bij om onrendabele vluchten toch mogelijk te maken. Op deze manier tracht Noorwegen buitengebieden goed verbonden te houden.

Daarnaast beschikt Noorwegen over een uitgebreid netwerk van 43 grote, middelgrote en lokale luchthavens. Deze luchthavens zijn eigendom van, en worden geëxploiteerd door het Noorse staatsbedrijf *Avinor AS*.³³ Hierdoor heeft de Noorse staat veel (directe) invloed op de grondinfrastructuur en start- en landingsvoorwaarden.

Noorwegen maakt geen deel uit van de Europese Unie. Hierdoor stelt het land zelf zijn eigen doelen met bijbehorende maatregelen.

Beleidsanalyse

In 2023 legde Noorwegen haar doelen en bijbehorende maatregelen voor een duurzame Noorse luchtvaart vast in een nationale luchtvaartstrategie.³⁴ In deze strategie stelt Noorwegen concrete klimaatdoelen en definieert het een breed palet aan maatregelen om deze doelen te behalen. Er zijn geen beleidsmaatregelen specifiek ter verduurzaming van de GA-sector geïdentificeerd.

Hieronder worden de maatregelen uit de strategie beschreven en ingedeeld in één van de drie dimensies zoals eerder gedefinieerd in hoofdstuk 4.

Tabel 4-8: Beleidsanalyse van Noorwegen

Maatregel	Omschrijving
Fossiele remming	
CO ₂ -belasting	<p>Noorwegen is een van de weinige landen die een CO₂-belasting heft op alle binnenlandse vluchten. Hiervoor geldt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • € 54 / ton voor ETS-plichtigen; • € 65 / ton voor niet-ETS-plichtigen; <ul style="list-style-type: none"> ◦ Oplopend tot € 170 / ton in 2030. <p>Het Noorse kabinet ambieert om de vrijstelling van belasting op brandstof voor de internationale luchtvaart op te heffen voor vluchten binnen Scandinavië.</p>
Regulatie	
Bindend percentage geavanceerde biobrandstoffen	<p>In 2020 was Noorwegen één van de eerste landen die een verplicht percentage geavanceerde biobrandstoffen³⁵ in de luchtvaart vaststelde. Hiervoor gold een verplichting van:</p> <ul style="list-style-type: none"> • minstens 0,5% van het totaal verkochte volume;

³³ Avinor (g.d.). THE AVINOR GROUP. [Link](#).

³⁴ Det Kongelige Samferdselsdepartement (2023). Meld. St. 10, Bærekraftig og sikker luftfart, Nasjonal luftfartsstrategi. [Link](#).

³⁵ Dit zijn biobrandstoffen die worden gewonnen uit afvalstromen en residuen.

Maatregel	Omschrijving
	<ul style="list-style-type: none"> resultierend in 2,5 miljoen liter verkochte geavanceerde biobrandstof in 2020 en 2021. <p>Het Noorse Milieuagentschap (Miljødirektoratet) oordeelde dat de maatregel grotendeels succesvol was. Daardoor is:</p> <ul style="list-style-type: none"> een zo spoedig mogelijk bindend percentage van 2% is momenteel in de maak.
Eisen bij aanbesteding van PSO-routes	<p>Tussen 36 luchthavens heeft Noorwegen momenteel routes met een zogenoemde <i>Public Service Obligation</i>. Op deze routes legt de Noorse overheid geld bij om onrendabele vluchten van en naar buitengebieden toch mogelijk te maken.</p> <p>Noorwegen overweegt:</p> <ul style="list-style-type: none"> technologie-neutrale eisen aan maximale emissie; <ul style="list-style-type: none"> zoals bijvoorbeeld een emissieplafond per stoelkilometer, of een bepaalde jaarlijkse reductie per stoelkilometer. <p>Dit soort eisen worden echter pas realistisch geschat bij aanbestedingen vanaf 2028 en 2029. Het testen en infaseren van nul- en lage-emissievliegtuigen zou op de korte termijn namelijk kunnen leiden tot een verslechtering van de capaciteit en frequentie op de PSO-routes.</p> <p>Noorwegen inventariseert wel de mogelijkheden om vanaf 1 april 2024 opties in aanbestedingen in te bouwen om gebruik van emissievrije en emissiearme vliegtuigen te stimuleren.</p>
Duurzame stimulatie	
Faciliteren van infrastructuur voor nul- en lage-emissieoplossingen	<p>Laadinfrastructuur is momenteel nauwelijks aanwezig en ook de capaciteit op het stroomnet is soms niet voldoende.</p> <p>Ook vulinfrastructuur voor waterstof is momenteel niet aanwezig op Noorse luchthavens. Vragen rond veilige productie, transport en opslag zullen eerst beantwoord moeten worden.</p> <p>Avinor, het Noorse staatsbedrijf en eigenaar, ontwikkelaar en exploitant van de luchthavens, werkt toe naar:</p> <ul style="list-style-type: none"> (internationaal) gestandaardiseerde oplossingen en randvoorwaarden die een <i>level playing field</i> voor marktpartijen moet garanderen.
Innovatieve overheidsaanbesteding	<p>Omdat het stellen van duurzaamheidseisen op PSO-routes nog niet realistisch wordt geacht, overweegt Noorwegen innovatieve aanbesteding (<i>innovative procurement</i>) vanuit de overheid. Concreet zou dit gaan om:</p>

Maatregel	Omschrijving
	<ul style="list-style-type: none"> • het aanbesteden van een pilot- of ontwikkelingscontract voor het infasieren van nul- en lage-emissievliegtuigen. <p>Bij innovatieve aankoop geldt over het algemeen dat de aankopende partij een product wil dat nog niet voor de markt beschikbaar is.</p> <p>De aankopende partij gaat vervolgens met de markt in gesprek en maakt daarbij diens wensen en eisen kenbaar. Het bedenken van een oplossing wordt nadrukkelijk aan de leverancier overgelaten.</p> <p>De twee meest veelbelovende vormen van innovatief aanbesteden zijn:</p> <ul style="list-style-type: none"> • innovatieve partnerschappen; • en pre-commerciële acquisitie. <p>Het grootste verschil tussen de twee methoden is de manier waarop leveranciers worden betrokken bij de ontwikkelingsfase en of er geëngageerd wordt aan de aanschaf van één of meerdere innovatieve oplossingen.</p> <p>Zie figuur 4-2 voor een illustratie van innovatief partnerschap en pre-commerciële acquisitie.</p>
Financiering voor diverse onderzoeksprogramma's	<p>Noorwegen kent verschillende programma's die onderzoek, ontwikkeling en innovatie in duurzame luchtvaart(technologie) stimuleren. Voorbeelden van concrete programma's zijn:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transport 2025, Pilot-T, ENERGIX en PILOT-E. <p>Daarnaast vindt er ook breder onderzoek plaats naar duurzame technologie via instanties als:</p> <ul style="list-style-type: none"> • het Onderzoekscentrum voor Milieuvriendelijke energie (FME); • het Centrum voor Onderzoeksgedreven Innovatie (SFI). <p>Naast deze nationale programma's neemt Noorwegen deel aan de Europese R&D-projecten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SESAR JU36; • Clean Aviation JU. <p>Tot slot heeft Noorwegen een nauwe innovatiesamenwerking met EASA op het gebied van technologie en regelgeving.</p>

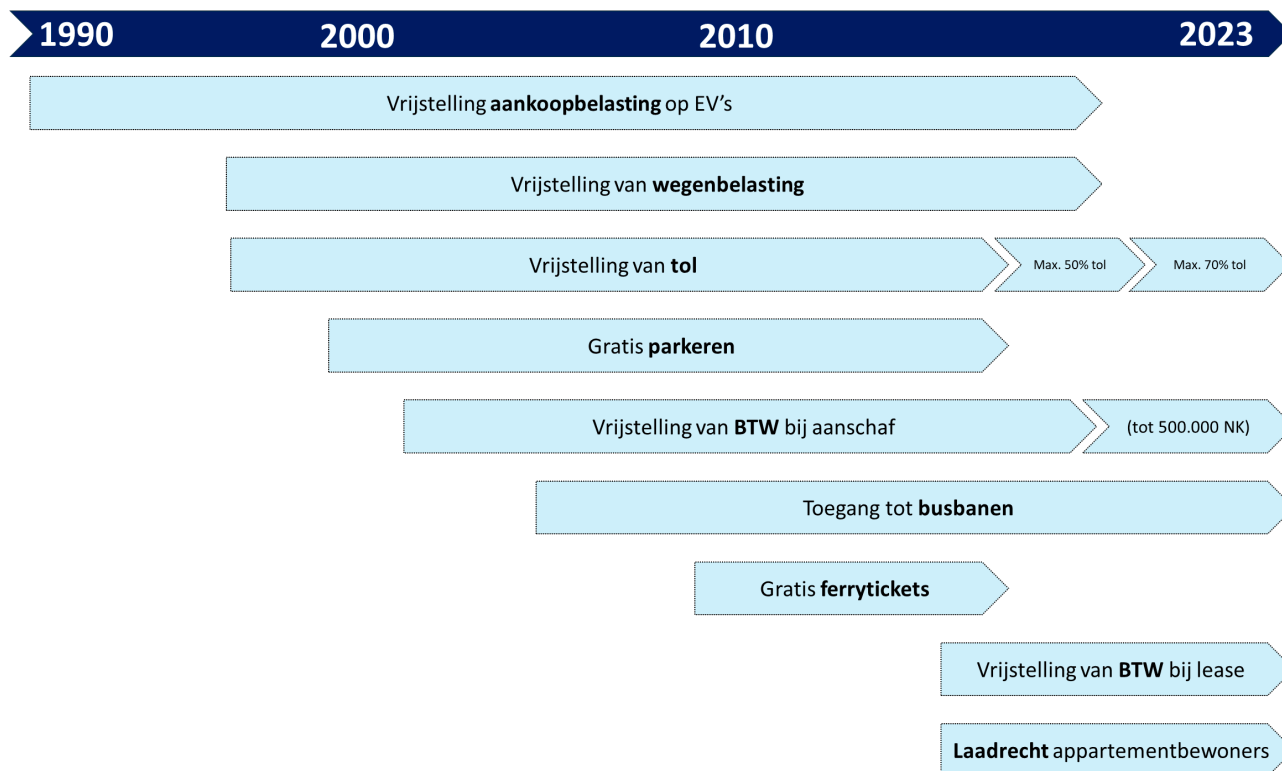
³⁶ Single European Sky Air traffic management Research programme Joint Undertaking



Figuur 4-2: Illustratie van innovatief partnerschap en pre-commerciële acquisitie (originele bron: Oslo Economics, 2022)

Leren van de elektrische automarkt

Bij het verduurzamen van het GA/BA-verkeer kunnen mogelijk lessen worden getrokken uit het Noorse succesverhaal van het elektrificeren van hun personenwagenvloot. Zoals weergegeven in figuur 4-3 voert Noorwegen vanaf 1990 gunstig beleid voor de adoptie van elektrische auto's.³⁷



Figuur 4-3 Een greep uit het gunstige Noorse beleid voor elektrische auto's over de jaren heen (brondata: Norsk elbilforening)

Mede door deze keur aan beleidsvoordelen, en een stabiel lage elektriciteitsprijs wegens voldoende beschikbare (groene) waterkracht, loopt Noorwegen momenteel voorop met de vergroening van hun wagenpark. Afgelopen jaar was ruim 80% van de nieuw verkochte personenauto's volledig elektrisch.³⁸ In totaal was afgelopen jaar bijna een kwart van de personenauto's in Noorwegen volledig elektrisch.³⁹

Deze cijfers staan in schril contrast met, bijvoorbeeld, Nederland. In ons land was zo'n 30% van de nieuw verkochte personenauto's afgelopen jaar elektrisch. In totaal bestond het Nederlandse wagenpark voor slechts een krappe 5% uit volledig elektrische voertuigen.⁴⁰

Nederland zou bij de verduurzaming van het GA/BA-verkeer kunnen kiezen voor brede en stabiele beleidssteun voor lage-emissie of emissievrije GA/BA-vliegtuigen om zo dit segment te stimuleren. Zeker van eigenaren van GA-vliegtuigen zoals vliegscholen of privépersonen wordt verwacht dat ze relatief prijsgevoelig zijn, en dus prijsprikkels nodig hebben om uit zichzelf over te stappen op lage-emissie- of emissievrije vliegtuigen.

³⁷ Norsk elbilforening (2022). Norwegian EV policy. [Link](#).

³⁸ OFV Statistikk (2024). Personbilsalget. [Link](#).

³⁹ OFV Statistikk (2024). Personbilbestanden i Norge fordelt på drivstoff. [Link](#).

⁴⁰ RVO (2024). Elektrische personenauto's in Nederland. [Link](#).

Verenigde Staten

De Verenigde Staten (VS) worden gekenmerkt door diens wijdverspreide geografische ligging. Hierdoor vinden veel binnenlandse vluchten plaats. Deze worden bijvoorbeeld uitgevoerd door een van de regionale luchtvaartmaatschappijen die veel dienst doen als *'federdiensten'* voor de grotere, nationale maatschappijen.

De VS kent specifiek zo'n 3.000 GA-vliegvelden waaruit blijkt dat GA populair is in het land.⁴¹ Zo'n 80% van de ruim 600.000 in de VS gecertificeerde piloten vliegt met GA-materieel.⁴² In 2022 waren naar schatting ruim 200.000 GA-vliegtuigen actief in het land.⁴³

Naast de populariteit van GA in de VS heeft het land ook 's werelds grootste economie (gemeten in BBP).⁴⁴ De grootte van de economie stelt de VS daarom in staat om grote steunpakketten op te tuigen om bepaalde ontwikkelingen te stimuleren.

Beleidsanalyse

De beleidsdoelen van de Verenigde Staten op het gebied van duurzame luchtvaart worden beschreven in het *United States 2021 Aviation Climate Action Plan* van de *Federal Aviation Administration (FAA)*.⁴⁵ In het stappenplan wordt echter wel benadrukt dat het zich focust op het verduurzamen van de commerciële vloot, en niet op het op de toepassing van elektriciteit of waterstof omdat deze enkel als geschikt wordt geacht voor kleine, korte-afstandsvluchten.

Naast de nationale strategie hebben het *U.S. Department of Transportation (DOT)*, *U.S. Department of Energy (DOE)* en de *U.S. Department of Agriculture (USDA)* een *SAF Grand Challenge Roadmap* ontwikkeld.⁴⁶ Dit stappenplan moet leiden tot kostenvermindering, verbeterde duurzaamheid en uitbreiding van de productie van SAF. Meest recentelijk worden in de *Inflation Reduction Act* verschillende concrete financiële prikkels voor verduurzaming van de luchtvaart genoemd.⁴⁷

Hieronder worden de (voorgestelde) maatregelen uit de strategie en stappenplan beschreven en ingedeeld in één van de drie dimensies zoals eerder gedefinieerd. Er zijn geen beleidsmaatregelen specifiek ter verduurzaming van de GA-sector geïdentificeerd.

⁴¹ FAA (2012). General Aviation Airports: A National Asset. [Link](#).

⁴² Aircraft Owners and Pilots Association (2019). State of General Aviation. [Link](#).

⁴³ FAA (2022). FAA AEROSPACE FORECAST, Fiscal Years 2022-2042. [Link](#).

⁴⁴ THE WORLD BANK (2023). GDP (current US\$). [Link](#).

⁴⁵ FAA (2021). United States 2021 Aviation Climate Action Plan. [Link](#).

⁴⁶ DOT, DOE, USDA (2022). Sustainable Aviation Fuel Grand Challenge Roadmap: Flight Plan for Sustainable Aviation Fuel Report. [Link](#).

⁴⁷ The White House WASHINGTON (2023). BUILDING A CLEAN ENERGY ECONOMY: A GUIDEBOOK TO THE INFLATION REDUCTION ACT'S INVESTMENTS IN CLEAN ENERGY AND CLIMATE ACTION. [Link](#).

Tabel 4-9: Beleidsanalyse van de Verenigde Staten

Maatregel	Omschrijving
Regulatie	
Netto-nul luchtvaart in 2050	In diens nationale strategie wordt beschreven hoe de Verenigde Staten toewerken naar een <ul style="list-style-type: none"> • netto-nul CO₂-eq-uitstoot van de luchtvaartsector in 2050.
Productiequote voor SAF	In de <i>SAF Grand Challenge Roadmap</i> stellen de Verenigde Staten zichzelf doelen wat betreft binnenlandse productie van SAF, namelijk: <ul style="list-style-type: none"> • 11 miljard liter in 2030; • 133 miljard liter in 2050; <ul style="list-style-type: none"> ○ Dit komt overeen met de voorziene binnenlandse vraag naar vliegtuigbrandstoffen op dat moment. <p>Deze geproduceerde SAF moet wederom minstens zorgen voor een reductie van 50% van de GHG-uitstoot, vergeleken met conventionele vliegtuigbrandstof.</p>
Duurzame stimulatie	
Subsidie voor SAF	In de " <i>Inflation Reduction Act</i> " wordt <ul style="list-style-type: none"> • \$297 miljoen vrijgemaakt om projecten uit te voeren die SAF produceren, transporteren, bijmengen of opslaan. <p>Ook projecten die lage-emissie luchtvaarttechnologieën met ontwikkelen komen in aanmerking voor de subsidie.</p>
Subsidie voor o.a. fabricatie(lijnen) van schone luchtvaart(technologie)	In het <i>Advanced Technology Vehicle Manufacturing Loan Program</i> en de <i>Domestic Manufacturing Conversion Grants</i> is een gecombineerd bedrag van <ul style="list-style-type: none"> • \$5 miljard dollar vrijgemaakt voor het fabriceren van schone voertuigen en bijbehorende componenten. <p>Luchtvaart komt in aanmerking voor de fondsen, maar ook andere middelzware en zware voertuigen, locomotieven, scheepvaart, en hyperloop.</p> <p>Het <i>Advanced Technology Vehicle Manufacturing Loan Program</i> is specifiek gericht op het produceren van voertuigen, en de <i>Domestic Manufacturing Conversion Grants</i> is specifiek gericht op het aanpassen van de benodigde productielijnen.</p>
Opzet van samenwerkingsverband tussen overheid, industrie en onderzoeksinstituten	Binnen het <i>Sustainable Flight National Partnership (SFNP)</i> werken NASA en de FAA samen met de industrie om de ontwikkeling van vliegtuig- en aandrijvingstechnologie te versnellen. Vergeleken met de huidige generatie vliegtuigen moet een <ul style="list-style-type: none"> • reductie van 25% - 30% in brandstofverbruik worden behaald.

Maatregel	Omschrijving
	<p>In eerste instantie is dit samenwerkingsverband gericht op de ontwikkeling van een nieuwe generatie <i>narrow-body</i> vliegtuigen die gereed moet zijn tussen 2030 en 2035.</p> <p>Specifiek voor GA benoemt de FAA dat NASA momenteel onderzoek doet naar volledig elektrische vliegtuigen en waterstofaandrijving. Ze benadrukken dat deze technologie als eerste zal worden toegepast in kleinere vliegtuigen en dat toepassing in grotere commerciële vliegtuigen waarschijnlijk nog decennia zal duren.</p>
Belastingkorting op SAF	<p>In de <i>Inflation Reduction Act</i> (2022) is een belastingkorting op SAF vastgelegd. Deze korting bedraagt afhankelijk van de CO₂-reductie van de geleverde SAF:</p> <ul style="list-style-type: none"> • \$ 0,33 – € 0,46 / liter <p>En geldt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • de eerste twee jaar voor partijen die SAF bijmengen; • en hierna drie jaar voor partijen die SAF produceren. <p>Om in aanmerking te komen voor de belastingkorting moet de SAF zorgen voor een CO₂-reductie van minstens 50%, vergeleken met conventionele luchtvaartbrandstof.</p>

4.3 Longlist beleidsmogelijkheden

Op basis van bovenstaande beleidsanalyse wordt in dit subhoofdstuk een longlist van beleidsmogelijkheden ter verduurzaming van de GA-sector gepresenteerd. De longlist is een eerste selectie van de unieke beleidsmogelijkheden die in de vorige hoofdstukken zijn geïdentificeerd. Sommige beleidsmogelijkheden zijn niet op de longlist beland. Dit zijn beleidsmogelijkheden die reeds volgens internationale regels voor Nederland gelden, zoals de bijmengverplichting, en een beleidsmogelijkheid die voor Nederland als onrealistisch wordt ingeschat, namelijk de ontwikkeling van een eigen generatie vliegtuigen vanuit overheidsinitiatief.

Voor internationaal geldende regels zal Nederland dus minimaal op Europees niveau samenwerking en overeenstemming moeten vinden.

Zoals gepresenteerd in figuur 4-4 bevat de longlist elf beleidsopties op basis van de beleidsanalyse. Daarbovenop zijn (schuingedrukt) nog enkele beleidsmogelijkheden toegevoegd op basis van de expertise van het onderzoeksteam.

Zoals gedefinieerd in hoofdstuk 4.1 zijn beleidsopties ingedeeld in drie klassen, oplopend in de mate van sturing van de sector. De eerste klasse beleidsmogelijkheden wordt aangeduid als “Duurzame stimulatie” en bevat, met name, opties die de sector stimuleren om gebruik te maken van duurzame alternatieven. De tweede klasse wordt aangeduid als “Fossiele remming” en bevat beleidsmogelijkheden die specifiek het gebruik van fossiele brandstoffen in de sector afremmen. De derde en laatste klasse wordt aangeduid als “Regulatie”. Deze klasse bevat beleidsmogelijkheden die de sector aan bepaalde, bindende regels verbindt.

In tabel B.1 in Appendix B wordt een meer concrete omschrijving of invulling van de elf beleidsmogelijkheden door de vijf landen weergegeven.

Duurzame stimulatie	Fossiele remming	Regulatie
<ol style="list-style-type: none"> 1. Belastingkorting op SAF 2. Korting op bunkeren SAF 3. Stimulatie van SAF 4. Stimulatie van lage- en nul-emissie aandrijftechnologie 5. Stimulatie vlootvernieuwing 6. Korting of vrijstelling op start- en landingstarieven 7. Innovatieve overheidsaanbesteding 8. <i>Stimulatie van vul- en laadinfrastructuur</i> 9. <i>Vrijstelling BTW bij aanschaf/lease</i> 10. <i>Korting/vrijstelling navigatiekosten</i> 11. <i>Subsidie per gevlogen lage of nul-emissie uur</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 12. Afstandsafhankelijke belasting 13. CO₂-heffing 14. NO_x-heffing 15. <i>Geluidsheffing</i> 16. <i>Toeslag start- en landingstarieven</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 17. Verbod op (bepaalde) vluchten 18. Compensatieplicht (bepaalde) vluchten 19. Productiequote voor SAF 20. <i>Verbod op toelating (bepaalde) fossiele vliegtuigen</i> 21. <i>Slotreservatie duurzame vluchten</i> 22. <i>Uitfasering loodhoudende brandstoffen</i>

Figuur 4-4: Longlist van beleidsmogelijkheden voor Nederland

4.4 Shortlist beleidsmogelijkheden

In dit hoofdstuk wordt de longlist gereduceerd tot een shortlist van beleidsmogelijkheden ter verduurzaming van de GA-sector. Om de longlist te reduceren tot een shortlist zijn twee instrumenten gebruikt. Ten eerste is een matrix opgesteld waarbij de beleidsmogelijkheden van de longlist kwalitatief worden uitgezet tegen de verwachte CO₂-reductie en de verwachte inspanning van de sector. Ten tweede is de longlist geëvalueerd door de opdrachtgever (ministerie van Infrastructuur en Waterstaat) en twee afgevaardigden van *Platform Duurzaam Vliegen*.

Door deze shortlist (met bijbehorende kwalitatieve inschattingen over de impact en haalbaarheid van betreffende beleidsmogelijkheden) worden potentieel kansrijke beleidsmogelijkheden geïdentificeerd die bijdragen aan het verduurzamen van de GA-sector. De keuze voor, en de concrete invulling van bepaalde beleidsmogelijkheden in verloop van tijd zullen afhankelijk zijn van het heersende politieke klimaat en de mate van verduurzaming van de GA-sector in verloop van tijd.

Tot slot worden ook aanbevelingen voor flankerend beleid gedaan. Dit flankerende beleid heeft op zichzelf weinig directe impact op het reduceren van CO₂-uitstoot, maar ondersteunt de beleidsmogelijkheden en is wel wenselijk voor het succesvol laten verlopen van de ingrijpende transitie naar een duurzame GA-sector.

4.4.1 Verwachte impact op GA-sector en CO₂-besparing

In dit hoofdstuk worden de beleidsmogelijkheden van de longlist kwalitatief beoordeeld op hun verwachte impact op de GA-sector, en op hun verwachte CO₂-besparing. Beleidsmogelijkheden die naar verwachting een kleine inspanning van de sector vergen, en naar verwachting veel CO₂-besparing opleveren kunnen zo als kansrijk worden geïdentificeerd en vice versa. De matrix is afgebeeld in figuur 4-5.

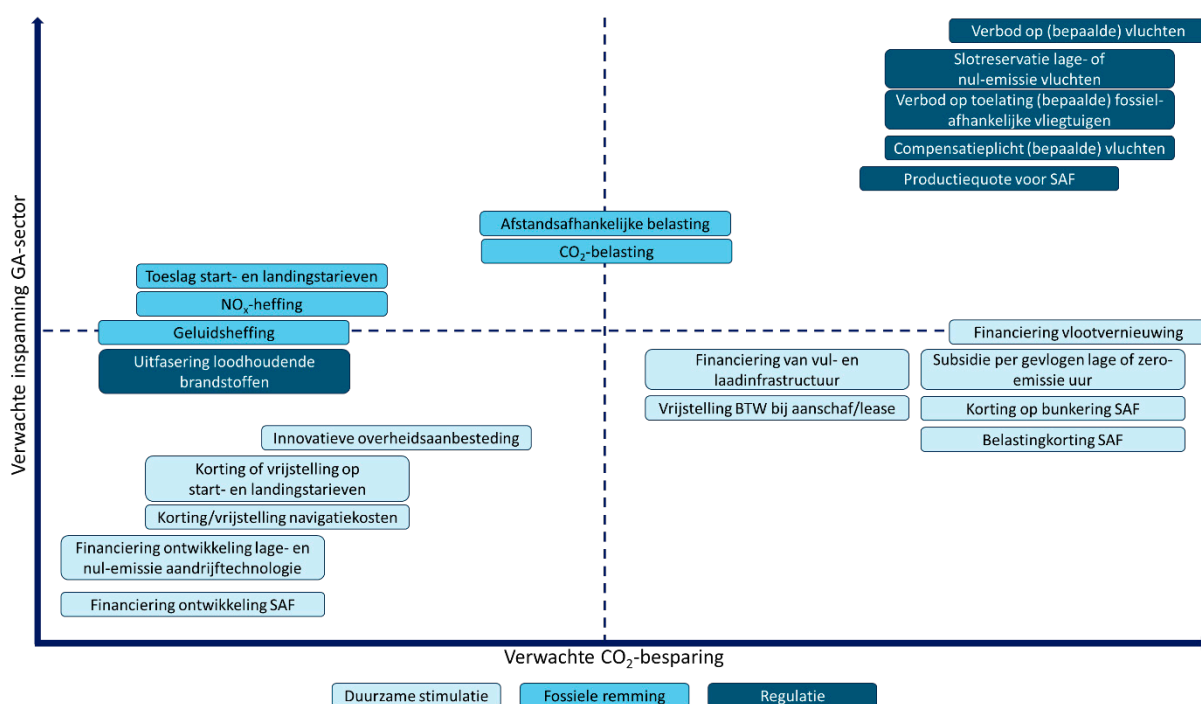
Bij de kwalitatieve inschattingen moet gerealiseerd worden dat de uiteindelijke inspanning van de GA-sector en CO₂-besparing afhangt van de concrete, specifieke invulling van elk van de beleidsmogelijkheden. Verder wordt in de matrix nadrukkelijk de verwachte inspanning van de GA-sector in zijn algemeenheid geschat, en niet die van de overheid zelf. De overheid zelf zal, op basis van o.a. politieke koers en beschikbare middelen, hun eigen mate van inspanning moeten bepalen.

Zoals in hoofdstuk 4.3 al werd beschreven, verschillen de drie klassen van beleidsmogelijkheden o.a. in de mate waarin zij de sector sturen.

De klasse “Regulatie” heeft duidelijk de meeste impact op de GA-sector. Deze klasse zorgt naar verwachting echter ook voor een grote CO₂-besparing. Immers, theoretisch zou een verbod op GA-vluchten zorgen voor netto-nul CO₂-uitstoot.

De klasse “Fossiele remming” heeft naar verwachting minder impact op de sector, maar zorgt ook voor minder CO₂-uitstoot. Een afstandsafhankelijke heffing of CO₂-heffing zorgt daarbij naar verwachting relatief voor de meeste CO₂-besparing. Specifiek voor BA zullen deze maatregelen echter naar verwachting weer minder impact opleveren. BA-verkeer is, ten opzichte van regulier GA-verkeer, wegens hun hoge betalingsbereidheid namelijk relatief ongevoelig voor prijsprikkels.

De beleidsmogelijkheden in de klasse van “Duurzame stimulatie” vergen naar verwachting relatief de minste inspanning van de GA-sector. Binnen de klasse “Duurzame stimulatie” bestaat de grootste variatie tussen de verwachte CO₂-besparing van de verschillende maatregelen. Bepaalde stimuleringsmogelijkheden zorgen naar verwachting voor één op één vervanging van fossiele alternatieven, wat zorgt voor een relatief hoge CO₂-besparing. Andere stimuleringsmaatregelen zijn meer op *research and development* (R&D) gericht, of dragen bij aan de aantrekkelijkheid van lage- en nul-emissie aandrijftechnologie. Dit soort beleidsmogelijkheden hebben naar verwachting minder directe impact op CO₂-besparing. Dit betekent echter niet dat dit soort beleidsmaatregelen op de lange termijn niet kunnen zorgen voor significante CO₂-besparingen.



Figuur 4-5: Kwalitatieve inschatting van de verwachte CO₂-besparing en verwachte inspanning van de luchtvaartsector per beleidsmogelijkheid van de longlist

4.4.2 Shortlist

In dit hoofdstuk wordt de shortlist gepresenteerd, waarna de betreffende beleidsmogelijkheden kort worden toegelicht. De uiteindelijke shortlist, weergegeven in tabel 4-10, is tot stand gekomen op basis van bovenstaande matrix, feedback van opdrachtgever (ministerie van Infrastructuur en Waterstaat) en twee afgevaardigden van het *Platform Duurzaam Vliegen*, en expertise van het onderzoeksteam. Hier moet bij worden vermeld dat het niet selecteren van bepaalde beleidsmogelijkheden voor de shortlist niet per definitie betekent dat deze niet kansrijk en effectief kunnen zijn.

De beleidsmogelijkheden op de shortlist zijn wederom ingedeeld in de drie klassen “Duurzame stimulatie”, “Fossiele remming” en “Regulatie”. Voor elk van de beleidsmaatregelen wordt een kwalitatieve inschatting gemaakt van de *lead time*, en de verwachte inspanning van de Rijksoverheid op juridisch, technisch en financieel vlak. Met de *lead time* wordt de tijd tussen het invoeren van een beleidsmogelijkheid en het moment dat de beleidsmogelijkheid naar verwachting significante CO₂-besparing zal opleveren bedoeld.

Onder tabel 4-10 wordt iedere beleidsmogelijkheid beknopt beschreven. In appendix d wordt een toelichting van de lead-time en inspanningsscore per maatregel toegelicht.

Wanneer in een later stadium bepaalde beleidsmogelijkheden worden geconcretiseerd wordt aanbevolen om een aanvullend, meer kwantitatief, onderzoek uit te voeren naar het effect, de *lead time* en de haalbaarheid op juridisch, technisch en financieel vlak.

Tabel 4-10: Kwalitatieve inschatting van de haalbaarheid en lead-time van beleidsmogelijkheden van de shortlist (Lead-time: K = kort, M = midden, L = lang; inspanning: L = laag, M = midden, H = hoog)

Beleidsmogelijkheid	Lead time	Inspanning		
		Juridisch	Technisch	Financieel
<i>Duurzame stimulatie</i>				
1. Subsidie per gevlogen lage- of nul-emissie vliegtuig	K	M	M	M
2. Stimulatie vlootvernieuwing	L	M	M	H
3. Stimulatie ontwikkeling lage- en nul-emissie aandrijftechnologie	L	L	M	H
4. Innovatieve overheidsaanbesteding	L	M	M	H
<i>Fossiele remming</i>				
5. CO ₂ -heffing	K	H	L	L
6. Toeslag op start- en landingstarieven	K	H	H	M
<i>Regulatie</i>				
7. Verbod op toelating (bepaalde) fossielafhankelijke vliegtuigen	L	H	L	L
8. Slotreservatie lage- of nul-emissie vluchten	M	H	H	L
9. Verbod op (bepaalde) fossielafhankelijke GA-vluchten	K	H	M	L
10. Uutfasering loodhoudende brandstoffen	L	M	M	L

In de klasse “**Duurzame stimulatie**” zijn veelal financiële instrumenten opgenomen. De GA-sector wordt namelijk, op BA na, gekenmerkt door lage marges en beperkte financiële ruimte. Denk hierbij bijvoorbeeld aan partijen als vliegsholen, vliegclubs en regionale vliegvelden. Dit beeld van beperkte financiële ruimte werd bevestigd tijdens de uitgevoerde interviews.

In de klasse “**Fossiele remming**” zijn CO₂-heffing en een toeslag op start- en landingstarieven opgenomen. Een NO_x-heffing en geluidsheffing zijn niet opgenomen wegens hun beperkte effect op CO₂-besparing. De afstandsafhankelijke belasting is niet opgenomen, omdat een CO₂-heffing doelgerichter is en uiteindelijk ook afstandsafhankelijk is.

In de klasse “**Regulatie**” zijn maatregelen opgenomen die naar verwachting veel impact hebben op de GA-sector, maar ook kunnen zorgen voor veel CO₂-reductie.

1. Subsidie per gevlogen lage- of nul-emissie vliegtuig

Een subsidie per gevlogen lage- of nul-emissie vliegtuig is naar verwachting een zeer effectieve beleidsmogelijkheid ter verduurzaming van de GA-sector. De subsidie stimuleert direct de doelen die men poogt te behalen, en vergt geen aparte beleidsmogelijkheden voor bijvoorbeeld SAF en (hybride)elektrische of waterstofaandrijving.

Door de focus op lage- of nul-emissie vliegtuigen is de subsidie dus technologie-neutraal. Hierdoor blijven innovatiepaden open, wat wenselijk is in deze fase van de technologieontwikkeling. De beleidsmogelijkheid leent zich ook goed voor specificering op bepaalde GA-segmenten. Zo kan gedacht worden aan het enkel financieren van bijvoorbeeld vliegclubs of vliegclubs.

Het succes van de beleidsmaatregel zal naar verwachting afhangen van de beschikbare technologie, en van de hoogte van de subsidie. Gebruikers zullen naar verwachting gebruik maken van de subsidie als een volgens hen groot genoeg deel van de onrendabele top van het gebruik van duurzame(re) alternatieven wordt gecompenseerd.

2. Stimulatie vlootvernieuwing

Zoals bleek uit de beleidsanalyse trok Duitsland naar aanleiding van de COVID-periode zo'n 1 miljard euro uit voor de stimulatie van vlootvernieuwing. Deze beleidsmogelijkheid is effectief wegens de continue verbeteringen in efficiëntie van nieuwe vliegtuigen, zeker wanneer nul-emissie vliegtuigen klaar zijn voor marktintroductie.

Bij stimulatie hoeft niet direct gedacht te worden aan het volledig vergoeden van de investering, maar kan ook worden gedacht aan het compenseren van (een deel van) de onrendabele top, of creatiever in de zin van gunstige regelgeving rond financieringsvoorwaarden of vrijstelling van bepaalde belastingen.

Ook deze beleidsmogelijkheid leent zich goed voor specificering op bepaalde GA-segmenten die niet de kapitaalcracht bezitten om (op tijd) een duurzame vloot te realiseren.

In de wegsector wordt deze beleidsmogelijkheid reeds succesvol toegepast. Middels de Aanschafsubsidie Zero-Emissie Trucks (AanZET) worden ondernemers en non-profitorganisaties gestimuleerd om emissieloze voertuigen aan te schaffen of te leasen. Met deze subsidie wordt een deel van de onrendabele top van zero-emissie trucks vergoed. De subsidie is structureel overschreven en leidt zo direct tot vernieuwing in de truckvloot met bijbehorende emissiewinst.^{48 49}

3. Stimulatie ontwikkeling lage- en nul-emissie aandrijftechnologie

Verschillende landen uit de beleidsanalyse zetten onder andere in op onderzoeksbudgetten, eventueel op Europees niveau. Deze stimulatie is essentieel vanwege de enorme technologische en financiële uitdagingen die gepaard gaan met het ontwerpen en produceren van geavanceerde systemen zoals schone(re) vliegtuigen.

Door middel van subsidies, investeringen en onderzoeksfondsen kan de overheid innovatie stimuleren en de risico's verminderen voor bedrijven die zich bezighouden met de ontwikkeling van deze klimaatvriendelijke technologieën.

Het nut van overheidsstimulatie in dit verband is tweeledig. Allereerst kan het helpen bij het overbruggen van de kloof tussen onderzoek en commerciële toepassing, waardoor bedrijven de kans krijgen om prototypes te ontwikkelen en te testen zonder directe marktdruk.

⁴⁸ RVO (2024). Aanschafsubsidie Zero-Emissie Trucks (AanZET). [Link](#).

⁴⁹ Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2024). Subsidieregeling emissievrije vrachtwagens start 26 maart 2024. [Link](#).

Ten tweede kan het de ontwikkeling van nul-emissie aandrijvingsvormen versnellen door het creëren van een gunstig investeringsklimaat en het stimuleren van samenwerking tussen verschillende belanghebbenden, zoals industrie, onderzoeksinstellingen en overheidsinstanties. Op lange termijn kunnen deze investeringen resulteren in een duurzamere luchtvaartindustrie. De beleidsmogelijkheid moet zodoende dus ook als een lange-termijn-investering worden gezien.

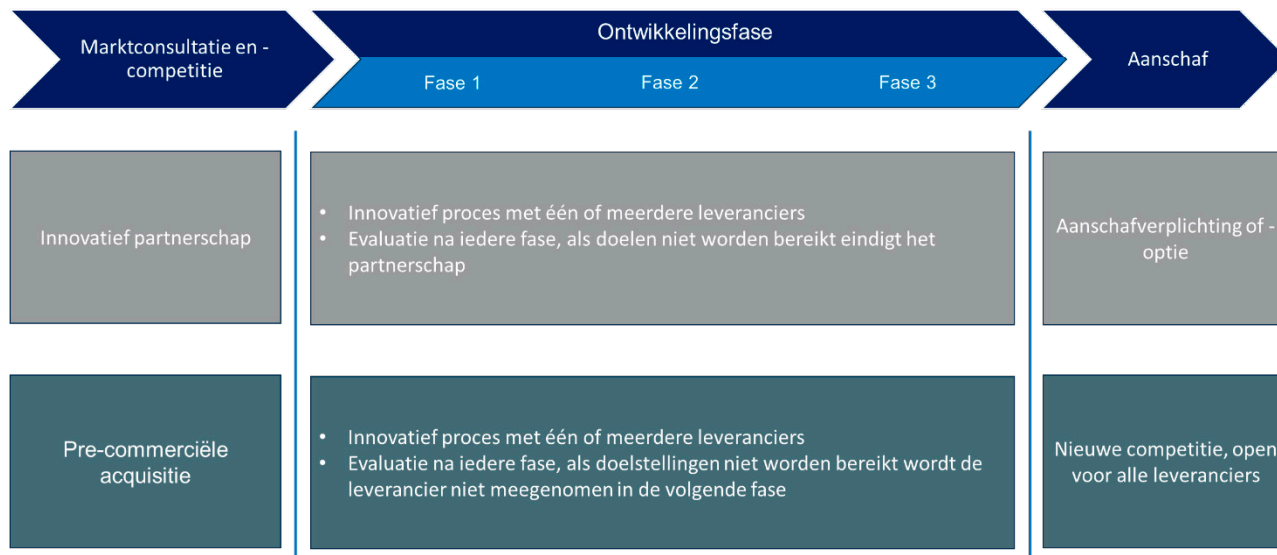
4. Innovatieve overheidsaanbesteding

Net zoals Noorwegen kan Nederland zich ook oriënteren op zogenoemde innovatieve overheidsaanbesteding. Concreet kan het dan gaan om het aanbesteden van een pilot- of ontwikkelingscontract voor het infaseren van nul- en lage-emissievliegtuigen. Door middel van innovatieve aanbestedingen stimuleert de overheid niet alleen de transitie naar duurzamere praktijken in de luchtvaartindustrie, maar toont zij ook haar toewijding aan het bevorderen van milieu- en klimaatvriendelijke oplossingen en technologische vooruitgang.

Bij innovatieve aankoop geldt over het algemeen dat de aankopende partij een product wil dat nog niet voor de markt beschikbaar is. De aankopende partij gaat vervolgens met de markt in gesprek en maakt daarbij diens wensen en eisen kenbaar.

Maatschappelijke vluchten die niet tijds-kritisch zijn kunnen als proeftuin dienen waar de overheid en innovatieve bedrijven hand in hand gaan. Hierbij kan concreet gedacht worden aan elektrificatie van inspectietaken van de kustwacht, postvervoer tussen de CAS- en BES-eilanden of patrouillevluchten voor toezicht op infrastructuur of visserij.

De twee meest veelbelovende vormen van innovatief aanbesteden zijn innovatieve partnerschappen en pre-commerciële acquisitie. In figuur 4-6 is een illustratie hiervan herhaald.



Figuur 4-6: Illustratie van innovatief partnerschap en pre-commerciële acquisitie (originele bron: Oslo Economics, 2022)

5. CO₂-heffing

De tegenhanger van een subsidie per gevlogen lage- of nulemissie vliegtuig is de CO₂-heffing. Een CO₂-heffing zou luchtvaartmaatschappijen naar verwachting aanzetten om zuiniger om te gaan met brandstof, investeringen te doen

in schonere technologieën en meer gebruik te maken van SAF. Zodoende wordt verwacht dat deze beleidsmogelijkheid effectief is in het reduceren van CO₂-emissies.

Deze beleidsmogelijkheid zou ook een eerlijkere prijsstructuur creëren, waarbij de werkelijke klimaatkosten van vliegvluchten worden meegenomen. Door deze maatregel kan de negatieve impact van de luchtvaart op het klimaat worden verlaagd en tegelijkertijd de transitie naar groenere alternatieven worden versneld.

De middelen die worden opgehaald via de CO₂-heffing kunnen mogelijk gebruikt worden ter financiering van beleidsmogelijkheden uit de klasse 'Duurzame stimulatie'.

6. Toeslag op start- en landingstarieven

In navolging van Duitsland kan ook Nederland inzetten op het ontmoedigen van fossiele brandstoffen door de start- en landingsgelden te verhogen (of juist te verlagen voor duurzame alternatieven). Zodoende worden schonere aandrijfvormen gestimuleerd doordat de onrendabele top effectief wordt verlaagd.

Het is raadzaam om landelijke richtlijnen voor deze beleidsmogelijkheid op te zetten om een binnenlands waterbedeefte te voorkomen. Verder kan gedacht worden aan een getrapte invoering waarbij vliegvelden eerst worden aangemoedigd in differentiatie, en later mogelijk worden verplicht, al dan niet met richtlijnen voor de breedte in differentiatie. De middelen die beschikbaar komen door een fossiele toeslag kunnen door de vliegvelden mogelijk worden aangewend voor de realisatie van duurzame laad- en vulinfrastructuur.

7. Verbod op toelating (bepaalde) fossielafhankelijke vliegtuigen

Een beleidsmogelijkheid die direct effect sorteert op de CO₂-uitstoot is een verbod op de toelating van (bepaalde) fossielafhankelijke vliegtuigen. Concreet wordt aanbevolen om zo'n verbod in te stellen op de invoer of nieuwverkoop van (bepaalde) fossielafhankelijke vliegtuigen. Op deze manier worden huidige gebruikers niet gedupeerd.

Op het moment van schrijven is het mogelijk toestellen in Nederland te registreren op gelode brandstof. Deze toevoeging aan de brandstof dient voor betere smering en koeling, nadeel is dat het als bijproduct van verbranding als zwaar metaal emissie in de atmosfeer komt. Doordat dit beproefde vliegtuigen zijn waarvan de eerste types 50 jaar geleden op de markt zijn gebracht en gecertificeerd, met de toen beschikbare motoren. Zowel deze vliegtuigen als motoren worden nog steeds gemaakt, gekocht en geregistreerd. Gelet op een gemiddelde life-cycle van ongeveer 40 jaar zullen morgen gekochte vliegtuigen nog lang in het luchtruim actief zijn. Reguleren van deze manier van aandrijving kan een incentive zijn voor de fabrikanten om alternatieve krachtbronnen te ontwikkelen om ook niet-CO₂-emissies te verkleinen.

In aanloop naar zero-emissie binnenlandse burgerluchtvaart in 2050 kan worden nagedacht over een uiterste datum voor aanschaf van (bepaalde) fossielafhankelijke vliegtuigen. Het is hierbij raadzaam om rekening te houden met de marktintroductie van duurzame aandrijfvormen. Een beslissing over een uiterste datum van aanschaf valt idealiter dus pas wanneer redelijkerwijs duidelijk is dat geschikte duurzame alternatieven voorhanden zijn.

8. Slotreservatie lage- of nul-emissie vluchten

Bij deze beleidsmogelijkheid wordt voorgesteld om op luchthavens een bepaald percentage slots speciaal voor nul- en lage emissie vluchten te reserveren. Op drukke vliegvelden waar een slotsysteem van toepassing is wordt het gebruik van duurzame(re) alternatieven zo gestimuleerd. Door een relatief ruim percentage te reserveren komt er namelijk relatief meer ruimte vrij voor duurzame(re) vluchten. Dit biedt een grotere flexibiliteit aan gebruikers van duurzame(re) vluchten. Door deze beleidsmogelijkheid in te zetten kan Nederland verder aantrekkelijk worden voor

duurzame(re) GA-vluchten. Hier moet bij worden vermeld dat aanpassingen in het slotreservatiesysteem complex, en dus mogelijk lastig te realiseren zijn. Zie Appendix D voor meer toelichting.

9. Verbod op (bepaalde) fossielafhankelijke GA-vluchten

Net als een verbod op de toelating van (bepaalde) fossielafhankelijke vliegtuigen, is ook deze beleidsmogelijkheid er een die direct effect sorteert op de CO₂-uitstoot.

De beleidsmogelijkheid kan extra relevant worden richting 2050. In de Luchtvaartnota 2020 – 2050 is namelijk vastgelegd dat de binnenlandse burgerluchtvaart in 2050 geen CO₂ meer uit mag stoten.⁵⁰ Indien richting 2050 blijkt dat het lastig wordt om dit doel te behalen moet door Nederland worden overwogen om fossielafhankelijke vluchten te verbieden.

Alternatief kan worden overwogen om enkel bepaalde fossiele GA-vluchten te verbieden. Niet elke vlucht heeft namelijk hetzelfde doel binnen de GA-sector. Het uitvoeren van een lesvlucht, het oppikken van een reclamesleep, het snel vervoeren van een leidinggevende van het hoofdkantoor naar een productielocatie, of een politievlucht hebben bijvoorbeeld allen een ander karakter.

De wenselijkheid om een verbod te differentiëren naar doel van de vlucht zal in de politieke arena beklonken moeten worden omdat meer factoren mee spelen dan enkel het reduceren van CO₂-uitstoot. Verder is het naar verwachting voor bepaalde vluchten lastig om het precieze doel vast te stellen. Zie Appendix D voor meer toelichting.

10. Uitfasering loodhoudende brandstoffen

De laatste beleidsmogelijkheid van de shortlist is niet zozeer gericht op het verminderen van de CO₂-uitstoot, oftewel het verminderen van de klimaatimpact van de GA-sector. Deze beleidsmogelijkheid is meer gericht op het verlagen van de milieuimpact van de GA-sector.

Waar loodvrije brandstof in het wegvervoer al lang de standaard is, is loodhoudende brandstof in de vorm van avgas 100LL in de GA-sector nog gemeengoed. Deze brandstof wordt vooral gebruikt in de segmenten privévluchten, sportvluchten en klein commerciële vluchten. De Europese wetgeving schrijft reeds voor dat vanaf volgend jaar (2025) de markttoegang van tetraethyllead (TEL) tot de EU sterk wordt gereguleerd. Deze component wordt gebruikt voor de productie van avgas 100LL. Enkel onder beperkte omstandigheden kan toch markttoegang worden verkregen.^{51 52}

Volgens de Koninklijke Nederlandse Vereniging voor Luchtvaart (KNVvL) moet avgas 100LL hierdoor geïmporteerd worden voor vliegtuigen waar geen geschikt alternatief voor is. Het gebruik van avgas 100LL op zich wordt dus niet verboden.⁵³

Wegens de milieu-implicaties van deze loodhoudende brandstof wordt aanbevolen om ook het gebruik van loodhoudende brandstoffen (avgas 100LL) uit te faseren. Idealiter wordt hierbij wel rekening gehouden met (de ontwikkeling van) beschikbare alternatieven. avgas UL91 en avgas UL94 kunnen geschikte alternatieven zijn. Hiervoor kan echter wel formele toestemming in de vorm van een aanvullend typecertificaat (STC) of Service Bulletin (SB)

⁵⁰ Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2020). Verantwoord vliegen naar 2050, Luchtvaartnota 2020-2050. [Link](#).

⁵¹ Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No 793/93 and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC. [Link](#).

⁵² Regulation (EU) amending Annex XIV to Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH). [Link](#).

⁵³ KNVvL (2024). Update: toekomst van avgas 100LL. [Link](#).

benodigd zijn, of technische wijzigingen aan het brandstofsysteem.⁵⁴ De overheid kan deze beschikbare alternatieven stimuleren. Hierbij kan van promotie tot aan een tegemoetkoming in meerkosten worden gedacht.

Bij het uitfaseren van loodhoudende brandstof kan verder gedacht worden aan een verbod op de nieuw-verkoop en import van vliegtuigen afhankelijk van loodhoudende brandstoffen.

4.4.3 Flankerend beleid

Naast gerichte beleidsmogelijkheden om CO₂-besparing te realiseren is flankerend beleid wenselijk, dan wel noodzakelijk, om de ingrijpende transitie te faciliteren. Hieronder staan vier beleidsmogelijkheden beschreven die naar verwachting bijdragen aan het succesvol vergroenen van de GA-sector. Deze maatregelen zorgen dus naar verwachting op zichzelf niet voor significante directe CO₂-besparing maar zijn wel zachte ‘maatregelen’ die ondersteunen en van belang zijn.

Monitoren van emissies en marktintroducties

Het doel uit de Luchtvaartnota van een 15% CO₂-reductie van het binnenlandse vliegverkeer in 2030 t.o.v. 1990, kan door ontbrekende data momenteel niet exact worden geëvalueerd. Uit eerder onderzoek van het RIVM⁵⁵ blijkt dat de uitstoot van het binnenlands verkeer in 1990 gelijk was aan 85 kt CO₂. Hiermee lijkt het doel van 15% CO₂-reductie van het binnenlands verkeer in 2030 t.o.v. 1990 uit de Luchtvaartnota goed haalbaar. De behaalde reductie zal echter sterk beïnvloed zijn door het schrappen van de binnenlandse lijndiensten en in mindere mate door de verduurzaming van de GA-sector. Er kan echter niet exact worden bepaald of het verduurzamingspad richting 2030 goed verloopt. Om de beleidsvorming op korte termijn te informeren wordt dus idealiter eerst de CO₂-uitstoot van het binnenlandse vliegverkeer met achterliggende data in 1990 exact in kaart gebracht.

Aansluitend wordt aanbevolen om de emissies en marktintroducties van de GA-sector regelmatig te monitoren. Door het monitoren van emissies kan tijdig worden bijgestuurd om de doelen uit de Luchtvaartnota te behalen. Daarnaast worden de komende jaren veel van de eerdergenoemde marktintroducties verwacht. Door het monitoren en analyseren van deze introducties kunnen vervolgens o.a. de onrendabele top en praktische knelpunten voor de Nederlandse GA-sector in kaart worden gebracht. Dit biedt de basis voor het bijsturen van beleid.

Stimuleren van vul- en laadinfrastructuur

De stimulatie van vul- en laadinfrastructuur is raadzaam wegens de kleine marges van regionale vliegvelden. Door deze kleine marges is (financiële) ondersteuning van (met name) regionale vliegvelden naar verwachting nodig voor een tijdige realisatie van de benodigde infrastructuur voor het elektrisch laden van vliegtuigen en/of het bunkeren van SAF.

Tijdige beschikbaarheid van deze infrastructuur is gewenst om het zogenaamde ‘kip-ei’-vraagstuk te doorbreken. Door het tijdig realiseren van de juiste infrastructuur zal dit geen beperkende factor zijn voor het vergroenen van de GA-sector.

Aanvullend op deze beleidsmogelijkheid kan gedacht worden aan het verplicht beschikbaar stellen van laadfaciliteiten en bunkermogelijkheden voor SAF. Een tweede vraagstuk is dan hoe men er voor kan zorgen dat deze duurzame(re)

⁵⁴ V. Wigmans (g.d.). De verschuiving van avgas 100LL naar avgas UL91/UL94. Fly Aeolus. [Link](#).

⁵⁵ Bron: Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990–2019

energiedragers daadwerkelijk gebruikt gaan, en kunnen gaan worden door alle GA-segmenten. In de toekomst ontstaat namelijk mogelijk een situatie waarbij de verplichte bijmengpercentages van SAF een grotere vraag creëren dan daadwerkelijk beschikbaar is. Indien deze situatie zich voordoet wordt verwacht dat meer kapitaalkrachtige partijen zoals luchtvaartmaatschappijen en zakenverkeer hun handen op de beschikbare volumes SAF leggen.

Daarom moet worden nagedacht of het wenselijk is dat (een beperkte hoeveelheid) SAF gegarandeerd beschikbaar komt voor alle of bepaalde GA-segmenten. Een andere mogelijkheid is om, indien de vraag het aanbod overstijgt, na te denken welke modaliteiten of segmenten van modaliteiten voorrang moeten krijgen op beschikbare hoeveelheden SAF.

Vooroplopen in ontwikkeling en adaptatie van internationale vul- en laadinfrastructuur

Een belangrijke voorwaarde voor het realiseren van vul- en laadinfrastructuur is de ontwikkeling en adaptatie van betreffende internationale standaarden. Daarom is het raadzaam om als Nederland nauw betrokken te zijn bij de ontwikkeling van deze standaarden binnen gremia als IACO, IATA, EASA en specifieke trajecten als *Clean Aviation Joint Undertaking*.⁵⁶

Naar verwachting is de *Inspectie Leefomgeving en Transport* (ILT) vanuit het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat de aangewezen partij om te participeren in deze ontwikkelingstrajecten.

Vooroplopen in certificering lage- en nul-emissie aandrijftechnologieën

Daaropvolgend is het van belang om als ILT op de hoogte te zijn van deze certificeringsmogelijkheden en voldoende capaciteit beschikbaar te hebben om, indien mogelijk, innovatieve toestellen te certificeren.

Nederland kan verschillende concrete maatregelen nemen om fabrikanten te ondersteunen binnen de geldende kaders. Allereerst kan de overheid investeren in het versterken van certificatie-instanties door middel van extra middelen en gespecialiseerd personeel, zodat zij efficiënter kunnen werken en sneller kunnen reageren op nieuwe technologische ontwikkelingen.

Daarnaast kan Nederland samenwerken met fabrikanten en certificatie-instanties om duidelijke en gestroomlijnde processen voor certificatie op te stellen, waardoor onnodige vertragingen kunnen worden voorkomen. Het aanbieden van trainingen en workshops voor fabrikanten over de certificatieprocedure en de vereisten kan ook helpen om het proces te versnellen en misverstanden te verminderen.

Communicatie vanuit overheid en tussen betrokken partijen

Tot slot is het van belang dat de overheid ten eerste zorgt voor (de communicatie van) consequent, helder lange-termijn beleid. Ten tweede kan de overheid ook een rol spelen in het bevorderen van de samenwerking tussen de betrokken partijen bij de verduurzaming van de GA-sector.

Naast een helder, lange-termijn beleidskader kan de overheid dus fungeren als een verbindende kracht tussen verschillende belanghebbenden. Als een goede eerste stap kan de overheid een platform creëren waarop bedrijven, onderzoeksinstituten en bijvoorbeeld klimaat- en milieugroeperingen kunnen samenwerken en kennis delen over vergroeningsinitiatieven en duurzame *best practices*. Dit kan de uitwisseling van ideeën bevorderen en synergiën creëren tussen verschillende partijen in de duurzame GA-keten.

⁵⁶ "The Clean Aviation Joint Undertaking is the European Union's leading research and innovation programme for transforming aviation towards a sustainable and climate neutral future." [Link](#).

De overheid kan ook investeren in opleidings- en trainingsprogramma's om professionals in de kleine luchtvaartsector te onderwijzen over nul- en lage emissie praktijken en technologieën. Dit kan onder meer gebeuren door workshops aan te bieden bij onderwijsinstellingen zoals het MBO, HBO en universiteiten, zowel in reguliere als in de vorm van cursussen.

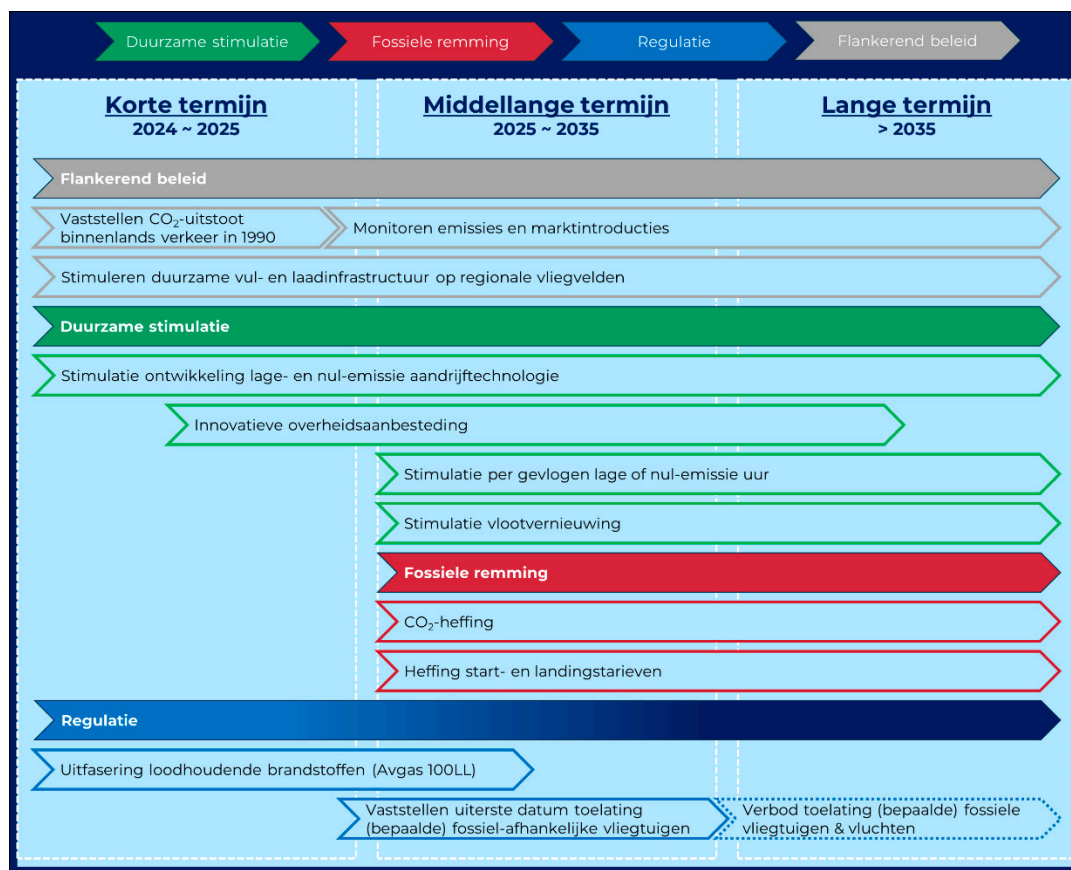
Daarnaast kunnen samenwerkingen worden opgezet met gespecialiseerde bedrijven in particulier onderwijs, waarbij de focus ligt op duurzaamheidsthema's. Door deze trainingen en educatieve initiatieven te integreren in de dagelijkse werkzaamheden van (semi)-professionele vliegscholen en onderhoudsbedrijven, kunnen de duurzaamheidsdoelstellingen op een positieve manier worden verankerd en kan er een groter bewustzijn worden gecreëerd binnen de sector. Naast korte workshops kan de mogelijkheid onderzocht worden voor het verstrekken van subsidies of beurzen voor studenten bij dergelijke programma's en cursussen.

5 Doorkijk naar de toekomst

In hoofdstuk 3.2.2 is een *business-as-usual* scenario gepresenteerd waarin de verwachte reductie in CO₂-uitstoot van de GA-sector gepresenteerd wordt op basis van het huidige beleid. Om de verduurzaming van de sector te versnellen en de peilreductie in 2050 te vergroten kunnen additionele beleidsmaatregelen als beschreven in hoofdstuk 4.4.2 worden toegepast. In dit hoofdstuk wordt een doorkijk gegeven naar een de inpassing van de beleidsmogelijkheden en daaropvolgend het verduurzamingsscenario van de GA-sector, waarin verdere beleidsmaatregelen worden toegevoegd.

5.1 Inpassing van beleidsmogelijkheden

De verduurzaming van de GA-sector is een lang proces. Er moeten verschillende stappen, op verschillende momenten in de tijd gezet worden om een emissieloze GA-sector in 2050 te realiseren. In hoofdstuk 4 zijn verschillende beleidsmogelijkheden benoemd, opgedeeld in duurzame stimulatie (I), fossiele remmingen (II) en regulatie (III). In figuur 5-1 wordt een indicatieve tijdlijn gepresenteerd van de beleidsmogelijkheden uit de drie beleidsklassen en een samenvatting van het flankerende beleid.



Figuur 5-1: Kansrijke beleidsopties ter verduurzaming van de GA-sector (bron: Ecorys; NLR; NACO)

Om het verduurzamingspad van de GA-sector te versnellen wordt aangereden om op korte termijn te starten met:

- 1) het vaststellen van de CO₂-uitstoot van het binnenlands vliegverkeer in 1990;

- 2) het monitoren van emissies en marktintroducties;
- 3) het stimuleren van duurzame vul- en laadinfrastructuur op regionale vliegvelden;
- 4) het stimuleren van de ontwikkeling van lage- en nul-emissie aandrijftechnologie;
- 5) Innovatieve overheidsaanbesteding;
- 6) De uitfasering van loodhoudende brandstoffen (avgas).

Op middellange termijn wordt aanbevolen om een passende economische *incentive*-structuur op te stellen. In essentie moet namelijk de onrendabele top⁵⁷ van duurzame(re) alternatieven worden verkleind. De hoogte en timing van verschillende economische *incentives* kan worden geïnformeerd met de output van beleidsoptie 1) en 2). Beleidsopties uit de klasse “Fossiele remming” kunnen eventueel gebruikt worden ter financiering van opties uit de klasse “Duurzame stimulatie”. Concreet worden de volgende beleidsopties aanbevolen:

- 7) Stimulatie per gevlogen lage- of nul-emissie uur;
- 8) Stimulatie vlootvernieuwing;
- 9) CO₂-heffing;
- 10) Heffing start- en landingstarieven;
- 11) Vaststellen datum toelating (bepaalde) fossiele vliegtuigen.

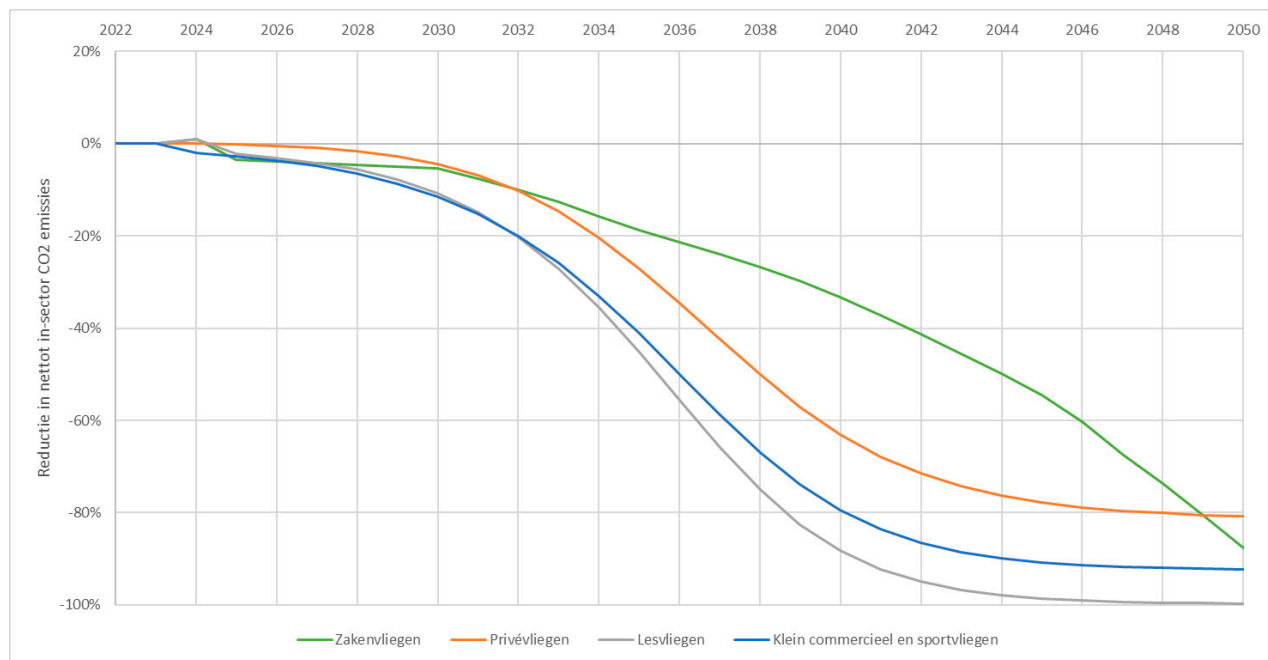
Op lange termijn kan indien nodig, worden overgeschakeld op strengere vormen van regulering. Als richting 2050 blijkt dat het zero-emissie doel voor GA uit de Luchtvaartnota uit zicht dreigt te raken moet worden nagedacht over de wenselijkheid van:

12. een verbod op (bepaalde) fossiele vliegtuigen en vluchten.

⁵⁷ De onrendabele top bestaat uit het verschil tussen de kosten voor conventionele manieren van vliegen en de kosten voor (meer) duurzame vormen van vliegen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het verschil tussen de kosten van reguliere kerosine (JetA1) en SAF.

5.2 Beleidsintensief scenario

Middels stimulerende maatregelen zoals het stimuleren van vlootvernieuwing (bijv. middels een innovatieve overheidsaanbesteding), het stimuleren van gevlogen lage-of nul-emissie vliegtuigen en de ontwikkeling van duurzame aandrijftechnologieën kan de adoptiesnelheid en -graad van elektrisch en hybride vliegen evenals de SAF- en waterstofopname verhoogd worden. Dit proces kan nog verder versneld worden door de remming van fossiele vluchten middels het belasten van CO₂ en het verhogen van start- en landingsgelden voor fossiele vluchten. Een inzicht in de reductie die behaald kan worden middels zo'n beleidsintensief scenario is gepresenteerd in figuur 5-2.

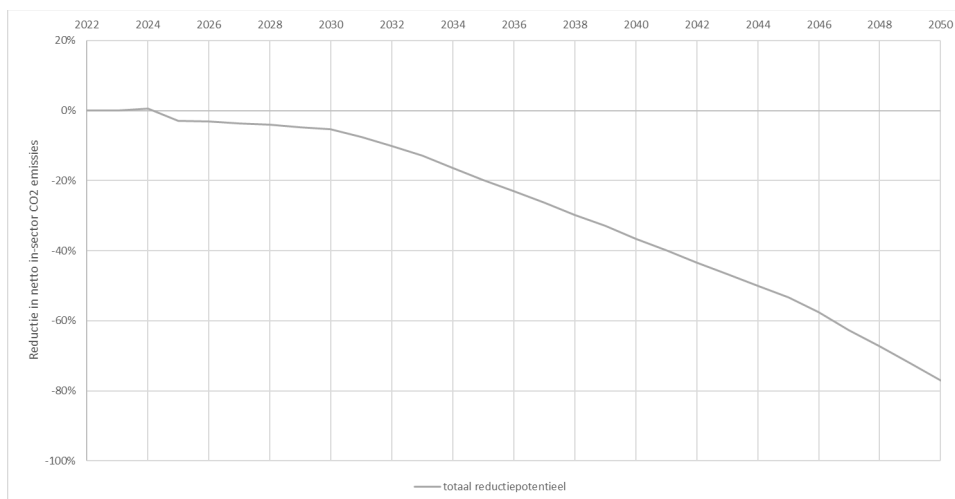


Figuur 5-2: Mogelijke reductie in uitstoot voor verschillende segmenten in een beleidsintensief scenario

Vergeleken met het *business-as-usual* scenario als gepresenteerd in figuur 3.12 kan met stimulatie een versnelling van de duurzame transitie worden waargenomen. Dit wordt gekenmerkt door de steilere s-curves en hogere eindadoptiegraad. Middels stimulatie kan de uitstoot van het lesverkeer richting nul worden gebracht. De S-curves van het privé-, sport- en klein commercieel verkeer kunnen worden versneld ten opzichte van het *business-as-usual* scenario. Echter, voor deze segmenten is de verwachting dat het bereiken van nul CO₂-uitstoot in 2050 moeilijk haalbaar is zonder regulatie. De verwachting is dat de vliegtuigen in dit segment die recent geproduceerd zijn niet vervroegd vervangen zullen worden door emissieloze varianten, aangezien de levenscyclus van deze vliegtuigen veel langer is dan het aantal jaren tussen de aankoop en 2050. Daarnaast geven gebruikers aan (in gehouden interviews voor dit rapport) dat de middelen van gebruikers niet toereikend zijn om dit te bekostigen. Ten slotte wordt in deze categorieën ook met oldtimers gevlogen voor welke verduurzamingsopties beperkt zijn.

Ook voor het zakenverkeer kan een versnelling van de reductiecurve worden verwacht middels duurzame stimulatie en fossiele remming. Door het internationale karakter van dit segment zijn de beleidsopties voor dit segment echter beperkt door internationale wetgeving. Een initieel stijgen van de CO₂-uitstoot kan mogelijk ontstaan door duurzame stimulatie en groei in vraag naar les- en zakenverkeer, maar wordt op langere termijn voorkomen.

De combinatie van duurzame stimulatie- en fossiele remmingsmaatregelen op de gehele GA-sector zou op basis van bovenstaande S-curves resulteren in een reductiepotentiaal zoals gepresenteerd in figuur 5-3. Om dit reductiepotentiaal naar 100% te brengen kan naast deze maatregelen, beleid worden geschreven om bepaalde, fossiele, vluchten of vliegtuigen te verbieden.



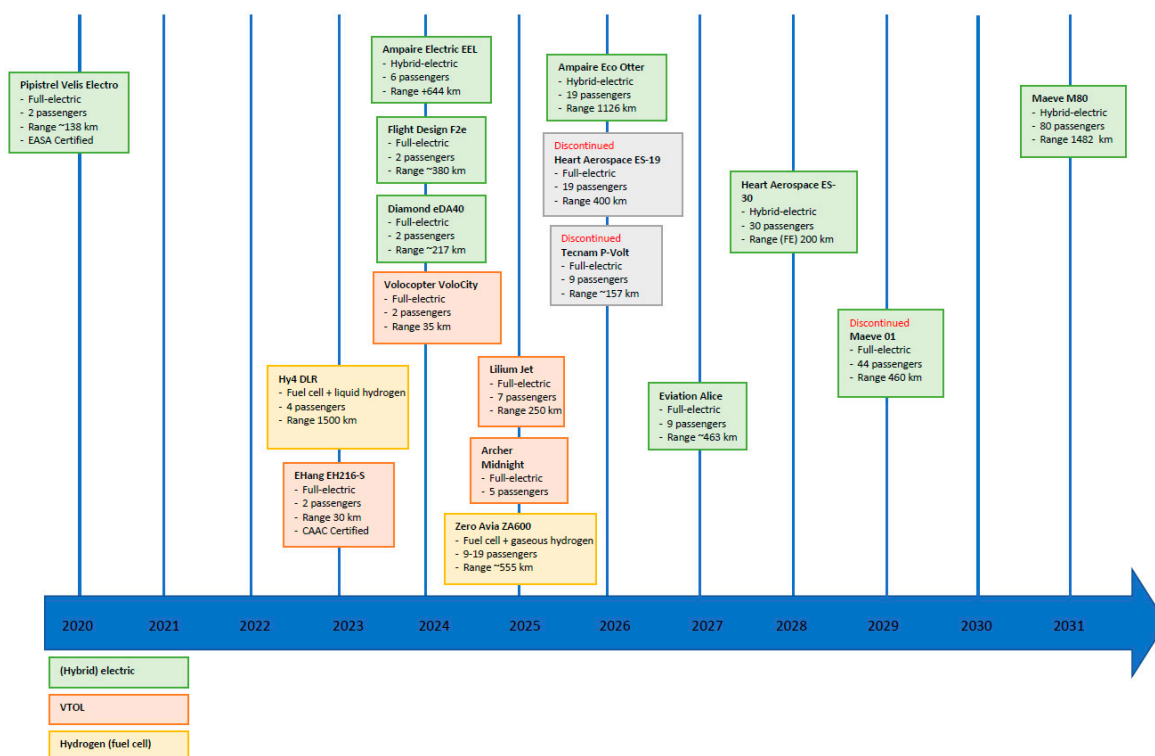
Figuur 5-3: Reductiepotentieel beleidsintensief scenario

6 Conclusie

In dit onderzoek, in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, hebben NLR, NACO en Ecorys onderzocht hoe het verduurzamingspad voor GA eruit kan zien en welke beleidsopties er zijn om dit te faciliteren en eventueel te versnellen. Hiervoor is ten eerste een afbakening van de GA-sector gemaakt, betreffende alle vluchten op alle Nederlandse luchthavens die niet vallen onder Commercial Aviation vallen onder General en Business Aviation. GA kan hierbij opgedeeld worden in zes segmenten toegepast in dit onderzoek, genaamd; privévluchten (1), Business Aviation (2), sportvluchten (3), lesvluchten (4), maatschappelijke vluchten (5) en klein commercieel (6).

Nederlandse luchthavens en vliegvelden handelden in 2022, het laatste jaar waarvoor gedetailleerde data beschikbaar is, naar schatting zo'n 535.000 GA-vliegbewegingen af. Ruim driekwart van deze vliegbewegingen bestond uit lesvluchten (52%) en privévluchten (25%). Ondanks het relatief grote aandeel vliegbewegingen⁵⁸ (53%) van de GA-sector, is de CO₂-uitstoot van de GA-sector relatief beperkt. Uit een eerste modellering van het vliegverkeer in 2022 blijkt namelijk dat de GA-sector naar schatting verantwoordelijk is voor slechts 1% tot 2% van de totale CO₂-uitstoot (10 Mt) van alle uit Nederland vertrekkende vluchten.

Het overgrote deel van de GA-vliegbewegingen wordt uitgevoerd door een Nederlands geregistreerde vloot. De huidige Nederlandse geregistreerde vlootsamenstelling van GA bestaat voornamelijk uit fossiele vliegtuigtypen. Het aantal vliegtuigen dat op duurzame brandstof vliegt, is bijna verwaarloosbaar. Echter zijn er veel technologische ontwikkelingen gaande zoals te zien is in figuur 6-1 en zal het aanbod van duurzame vliegtuigen ter vervanging van GA en BA-vliegtuigen naar verwachting wel stijgen in de toekomst.

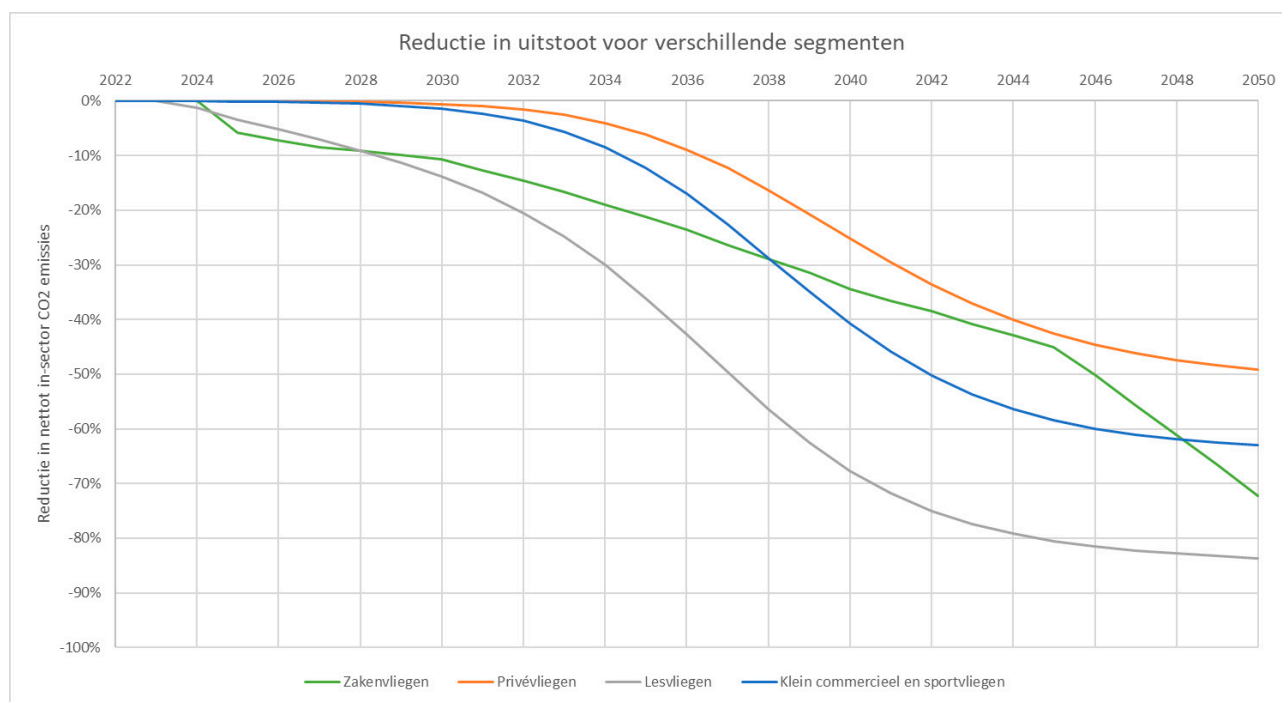


Figuur 6-1: Verwachte marktintroducties duurzame vliegtuigen tot 2031

⁵⁸ Start- en landingsbewegingen, vertrekkend en aankomend op luchthavens in Europees Nederland

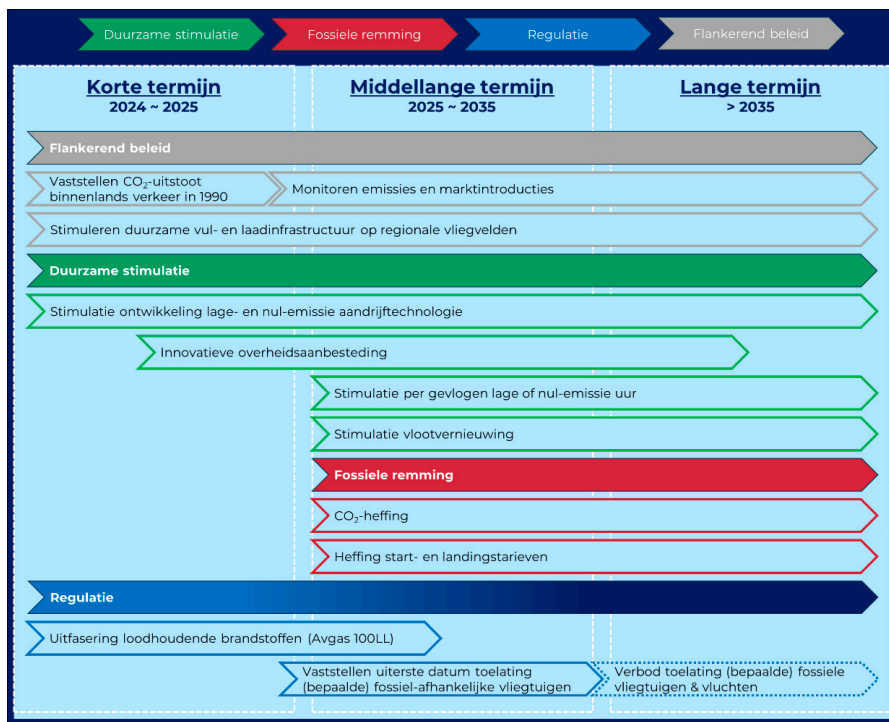
Om het verduurzamingspad van de GA-sector verder te kunnen schetsen, is de toekomstige ontwikkeling van de sector van belang. Hiervoor is een *business-as-usual* scenario voor de GA-sector opgesteld, weergegeven in figuur 6-2. Dit scenario is onder andere tot stand gekomen door voor de GA-segmenten rekening te houden met vlootontwikkeling, verwachte technologische ontwikkelingen, marktintroducties, ambities van marktpartijen en mogelijkheden om te verduurzamen. De marktintroducties die worden verwacht, zijn (hybride) elektrische aandrijving, waterstof-elektrische aandrijving, *Vertical Take-Off and Landing* (VTOL)-toestellen, de toepassing van *Sustainable Aviation Fuels* (SAF) en het retrofitten van bestaande vliegtuigen. Lesvluchten, privévluchten en klein commerciële en sportvluchten zullen naar verwachting hoofdzakelijk elektrificeren. Aangezien een groot deel van de BA-vloot gebruik maakt van straalmotoren op vliegtuigbrandstof (kerosine), lijkt SAF hierbij de voornaamste kandidaat om de emissies in het BA-segment te beperken.

Het totale CO₂-reductiepotentieel van de GA-sector is volgens het BAU-scenario naar verwachting zo'n 8% in 2030 en zo'n 62% in 2050, ten opzichte van de uitstoot in 2022. Lesvliegen verduurzaamt naar verwachting het snelst met een CO₂-reductie van ruim 80% in 2050. Privévlieden verduurzaamt naar verwachting het langzaamst met een CO₂-reductie van een krappe 50% in 2050. De GA-sector zal dus naar verwachting in 2050 nog steeds deels op fossiele brandstoffen vliegen.



Figuur 6-2: *Business-as-Usual* scenario

Omdat een *business-as-usual* scenario naar verwachting niet leidt tot 100% CO₂-reductie in alle segmenten van de GA-sector, is dus aanvullend beleid nodig. Dit aanvullende beleid komt bovenop reeds geldend internationaal beleid vanuit de Internationale Burgerluchtvaartorganisatie (CORSIA) en EU-beleid (EU ETS en RefuelEU). Op basis van een beleidsanalyse van Frankrijk, Groot-Brittannië, Duitsland, Noorwegen en de Verenigde Staten en input van opdrachtgever (IenW), Platform Duurzaam Vliegen en NLR, NACO en Ecorys zijn een longlist en shortlist van beleidsopties opgesteld. Deze beleidsopties worden onderverdeeld in drie klassen, namelijk duurzame stimulatie (1), fossiele remming (2) en regulatie (3).



Figuur 6-3: kansrijke beleidsopties ter verduurzaming van de GA-sector

Om het verduurzamingspad van de GA-sector te versnellen wordt aangeraden om op korte termijn te starten met het volgende beleidspakket:

1. het vaststellen van de CO₂-uitstoot van het binnenlands vliegverkeer in 1990;
2. het monitoren van emissies en marktintroducties;
3. het stimuleren van duurzame vul- en laadinfrastructuur op regionale vliegvelden;
4. het stimuleren van de ontwikkeling van lage- en nul-emissie aandrijftechnologie;
5. een innovatieve overheidsaanbesteding;
6. de uitfasering van loodhoudende brandstoffen (avgas 100LL).

Op middellange termijn wordt aanbevolen om een passende economische stimuleringsstructuur op te stellen. In essentie moet namelijk de onrendabele top van duurzame(re) alternatieven worden verkleind. De hoogte en timing van verschillende economische *incentives* kan worden geïnformeerd met de output van beleidsoptie 1) en 2).

Beleids-opties uit de klasse “Fossiele remming” kunnen eventueel gebruikt worden ter financiering van opties uit de klasse “Duurzame stimulatie”. Concreet worden de volgende beleidsopties aanbevolen:

7. Stimulatie per gevlogen lage- of nul-emissie uur;
8. Stimulatie vlootvernieuwing;
9. CO₂-heffing;
10. Heffing start- en landingstarieven;
11. Vaststellen datum toelating (bepaalde) fossielafhankelijke vliegtuigen.

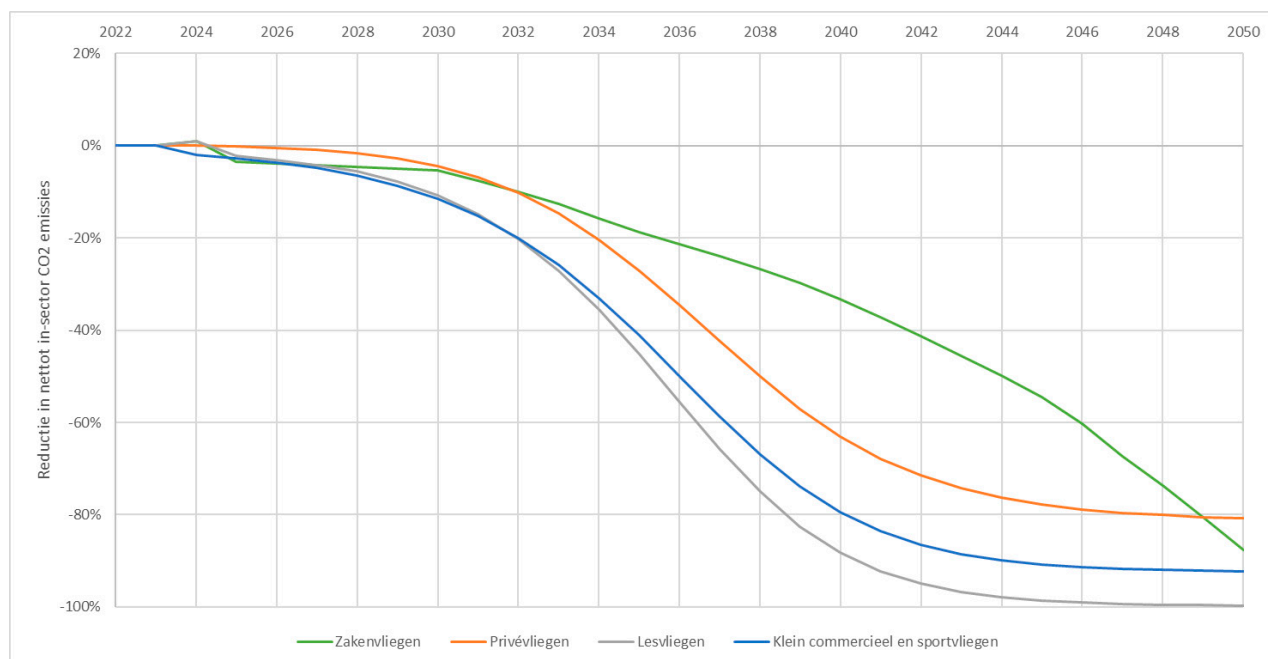
Op lange termijn kan, indien nodig, worden overgeschakeld op strengere vormen van regulering. Als richting 2050 blijkt dat het zero-emissie doel voor GA uit de Luchtvaartnota uit zicht dreigt te raken, moet worden nagedacht over de wenselijkheid van:

12. een verbod op (bepaalde) fossielafhankelijke vliegtuigen en vluchten.

Naast gerichte beleidsmogelijkheden om CO₂-besparing te realiseren is flankerend beleid wenselijk om de ingrijpende transitie te faciliteren. Het gaat hierbij om de volgende punten:

- Monitoren van emissies en marktintroducties
- Stimuleren van vul- en laadinfrastructuur
- Vooroplopen in ontwikkeling en adaptatie van internationale vul- en laadinfrastructuur
- Vooroplopen in certificering lage- en nul-emissie aandrijftechnologieën
- Communicatie vanuit overheid en tussen betrokken partijen

Er wordt verwacht dat de gezamenlijke invoering van bovenstaande beleidsmogelijkheden resulteert in een reductie van CO₂-emissies van GA, zoals te zien is in figuur 6-4.



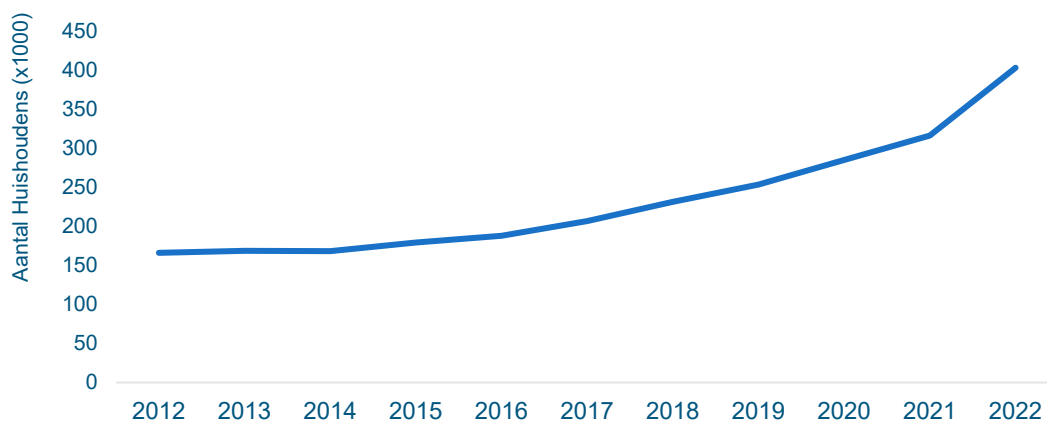
Figuur 6-4: Mogelijke reductie in uitstoot voor verschillende segmenten in een beleidsintensief scenario

Veel van de genoemde beleidsopties kunnen op verschillende manieren worden ingevuld, elk met zijn eigen effect op de CO₂-uitstoot, de GA-sector en de Rijksoverheid. Daarom wordt tot slot aanbevolen om, voorafgaand aan de voorgestelde tijdlijn, te starten met het selecteren van beleidsopties en deze concreet in te vullen. In het rapport zijn de globale gevolgen van de beleidsopties op het gebied van CO₂-besparing, inspanning van de GA-sector en inspanning van de Rijksoverheid op juridisch, technisch en financieel gebied reeds kwalitatief ingeschat. Bij verdere selectie en uitwerking van de beleidsopties wordt aanbevolen om de doelmatigheid en doeltreffendheid van de beleidsopties in te schatten, bijvoorbeeld middels een kosten-batenanalyse.

Met deze set aan beleidsopties kan de GA-sector naar verwachting succesvol fungeren als *Living Lab* voor toekomstige technologische innovaties ten behoeve van hybride-elektrische luchtvaart en toewerken naar het gestelde zero-emissie doel in 2050.

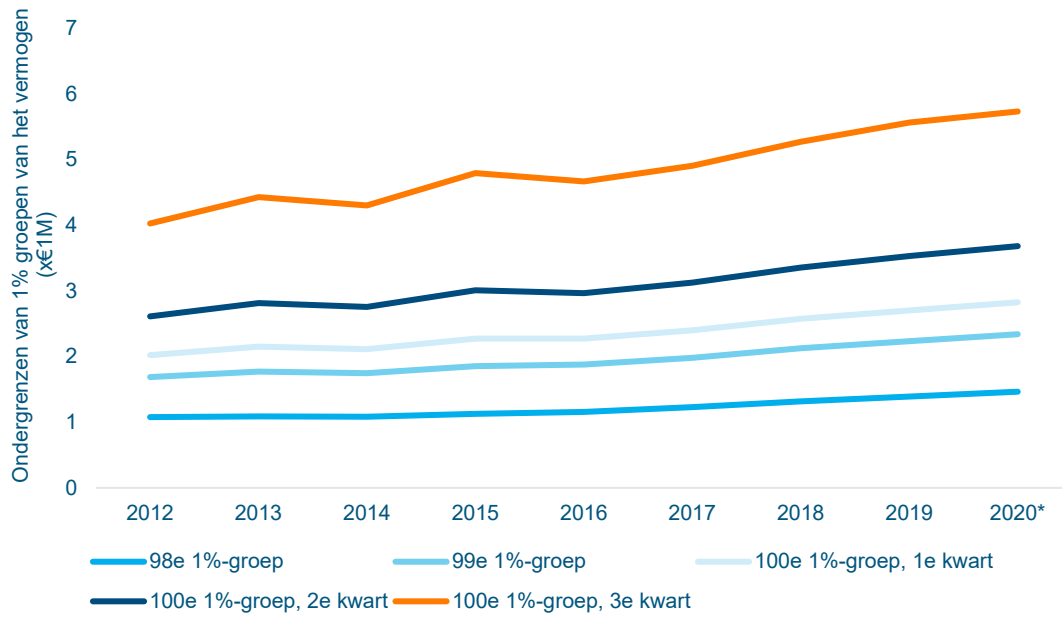
Appendix A Onderbouwing verwachte verkeersontwikkeling BA

Zoals eerder genoemd, is het daadwerkelijke reisdoel van vluchten in het BA-segment niet altijd bekend en kan aangenomen worden dat deel van de vluchten in dit segment ook voor privédoeleinden uitgevoerd wordt ten behoeve van vermogende tot zeer vermogende reizigers, met name de zogenaamde High Net Worth (HNWI) en Ultra High Net Work Individuals (UHNWI). Hoewel er meerdere definities gehanteerd worden, worden personen met een vermogen van meer dan €1 miljoen ook wel High Net Worth Individuals genoemd. De ontwikkeling van het aantal huishoudens met een totaal vermogen van meer dan €1 miljoen is weergegeven in figuur a-1 en is in de periode tussen 2012 en 2022 gestaag gegroeid van 171 duizend naar 403 duizend, met een gemiddeld jaarlijks groeipercentage van 7,5%. De definitie omvat gewoonlijk het vermogen exclusief de primaire woning, maar helaas laat de data beschikbare data zich niet zodanig filteren. Het aandeel van de primaire woning in het totaal vermogen omvat over de periode gemiddeld 15%.



Figuur A-1: Aantal huishoudens met een vermogen van ten minste €1 miljoen (incl. primaire woning) (CBS)

Een meer bescheiden stijgende ontwikkeling zien we terug bij de groep zeer vermogende individuen. Hoewel data over het aantal huishoudens per vermogenspercentiel helaas niet voorhanden is, zien we dat de ondergrens voor de hoogste vermogenspercentielen is gestegen. Het aantal huishoudens in de categorie zeer vermogenden kan in het algemeen beschouwd worden als een drijfveer voor het aantal vliegbewegingen binnen de BA, aangezien voornamelijk deze groep een dermate hoge tijdswaarde en de middelen heeft om de hoge kosten die gemoeid zijn met een BA-vlucht te verantwoorden. De recente toename in de vermogenspercentielen kan tevens een verklaring zijn voor de toename in de registratie van grotere business jets zoals waargenomen in figuur A-2.



Figuur A-2: Ontwikkeling ondergrens hoogste vermogenspercentielen (CBS)

Appendix B Beleidsanalyse; longlist met landenanalyse

Tabel B.1: Longlist van beleidsmogelijkheden voor Nederland inclusief beschrijving en ranges

Maatregel	Omschrijving
Duurzame stimulatie	
Belastingkorting op SAF	<u>VS</u> € 0,33 – € 0,46 / liter (voor leveranciers & producenten)
Korting op bunkeren van SAF	<u>Duitsland</u> € 300 / 1.000 liter € 250 / ton € 11,50 / kuub
Financiering van SAF	<u>Frankrijk</u> € 3,4 miljard (voor tankinfrastructuur) <u>VK</u> £ 15 miljoen (voor productie) <u>Duitsland</u> > € 1 miljard <u>VS</u> \$297 miljoen (ook voor lage- en nul-emissietechnologie)
Financiering van lage- en nul-emissie aandrijftechnologie	<u>VK</u> £ 1,95 miljard <u>Duitsland</u> € 200 miljoen (voor hybride-elektrisch vliegen) <u>Noorwegen</u> Diverse onderzoeksprojecten <u>VS</u> \$ 5 miljard (voor fabricage(lijnen) van schone voertuigen)
Financiering vlootvernieuwing	<u>Duitsland</u> € 1 miljard
Korting of vrijstelling op start- en landingstarieven voor elektrische vliegtuigen	<u>Duitsland</u> Vrijstelling Korting van € 1,00 * MTOW
Innovatieve overheidsaanbesteding	<u>Noorwegen</u> Aanbesteden van een pilot- of ontwikkelingscontract voor het infasieren van nul- en lage-emissievliegtuigen
Facilitering van vul- en laadinfrastructuur	<u>Noorwegen</u> Toewerking naar een level playing field voor waterstof, laadinfrastructuur, en SAF op alle luchthavens. Elektrische auto's: laadrecht appartementbewoners
Vrijstelling van BTW bij aanschaf/lease	<u>Noorwegen</u> Elektrische auto's: vrijstelling tot 500.000 NK

Maatregel	Omschrijving
Korting/vrijstelling navigatiekosten	<u>Noorwegen</u> Elektrische auto's: vrijstelling van tol en wegenbelasting
Subsidie per gevlogen lage of zero-emissie uur	
Fossiele remming	
Afstandsafhankelijke belasting	<u>Frankrijk</u> Vluchten < 1.000 km: € 2,63 – 20,27; Vluchten > 1.000 km: € 7,51 – € 63,07. <u>VK</u> vluchten < 2.000 mijl: £ 13 – £ 78 vluchten > 2.000 mijl: £ 84 - £ 554
CO ₂ -belasting	<u>Noorwegen</u> € 54 / ton voor ETS-plichtigen (binnenlandse vluchten) € 65 / ton voor niet-ETS-plichtigen (binnenlandse vluchten) Ambitie om vrijstelling kerosinebelasting te schrappen voor vluchten binnen Scandinavië.
NO _x -heffing	<u>Duitsland</u> € 0,57 - € 3,37 / landing of start € 2,00 / kg NO _x -eq. / landing
Geluidsheffing	
Toeslag op start- en landingstarieven	
Regulatie	
Verbod op binnenlandse vluchten	<u>Frankrijk</u> Indien alternatieve treinreis < 2,5 uur.
Compensatie van binnenlandse vluchten	<u>Frankrijk</u>
Productiequote voor SAF	<u>VS</u> 11 miljard liter in 2030 133 miljard liter in 2050 (100% binnenlandse vraag)
Verbod toelating (bepaalde) fossiele vliegtuigen	
Slotreservatie duurzame vluchten	

Appendix C CO₂-uitstoot van GA

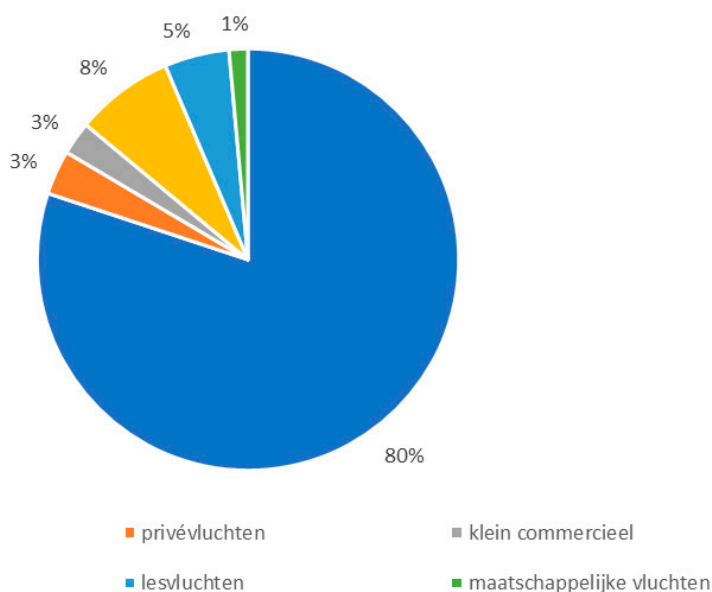
Om de huidige CO₂-emissies van de GA en de impact van verduurzaming van bepaalde sectoren in kaart te brengen is voor vluchten vertrekkend vanaf 15 nationale en regionale velden de CO₂-uitstoot berekend. Voor 93,000 vluchten vertrekkend vanaf deze luchthavens is GA-segment, vliegtuigtype, bestemming, vliegafstand en vluchtduur gemodelleerd om zodoende de CO₂-uitstoot te bepalen.

Voor grotere vliegtuigen niet terugkerend naar het veld van vertrek is middels de door het NLR ontwikkelde BeyondCO₂-tool de uitstoot gemodelleerd op basis van vliegtuigprestatiegegevens van EUROCONTROL (BADA v3.15), vluchtafstand op basis van grootcirkelafstand (gecorrigeerd met empirische 'omvliegfactor' per route of bestemmingsregio), vluchtprofiel op basis van vliegtuigprestatiegegevens, empirische taxitijden, bezettingsgraad van 83%, kerosinedichtheid van 0.8 kg/L, en CO₂-emissie index van 3.16 kg/kg brandstof.

Voor kleinere vliegtuigen en overige binnenlandse vluchten is de *tower log data* van velden gecombineerd zodat vluchtduur kan worden vastgesteld. Gebruikmakend van gemiddelde brandstofverbruik per vliegtuigtype (wederom op basis van vliegtuigprestatiegegevens van EUROCONTROL (BADA v3.15)) is een inschatting gedaan van het aantal verbruikte kilo's brandstof en CO₂.

Voornamelijk voor het zakenverkeer speelt de opname van SAF en waterstof een grote factor in de verduurzaming, de reductie die hieruit voortkomt is gebaseerd op het ReFuelEU mandaat voor emissiereductiefactoren. Om voor het totaal aan GA-vluchten vertrekkend van alle Nederlandse luchthavens de CO₂-uitstoot te berekenen zijn de resultaten geschaald op basis van de verhouding tussen de uitkomsten van de berekeningen en CBS-cijfers voor vliegtuigbrandstofverbruik.

Middels de geregistreerde gegevens van de vluchten vertrekkend vanaf de 15 luchthavens, opschaling naar landelijk niveau en bovenstaande aanvullende assumpties is het aandeel van elk segment op de totale CO₂-uitstoot van GA/BA ingeschat als in figuur C-1. Hieruit blijkt dat Business Aviation verantwoordelijk is voor een aanzienlijk deel van de totale CO₂-uitstoot.



Figuur C-1: Aandeel van de totale CO₂-uitstoot van GA/BA per segment

Appendix D Lead-time en inspanning shortlist

1. Subsidie per gevlogen lage- of nulemissie vliegtuig

Lead time: kort

Het realiseren van zulks een maatregel kan relatief snel aangezien het minder gecompliceerd van aard is. Kijkende naar subsidie voor de introductie van elektrische wegvoertuigen op bijvoorbeeld de wegenbelasting was dit ook een duidelijke subsidie waar de kenmerken om in aanmerking ervan te komen eenduidig waren.

Inspanning

Juridisch: midden

Ten eerste zullen de wettelijke kaders voor subsidies, milieuwetgeving en mededingingsregels nader onderzocht dienen te worden. Deze maatregel zou moeten voldoen aan de vereisten voor staatssteun en milieubescherming, terwijl ook rekening gehouden dient te worden met eventuele beperkingen op het gebied van eerlijk speelveld. Krijgt bijvoorbeeld elke gebruiker die aan de eisen voldoet direct subsidie, of moet deze eerst goedgekeurd worden door een autoriteit? Hiernaast dient een keuze gemaakt te worden of bijvoorbeeld vluchten van buiten Nederland ook van deze subsidie gebruik kunnen maken. De voorziene hordes zijn beheersbaar, en hoewel deze zeker aandachtig juridisch onderzocht en vastgelegd dienen te worden is de haalbaarheid ervan hoog .

Technisch: midden

Het kunnen aantonen van daadwerkelijk gevlogen uren CO₂-nett-neutraal kan met een combinatie van bestaande middelen en documenten. Logboeken en vliegplannen houden de geplande uren bij, en de havenmeester registreert vertrek en aankomsttijden per beweging per registratie. Het technisch berekenen van de subsidie kan dus met gebruik van de reeds bestaande kanalen. Het toezicht hierop, en de toekenning van de subsidie kan voor de luchtvaart autoriteit wel een extra handeling zijn die ingeregeld moet worden, echter zal dit de mate van complexiteit van het inregelen van deze maatregel niet dusdanig hinderen dat de technische haalbaarheid gemiddeld blijft.

Financieel: midden

Deze maatregel faciliteert gebruikers om hun initiële investering sneller terug te verdienen, vooral wanneer de toestellen intensief worden gebruikt. Een belangrijk voordeel is dat deze maatregel de stimulatie van specifieke segmenten binnen de algemene luchtvaart mogelijk maakt door middel van kostenbeheersing. Doordat de focus ligt op het eindproduct, blijft dit beleid technologisch neutraal en kunnen er differentiaties worden gemaakt tussen laag (bijvoorbeeld hybride of het gebruik van duurzame luchtvaartbrandstoffen) of nul emissie. Hierdoor wordt een hoog niveau van kosteneffectiviteit bereikt, hoewel het moeilijk te voorspellen is hoe de markt hierop zal reageren. Als gebruikers in groten getale besluiten hun vloot te vernieuwen vanwege deze financiële prikkel, kan de uitgaande geldstroom voor de overheid wel aanzienlijk toenemen. De overheid kan echter grenzen stellen aan de beschikbare subsidie, vergelijkbaar met bijvoorbeeld de Aanschafsubsidie Zero-Emissie Trucks (AanZET).⁵⁹

⁵⁹ RVO (2024). Aanschafsubsidie Zero-Emissie Trucks (AanZET). [Link](#).

2. Stimulatie vlootvernieuwing

Lead time: lang

Over het algemeen worden toestellen in de GA niet als werkpaarden gebruikt zoals hun commerciële evenknie. Daarom is de levensduur gemiddeld vrij lang, denk aan een vervangingstijd van rond de dertig jaar. Investeren in een klein toestel is relatief duur, waardoor de afschrijvingsperiode bewust lang is om de gebruikskosten acceptabel te houden. Anders zullen vlieglessen onbetaalbaar worden voor de gewone hobby-piloot. Met een stimulatiesprogramma kan een stuk van de terugverdientijd bekostigd worden, alleen zal dit snel effect hebben op de oudere toestellen. Zelfs met een programma kunnen relatief nieuwe fossiele vliegtuigen niet rendabel vervangen worden.

In de truck-sector is deze beleidsmaatregel al succesvol geïmplementeerd. De AanZET-subsidie, zoals hierboven al kort genoemd, is structureel overschreven en leidt zo direct tot vlootvernieuwing.

Inspanning

Juridisch: midden

De juridische haalbaarheid van stimulatie voor vlootvernieuwing kan worden onderzocht door middel van een analyse van relevante wet- en regelgeving met betrekking tot stimulatiesovereenkomsten. Er kan gekeken worden naar de voordelen voor elektrische auto's zoals btw-vrijstelling. Dit onderzoek zal eventuele beperkingen of vereisten met betrekking tot het gebruik van financiering voor vlootvernieuwing identificeren en adresseren. Het inschakelen van gekwalificeerde juridische adviseurs met expertise op het gebied van financiering en regelgeving kan van waarde zijn bij het beoordelen van de juridische haalbaarheid van een financieringsregeling.

Technisch: midden

Het is belangrijk om input te verzamelen van technische experts en stakeholders binnen de industrie om een volledig beeld te krijgen van de haalbaarheid en potentiële voordelen van de voorgestelde vlootvernieuwing. De technische haalbaarheid voor stimulatie van vlootvernieuwing wordt getoetst door een onderzoek uit te voeren van verschillende aspecten, zoals de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van nieuwe aandrijfsystemen, de geschiktheid van deze systemen voor de beoogde toepassingen, en de potentiële impact op de operationele efficiëntie en kosten. Dit omvat ook het evalueren van de prestaties van prototypes of al bestaande technologieën in vergelijkbare omgevingen, het identificeren van mogelijke risico's en uitdagingen, en het vaststellen van de benodigde investeringen voor onderzoek, ontwikkeling en implementatie.

Financiering: hoog

Stimuleren van vlootvernieuwing door duurzame alternatieven te financieren is een kostbare maatregel, die zeer zorgvuldig onderzocht dient te worden als deze wordt gekozen. Zo is een gedetailleerde evaluatie van de verwachte kosten van vlootvernieuwing, inclusief de aanschaf van nieuwe voertuigen, operationele kosten, onderhoudskosten en eventuele extra investeringen die nodig zijn voor infrastructuurverbeteringen. Deze kosten moeten worden afgewogen tegen de verwachte voordelen, zoals brandstofbesparingen, verbeterde operationele efficiëntie en mogelijke verbetering van de leefomgeving.

Bijkomend voordeel is dat hiermee specifieke GA-segmenten gestimuleerd kunnen worden die ook een maatschappelijk doel hebben zoals vliegsholen, of bedrijven gespecialiseerd in het vervoer van orgaandonaties. Deze maatregel heeft een hoge kosten effectiviteit als dit uitgezet wordt tegen de voorziene emissie afname.

3. Stimulatie ontwikkeling lage- en nul-emissie aandrijftechnologie

Lead time: lang

Op het moment van schrijven bevindt de ontwikkeling van aandrijfsystemen die niet louter afhankelijk zijn van fossiele brandstoffen zich nog in een vroeg stadium. Met uitzondering van enkele geïsoleerde initiatieven, bestaat er momenteel nog geen gestandaardiseerde productielijn. Het bevorderen van deze industrie vereist investeringen in opleiding en financiering van opstartkosten. Na deze fase zal een uitgebreid certificeringsproces moeten worden doorlopen alvorens de eerste commerciële toepassingen kunnen worden ingezet. Het is echter belangrijk op te merken dat de GA bijzonder geschikt is voor testdoeleinden om eventuele kinderziekten te verminderen, vanwege minder strenge operationele veiligheidseisen.

Inspanning

Juridisch: laag

De juridische inspanning van deze beleidsmogelijkheid is naar verwachting laag. Het is echter wel van belang om de mogelijke juridische risico's en beperkingen te identificeren die van invloed kunnen zijn op de financiering, zoals regelgevingsvereisten, contractuele verplichtingen, intellectuele eigendomsrechten en mogelijke geschillen. Een nauwgezette beoordeling van deze juridische aspecten kan helpen bij het bepalen van de haalbaarheid en het risicoprofiel van de financiering van dergelijke ontwikkelingsprojecten.

Technisch: midden

De technische haalbaarheid voor financiering van de ontwikkeling van lage- en nul-emissie aandrijftechnologie kan worden getoetst door middel van uitgebreide technische analyses en evaluaties. Dit omvat het onderzoeken van de prestaties van bestaande prototypes en proof-of-concept modellen, het identificeren van mogelijke knelpunten en uitdagingen in het ontwerp en de productieprocessen, en het vaststellen van de vereiste technologische vooruitgang om aan gestelde doelen te voldoen. Verder kunnen haalbaarheidsstudies worden uitgevoerd om de kosten en tijdlijnen voor de ontwikkeling en implementatie van deze technologieën te beoordelen, evenals de potentiële impact ervan op de markt en de samenleving. Het betrekken van deskundigen en belanghebbenden uit de industrie kan ook waardevol zijn om een grondige beoordeling van de technische levensvatbaarheid te garanderen.

Financieel: hoog

De financiële haalbaarheid van de ontwikkeling van lage- en nul-emissie aandrijftechnologie kan worden getoetst door een grondige analyse van de kosten en baten uit te voeren. Dit omvat het beoordelen van de investeringskosten voor onderzoek en ontwikkeling, de verwachte operationele kosten van de nieuwe technologieën, en de potentiële opbrengsten uit de verkoop of toepassing ervan. Daarnaast is het van belang om de beschikbaarheid van financieringsopties zoals subsidies, investeringen van particuliere investeerders, en overheidssteun te onderzoeken. Het uitvoeren van marktanalyses en het evalueren van de concurrentiepositie van de ontwikkelde technologieën kan ook helpen bij het bepalen van de financiële levensvatbaarheid ervan. Tot slot is het belangrijk om rekening te houden met eventuele onzekerheden en risico's die gepaard gaan met de ontwikkeling en implementatie van nieuwe aandrijftechnologieën.

Voordeel is dat de investering een zeer groot effect voor de toekomst zal hebben. Research and development in een vooruitstrevende technologische groeiemarkt helpt zeker om het nederlandse bedrijfsleven een impuls te geven om hieraan deel te nemen. Ook zal het een significante kennisontwikkeling en borging teweegbrengen, met sleutelposities voor de opleidingsinstituten, welke internationaal een aanzuigende werking en dito economisch gewin zullen veroorzaken.

4. Innovatieve overheidsaanbesteding

Lead time: lang

Er zijn meerdere initiatieven in Nederland voor het ontwikkelen van kleine transporttoestellen die goed passen binnen sommige missies die overheidswege worden uitgevoerd. Samenwerken voor het beoogde doel, en assistentie met certificering door de nieuwe technologie te testen kan de lead time bevorderen. Omdat de techniek echter nog niet voorhanden is, aanbestedingen en daaropvolgende ontwikkeling lang kunnen duren en onzekere uitkomst van de ontwikkeling wordt verwacht dat de lead time lang is.

Inspanning

Juridisch: midden

Aanbestedingen dienen de regels hieromtrent van de Europese Unie en het Nederlands recht (Aanbestedingswet 2012) te respecteren. Dit omvat onder meer het controleren van de naleving van wetgeving op het gebied van aanbestedingen, het beoordelen van de rechtmatigheid van de selectiecriteria en gunningsvoorwaarden, en het verifiëren van de procedures voor transparantie en gelijke behandeling van alle potentiële inschrijvers. Daarnaast is het van belang om eventuele risico's met betrekking tot juridische geschillen of claims vanuit afgewezen inschrijvers te identificeren en te evalueren, en zo nodig passende maatregelen te treffen om deze te beheersen.

Technisch: midden

De technische haalbaarheid van een innovatieve overheidsaanbesteding kan worden geanalyseerd door middel van grondig technisch onderzoek en evaluatie. Dit omvat het inventariseren van de beschikbare technologieën en hun toepasbaarheid voor het beoogde doel, het identificeren van eventuele technische beperkingen of uitdagingen, en het beoordelen van de haalbaarheid van de voorgestelde oplossingen binnen de gestelde kaders. Daarnaast kan het betrekken van experts uit relevante vakgebieden en het uitvoeren van proof-of-concept tests helpen om de technische levensvatbaarheid van het project te valideren. Door deze grondige analyse kan de overheid een goed geïnformeerde beslissing nemen over de uitvoerbaarheid en risico's van de voorgestelde innovatieve oplossingen.

Financieel: hoog

De financiële haalbaarheid van een innovatieve overheidsaanbesteding kan worden geëvalueerd door middel van een grondige analyse van het budget, de kostenstructuur en potentiële opbrengsten op lange termijn. Dit omvat het berekenen van de verwachte investeringen, operationele kosten en mogelijke besparingen of winsten die kunnen worden behaald door de implementatie van de innovatie. Daarnaast is het belangrijk om rekening te houden met eventuele risico's en onzekerheden die gepaard gaan met het project, en om een realistische inschatting te maken van de terugverdientijd en de financiële impact op de lange termijn voor de betrokken partijen, inclusief de overheid en eventuele private partners.

Hiernaast zal dit ook een significante kennisontwikkeling van het bedrijfsleven en academici opleveren, welke zich moeilijk in directe valuta laat uitdrukken, maar welke op wereldtoneel van waarde zal zijn.

5. CO₂-heffing

Lead time: kort

Deze maatregel kan relatief snel effect hebben, omdat het bijmengen van SAF vanaf geselecteerde luchthavens transparant door de fueller gecommuniceerd wordt. Dus per kilo brandstof getankt, is het percentage fossiel (dus belast) en SAF (dus nu onbelast) bekend. Het belaste deel kan causaal gekoppeld worden aan vermindering van

inname van fossiele brandstof. Deze maatregel zal publiekelijk acceptabeler zijn omdat de vervuiler direct betaald, het is wel aan te raden om de belastingen ten goede te laten komen aan de vergroening van de luchtvaartindustrie.

Inspanning

Juridisch: hoog

Vliegtuigbrandstof is traditioneel onbelast, om deze vrijstelling te veranderen (als Nederland) wordt een juridische hoge inspanning voorzien. Hierbij dient namelijk rekening te worden gehouden met constitutionele bepalingen, zoals de bevoegdheid van de betreffende wetgevende instantie om belastingen op te leggen, evenals eventuele grenzen die gesteld worden aan belastingheffing in verband met het milieu. Daarnaast moeten mogelijke tegenstrijdigheden met andere wetten en verdragen worden onderzocht, zoals handelsverdragen en de verdeling van belastingcompetenties tussen verschillende overheidsniveaus. Het beprijzen van emissies is reeds *modus operandi* middels de ETS regelgeving, en met deze jurisprudentie zal deze maatregel beter in te voeren zijn. Ten slotte kan het raadplegen van juridische experts en het voeren van consultaties met belanghebbenden helpen om een volledig beeld te krijgen van de juridische haalbaarheid van een CO₂-belasting.

Concreet kunnen EU-lidstaten op basis van Richtlijn 2003/96/EG op basis van wederzijdse overeenstemming kerosine belasten voor vluchten tussen de betreffende landen. Ook kan het gebruikt worden om bilaterale overeenkomsten met niet EU-landen te sluiten die het belasten van kerosine op een gelijkwaardige basis regelen. Binnen de EU kunnen belastingmaatregelen alleen op basis van unanimititeit worden genomen, wat de haalbaarheid op dat niveau lager maakt.⁶⁰

Technisch: laag

De te leveren technische inspanning voor het invoeren van een CO₂-heffing is naar verwachting laag. Ten eerste dient het aantal geleverde of ontvangen liters of kilogrammen brandstof gemonitord te worden. Vervolgens kan via de CO₂-intensiteit van betreffende brandstof belasting worden geheven.

Financieel: laag

Naar verwachting is de financiële inspanning voor de Rijksoverheid bij het invoeren van een CO₂-heffing laag. Er zullen kosten optreden bij het inregelen van deze beleidsmogelijkheid maar al met al zorgt de belasting vanzelfsprekend voor inkomsten. Deze inkomsten kunnen mogelijk gebruikt worden

6. Toeslag op start- en landingstarieven

Lead time: kort

Schiphol airport hanteert al een systeem van differentiatie op basis van geluidsemissies.⁶¹ De landingsgelden worden verdisconteerd met de vastgestelde geluidsprofielen per vliegtuigtype. Zo kan een gebruiker gestimuleerd worden om geluidsarme toestellen in te zetten op vluchten naar Schiphol. Het anders beprijzen van landingsgelden is al in werking op Rotterdam-The Hague Airport: *“Om elektrisch vliegen te stimuleren zal de luchthaven tot 1 januari 2025 geen landingsgelden in rekening brengen bij elektrische vluchten. Afhankelijk van het type vlucht en het gewicht van het vliegtuig, kan dat oplopen tot honderden euro’s.”*⁶² Lead time kan dus kort zijn, aangezien deze maatregelen, zij het in een andere format, al vigerend zijn.

⁶⁰ W. Braams, M. W. Scheltema, A. B. Rijn (2010). Klimaat en recht: is het recht klaar voor klimaatverandering?. Milieu en Recht, p. 568-569. [Link](#).

⁶¹ Schiphol (2023). Schiphol tarieven en voorwaarden. [Link](#).

⁶² R. de Weert (2023). Elektrische vliegtuigen kunnen nu opladen op Rotterdam-The Hague Airport. [Link](#).

*Inspanning*Juridisch: hoog

Huidige ICAO-regelgeving verbiedt discriminatie, maar laat differentiatie wel toe. Indeling in geluids-categorieën is gedefinieerd, waardoor lawaaiige toestellen geweerd mogen worden. Toestellen die vallen binnen de geaccepteerde normen moeten dus toegelaten worden tot de luchthavens (mits technisch mogelijk). Differentiatie hierbinnen wordt toegestaan, hetgeen bij de tarieven van Schiphol wordt gebruikt. Er is nog geen wetgeving over emissie-contouren per vliegtuigtype en het differentiëren hiertussen is dus moeilijk. Een luchthaven haar verdienmodel is gereguleerd, en kan niet ongebreideld de landingstarieven naar boven aanpassen. Het staat echter vrij om deze naar beneden aan te passen, teneinde bepaald gebruik aan te moedigen. Net zoals met de geluidscategorieën, zal deze maatregel juridisch sluitend gemaakt moeten worden, waar geen ruimte voor andere interpretatie gelaten wordt. Samenwerking met EASA voor standaardisering van emissie-profielen per vliegtuigtype zal de discussie beheersbaar houden, alsmede heldere communicatie met de gebruikers over het voornemen deze maatregel in te voeren.

Technisch: hoog

Landingsgelden per vliegtuigtype worden gepubliceerd en zijn dan van kracht. Naast de differentiatie op geluidsproductie, kan hier de emissieprofielen aan toegevoegd worden (natuurlijk geclassificeerd). Deze worden primair berekend op het maximale startgewicht, dus er is geen sprake van discussie bij afrekening aangezien deze data door de gebruiker bij voorhand wordt gecommuniceerd. Saldering ten opzichte van dit gewicht kan verlaagd worden om ambities te agenderen en realiseren. Aanpassingen dienen wel ruim van tevoren met de gebruikers geaccordeerd te worden om discussie bij de kassa te voorkomen.

Financieel: midden

Zeker kleine luchthavens zijn erg afhankelijk van de landingsgelden vanwege hun rentabiliteit, korting hierop kan deze significant onder druk zetten waardoor er noodzaak tot financiële aanvulling ontstaat. Met het oog op versnelde decarbonisatie van de GA-vloot kan deze correctie parallel toenemen. Als er meer emissievrije vliegtuigen zullen verschijnen, zal dit de inkomsten van landingsgelden negatief beïnvloeden. Verder onderzoek hieromtrent wordt aangeraden.

7. Verbod op toelating (bepaalde) fossielafhankelijke vliegtuigen*Lead time: lang*

Zoals eerder aangemerkt is de vervangingscyclus in de kleine luchtvaart erg lang. Als een gebruiker in 2024 een toestel aanschaft, welke in 2025 niet meer toegelaten wordt, zal deze pas in 2055 op zijn vroegst vervangen worden. Het effect van deze maatregel zal dus pas in de tientallen jaren meetbaar worden.

*Inspanning*Juridisch: hoog

Toestellen toegelaten op de Nederlandse markt hebben een lang en kostbaar proces van certificatie doorlopen, zowel van de fabrikant als van de toezichthouder. Het de facto verbieden van inschrijving van bestaande fossielafhankelijke vliegtuigen in het register is een langdurig juridisch en bestuurlijk traject die de fabrikanten zeker zullen proberen te vertragen. Een aanpassing van bestaande ingeschreven types met minder fossiel afhankelijke aandrijfalternatieven kan een minder juridisch gecompliceerd alternatief zijn. Een voorbeeld is bijvoorbeeld vliegtuigtypes niet te verbieden, maar bijvoorbeeld aandrijving met loodhoudende brandstof weer wel. Zolang deze nog van de band rollen

en worden toegelaten in het register, zullen deze met een levensduur van dertig jaar hun stempel op decarbonisatie blijven drukken.

Technisch: laag

Het verbieden van bepaalde types zal in samenspraak met EASA en ICAO moeten geschieden, als dit juridisch vastgelegd is, zal het technische gedeelte middels NOTAMs en bulletins gecommuniceerd worden. Eenzelfde apparaat werkt in het wegtransport waar voertuigen die niet aan vastgestelde uitstooteisen voldoen niet op Nederlands kenteken gezet kunnen worden en dientengevolge niet zijn toegelaten op de openbare weg. Er is dan nog een mogelijkheid voor uitzonderingen, plus operators kunnen de toestellen inschrijven in bevriende naties waar deze regel niet van kracht is en blijven opereren. Het effect wordt hiermee miniem, echter de inspanning is hoog als dit enkel op landelijk niveau wordt ingevoerd.

Financieel: laag

De verwachte financiële inspanning van deze beleidsmogelijkheid is laag. Voor het inregelen van de beleidsmogelijkheid zal ambtelijke capaciteit moeten worden gereserveerd, maar verder zijn geen financiële middelen nodig.

8. Slotreservatie lage- of nulmissie vluchten

Lead time: midden

Slot-toekenning is een halfjaarlijkse aangelegenheid, dus deze maatregel zal na invoering voor het eerst zes maanden later ingaan, en dientengevolge een jaar later (na voltooiing van het seizoen) meetbaar zijn. Het verdient aanbeveling om dit meerdere opeenvolgende seizoenen te herhalen om een duurzame trend te kunnen waarnemen en toekennen als effect van deze maatregel.

Inspanning

Juridisch: hoog

Binnen de wettelijke kaders bestaat de mogelijkheid om slots te reserveren voor vluchten met een maatschappelijk nut, zoals traumahelikopters of vliegtuigen van de kustwacht. Slots vertegenwoordigen het recht om binnen de vastgestelde bestuurlijke grenzen een vliegbeweging uit te voeren op een gereguleerde luchthaven. De capaciteitsdeclaratie, die aangeeft hoeveel verkeer de luchthaven kan afhandelen, wordt opgesteld door de luchthaven zelf. De toewijzing van slots wordt uitgevoerd door een onafhankelijke derde partij, zoals ACNL, die slots zonder discriminatie toewijst en geen nominale waarde eraan verbindt. Op dit moment wordt er, afgezien van gereserveerde slots voor niet-commerciële vluchten, geen onderscheid gemaakt tussen verschillende typen slots op basis van vliegtuigtype, geluidscontour of uitstoot. Indien dergelijke onderscheidingen worden ontwikkeld, zal dit een langdurig juridisch proces vereisen en goedkeuring van de Europese Unie nodig hebben. Als voorbeeld wordt momenteel ook de mogelijkheid besproken om slots te reserveren voor vrachtluchten. Echter is hier nog geen beslissing over genomen.

Technisch: hoog

Het vaststellen of een slot al dan niet wordt toegekend aan vluchten met lage of nul-emissies vereist een meetbare en handhaafbare articulatie, wat in de praktijk een uitdaging zal vormen. Dit komt ten eerste doordat de technologie nog in ontwikkeling is, waardoor een vlucht die momenteel als lage emissie wordt beschouwd, in de toekomst mogelijk niet meer als zodanig wordt gezien vanwege voortschrijdend inzicht. Dit betekent dat wetgeving voortdurend moet worden aangepast en nieuwe normen moeten worden gecommuniceerd. Bovendien zullen vooral operators met een

gemengde vloot van zowel fossiele als moderne lage (of nul) emissie toestellen in een lastige positie verkeren wanneer een slot wordt toegewezen aan het laatste type toestel, maar deze in de praktijk wordt vervangen door het eerste type.

Financieel: laag

Een gereguleerde luchthaven wijst slots toe aan luchtvaartmaatschappijen, wat hen in staat stelt diensten van derden af te nemen (zoals grondafhandeling, meteorologische diensten, enzovoort), waarbij geldstromen betrokken zijn. Door slots te reserveren zonder zeker te weten of ze in de toekomst volledig worden benut, ontstaat er onzekerheid over het verdienpotentieel van de luchthaven en derde partijen. Als reactie hierop kan de kostprijs van het gegarandeerde deel stijgen, wat gebruikers financieel treft.

9. Verbod op (bepaalde) fossiele GA-vluchten

Lead time: kort

Effect van deze maatregel is bijna direct, vanaf invoering zullen een deel van de vluchten onuitvoerbaar zijn en dus is er een neergaande trend in emissies waarneembaar.

Inspanning

Juridisch: hoog

Het verbod op rondvluchten met fossiele brandstof wordt ingesteld, terwijl lesvluchten hiervan uitgezonderd zijn. Het juridisch vastleggen van het doel van een vlucht is echter buitengewoon complex als dit niet van tevoren gemeld hoeft te worden. Het gebied is vaag, met talloze uitzonderingen en ruimte voor creatieve interpretatie. Zo kan een rondvlucht met een *touch-and-go* manoeuvre plotseling worden gekwalificeerd als een lesvlucht. Het vereist aanzienlijke juridische inspanning om dit duidelijk en consistent vast te stellen.

Technisch: midden

Zonder een heldere definitie van wat precies verboden zal worden en hoe dit gehandhaafd zal worden, blijft deze maatregel technisch uitdagend. Wanneer het doel van het verbieden van fossiele vluchten juridisch is vastgesteld, kan deze maatregel gecommuniceerd worden via NOTAMs en bulletins. Er wordt echter wel verwacht dat er spanning zal ontstaan met vluchten die uit het buitenland komen, waar een vergelijkbare vorm van discriminatie niet geldt.

Financieel: laag

Vergelijkbaar met andere beleidsmogelijkheden uit de klasse "Regulatie" is de verwachte financiële inspanning van deze beleidsmogelijkheid laag. Voor het inregelen van de beleidsmogelijkheid zal ambtelijke capaciteit moeten worden gereserveerd, maar verder zijn geen financiële middelen nodig.

10. Uitfasering loodhoudende brandstoffen

Lead time: lang

Als de lead-time wordt beschouwd als impact tot CO₂-reductie is deze naar verwachting lang. Door de uitfasering van loodhoudende brandstoffen kan het onaantrekkelijker worden om oudere vliegtuigen afhankelijk van loodhoudende brandstof aan te schaffen en te gebruiken. Hierdoor kan op termijn een versnelling van de vlootvernieuwing optreden, met een duurzamere vloot als gevolg.

De milieu-impact wordt sneller verwacht, op middellange termijn. Dit is echter afhankelijk van hoe snel loodhoudende brandstof wordt uitgefaseerd.

Inspanning

Juridisch: midden

Technisch: midden

Als puur naar de handhaving van deze beleidsmogelijkheid wordt gekeken is deze naar verwachting technisch goed haalbaar. Het opstellen van een uitfaseringspad vergt echter naar verwachting meer technische inspanning. Hiervoor is specifieke technische kennis nodig, evenals uitgebreide interactie tussen sector, overheid en partijen als brandstofleveranciers en onderzoekers.

Financieel: laag

Omdat deze beleidsmogelijkheid voornamelijk regulatie betreft is de verwachte financiële inspanning van de overheid naar verwachting laag. Indien de GA-sector sterk gestimuleerd wordt in de transitie naar loodhoudende brandstoffen kan de financiële inspanning hoger uitpakken.



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 'Luchtvaart in Transitie', Clean Aviation, Clean Hydrogen 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