

# Haalbaarheidsstudie kansen emissievrij vliegen in Noord-Nederland

Samenvatting van de belangrijkste inzichten met betrekking tot de technische en economische haalbaarheid, de marktrelevantie en milieu-impact van emissievrije vluchten en de kansen die dit biedt voor Noord-Nederland

Onderzoek uitgevoerd door Stichting PEN EM en M3 Consultancy in samenwerking met Groningen Airport Eelde en NewEnergyCoalition

Mede mogelijk gemaakt door Provincie Groningen, Provincie Drenthe, Gemeente Groningen, Investerings- en ontwikkelingsmaatschappij voor Noord-Nederland, Hive.Mobility en Rijksuniversiteit Groningen

Groningen Airport Eelde/Utrecht/Groningen,

Juni 2021



## Management samenvatting

In 2020 is, 7 jaar nadat de eerste Tesla in Nederland is afgeleverd, het eerste elektrisch vliegtuig in het Nederlandse luchtvaartregister ingeschreven. Vergelijkbaar met de auto-industrie neemt het aantal initiatieven voor elektrische vliegtuigen snel toe. Uit onderzoek naar de haalbaarheid van emissievrije luchtvaart voor Noord-Nederland blijkt dat deze technologie een grote relevantie voor de noordelijke regio heeft. Daar waar in eerste instantie kleine vliegtuigen weinig toegevoegde waarde hebben op grote luchthavens met een uitgebreid netwerk en nog weinig bijdragen aan de reductie van emissies van de luchtvaart, is de relevantie voor Noord-Nederland zeer groot. Vanaf 2026-2030 zal het middels batterij-elektrische vliegtuigen mogelijk worden om de luchthaven Groningen Airport Eelde duurzaam en betaalbaar te verbinden met bestemmingen in binnen- en buitenland op afstanden in eerste instantie maximaal 500 kilometer maar op termijn mogelijk richting 1000 km al dan niet in combinatie met een korte overstap. Deze ontwikkeling zal leiden tot een betere ontsluiting met kortere reistijden en tot reductie van de uitstoot van CO<sub>2</sub>, stikstof en fijnstof.

Vliegen op waterstof heeft op dit moment geen kostenvoordelen ten opzichte van de kostprijs van huidige vluchten, maar zal een essentiële rol spelen bij het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen van grote luchtvaart aangezien het over circa 15 jaar emissievrij vliegen zelfs met grotere vliegtuigen (150+ stoelen) en verder afstanden (tot circa 2.000 à 3.000 km) mogelijk maakt. Noord-Nederland kan daar als onderdeel van de Hydrogen Valley ontwikkeling en de NXT Airport ontwikkeling van Groningen Airport Eelde (GAE) een belangrijke bijdrage aan leveren. Feitelijk is de luchthaven de eerste Hydrogen Valley Airport van Europa.

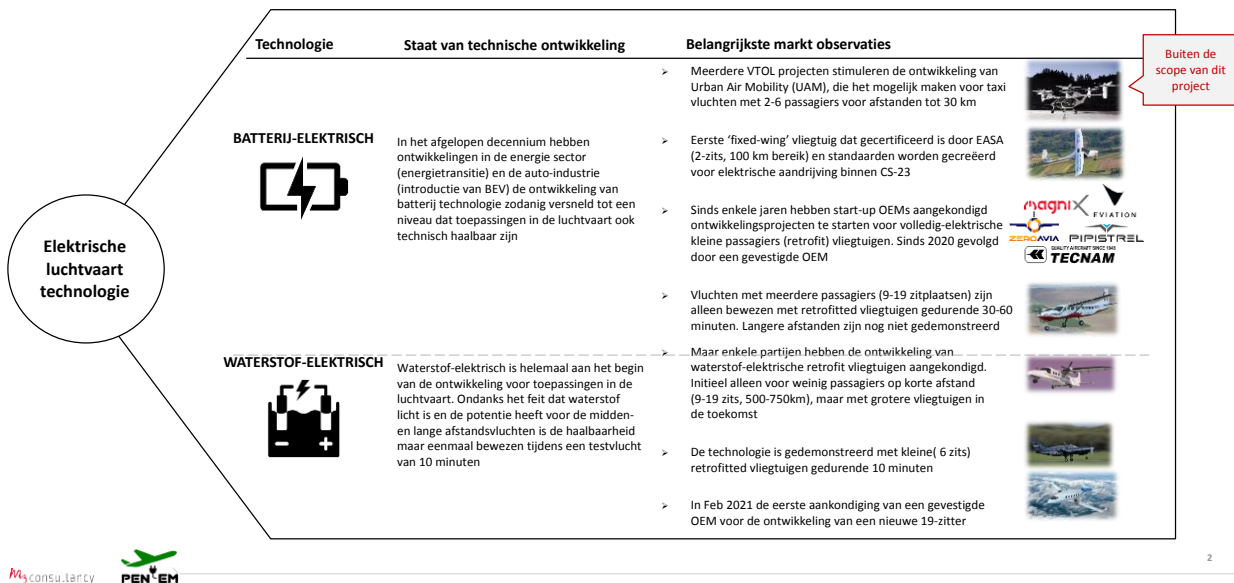
Alhoewel er nog vele onzekerheden zijn, is het niet de vraag óf deze ontwikkeling gaat komen, maar wannéér er wát mogelijk is. Gezien de kansen en maatschappelijke waarde raden de onderzoekers aan om nu al in te zetten op het voorbereiden op en het mogelijk versnellen van deze ontwikkeling in Noord-Nederland.

## Introductie

Verduurzaming van de luchtvaart is een grote prioriteit voor de luchtvaartsector zelf, beleidsmakers en de politiek. De aandacht gaat hierbij vooral naar de verduurzaming van de huidige vliegoperaties, bijvoorbeeld door het gebruik van duurzame brandstoffen (Sustainable Aviation Fuels) en het elektrificeren van de grondoperaties op de luchthavens. Daarnaast werken vliegtuigfabrikanten aan het ontwerp van nieuwe, grote vliegtuigen met waterstof-verbrandingsmotoren. Deze techniek zal echter pas over minimaal 15 jaar commercieel ingezet worden. De laatste jaren komt er steeds meer aandacht voor een andere duurzame luchtvaartontwikkeling: elektrisch vliegen op basis van batterij-elektrische of waterstof-elektrische aandrijving. Hiermee kan op korte afstanden emissievrij gevlogen worden met kleine vliegtuigen en, in het geval van met name batterij-elektrische vliegtuigen, tegen veel lagere kosten (zie **Figuur 1**). Deze vorm van mobiliteit staat ook bekend als 'Regional Air Mobility' of 'Advanced Air Mobility'. Met de veel lagere energiedichtheid van batterijen ten opzichte van reguliere brandstof is de toepassing voorlopig beperkt tot kleine vliegtuigen (tot 19-zitters). Daarmee is deze techniek vooral voor regionale luchthavens en de regio's die ze ontsluiten relevant.

### Elektrische luchtvaart is in het vroege stadium van ontwikkeling, met batterij-elektrische technologie als voorloper op waterstof-elektrische technologie

Overzicht van elektrische luchtvaart technologie



Figuur 1. Batterij-elektrische en waterstof-elektrische technologieontwikkeling in de luchtvaartsector

Eind 2020 hebben Stichting PEN EM, Hive.Mobility, Groningen Airport Eelde en NewEnergyCoalition een coalitie gevormd rondom het thema van emissievrij vliegen in Noord-Nederland. Vanuit de overtuiging dat deze technologie relevant voor de noordelijke regio zou kunnen zijn, hebben de coalitiepartijen een haalbaarheidsstudie naar de kansen van emissievrij vliegen in Noord-Nederland uitgevoerd. Het onderzoek is uitgevoerd door een projectteam van Stichting PEN EM en M3 Consultancy in samenwerking met Groningen Airport Eelde en NewEnergyCoalition. Het onderzoek is mede mogelijk

gemaakt door de provincies Groningen en Drenthe, de Gemeente Groningen, de NOM, Hive.Mobility en de Rijksuniversiteit Groningen. Dit document is een samenvatting van de belangrijkste inzichten van het onderzoek. Het gehele rapport is niet openbaar beschikbaar, maar belanghebbenden kunnen met Stichting PEN EM, dat de coördinatie van het onderzoek op zich heeft genomen, contact opnemen via [info@pen-em.com](mailto:info@pen-em.com).

De haalbaarheidsstudie is opgebouwd uit 5 onderdelen:

- **Technische haalbaarheid** met betrekking tot de vliegtuigen, de luchthavens en regelgeving
- **Economische haalbaarheid** van het vliegen met emissievrije vliegtuigen
- **Markt-relevantie** van het product 'elektrisch vliegen', potentiële routes vanaf Groningen Airport Eelde en belang voor de economische ontwikkeling van Noord-Nederland
- **Milieu-impact** van het vliegen met emissievrije vliegtuigen, ook ten opzichte van andere duurzame mobiliteitsopties en de mogelijke gevolgen voor geluidshinder
- **Kansen voor het Noord-Nederland**

Dit onderzoek richt zich op de kansen voor commercieel passagiersvervoer met emissievrije vliegtuigen in de komende 10 tot 15 jaar. De toepassing van deze techniek gaat echter veel verder en wordt al toegepast in het les- en recreatief verkeer. Daarnaast wordt de opkomst van de zogenaamde vliegende taxi's over 3 tot 4 jaar verwacht. Dit betreft verticaal opstijgende en landende vliegtuigen voor 3 tot 7 personen. Tenslotte wordt ook veel verwacht van (onbemande) vrachtluchten met elektrische aandrijving. Nader onderzoek naar de kansen met betrekking tot deze ontwikkeling wordt wenselijk geacht.

## Technische haalbaarheid

### Vliegtuigtechniek

Emissievrij-vliegen kan middels een aantal verschillende technieken en energiedragers. De komende 10 - 15 jaar zal de ontwikkeling vooral gebaseerd zijn op voorstuwing middels een elektromotor. Deze motor is, net als in de auto, veel simpeler qua techniek, lichter en goedkoper dan een conventionele verbrandingsmotor. Qua energie voor de aandrijving van de elektromotor wordt ingezet op zowel batterijen als waterstof, waarbij de waterstof middels een brandstofcel wordt omgezet in elektriciteit (zie **Figuur 2**). Batterijen hebben als groot nadeel een veel lagere energiedichtheid (ca. 50x) dan de huidige 'jet fuel', maar zijn daarentegen 2,5 tot 3 keer zo efficiënt. Met de huidige batterij-techniek (Lithium-Ion) met een energiedichtheid op 'celniveau' van ca. 200 – 250 Wh/kg wordt het gewicht van de batterijen al voor kleine vliegtuigen te hoog. Echter, innovaties op het gebied van bijv. de anode/cathode, andere chemische samenstelling (bv. Lithium-Sulfur of solid-state) efficiëntere packing zullen leiden tot steeds betere prestaties op het gebied energiedichtheid, vermogen (power) en levensduur waarbij waarden als een energiedichtheid van 450-600 Wh/kg op celniveau rond 2030 mogelijk haalbaar zijn. De toekomst van batterij-elektrisch vliegen zal grotendeels afhangen van hoe deze techniek zich zal ontwikkelen.

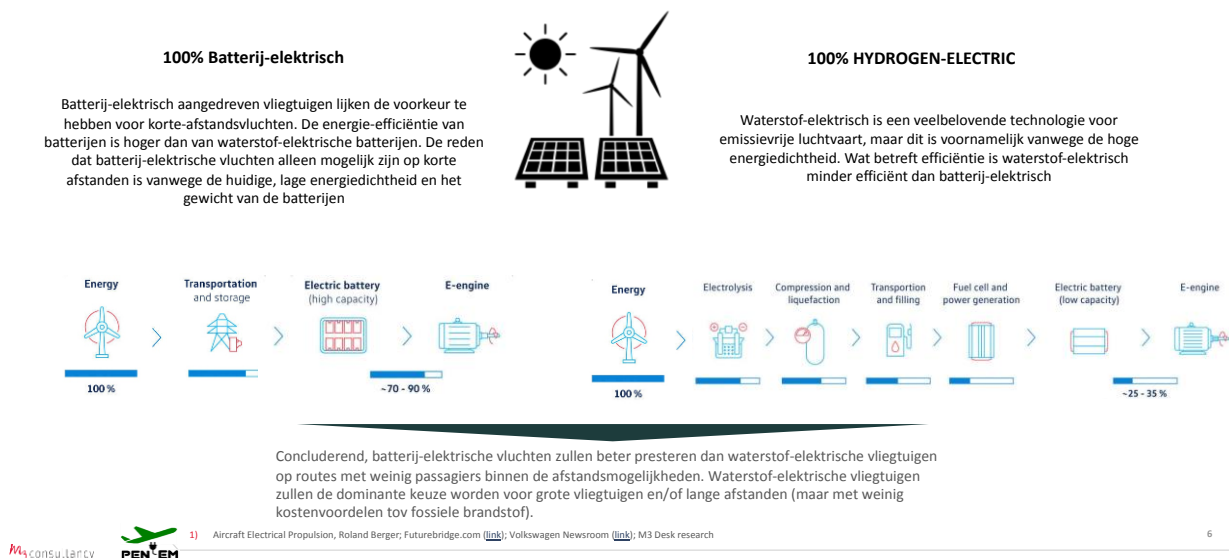
Waterstof heeft een hogere energiedichtheid waardoor grotere vliegtuigen en/of langere vluchten emissievrij mogelijk worden. Bij waterstof is volume echter een uitdaging. Voor grote afstanden worden

de brandstoftanks simpelweg te groot. Daarnaast is waterstof ca. 3 keer minder energie-efficiënt en is vliegen met waterstof-elektrische aandrijving duurder dan met batterij-elektrische aandrijving.

De elektrische aandrijving en energieopslag kan zowel worden ingebouwd in bestaande vliegtuigen, 'retrofit', als in specifiek voor elektrisch aandrijving ontworpen nieuwe vliegtuigen. Deze laatste categorie zal fors betere prestaties hebben dankzij aerodynamische optimalisatie van het ontwerp en het aantal en plaatsing van de motoren waardoor minder energie nodig is om vooruit te komen in vergelijking met een even zwaar maar ouder vliegtuigontwerp. Voor nieuwe ontwerpen is de uitdaging echter het zeer uitvoerige (en daarmee kostbare) certificeringstraject van nieuwe vliegtuigen waarbij aan zeer hoge veiligheidseisen moet worden voldaan. Gezien het om een nieuwe aandrijving gaat waarbij nog slechts 1 klein vliegtuig gecertificeerd is, is moeilijk in te schatten hoe snel luchtvaarttoezichthouder EASA de eerste emissievrije passagiersvliegtuigen zal goedkeuren.

### Batterij-elektrisch is (en naar verwachting blijft) energie-efficiënter dan waterstof-elektrisch

Vergelijking van emissievrije aandrijvingstechnieken



Figuur 2 Batterij-elektrische vs. waterstof-elektrische efficiëntie

### Verwachte ontwikkeling

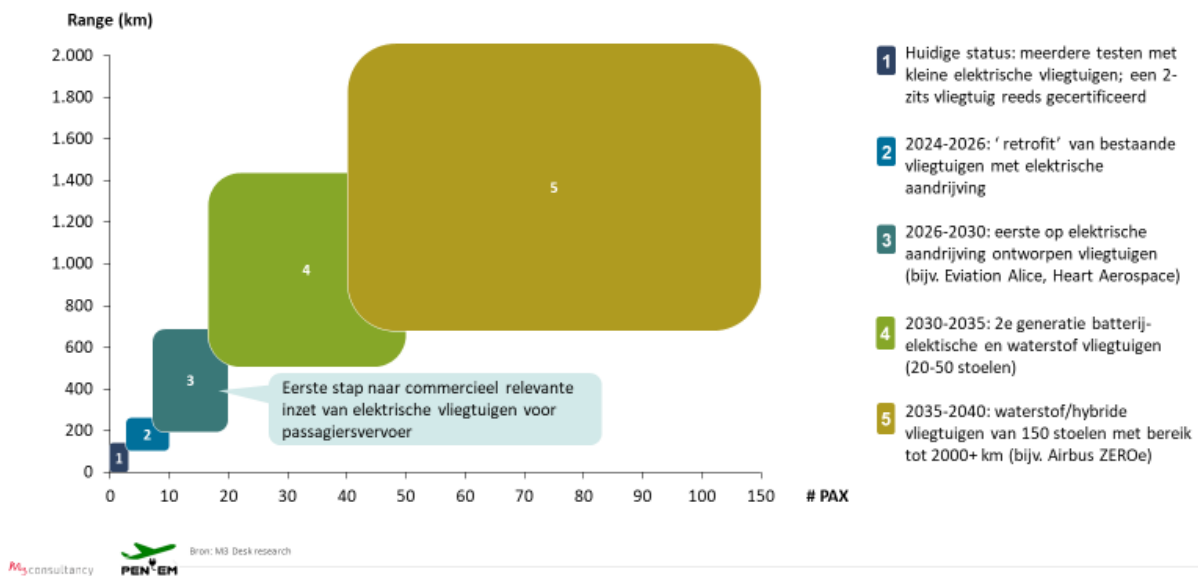
Fabrikanten zoals het Israëliësch/Amerikaanse Eviation, het Zweedse Heart Aerospace en het Amerikaanse Bye Aerospace verwachten in de periode 2023-2026 hun eerste volledige nieuwe modellen gecertificeerd te hebben. Ook het eerste 'retrofit'-model van een bestaande fabrikant, het Italiaanse Tecnam, verwacht rond 2025-2026 commercieel inzetbaar te zijn. Deze modellen vallen in de categorie 9 – 19 passagiers waarbij fabrikanten al vanaf 2023 een bereik tot ca. 800 km voor een 9-zitter en in 2026 ca. 400 km voor een 19-zitter mogelijk zou zijn. Luchtvaartexperts en wetenschappers beschouwen deze verwachtingen qua tijdshorizon en prestatie als te optimistisch. De als vliegtuigbouwer-opgeleide onderzoekers van dit projectteam onderschrijven deze conclusies en hebben op basis van hun inschatting van de snelheid van de stappen in techniek en certificering een ontwikkelingspad van emissievrij vliegen in 5 stappen geformuleerd (zie **Figuur 3**). De eerste batterij-elektrische retrofit-vliegtuigen zullen vanaf 2023 hun intrede doen (stap 2), maar zullen voor de Nederlandse markt

waarschijnlijk niet relevant zijn gezien het beperkte bereik. De eerste op elektrische aandrijving ontworpen vliegtuigen worden vanaf ca. 2026 - 2030 op de markt komen. De verwachting is dat het dan zal gaan om zowel vliegtuig met 9-stoelen een bereik van ca. 500 km en in het meest gunstigste geval 700 km als een 19-zitter een bereik van ca. 250-300 km en in het meest gunstigste geval 400 km. Deze vliegtuigen zijn voor de (Noord-) Nederlandse markt in tegenstelling tot de retrofit met batterij-elektrische vliegtuigen wel relevant voor (Noord-) Nederland. Indien de batterij-technologie zich snel doorontwikkelt met name op het gebied van hogere energiedichtheden in combinatie met een lange levensduur zullen rond 2030-2035 afstanden van meer ruim meer dan 500 km tot in het meest gunstige geval 1000 km mogelijk gaan worden.

Naast batterij-elektrische aandrijving wordt steeds meer ingezet op waterstof-elektrische aandrijving. In Nederland betreft het onder andere het initiatief van Rotterdam The Hague Innovation Quarter en Technology Park Ypenburg om een Hydrogen Powered Regional Aviation Eco System te ontwikkelen met een focus op de ontwikkeling van een waterstof-elektrische 'drivetrain' geschikt voor een regionaal vliegtuig van 50-70 stoelen. Het Amerikaans/Engelse ZeroAvia zet ook vol in op deze ontwikkeling en heeft zich ook in Nederland gevestigd. AeroDelft, een studententeam, verkent de toepassing van vliegen met vloeibare waterstof. Aangezien er nog geen vliegtuigen op waterstof gecertificeerd zijn en er grotere aanpassingen aan luchthaveninfrastructuur nodig zijn (ten opzichte van elektrische vliegtuigen) is lastig voorspelbaar hoe snel de technologie beschikbaar gaat komen. Wel is duidelijk dat er steeds meer op ingezet wordt waardoor de ontwikkelingen mogelijk sneller dan gedacht gaat. Uiteindelijk zal rond 2035-2040 emissievrij gevlogen worden met toestellen met ca. 150-200 stoelen op afstanden van 2.000 tot 3.000 km. Vooral vliegtuigbouwer Airbus zet hierop in met haar ZEROe ambitie (grote vliegtuigen op waterstof). Voor verdere bestemmingen zet de sector in op duurzame brandstoffen (SAF's). Ook zijn er vele zogenaamde hybride-aandrijving vliegtuigen waarbij de voorstuwing deels uit fossiele en deels uit emissievrije energiebronnen komt. Dit onderzoek richt zich op emissievrije technologie.

De onderzoekers wijzen erop dat, alhoewel de vooruitzichten zeer gunstig zijn, er nog onzekerheden zijn met betrekking tot hoe snel de vliegtuigen door de autoriteiten goedgekeurd worden en hoe de vliegprestaties in de praktijk gaan uitvallen.

## Verwachte ontwikkeling van bereik en vliegtuiggrootte (in stoelen) van zero-emission vliegtuigen in 5 stappen



Figuur 3 Ontwikkeling van bereik en vliegtuiggrootte voor emissievrije vliegtuigen

### Technische haalbaarheid voor luchthavens

De luchthavens zullen uitgerust moeten worden met faciliteiten om emissievrije vliegtuigen te kunnen afhandelen. Voor batterij-elektrische vliegtuigen betreft het snellaadsystemen met een vermogen van 350 of 500kW. Deze techniek bestaat al. In de heavy truck-markt wordt zelfs al getest met snellaadsystemen met een vermogen van 1 MW. Voor de luchtvaart zijn deze hele hoge vermogens niet makkelijk toepasbaar omdat de dikke kabels die nodig zijn voor dit vermogen veel extra gewicht betekenen. Een te laag vermogen zou echter betekenen dat de vliegtuigen lang op de grond moeten staan. De kosten voor snellaadsystemen zijn beperkt (< EUR 20.000 voor 350 kW). De consequentie is wel dat het elektriciteitsnet op luchthavens een fors hoger piekvermogen moet kunnen leveren. Volgens berekeningen zal bij een al redelijke uitgebreide operatie waarbij tegelijkertijd 4 elektrische vliegtuigen tegelijk moeten worden afgehandeld een vermogen van 3 MW geleverd moeten kunnen worden. Dat is een veelvoud van het huidig benodigde piekvermogen, maar gezien een elektrisch bus-laadstation al gauw een piekvermogen van 10 – 12 MW heeft geen grote technische uitdaging worden. Wel zullen naar waarschijnlijkheid extra transformatoren nodig zijn. Het feit dat Groningen Airport Eelde (GAE) het grootste zonnepark van alle Europese vliegvelden heeft, maakt het ook mogelijk om met stationaire batterijen de energie lokaal op te slaan of direct in te zetten.

Voor vliegen op waterstof zijn er meerdere opties: voor de eerste opstart kan volstaan worden met een losse tank die middels vrachtwagens bevoorraadt kan worden. Specifiek voor GAE is ook de aanleg van een pijpleiding met aansluiting op het waterstof-netwerk een optie. Tenslotte kan ook worden ingezet op een lokale productie van waterstof door het bouwen van een electrolyser die aangedreven kan worden door het zonnepark. De kosten voor winning en opslag voor waterstof zullen naar verwachting hoger zijn dan voor elektriciteit.

## Economische haalbaarheid

### Kosten en benodigde passagiersaantallen elektrische vliegtuigen

Batterij-elektrische aandrijving leidt tot fors lagere kosten. Die kostenvoordelen komen voort uit de veel lagere energiekosten (factor 8-10 lager) en onderhoudskosten (factor 3 à 5 lager). Ook zijn er geen hoge kosten voor de vervanging van dure verbrandingsmotoren. Wel zullen de kosten voor het vervangen van de batterij in de beginjaren hoog zijn bij batterij-elektrische vliegtuigen. Naast de kostenvoordelen gerelateerd aan het vliegen zelf, profiteren de stillere en emissievrije vliegtuigen ook van lagere tarieven op luchthavens en zal naar verwachting de vliegbelasting niet gaan gelden. Tevens is de verwachting dat er aanvullende milieumaatregelen genomen gaan worden die elektrisch vliegen relatief steeds goedkoper gaan maken ten opzichte van vliegen (en autorijden) op fossiele brandstof.

In dit haalbaarheidsonderzoek zijn de kosten voor het vliegen met batterij-elektrische aandrijving van een 9- en 19-persoons elektrisch vliegtuig middels een 'bottom-up' -kostenmodel ingeschat en vergeleken met de kosten van vliegen met 11-zits en 72-zits met fossiele brandstof-aangedreven vliegtuigen, de Cessna Caravan 208B en de ATR-72. Alhoewel er nog veel onzekerheden in de aannames zitten, komt het onderzoek uit op 30% en mogelijk op termijn 50% lagere kosten van een 9-zits elektrisch vliegtuig ten opzichte van de 11-zitter Cessna Caravan 208B. Ten opzichte van de 72-zitter zal een 9-zits elektrisch vliegtuig aanvankelijk nog zo'n 10-20% hogere kosten per passagier hebben, maar zou over 10 jaar daar onder moeten kunnen uitkomen. Een 19-zits elektrisch vliegtuig zal direct al onder de kosten van de veel grotere ATR-72 uitkomen (ca. -5 a -15%) en op termijn zelfs 20 – 30% lagere kosten hebben). De genoemde getallen gelden voor een route van ca. 400 km (zie **Figuur 4**).

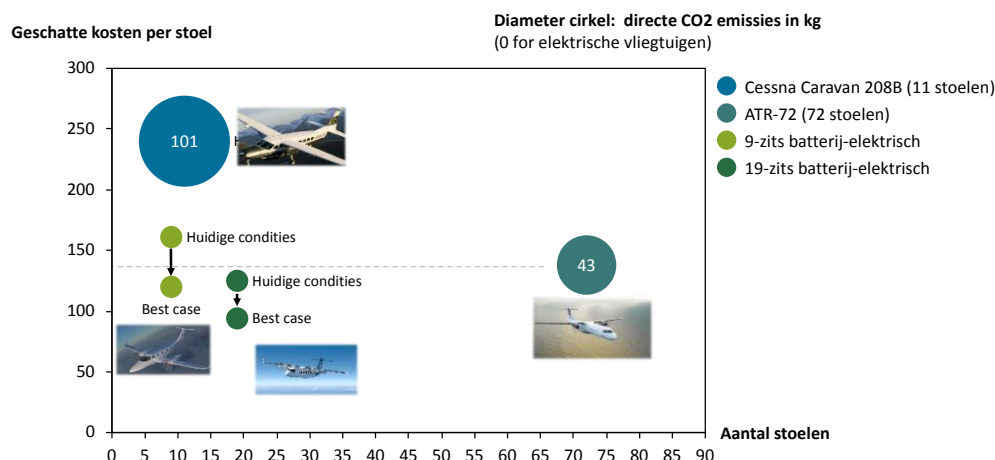
De kosten voor vliegen met waterstof-elektrische aandrijving zijn minder goed in te schatten en zijn zeer afhankelijk van hoe de kostprijs van waterstof zich zal ontwikkelen en welke aanpassingen op de luchthavens gedaan moeten worden. De kosten voor (groene) waterstof zullen naar verwachting wel flink dalen. Al met al wordt verwacht dat vliegen op waterstof qua kosten rond/iets boven het kostenniveau van vliegen op kerosine uitkomt. Dit wordt onder andere onderschreven door onderzoek van McKinsey dat in mei 2020 uitgevoerd is voor de Clean Sky 2 Joint Undertaking and Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking.

Bovenstaande inzichten met name met betrekking tot batterij-elektrische vliegtuigen is de kern van waarom er zoveel verwachtingen voor regionale luchtvaart met betrekking tot elektrisch vliegen zijn. Voornamelijk voor regionale luchthavens en de regio die zij ontsluit zullen er veel minder passagiers nodig zijn om een route met een betaalbaar tarief toch rendabel te verbinden. Regionale luchthavens worden gekenmerkt door weliswaar een redelijk aantal reizigers in hun verzorgingsgebieden, maar ook door te weinig passagiers op een specifieke route om 2 keer per dag – de minimale frequentie voor zakelijke reizigers – 60 tot 70 stoelen gevuld te krijgen. **Als er maar 7 of 15 stoelen gevuld hoeven te worden, worden veel meer routes mogelijk.**



## Elektrische vliegtuigen maken routes met maar weinig passagiers veel rendabeler en duurzaam

Geschatte kosten in EUR en CO<sub>2</sub> uitstoot per passagier voor een 400 km vlucht



Figuur 4 Kostenvergelijking tussen conventionele en elektrische vliegtuigen

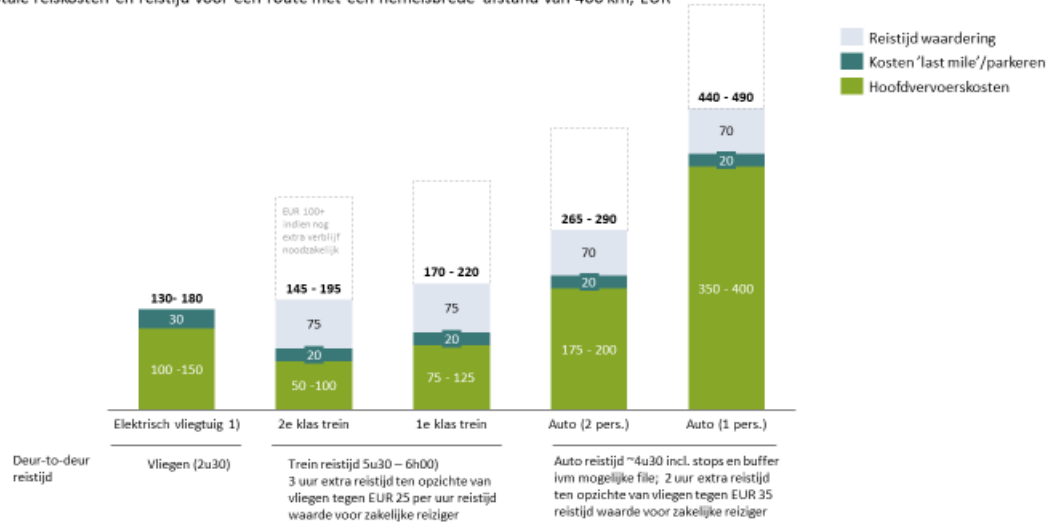
### Vergelijking met andere modaliteiten

Vooral voor reizigers die dicht in de buurt van een regionaal vliegveld wonen is elektrisch vliegen al snel een veel logischere optie. Niet alleen qua reisgemak, maar ook qua kosten. Een reis van Groningen naar Berlijn (ca. 450 km hemelsbreed) duurt nu al snel 6 uur (auto/trein/vlucht via Schiphol). Rechtstreeks vliegen met een elektrisch vliegtuig verkort de reistijd tot ca. 2 ½ uur. De reistijds winst wordt in berekeningen van kosten/baten van infrastructuur gewaardeerd volgens standaardwaarden voor zakelijk en niet-zakelijke reizigers. Als deze kosten worden meegenomen is elektrisch vliegen de goedkoopste optie (**zie Figuur 5**). Met het vliegtuig worden ook 1-daagse retourreizen mogelijk waarmee overnachtingskosten kunnen worden vermeden.

Net als bij de technische haalbaarheid geldt ook voor de economische haalbaarheid dat de prestaties zich nog in de praktijk moeten bewijzen en is er nog onzekerheid over de kosten en over bijvoorbeeld hoe snel een batterij vervangen moet worden. Daarentegen zijn er ook nog mogelijke ontwikkelingen die elektrisch vliegen juist nog goedkoper zouden maken. Zo is er in de berekeningen nog geen rekening gehouden met eventuele subsidie. Die bedraagt in Nederland nu ca. EUR 0,1 per reizigerskilometer voor reizen met de trein en met de elektrische auto.

## Elektrisch vliegen is een aantrekkelijke reisoptie voor routes waar de trein- of autoreis lang duren – Voorbeeld 400 km reis

Geschatte totale reiskosten en reistijd voor een route met een hemelsbrede afstand van 400 km, EUR



Figuur 5 Reiskosten voor een reis van 400 km (hemelsbreed) voor elektrische vliegen vs. trein en auto

## Marktrelevantie

Anno 2021 is er in Nederland en omliggende landen nauwelijks nog sprake van kleinschalige regionale luchtvaart. Tot ca. de eeuwwisseling werd er, ook in Nederland, op korte afstanden veelvuldig gevlogen zowel op routes naar grote knooppunten zoals Groningen – Schiphol, maar ook op andere belangrijke routes zoals Groningen – Rotterdam met destijds ca. 15.000 passagiers per jaar. De afgelopen twee decennia is dit segment bijna geheel verdwenen. Dit komt enerzijds door de hoge kosten per stoel, waarbij vooral ook de brandstofkosten zwaar meewegen, de betere treinverbindingen (introductie rechtstreekse treinen naar Schiphol), maar ook vanwege het toenemend milieubewustzijn waarbij vliegen op korte afstanden als onwenselijk wordt gezien.

## Het emissievrij vliegen product

Emissievrij vliegen met kleine vliegtuigen zal voor reizigers als een geheel nieuwe manier van reizen worden ervaren. Dat verschil zit zowel in het reisgemak als in het reiscomfort.

Zoals eerder toegelicht gaat het om reizen vanaf regionale luchthavens met kortere reistijden dan nu vaak het geval is. Daarnaast zullen ook de processen op de luchthavens efficiënter en korter kunnen. Het instapproces voor een vlucht met slechts 8 of 15 passagiers zal slechts een paar minuten duren in tegenstelling tot de 30 tot 40 minuten voor gepland vertrek dat met grote vliegtuigen wordt aangehouden. Regionale luchthavens hebben in gesprekken aangegeven te streven naar efficiënte

processen en korte instaptijden waardoor het mogelijk moet worden om 20 – 30 minuten voor vertrek pas op de luchthaven aan te komen.

Uit onderzoek en ervaringen met de eerste kleine elektrische vliegtuigen blijkt dat ook het comfort aan boord anders zal zijn dan men gewend is. Het geluidsniveau in het vliegtuig zal veel lager zijn door de elektrisch aandrijving. Ook zal het vliegtuig minder trillen. Vliegtuigfabrikanten die aan een geheel nieuw ontwerp werken, kiezen ook een modern interieur zoals in **Afbeelding 1** te zien is.



*Afbeelding 1 Interieur Eviation Alice (9-zits batterij-elektrisch vliegtuig in ontwikkeling)*

### De vraag naar regionale vliegreizen

De vraag naar vliegen in Noord-Nederland is er nog steeds. Uit onderzoek van Lufthansa Consulting uit 2017 blijkt dat er jaarlijks ruim 3 miljoen vliegreizen door reizigers uit Noord-Nederland worden ondernomen. Daarnaast zijn er ook veel autoreizen en treinreizen naar lange afstandsbestemmingen in Nederland en buitenland.

Uit het onderdeel Technische haalbaarheid is gebleken dat elektrisch vliegen zich in stappen zal ontwikkelen waarbij uitgegaan wordt van een maximaal bereik van in eerste instantie 500-700 km voor een 9-zitter en 250-400 km voor een 19-zitter. In de verdere ontwikkeling zullen afstanden tot ca. 1000 km mogelijk worden. In **Figuur 6** valt te zien welke landen/steden dan vanuit Groningen Airport Eelde rechtstreeks aangevlogen kunnen worden.

In het onderzoek is vervolgens gekeken naar welke bestemmingen genoeg marktvraag hebben om tenminste 2 keer per dag op weekdays en 1 keer per dag in het weekend een vlucht tenminste voor 70% te vullen. Gebruikmakend van het marktonderzoek naar de vraag naar vliegreizen van/naar Noord-Nederland door Lufthansa Consulting blijkt dat ca. 15 – 20 internationale bestemmingen op basis van de huidige marktvraag mogelijk zouden moeten zijn. Van deze bestemmingen zijn er 6 die binnen 500 km liggen en dus naar verwachting voor 2030 aangevlogen kunnen worden. Dit zijn bijvoorbeeld Londen, Berlijn, Hamburg en Kopenhagen. Daarnaast zijn er bestemmingen die nu op basis van huidige marktvraag naar vliegreizen in de marktonderzoeken niet naar boven komen vanwege de korte afstand maar naar verwachting juist erg interessante routes zullen zijn. Dit betreft een route als Groningen –

Brussel of Groningen – Roergebied (Dortmund/Keulen-Bonn/Düsseldorf). Op deze routes is vliegen nu geen optie maar duurt een auto of treinreis al gauw meer dan 4 uur met meerdere keren een overstap.

### Voor elektrisch vliegen, beschouwen we 3 afstanden als belangrijk

#### Binnenlands

- Binnenlandse vluchten zijn allemaal binnen de **250 km** afstand
- De haalbaarheid van een binnenlandse route hangt af van 2 factoren
  - Hoe groter de afstand, hoe groter de kans dat elektrisch vliegen het beste alternatief is. Vanaf 200 km zal vliegen (met een efficiënt luchthaven proces) de tijdswinst waard zijn ten opzichte van de hogere kosten.
  - Frequentie is hierbij van groot belang (zelfs nog meer voor internationale vluchten) gezien het feit dat transport via land op dit moment elk half uur mogelijk is.

#### Internationaal

- **500 km** afstand is belangrijk aangezien dit de maximale afstand voor de iets grotere vliegtuigen (19-zits) zal zijn in de komende 10 jaar.
- **1.000 km** afstand is belangrijk aangezien deze afstand behaald kan worden voor kleinere elektrische vliegtuigen (9-zits) op de korte termijn.
- Grotere afstanden zijn ook mogelijk met een tussenstop (voor het opladen of wisselen van vliegtuigen). Zelfs met een 1-uur tussenstop, zal de tijdswinst groter zijn dan andere reismogelijkheden.



Figuur 6 Belangrijke afstanden binnen elektrisch vliegen

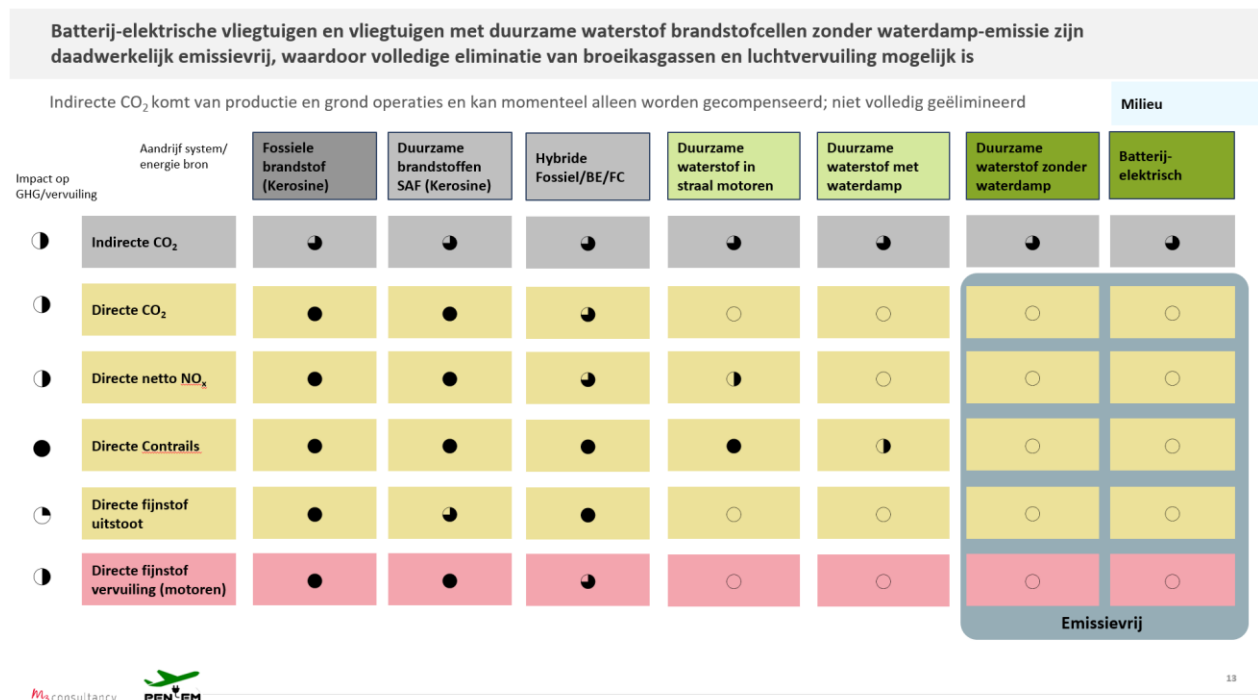
Ook binnen Nederland zijn er, met name voor de zakelijke reiziger die veel waarde aan tijd hecht, een aantal routes interessant. Op basis van onderzoek naar verplaatsingen in Nederland door het CBS (ODiN data) en de minimale afstand om een tijdsvoordeel te hebben ten opzichte van de auto of trein lijken 4 bestemmingen in Nederland haalbaar: Schiphol (voornamelijk voor overstappende passagiers), Rotterdam The Hague Airport, Eindhoven Airport en Maastricht Aachen Airport. Belangrijk voor dit soort routes is dat de frequenties hoog is (bv. minimaal 6 keer per dag naar Schiphol/Rotterdam en 3 keer per dag naar Eindhoven). De verwachting is dat het opnieuw opstarten van binnenlandse vliegverbindingen tot een maatschappelijke discussie zal leiden aangezien vliegen op korte afstand nu op basis van uitstoot en geluid in het algemeen als onwenselijk wordt geacht. Het goed inzichtelijk hebben van de hoeveelheid uitstoot/energiegebruik en het geluidsniveau van elektrische vliegtuigen, is daarom van wezenlijk belang.

Onderzoekers van de Rijksuniversiteit Groningen hebben eerder onderzoek gedaan naar de rol van regionale luchthavens in de regionale economische ontwikkeling. Tot nu toe hebben regionale luchthavens in het algemeen geen grote rol in de regionale economische groei, maar voor regio's waar de dichtstbijzijnde grote luchthaven ver weg is, wat voor Noord-Nederland geldt, wordt de economische impact van regionale vliegvelden over het algemeen groter en met name relevant voor de diensten- en ICT-sectoren. Er is nog geen onderzoek bekend naar het effect van een uitbreiding van het netwerk met op termijn mogelijk 15-20 bestemmingen, maar op basis van de huidige inzichten zal dat een belangrijke impuls aan de regionale economie geven. De groei van het aantal vluchten zal ook tot een groei van de

directe werkgelegenheid op de luchthaven leiden. Met de toenemende automatisering zou het op langere termijn om 1000 extra banen kunnen gaan.

## Milieu- en geluidsimpact

De milieuwinst die te behalen is met elektrisch vliegen is minder makkelijk te bepalen dan de winst die een elektrische auto ten opzichte van een auto met een verbrandingsmotor heeft, aangezien de toekomstige reizigers met kleine elektrische vliegtuigen nu vaak nog een andere modaliteit gebruiken en via een andere route reizen. Daarnaast gaat het niet alleen om de uitstoot van broeikasgassen, maar ook om stikstof en fijnstof. Tenslotte is het van belang hoe energie-efficiënt elektrisch vliegen is ten opzichte van andere duurzame mobiliteitsopties gezien de schaarste aan duurzame energie.



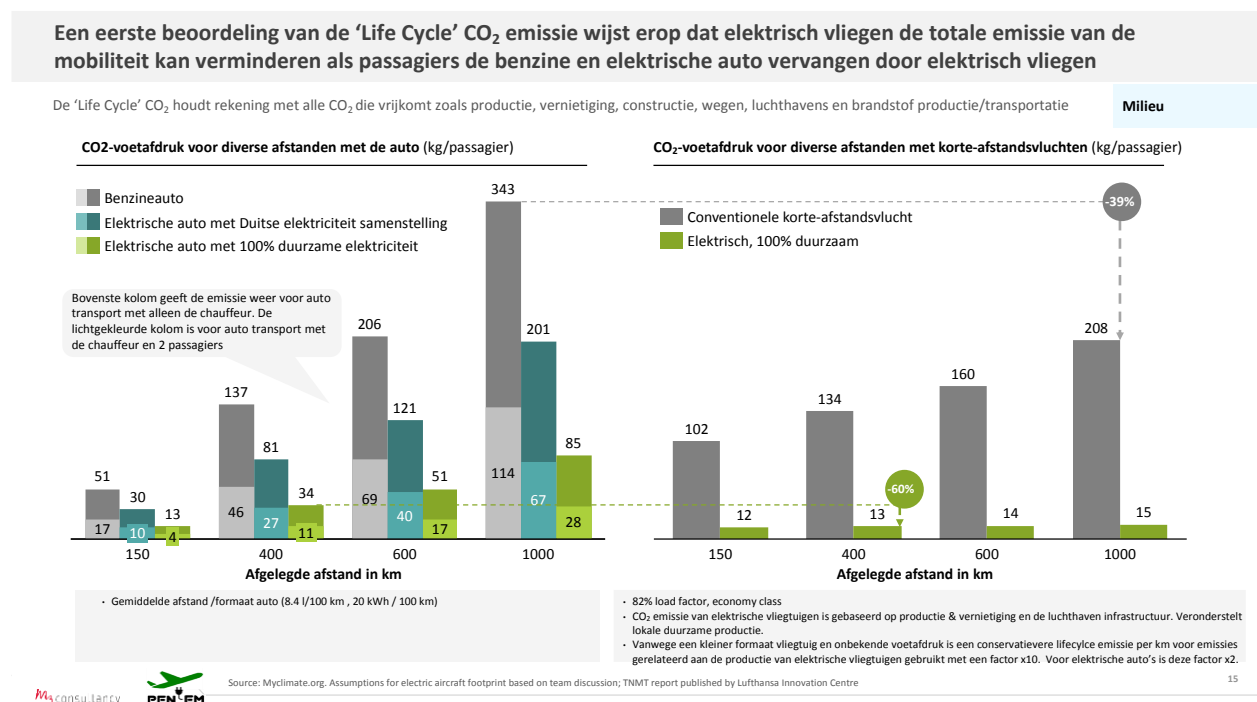
Figuur 7

## Uitstoot broeikasgassen

Net als voor een elektrische auto en de trein stoot een elektrisch vliegtuig op batterijen geen gassen zoals CO<sub>2</sub> en stikstof uit. Een vliegtuig dat op waterstof vliegt stoot in sommige gevallen wel water uit hetgeen tot de bekende 'contrails', de witte strepen in de lucht, leidt. Deze 'contrails' hebben een opwarmend effect op de aarde. De mate van opwarming is nog onduidelijk maar lijkt aanzienlijk.

Voor een afstand van 400 km (hemelsbreed) vliegen, stoot een klein vliegtuig (de Cessna Caravan 208B) ca. 100 kg CO<sub>2</sub> per stoel uit; voor de grotere ATR-72 gaat het om ca. 40 kg CO<sub>2</sub> per stoel. Een gemiddelde benzineauto stoot op deze afstand ca. 80-100 kg CO<sub>2</sub> uit wat bij een bezetting van 2 personen op 40-50 kg uitkomt.

Een andere methodiek voor het vergelijken van duurzaamheid is de 'Life Cycle Analysis' (LCA) van de CO<sub>2</sub> uitstoot. Hierbij worden onder andere ook de uitstoot van de energieopwekking, productie, onderhoud en recycling meegenomen. Aangezien de elektrische vliegtuigen nog gebouwd moeten worden en de uitstoot ook erg afhankelijk is van het aantal km dat modaliteit gedurende zijn levensduur maakt, zijn de schattingen indicatief. Naar verwachting is de LCA CO<sub>2</sub> uitstoot voor vliegen met een 9-persoons elektrisch vliegtuig per persoon (bij ca. 70% bezetting) voor hele korte afstanden (150 km) vergelijkbaar met de CO<sub>2</sub> uitstoot van 1 persoon in een elektrische auto. Voor verdere afstanden is naar verwachting die uitstoot per persoon lager dan bij een elektrische auto zelfs als die uitstoot verdeeld wordt over 3 passagiers (zie Figuur 8).



Figuur 8 LCA van diverse afstanden voor de auto en het vliegtuig

## Stikstof en fijnstof

In Nederland werd in 2017 21% van de totale stikstofuitstoot veroorzaakt door verkeer, waarvan tweederde van wegverkeer blijkt uit onderzoek van TNO. Luchtvaart draagt in Nederland maar zeer beperkt bij aan de uitstoot van stikstof (<0,5%). Substitutie van langeafstand autoreizen door elektrisch vliegen zal dus een bijdrage leveren aan de reductie van stikstofuitstoot.

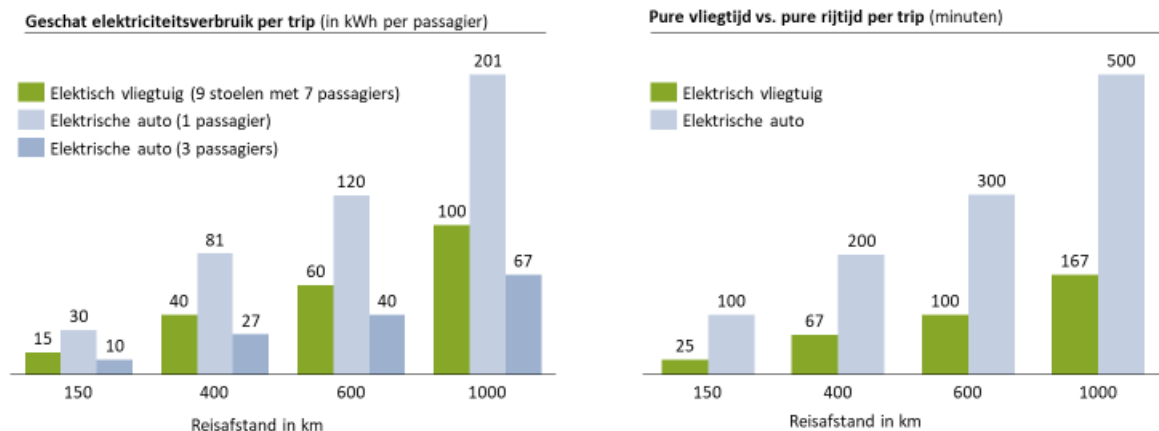
Met betrekking tot (ultra) fijnstof (PM 10/PM2.5) geldt dat ook elektrische auto's en treinen veel uitstoten als gevolg van slijtage van bijvoorbeeld banden en remmen. De uitstoot van fijnstof (PM 10)

van een elektrische auto is ca. 30-40% lager ten opzichte van een benzineauto en vergelijkbaar met de uitstoot van de trein met een niveau van ca. 15 Mg per reizigerskilometer. Elektrische vliegtuigen hebben nauwelijks last van slijtage aan banden/remmen waardoor de uitstoot naar verwachting een factor 5 tot 10 lager is dan bij de trein of elektrische auto.

### Energiegebruik

Gezien er nog lang een schaarste aan duurzame energie zal zijn, is het van belang om efficiënt om te gaan met duurzame energie. In deze haalbaarheidsstudie is op basis van de specificaties van fabrikanten van elektrische vliegtuigen een inschatting gemaakt van het elektriciteitsgebruik per reizigerskilometer in kilowattuur (kWh) in vergelijking met de auto en het spoor. In **Figuur 9** is te zien dat een 9-persoons vliegtuig voor een route met een hemelsbrede afstand van 400 km naar verwachting 40 kWh per reiziger aan elektriciteit zal verbruiken. Een elektrische auto heeft voor een vergelijkbare reis 81 kWh nodig waarmee er dus meer dan 2 mensen in die auto moeten zitten om energie-efficiënter te zijn dan een elektrisch vliegtuig. Deels komt dit omdat een elektrische auto meer kilometers maakt dan een vliegtuig, aangezien dat in een redelijke rechte lijn kan vliegen; maar grotendeels doordat vliegtuigen bijzonder efficiënt zijn. Zo geldt bijvoorbeeld dat voor een rit naar Zuid-Frankrijk er 3 mensen in een benzineauto moeten zitten om per persoon minder CO<sub>2</sub> uit te stoten dan wanneer er gereisd wordt met een modern vliegtuig zoals de Airbus A320NEO.

**Vliegen met een elektrisch vliegtuig is niet alleen veel sneller, maar verbruikt naar verwachting ook minder elektriciteit dan rijden in een elektrische auto als je alleen met 1 of 2 personen reist**



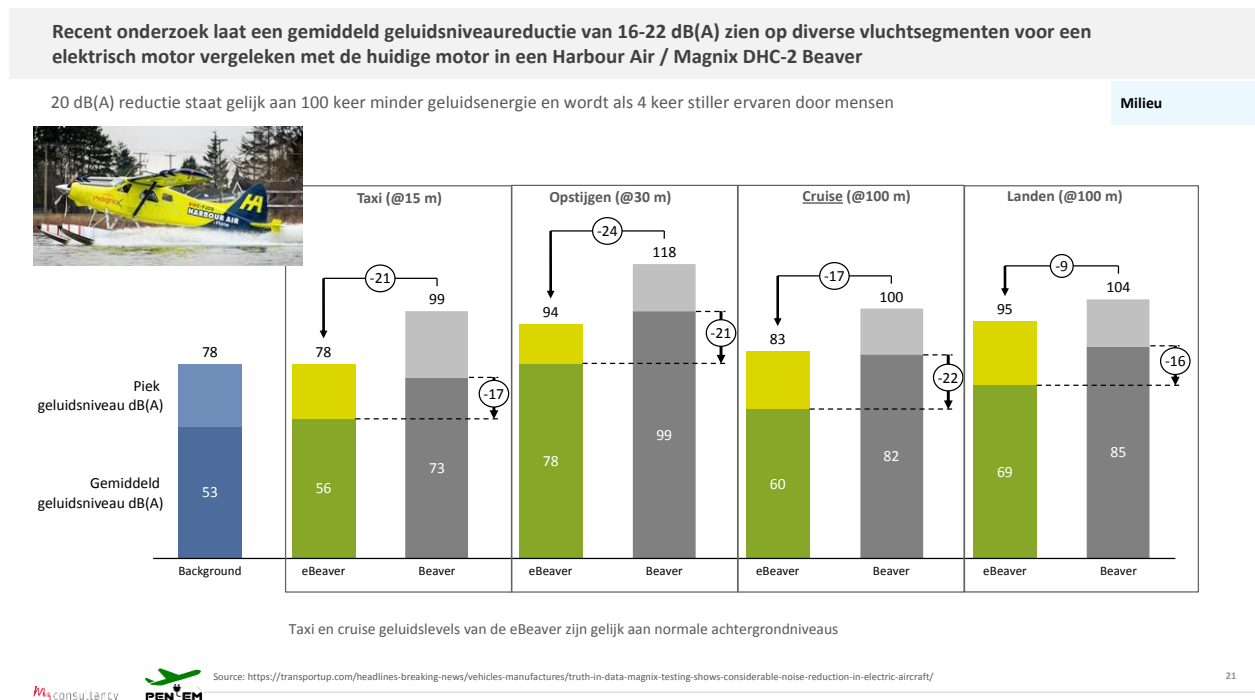
Figuur 9 Elektriciteitsverbruik van vliegtuig in vergelijking met een auto



## Geluidsbelasting

Daar waar elektrische vliegen veel winst qua reistijd, kosten en uitstoot kan brengen, zal de opkomst leiden tot een toename van het aantal vluchten en voorlopig niet/in zeer beperkte mate bestaande passagiersverbindingen vervangen. Gezien de hinder die omwonenden van vliegvelden nu al ondervinden is het van essentieel belang dat deze ontwikkeling niet tot een nog grotere overlast gaat leiden.

Net als bij elektrische auto's wordt het geluid maar ten dele door de verbrandingsmotor zelf veroorzaakt. Daar waar bij de auto de banden en de luchtweerstand geluid veroorzaken, wordt dat bij een vliegtuig grotendeels door het ronddraaien van de propeller en (in minder mate) door luchtweerstand veroorzaakt. Ondanks dat ook elektrische vliegtuigen propellers hebben en vaak zelfs met meer motoren dan bestaande vliegtuigen worden uitgerust, wijzen testen met de eerste modellen uit dat het geluid van elektrische vliegtuigen ca. 15-20 dB(a) lager ligt dan van fossiel-aangedreven vliegtuigen. Dat heeft te maken met het lagere toerental dat nodig is om dezelfde voortstuwing te halen (ca. 1300-1600 RPM vs. 2400-2600 RPM). Daarmee draaien de uiteinden van de propellerbladen minder snel rond hetgeen een flinke winst qua geluid oplevert. In **Figuur 10** valt te zien hoeveel lager de geluidsproductie van een klein passagiersvliegtuig uitgerust met een elektrische motor is ten opzichte van het zelfde vliegtuig uitgerust met een verbrandingsmotor op een afstand van 15 tot 100 meter van het vliegtuig.

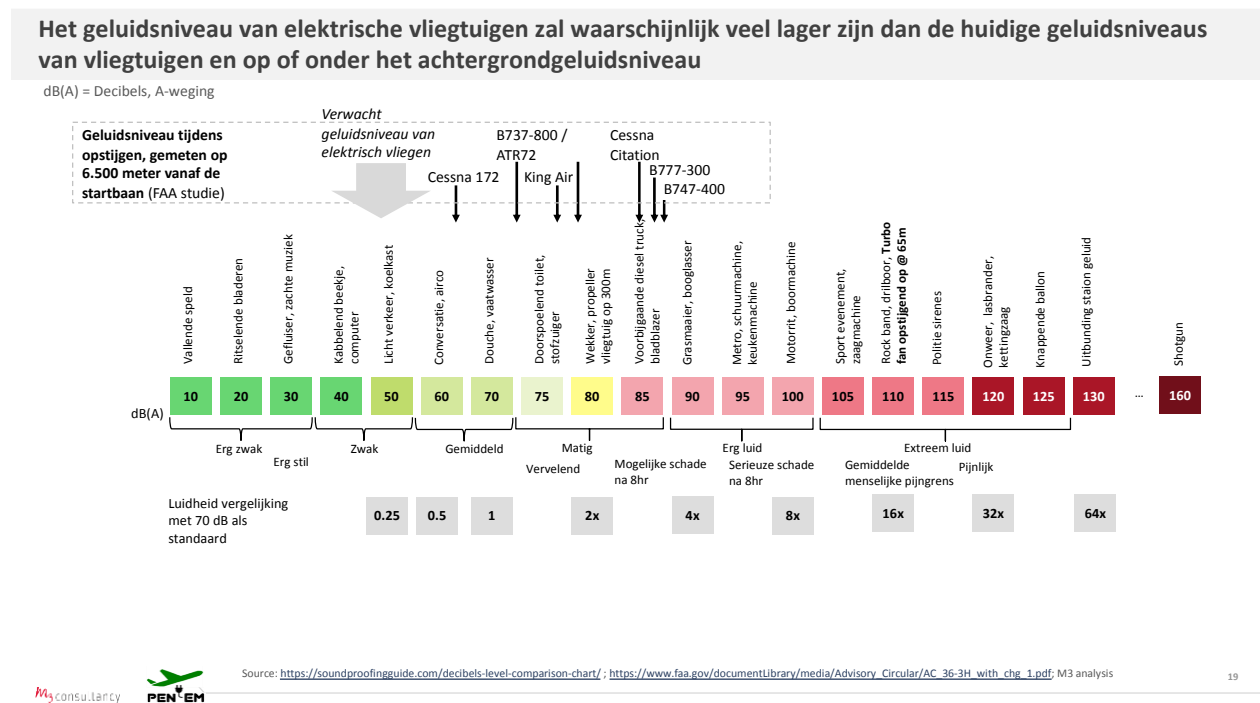


Figuur 10 Geluidsniveaus op verschillende vluchtsegmenten voor een Harbour Air / Magnix DHC-2 Beaver

Als deze geluidswinst wordt toegepast op het geluidsprofiel van vliegtuigen bij vertrek waarbij het vliegtuig met het steeds hoger vliegen steeds minder geluid op de grond produceert, dan gaat naar



verwachting het geluid van een elektrisch vliegtuig binnen een paar kilometer na het opstijgen onder het niveau van achtergrondgeluid (ca. 50 decibel). Hierbij is nog geen rekening gehouden met het feit dat elektrische vliegtuigen met een hoger vermogen sneller kunnen stijgen dan vliegtuigen met een verbrandingsmotor. In **Figuur 11** is langs de decibel-lat aangegeven hoeveel geluid bepaalde vliegtuigtypes op 6,5 kilometer afstand van de start van het rollen bij het opstijgen maken. Grote en relatief oude toestellen zoals de Boeing 747 en 777 komen op ca. 85-90 dB terwijl de kleinere Boeing 737-800, een van de meest voorkomende vliegtuigen voor Europese vluchten, op ca. 70-75 dB uitkomt. Elektrische vliegtuigen komen naar verwachting uit rond de 50 dB. Dit is vergelijkbaar met het achtergrondgeluid in een rustige woonwijk en is fors lager dan het gemiddeld geluid in een grote stad (60-70 dB). Als de elektrische vliegtuigen inderdaad dit geluidsniveau kunnen bereiken, zijn er heel veel bewegingen binnen de geluidsruimtes van vliegvelden mogelijk. Alhoewel elektrische les- en recreatievliegtuigen en maatschappelijk verkeer zoals de traumahelicopter buiten de scope van dit onderzoek valt, kan al wel gesteld worden dat voor de luchthaven Groningen Airport Eelde waar een groot deel van de geluidsproductie door lesvluchten wordt veroorzaakt middels elektrificering geluidswinst te behalen is.



Figuur 11 Decibel-lat voor verschillende geluidsniveaus van vliegtuigen

## Kansen voor Noord-Nederland

In het voorgaande is duidelijk geworden dat, ondanks dat er nog onzekerheden zijn met name qua timing, emissievrij vliegen grote kansen voor Nederland biedt met betrekking tot een betere bereikbaarheid, versterking van de luchthaven, werkgelegenheid en de economie als ook met betrekking

tot verduurzaming op het gebied broeikasgassen, stikstof en fijnstof zonder dat het zal leiden tot een toename van geluidshinder. Daarnaast biedt de ontwikkeling van elektrisch vliegen óók kansen voor het bedrijfsleven in Noord-Nederland. Met de komst van deze nieuwe technologie in de luchtvaart zullen er nieuwe spelers op het gebied van (lokale) productie, opslag, laden van elektriciteit en waterstof en vliegtuigtechnologie komen. Aangezien het een geheel nieuwe markt is, zijn er nu kansen voor bedrijven om zich te positioneren in deze markt.

Gezien de potentie die ook vliegen op waterstof heeft, is de verwachting dat de Hydrogen Valley ontwikkeling in Noord-Nederland en de stappen die Groningen Airport Eelde als Hydrogen Valley Airport al zet op het gebied van waterstof-infrastructuur met ook het grootste zonnepark op een luchthaven in Europa, Noord-Nederland tot een aantrekkelijke uitvalsbasis maken om in deze markt te opereren. In samenwerking met de NOM, de Investerings- en Ontwikkelingsmaatschappij voor Noord-Nederland, zijn noordelijke bedrijven/organisaties die (mogelijk) actief (kunnen) zijn benaderd. Maar ook voor bedrijven van buiten de regio is een vestiging op/rondom Groningen Airport Eelde aantrekkelijk.

De uitkomsten van het onderzoek geven aanleiding om verdere voorbereidingen te treffen om deze ontwikkeling aan te moedigen en te versnellen. Groningen Airport Eelde is onderdeel van een initiatief van 4 regionale luchthavens in Nederland met steun van Schiphol Group en het NLR om een proef met elektrische lijndienstvluchten tussen deze luchthavens uit te voeren met als doelstelling om in 2026 te kunnen starten. Daarnaast is GAE onlangs gestart met het NXT Airport initiatief om innovaties in de luchtvaart vooral op het gebied van duurzaamheid aan te jagen.