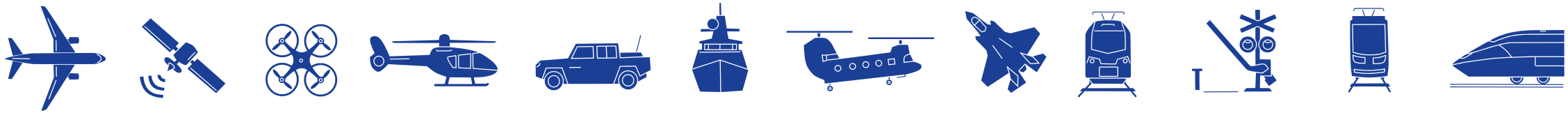
ADSE
CONSULTING AND ENGINEERING

Waterstof: de oplossing voor een duurzame luchtvaart?

Een poging tot een integrale benadering

20-05-2022

Jan Verbeek



www.adse.eu

Content

- Introductie
- Welke duurzaamheidsuitdaging heeft de luchtvaart?
  - Welk deel van de luchtvaart draagt hoeveel bij aan emissies?
  - Wat kunnen we aan de impact door luchtvaart doen?
- En wat willen we ook daarnaast nog?
- Waar kan waterstof helpen?
- Wat moet er gebeuren?
  - Wat zijn de uitdagingen voor waterstof toepassing in vliegtuigen?
  - Wat zijn de kansen voor Nederland?

Introductie

Aerospace, Defence, Rail & Maritime

Luchtvaart, Defensie, Rail en Maritiem

AEROSPACE

RAIL

DEFENCE

MARITIEM

Markten waarin we klanten ondersteunen over de gehele levenscyclus: van ontwerp tot operatie

- **Asset Developers**
  - OEMs
  - Suppliers
- **Governments Regulatory bodies**
- **Asset Owners**
  - Owners
  - Operators
  - MRO

ADSE Consulting and Engineering | www..

We. Love. Transport.

ADSE levert 4 soorten generieke diensten

Generieke categorieën herkenbaar in alle markten

Engineering Services	Certification and compliance services	Technical Project Management Services	Consulting Services
Product oriented services *To design and optimize physical products*	**Safety oriented services** *To ensure compliance to safety regulations*	**Project oriented services** *To enable succesfull project completion*	**Process & organisation oriented services** *To define and improve technical processes and organisations*

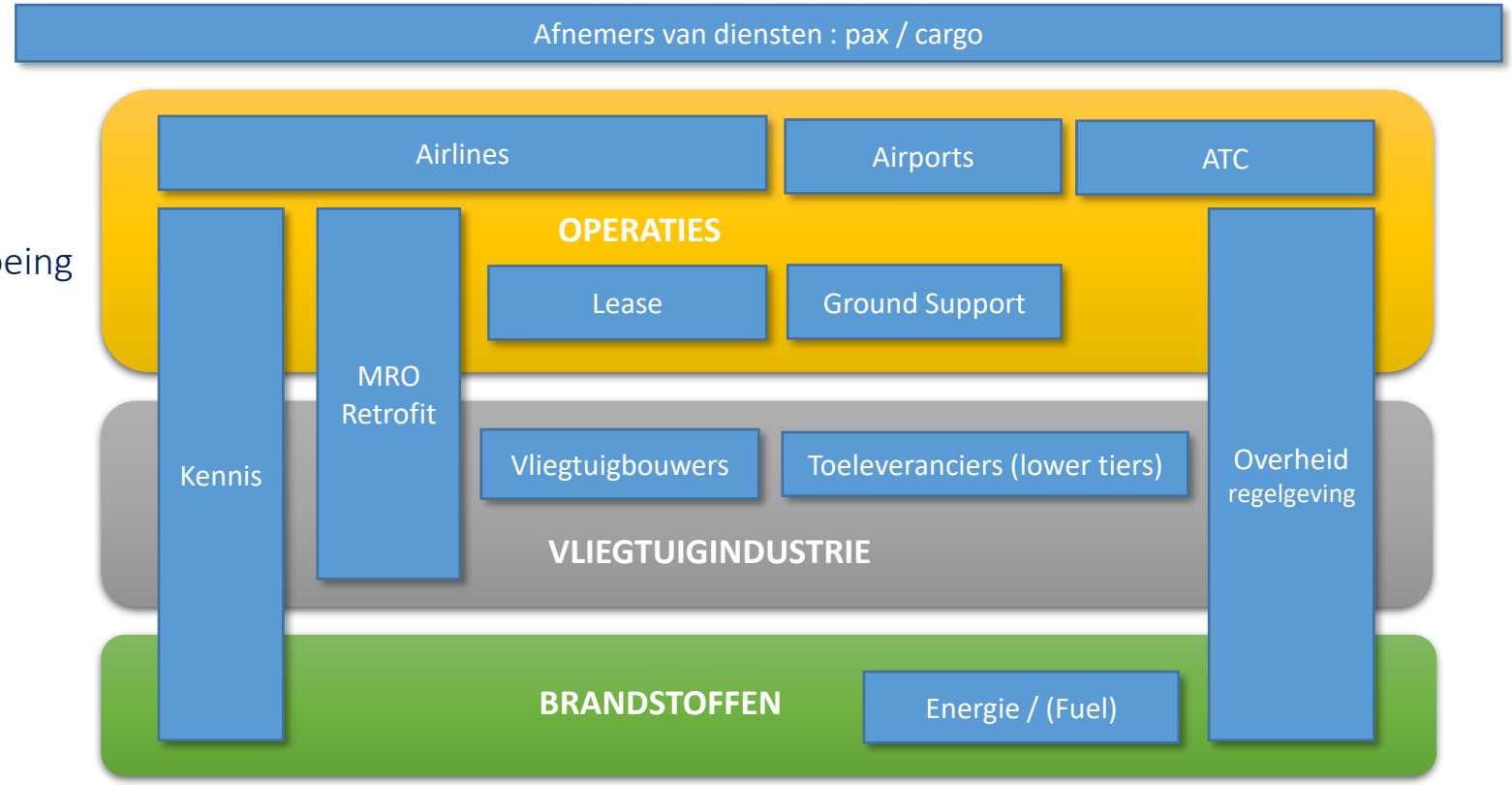
... als EASA Design Organisation

EASA.21J.481

- Approved since 2011 for minor and major (STC) design changes on aircraft (CS-23, CS-25) rotorcraft (CS-27, CS-29)
- Consisting of highly skilled and experienced personnel 9 CVE's, 7 PE's, and 50 engineers
- One stop shop for turn-key solutions; design, certify, produce, supply
- Complete scope: Avionics; Installation of avionics equipment; Structure; Electrical systems; Hydro-mechanical systems; Environmental control systems; Cabin interiors; Galleys or other interior equipment; Aerodynamics; Flight Handling & Performance; Large Antennas.

Introductie

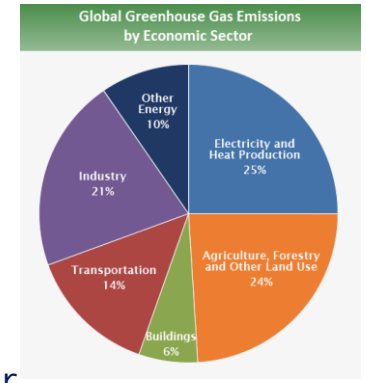
- Het luchtvaartsysteem is complex en de onderliggende waarde-ketens omvatten de gehele wereld
- Deze lezing bevat dus ook bijdragen van veel collega's uit de sector – niemand heeft het hele plaatje
  - EU - Clean Sky
  - ICAO/IATA
  - Min IenW, EZK
  - NLR/TU-Delft
  - NAG/LRN
  - Airbus, Embraer, Boeing
  - HAPSS partners
  - LH2 tank partners
  - En meer…



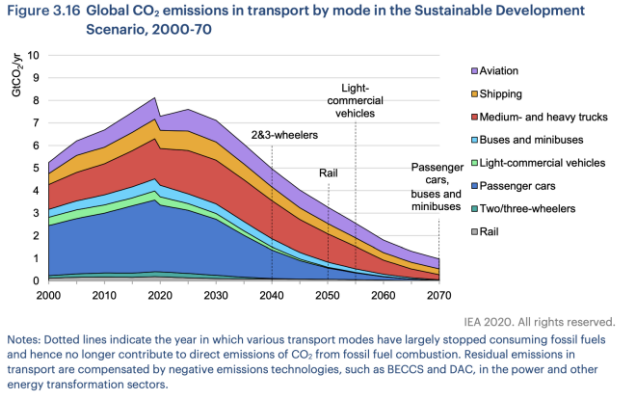
Source: ADSE/LRN 2021

Welke duurzaamheidsuitdaging heeft de luchtvaart?

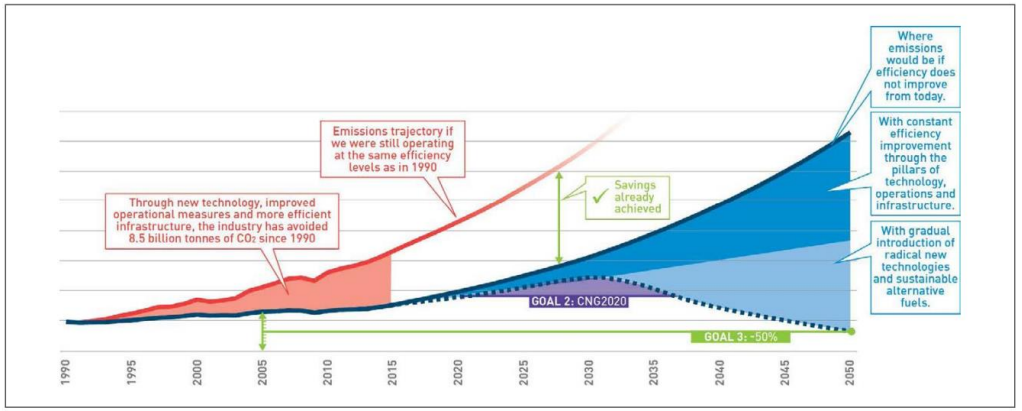
- Luchtvaart is 2% van 14% die transport bij draagt middels CO2 aan Global Warming
- Totale GHG (Green House Gases) impact door andere emissies en contrails is waarschijnlijk 2-3x zo veel
- Luchtvaart doet al jaren veel aan CO2 reductie door verbeteren van fuel efficiency – als bijvangst van kostenreductie doelstelling
- Maar door exponentiele groei die 3x groter is dan verbeteringen (op jaarbasis) is dat lang niet voldoende



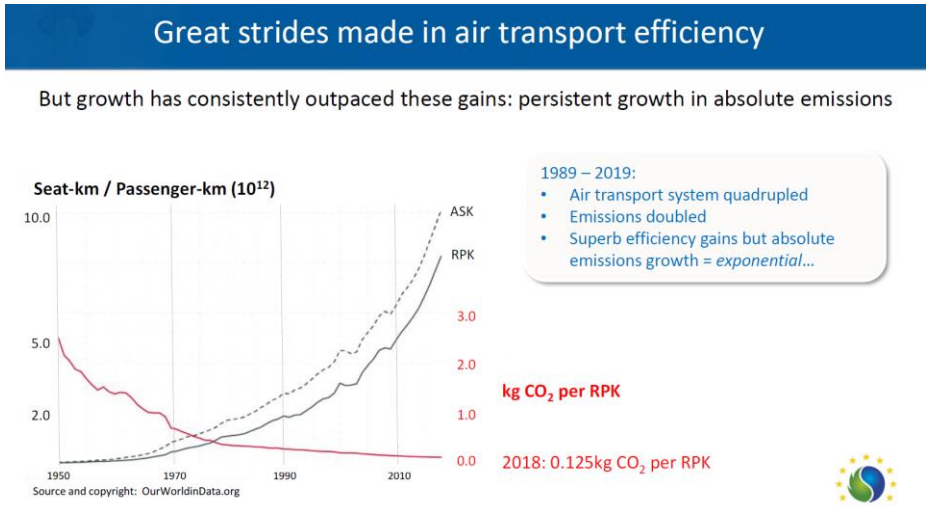
Source: IPCC 2014



Source: IAE 2020



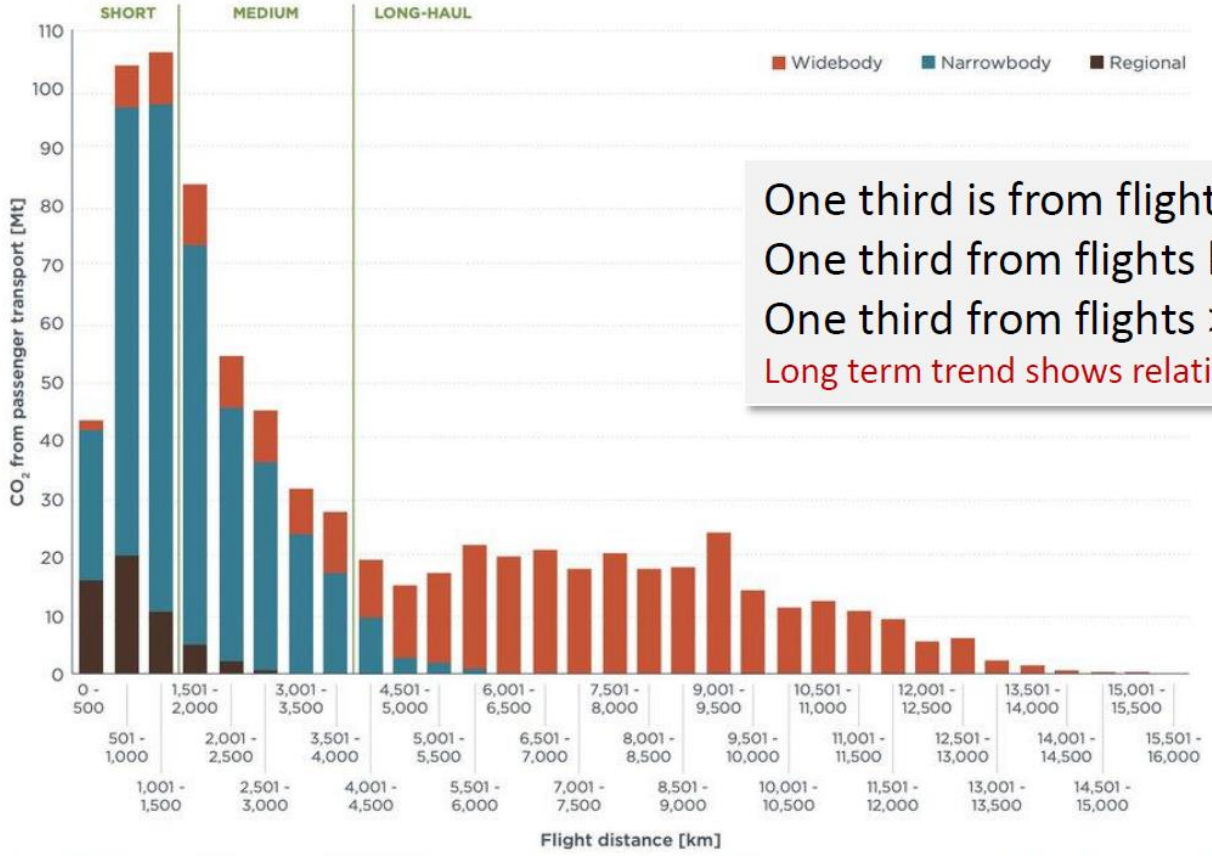
Source: ICAO ENV report 2019



Source: Clean Sky JU - Ron van Manen 2021

Welk deel van de luchtvaart draagt hoeveel bij aan emissies?

Globally, flights <4000km dominate flights *and* emissions (!)



One third is from flights <1500km
One third from flights between 1500 and 4000km
One third from flights >4000km
Long term trend shows relative increase in regional flights

Figure 9. Share of passenger CO_2 emissions in 2019, by stage length and aircraft class
Source: Clean Sky JU - Ron van Manen 2021

Source ICCT 2019 global air transport

Wat kunnen we aan de impact door luchtvaart doen?

Verplaatsen naar spoor
(als dat er is?)

Compenseren
(als dat werkt?)

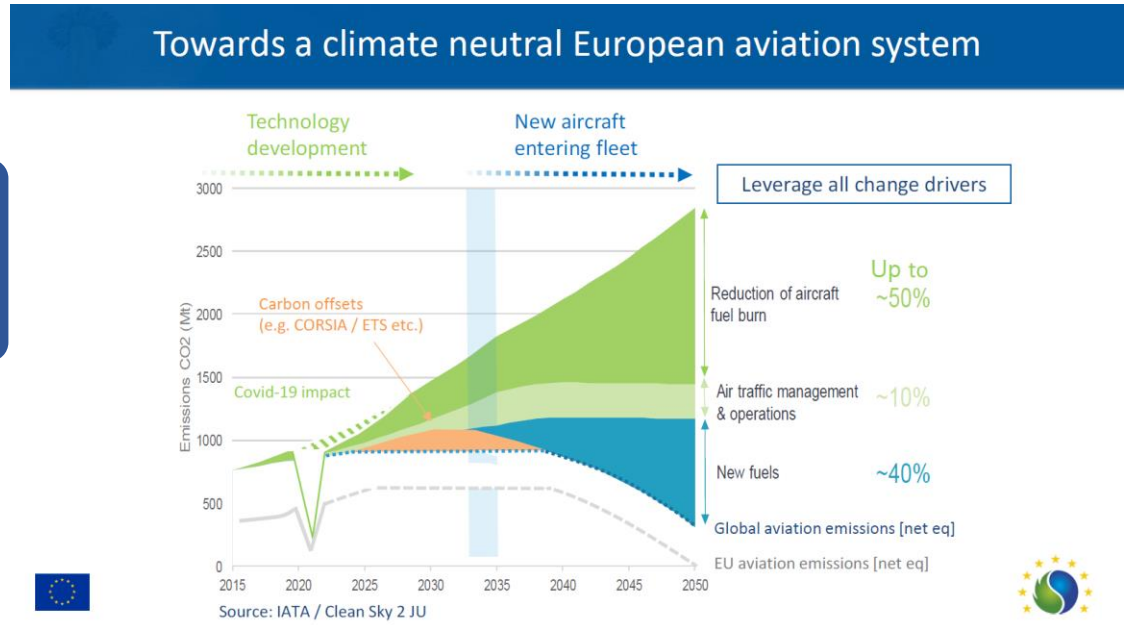
Minder vliegen
(minder vluchten toestaan – als dat kan?)

Reductie GHG Luchtvaart

Verbeteren van de techniek

Omdat het vraagstuk urgent en heel complex is zijn alle mogelijke maatregelen van belang
>> er is geen silver bullet!!

Om schaarse materialen, mensen/expertise en middelen goed in te zetten is Science Based aanpak cruciaal



Source: Clean Sky JU - Ron van Manen 2021

Verbeteren van de techniek?

Alleen zinvol als vliegtuig voldoende restleven heeft

Impact op milieu, ontwikkelingseffort en -risico's en bedrijfseconomie afhankelijk van wat je kiest

Bestaande vliegtuigen upgraden (retrofits)

Nieuwe brandstoffen/ powertrains invoeren

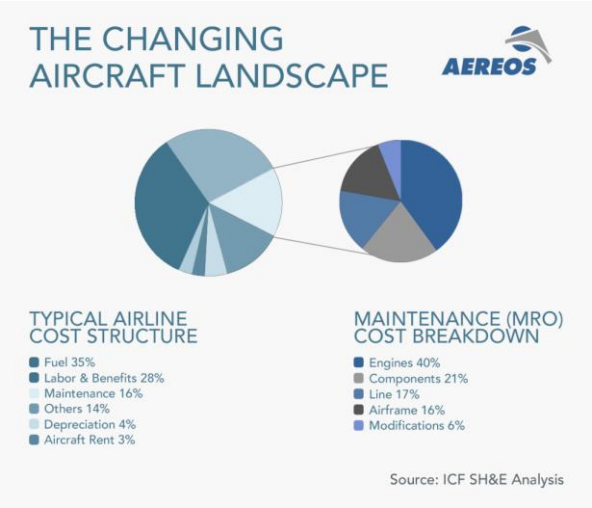
Versnellen afschrijving kan miljarden kosten en heeft ook een milieu-impact

Snellere vloot-vernieuwing

Verbeteren van de techniek

Disruptieve ontwerp architecturen invoeren

Grote ontwikkelingsrisico's mbt veiligheid/certificatie, prestaties/garanties, industrialisatie / business case dus ontwikkeling kost veel tijd



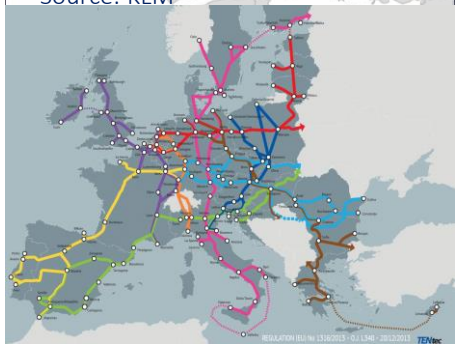
Kortom – we zijn nog aan het zoeken!

En wat willen we ook daarnaast nog?

Source: TU Delft

Source: FlightConnections.com

Source: KLM



Source: EU TEN-T website

Zorgen voor goede internationale verbindingen

Inbrengen van onze kennis voor veilige, duurzame en betaalbare luchtvaart

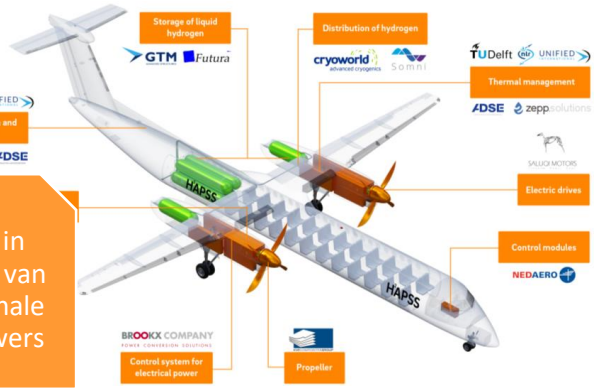
Valoriseren van NL kennis in duurzame bedrijvigheid in Nederland

Deelnemen in supply chains van de internationale vliegtuigbouwers

Verbeteren van de techniek

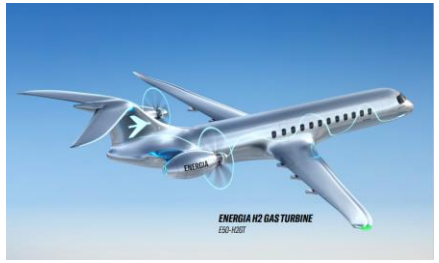
Reductie GHG Luchtvaart

NL - inside



Source: Unified International 2021

Source: Airbus website



Source: Embraer website

Source: Boeing website

Waar kan waterstof helpen?

Makkelijk in te voeren (nauwelijks impact op vliegtuig) maar nog lang niet voldoende groen leverbaar – en lost niet alle impact op

Synthetische brandstof bijmengen > 100%

Electrische voortstuwing

Bij huidige energiedichtheid per kg niet te gebruiken voor huidige grote luchtvaart – wel voor kleine(re)/ korte afstand vliegtuigen en Urban Air Mobility

Biobrandstof bij mengen

Nieuwe brandstoffen/ powertrains invoeren

Waterstof of Waterstof/ hybride voortstuwing

Heel veel potentieel om klimaat impact te verbeteren
Heel veel varianten zijn mogelijk
Met allerlei plussen en minnen >> ontwikkelingswerk dus

Relatief makkelijk kleinschalig in te voeren maar niet zonder ongewenste bij-effecten op o.a. voedselvoorziening

Compared to fossil kerosene-powered aircraft, timeframe until 2100

Change of in-flight emissions and emission related effects[1]

	Direct CO_2	NO_x	Water vapor[2]	Contrails, cirrus	Climate impact reduction potential[4]
Synfuel	-0% / -100% (Net)[3]	-0%	-0%	-10-40%	**-30-60%[3]**
Hydrogen turbine	-100%	-50-80%	+150%	-30-50%	**-50-75%**
Hydrogen fuel cell	-100%	-100%	+150%	-60-80%	**-75-90%**

Ongoing scientific debate about **full climate** impact, in particular:
- Contrail/cirrus formation
- Overall NOx impact
- Correct aggregate metrics

Total climate impact potentially 2 - 3 times CO_2 effect

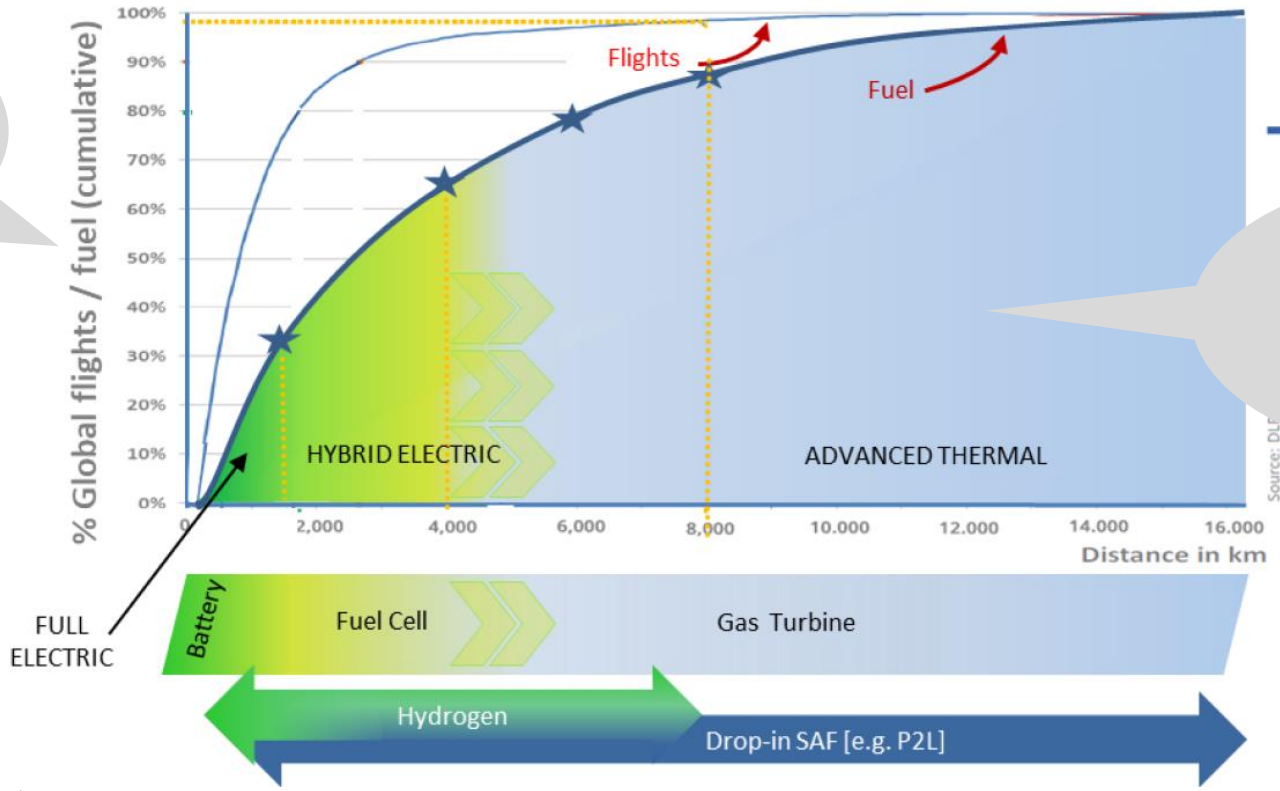
Source: Clean Sky JU - Ron van Manen 2021

Wat moet er gebeuren voor waterstof toepassing in vliegtuigen?

Horses for Courses: differentiation in aircraft and energy/fuel

With 2/3 of global emissions from flights <4000km, there is scope for technology disruption!

Deel regionale en narrow body markt >> Shift to Rail
Waar dat niet kan waterstof/hybride gebaseerd vliegen



Synthetic Aviation Fuel (SAF) als enige geschikt voor long range vliegen
Voor die vervoerbehoefte zijn treinen geen alternatief

Source: Clean Sky JU - Ron van Manen 2021

Wat zijn de technische uitdagingen voor toepassing waterstof?

Direct

Direct combustion:
- Compacte (dus LH2), lichtgewicht en veilige tanks
- Makkelijk te tanken
- Aanpassingen motoren

Altijd:
- Lichtgewicht constructies
- Lichte, zuinige (elektrische) systemen

Altijd:
- Aerodynamische optimalisaties

Mogelijk:
- Nieuwe configuraties

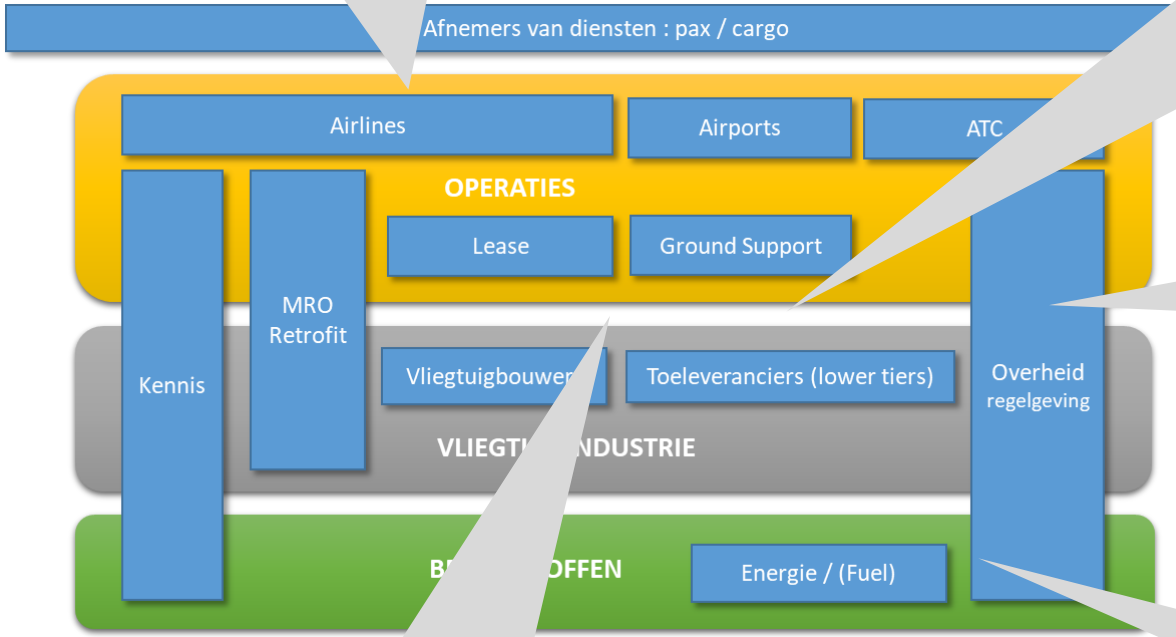
Hybrid/electric:
- Tanks (zie boven)
- Lichtgewicht, betrouwbare fuel cells
- Complexe en efficiënte thermal management
- Lichte, compacte, high power elektrische motoren, wiring, convertors

Altijd:
- Equivalent safety met huidige situatie (of beter)

Wat zijn de indirecte uitdagingen voor toepassing waterstof?

Marktacceptatie van hogere kosten/prijzen en mindere prestaties (range/payload)

H2 anders dan als grondstof van SAF vraagt systeemwijziging hele vervoersysteem – op alle relevante plekken in de netwerkoperatie – vraagt wereldwijde regie door overheden



Source: ADSE/LRN 2021

H2 kan in andere toepassingen (staal, kunstmest, tuinbouw) veel sneller veel bijdragen aan reductie klimaatimpact – dus hoe verdelen overheden de pijn/ verbeteringen?

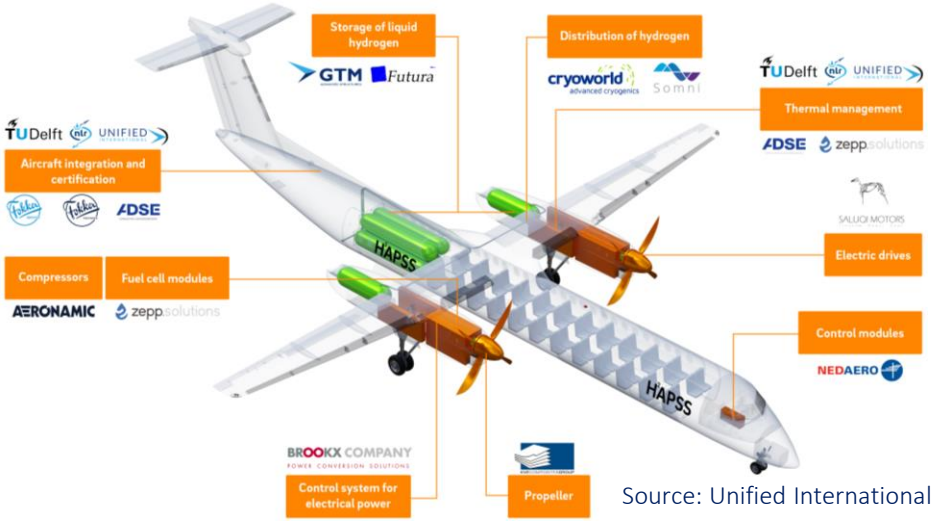
H2 is duurder op vliegtuig- en netwerk/vloot-niveau dus moet economisch concurreren met kerosine – gaat niet zonder overheidssturing

Productie en distributie van (vloeibare) waterstof moet op industriële, wereldwijde schaalgrootte gebracht worden

Wat zijn de kansen voor Nederland?

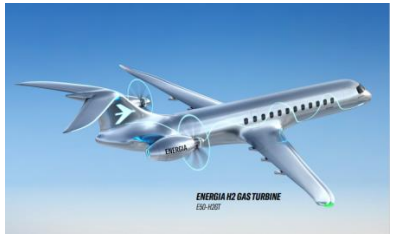
- Mobiliteitsfonds/Groeifonds ontwikkelingsactiviteiten
  - LH2 composite tanks: Toray ea
  - HAPSS 1st tier powertrain systems suppliers met NL component technology: Unified International ea
  - HOT aircraft integration knowhow to support OEM's (aircraft/powerplants): NAC ea
  - High power wiring/electric systems – GKN ea
  - Novel architectures / more efficient airframes – GKN ea
  - Ondersteuning vanuit TU Delft, NLR en NL overheid
- Clean Aviation deelname met o.a.:
  - Airbus, Leonardo, Dassault
  - Safran, Rolls Royce
- NL H2 cluster voor levering van (L)H2 en SAF
- NL Airport airside/landside innovations ogv H2
- NAG MoU's met Airbus en Embraer om duurzame luchtvaart technologie uit NL om te zetten in business
- Cross sectorale kennis uitwisseling met maritiem, rail en wegtransport

Source: Toray 2022



Source: Unified International 2022

Source: Airbus website



Source: Embraer presentation 2022

Contact details

For more than 25 years, we make it work

EXPERTS | IMPROVEMENTS | SOLUTIONS | INNOVATIONS

Visit us at:
www.adse.eu

Telephone: 0031 (0) 23 554 2255
E-mail: info@adse.eu

Address: Planeetbaan 4
2132 HZ Hoofddorp
The Netherlands