

Stelsel-Analyse Innovatiekracht Duurzame Luchtvaart

Concept



**Dr. Pim den Hertog, Dr. ir. Matthijs Janssen, Rosa Kuipers MSc.,
Marenne Massop MSc. & Femke Nieuwenhuis MSc.**

15 oktober 2021

Aanleiding

In de **Luchtvaartnota 2020-2050** is een **innovatiestrategie voor de luchtvaart** aangekondigd. Deze wordt door het Rijk opgesteld samen met partijen uit de sector, de kenniswereld en het maatschappelijk veld. De innovatiestrategie kent drie centrale doelen:

1. Gericht innoveren ten behoeve van enkele **publieke belangen**
 - Nederland veilig in de lucht en op de grond;
 - Nederland goed verbinden;
 - Aantrekkelijke en gezonde leefomgeving;
 - Nederland duurzaam.
2. Het **Nederlands verdienvermogen** vergroten
3. Het faciliteren van **opkomende innovaties** waarvan het publieke belang of het effect op verdienvermogen vooralsnog onbekend is

Voor het realiseren van deze doelen is een zo krachtig mogelijk innovatie ecosysteem nodig. De **stand van ontwikkelingen** en **de belangrijkste uitdagingen** binnen het innovatie ecosysteem zijn bepalend voor de strategische keuzes om innovatiekracht te versterken. De huidige innovatiekracht en de bijbehorende strategische keuzes om innovatiekracht te versterken en te monitoren vormen tezamen de innovatiestrategie.

Scope en doel van dit onderzoek

Om tot de formulering van de uiteindelijke innovatiestrategie te komen is **Dialogic** door het **ministerie van Infrastructuur en Waterstaat** gevraagd het innovatie ecosysteem binnen de luchtvaartsector te analyseren. Hiertoe wordt een **viertal casussen geanalyseerd** middels een **streefprocesanalyse**. Het gebruikte **MIS-raamwerk** (Missiegedreven Innovatie Systeem, zie slide 9 en 10) biedt inzicht in de streefprocessen die goed zijn belegd en georganiseerd en de streefprocessen waar verbetering noodzakelijk is. Zo wordt de innovatiekracht binnen de Nederlandse luchtvaart in kaart gebracht. De analyse richt zich voornamelijk op het identificeren en specificeren van **barrières**: wat maakt dat de sprong van een gevestigd ecosysteem (of technologisch regime) naar een nieuw ecosysteem (of technologisch regime) belemmerd wordt?

Het onderzoek omvat de volgende stappen:

Stap 1: Kick-off en afbakening cases & informatieoverdracht

Stap 2: Beschrijving basis-ecosysteem duurzame luchtvaart & specifieke informatie voor 4 cases

Stap 3: Opstellen streefprocesanalyse 4 cases op basis van survey

Stap 4: Workshops per case en aanvulling van streefprocesanalyses case

Stap 5: Documentatie in de vorm van PowerPoint

Inhoud

1. MIS-raamwerk
2. Selectie casussen
3. Onderzoeksaanpak
4. Resultaten
 - Beschrijving basis-ecosysteem duurzame luchtvaart
 - Beschrijving ecosysteem en resultaten systeemfunctie-analyse voor alle 4 de casussen
5. Conclusies
6. Aanbevelingen IenW

Theoretisch kader

MIS-RAAMWERK

MIS-Raamwerk – definitie en stappen analyse

Het concept Mission-oriented innovation system (MIS) is door Hekkert et al. (2020) gedefinieerd als: **"the network of agents and set of institutions that contribute to the development and diffusion of innovative solutions with the aim to define, pursue and complete a societal mission."** (p.76). Binnen een MIS kan gewerkt worden aan zowel technologische als sociale innovatieve oplossingen, inclusief de combinatie daarvan (cf. Wanzenböck et al., 2020).

De MIS-analyse in dit rapport bestaat uit **5 stappen** om barrières die de ontwikkeling en implementatie van innovatieve oplossingen te identificeren en om aanbevelingen voor 'mission-governance' gerichte acties te geven:

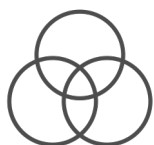
Problem-solution diagnosis



Welke mogelijke oplossingen zijn er?

D.m.v. casusselectie

Structural system analysis



Welke actoren, netwerken, instituten en infrastructuren behoren tot de 'missie-arena'?

D.m.v. deskresearch & interview

System function analysis



Wat zijn de sterke en zwakke functies van het systeem? (zie slide 8)

D.m.v. survey

Systemic barriers analysis



Wat zijn de oorzaken en onderliggende barrières bij zwakke plekken in het systeem?

D.m.v. workshops per casus

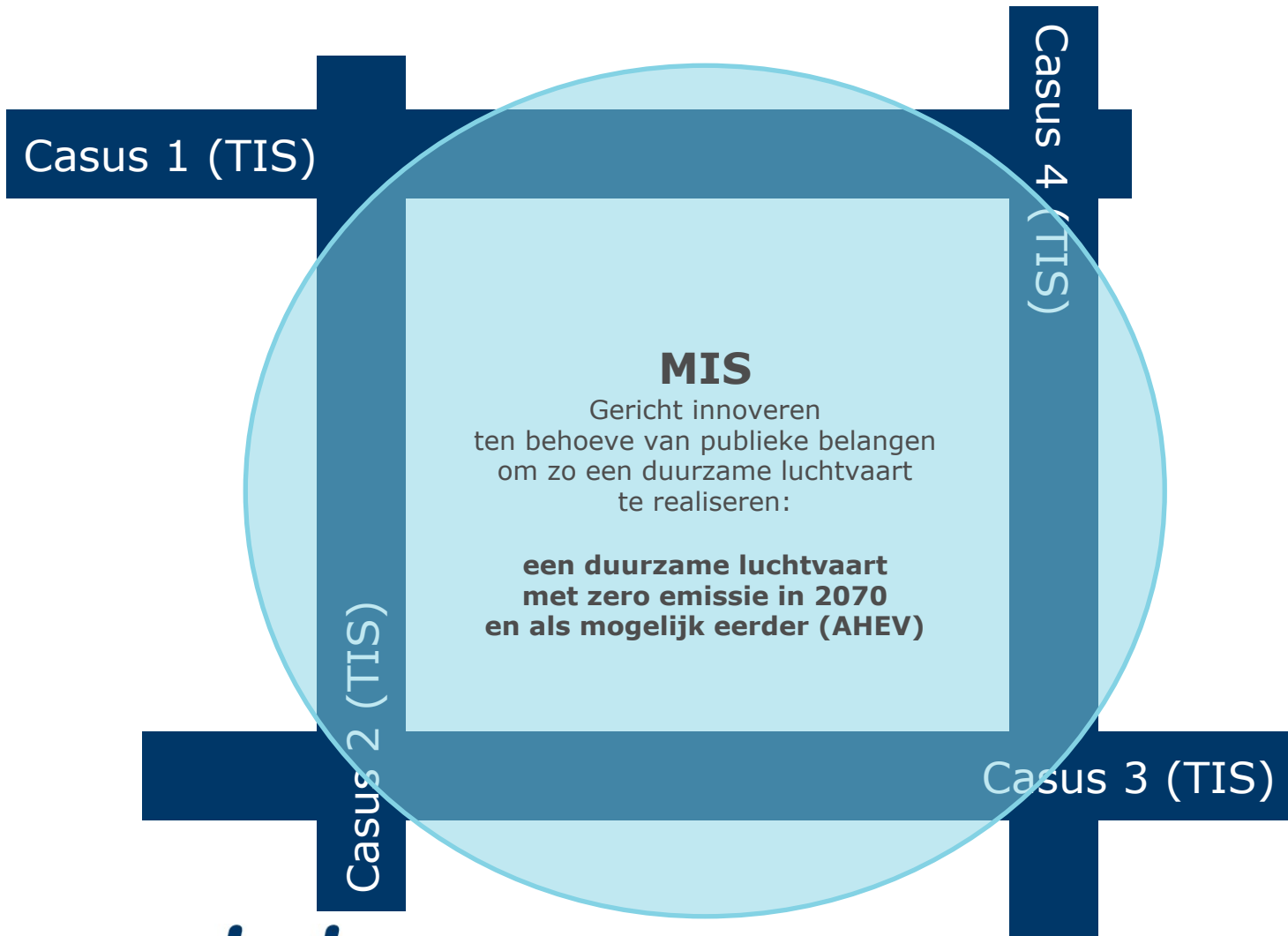
Evaluation of governance actions



Hoe kan de overheid/I&W barrières adresseren?

Vervolgstep, n.a.v. onderzoeksresultaten

MIS-Raamwerk – structurele systeem



Hiernaast is een schematische weergave van de het ecosysteem van de **MIS** duurzame luchtvaart (met een bijbehorend basis-ecosysteem). Binnen deze MIS zijn er **verschillende innovatieve oplossings-richtingen** - dit zijn de casussen die we hier verder gaan verkennen - met elk hun 'technologisch innovatiesysteem' (TIS) van *actoren, netwerk, wet- en regelgeving, kennis* etc. Er kan overlap in deze systemen bestaan.

De cases helpen om te bepalen **welke functies in de bestaande ecosystemen** nu maken dat nieuwe technologieën (inclusief gedragsveranderingen) worden **belemmerd in hun ontwikkeling en toepassing**. De nieuwe technologieën gekoppeld aan de cases vragen vaak om een nieuw 'regime' dat het bestaande regime op onderdelen noopt tot meer of minder radicale aanpassing. Veel ecosystemen staan in dienst van het bestaande (technologisch) regime en kunnen zo nieuwe technologieën (en bijbehorend gedrag) afweren en afhouden, en zo innovatie en aanpassingsvermogen beperken.

MIS-Raamwerk – systeemfuncties*

System-function MIS	1: Entrepreneurial activities	2: Knowledge development	3: Knowledge diffusion	4: Providing directionality	5. Market formation	6: Resource mobilisation	7: Creation of legitimacy	8: Coordination and governance
Description	<p>Entrepreneurs are key players that turn (new) ideas into business opportunities and solutions. These experiments with solutions enable learning, focus on business model innovation and the diffusion of solutions. Entrepreneurs can be part of private and public organizations, such as incumbents, start-ups, knowledge institutions, but also governmental organizations.</p>	<p>Knowledge is needed to innovate. Therefore, activities that result in the creation of knowledge are fundamental in the innovation process. The function of knowledge development concerns academic research, R&D, experience-based learning and likewise activities increasing the sectors' understanding of new and circular technologies, products, services, market regulations and consumer behaviour.</p>	<p>To scale up, knowledge needs to be exchanged. Joint projects like conferences, workshops and alliances within both sectors and supply-chain actors stimulate the exchange of knowledge. When knowledge and experiences are shared, this will boost the uptake, implementation, and success rate of innovative circular principles. It is important not only for the exchange of R&D-specific or commercial knowledge (and skills) between companies, but also for the exchange of knowledge between government and the market.</p>	<p>Creation of problem directionality relates to actors prioritizing or committing themselves to societal problems. Different problems can be present and ask for attention at the same time. The creation of solution directionality can be viewed as a process in which guidance is generated for solution trajectories. When actors express their expectations about a solution, this generates a prospect and direction for this solution.</p>	<p>Novel innovations in the form of products or services, need to compete with existing products currently dominating the market. These existing products already went through their learning curves and enjoy massive advantages due to perfect alignment of technological characteristics, consumer expectations and regulatory rules. The creation of temporarily protected niche markets is necessary for innovative ideas and solutions to further develop and to gain market share. Also, industry leaders can aim to create new markets through marketing and educating customers</p>	<p>Financial, human and material/physical resources need to be allocated to the emerging trajectories to scale. Without these necessary resources, emerging development paths cannot take off. New (technological) solutions need assets, such as complementary products, services and network infrastructure which are yet to be developed. This cannot be scaled up without involving the people with the right knowledge, skills and financial funding. Additionally, also sufficient feedstock is needed.</p>	<p>In transitions (e.g. towards sustainable aviation), many parties are reluctant or hesitant to change because of the perceived risks, potential stranded assets, jeopardization of vested interests and sometimes even simple ignorance. These conservative emotions are caused by the lock-in of existing practices. It is therefore important that actors that support the new pathways try to overcome this resistance to change and create a supportive socio-technical environment for the new solution trajectories.</p>	<p>How do the different solutions for sustainable aviation interact? Competition between trajectories on resources could hamper the transition. However, through coordination, activities by different actors in the innovation system become aligned and thereby lead to acceleration. By developing roadmaps, coalitions and agendas, actors can create transition pathways towards sustainable aviation. This function addresses the efforts from actors to steer and align the various actions taken to accelerate the transition over the different pathways and the phase-out of the current system. This also includes monitoring and evaluating the mission and subsequently take appropriate measures.</p>

SELECTIE CASUSSEN

Problem-solution diagnosis - criteria casusselectie

De casussen zijn **innovatieve technologische oplossingsrichtingen** (met bijbehorende sociale constructen) die kunnen bijdragen aan het **gericht innoveren ten behoeve van de publieke belangen** zoals geformuleerd in de Luchtvaartnota 2020 (zie volgende slide).

Het is van belang dat de **scope** van elke casus op het juist 'detailniveau' wordt geselecteerd, zodat deze voldoende inzicht geeft in het gehele innovatie-ecosysteem voor de luchtvaartsector. Hierdoor worden de verschillende mogelijkheden voor de innovatiestrategie blootgelegd. Hiertoe moeten de casussen aan de volgende criteria voldoen:

- 1. Diverse technologieën:** De uitdagingen die worden behandeld in iedere casus zijn afdoende verschillend. De focus ligt hierbij op technologische uitdagingen en ontwikkelingen.
- 2. Brede tijdshorizon:** De casussen bieden inzicht in korte en lange termijn benodigdheden voor de Nederlandse luchtvaart sector.
- 3. Diverse TRL's:** De set van casussen omvat technologische oplossingsrichtingen met zowel hogere als lagere Technological Readiness Levels (TRL's).
- 4. Breed netwerk:** Het netwerk aan actoren betrokken bij de ontwikkeling en implementatie van oplossingsrichtingen is voldoende verschillend tussen de casussen, zodat de casussen representatief zijn voor het innovatie-ecosysteem voor duurzame luchtvaart.
- 5. Nederlands verdienvermogen:** Er zijn voldoende mogelijkheden zijn voor het verder ontwikkelen van de casus in Nederland, alsook in samenwerking met internationale partijen/initiatieven.

Gericht innoveren ten behoeve van publieke belangen*

Nederland veilig
in de lucht en op
de grond

Ontwikkelingen in de luchtvaart mogen niet ten koste gaan van de veiligheid van vliegtuigpassagiers, bemanning en bewoners. De Rijksoverheid zet in op het versterken van de samenwerking tussen de luchtvaartsectorpartijen en daarmee de (door)ontwikkeling van integraal veiligheidsmanagement.

Nederland goed
verbonden

Nederland moet goed verbonden blijven met de belangrijke bestemmingen in de wereld. Het kabinet wil daarom **zoveel mogelijk voorrang geven aan luchtvaart met de grootst mogelijk waarde voor de Nederlandse economie en werkgelegenheid.**

Aantrekkelijke en
gezonde
leefomgeving

Minder negatieve gezondheidseffecten zijn een voorwaarde voor de toekomstige ontwikkeling van de luchtvaart. Het Rijk wil hiertoe geluidshinder beperken en het effect van luchtvaart op de natuur en de luchtkwaliteit verminderen.

Nederland
duurzaam

Voor de luchtvaartsector is een ambitieuze klimaataanpak geformuleerd. Het **streven is dat de CO2-uitstoot van de luchtvaart vanuit Nederland in 2030 gelijk is aan die van 2005**; dat de uitstoot in 2050 gehalveerd is ten opzichte van 2005 en nihil is in 2070.

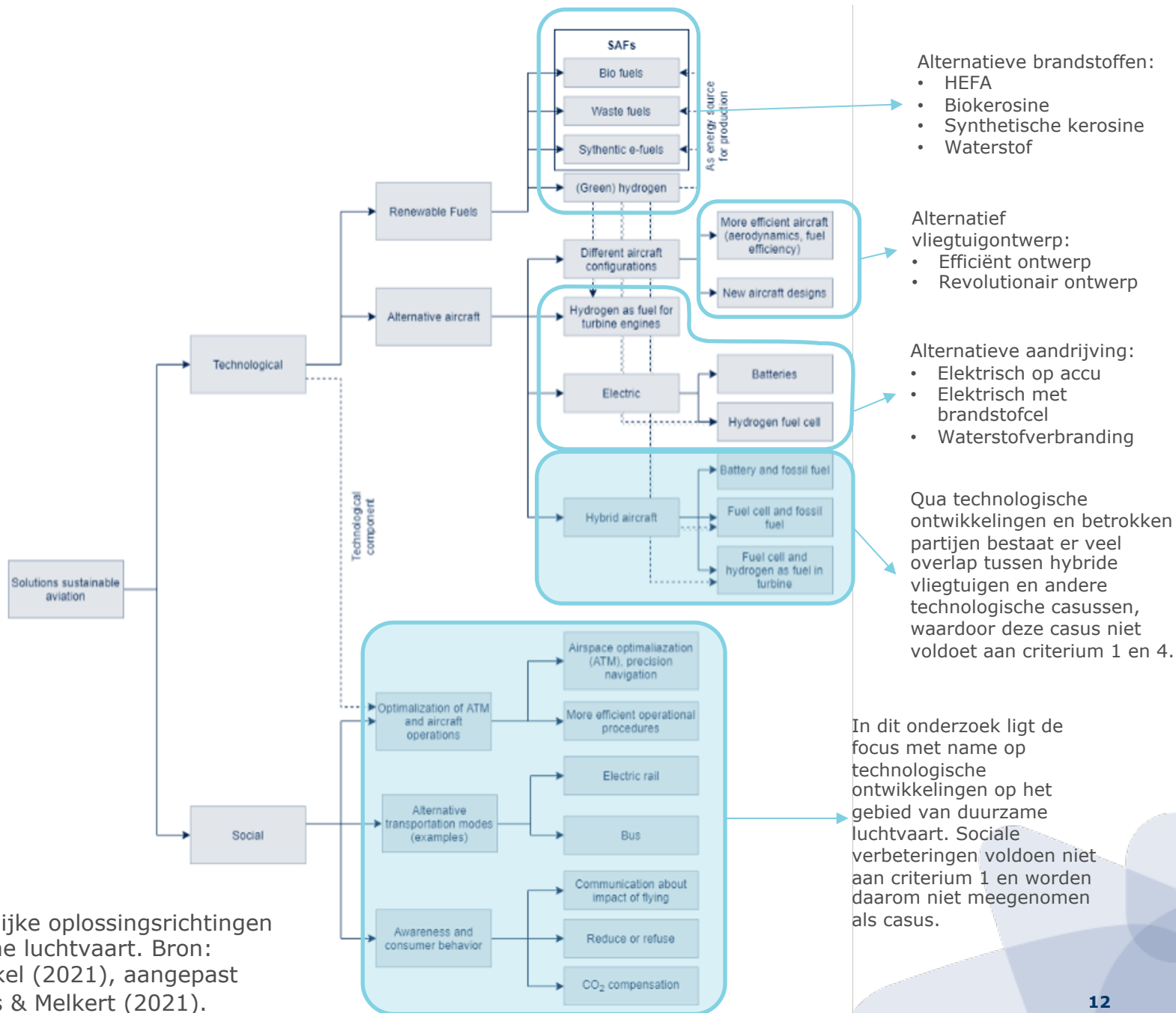
Casusselectie

Het figuur toont diverse oplossingsrichtingen voor duurzame luchtvaart. Op basis van de eerder genoemde criteria is gekeken welke technologische oplossingsrichtingen mogelijk als casus kunnen fungeren. Op basis van dit figuur zijn 3 casussen geïdentificeerd.

Behalve alternatieve brandstoffen, alternatief vliegtuigontwerp en alternatieve aandrijving is één extra casus geformuleerd die niet is weergegeven in het figuur, namelijk de verduurzaming van grondgebonden activiteiten.

- Geselecteerde casus
- Afgewezen casus

Figuur: Mogelijke oplossingsrichtingen voor duurzame luchtvaart. Bron: Julian van Arkel (2021), aangepast n.a.v. Peeters & Melkert (2021).



Casussen

1

Grondgebonden activiteiten: Casus 1 richt zich op de *ontwikkeling* en *implementatie* van elektrische en autonome afhandelapparatuur en passagierstransport op Nederlandse luchthavens, evenals de infrastructuur die hiervoor nodig is. Elektrische en autonome grondgebonden activiteiten kunnen bijdragen aan veiligheid op de grond, een aantrekkelijke en gezonde leefomgeving en de verduurzaming van Nederland.

2

Alternatieve aandrijving: Casus 2 richt zich op de *ontwikkeling* en *implementatie* van duurzame vliegtuigmotoren, waaronder elektrische motoren (op batterijen en op brandstofcellen) en verbrandingsmotoren op waterstof. Ook de benodigde infrastructuur voor het laden van batterijen en tanken van waterstof in vliegtuigen is onderdeel van deze casus. Alternatieve aandrijving kan bijdragen aan een aantrekkelijke en gezonde leefomgeving, evenals de verduurzaming van de luchtvaart.

3

Alternatieve brandstoffen: Casus 3 richt zich op de *ontwikkeling*, *productie*, *aanlevering*, en *opslag* van duurzame luchtvaartbrandstoffen, waaronder HEFA, biokerosine, synthetische kerosine en waterstof. Alternatieve brandstoffen kunnen bijdragen aan de verduurzaming van de luchtvaart vanwege verminderde fossiele CO2 uitstoot.

4

Efficiënt en revolutionair vliegtuigontwerp: Casus 4 richt zich op de *ontwikkeling* en *implementatie* van efficiëntere en revolutionaire vliegtuigen. Deze casus omvat zowel lichtere materialen en verbeterde aerodynamica, als compleet nieuwe vliegtuigconfiguraties. Aanpassingen in het vliegtuigontwerp kunnen bijdragen aan verduurzaming van de luchtvaart vanwege de verminderde energie eisen. Bovendien kunnen nieuwe ontwerpen leiden tot versnelde implementatie van casus 2 en 3.

ONDERZOEKSAANPAK

Onderzoeksaanpak

De **deskstudie** is ingezet om een eerste beeld te krijgen van het innovatie ecosysteem voor de duurzame luchtvaart. Er is onder anderen gekeken naar betrokken partijen, nationaal en internationaal beleid en naar eerder omschreven (casus-specifieke) barrières voor duurzame luchtvaart. Ook zijn de resultaten van de **I&W Casuslabs** geanalyseerd, zodat hierop voortgebouwd kon worden in casus 3 (Alternatieve brandstoffen).

Middels een vijftal **verkennende interviews** zijn de casussen afgebakend. Hiervoor is gesproken met een aantal centrale spelers, waaronder **Schiphol, LRN, NLR en TU Delft**. Behalve de casusafbakening zijn eerste inzichten verzameld over de barrières die de sector ervaart.

Om de barrières te kwantificeren is een **enquête** uitgezet onder 316 betrokken partijen in de luchtvaartsector. Middels deze enquête is getracht een kwantitatief oordeel te krijgen over de mate waarin een diverse systeemfuncties als barrière worden ervaren door de sector. In totaal is de enquête door **75 personen** ingevuld, een respons rate van **23,7%**. Respondenten konden zelf aangeven welke casus(sen) voor hen relevant zijn, waardoor de respons per casus lager is.

Tot slot is een viertal **workshops** uitgevoerd, één per casus. De workshops hadden als doel om inzicht te krijgen in de barrières per casus en om de belangrijkste barrières in kaart te brengen. De resultaten van de enquête vormden de basis voor de workshops. Per systeemfunctie is nagegaan of de deelnemers het eens zijn met het oordeel uit de enquête. Deelnemers kregen bovendien de mogelijkheid om de belangrijkste barrières per systeemfunctie (en in het algemeen) toe te lichten. Waar mogelijk is ook gevraagd naar oplossingen voor de genoemde barrières.

Overzicht resultaten

1. Opbrengsten Proces (slide 17)

Een relevant en noemenswaardig resultaat van dit onderzoek is de interactie die gestart en/of bevorderd is tussen diverse stakeholders (incl. het ministerie) met betrekking tot duurzame luchtvaart (zie ook slide 55). De interactie draagt bij aan gezamenlijk agendasetting en beter begrip van knelpunten en mogelijke oplossingsrichtingen. Dit element draagt ook bij aan draagvlak voor de op te stellen Innovatiestrategie IenW en helpt ook voor het richten van Groeifondsvoorstel dat momenteel wordt geschreven.

2. Basis-ecosysteem duurzame luchtvaart (slide 18)

3. Resultaten per casus (slide 21)

1. Grondgebonden activiteiten (slide 21)
2. Alternatieve aandrijving (slide 28)
3. Alternatieve brandstoffen (slide 33)
4. Efficiënt en revolutionair vliegtuigontwerp (slide 39)

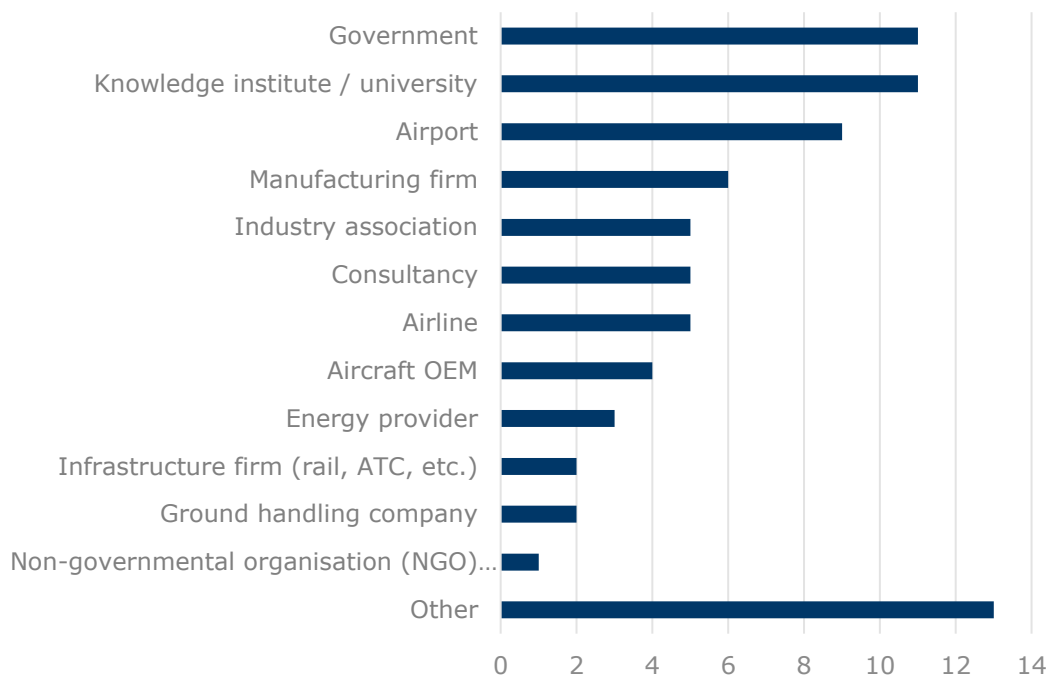
Per casus wordt besproken hoe het ecosysteem binnen de casus eruit ziet, wat de uitkomsten van de survey zijn, hoe de barrières gespecificeerd zijn en hoe deze geprioriteerd kunnen worden. Tenslotte worden de suggesties die in de workshops gedaan zijn door individuele stakeholders weergegeven.

4. Conclusies (slide 47)

Naar gebruikte bronnen wordt in de resultaten verwezen met [nummers], een bibliografie is opgenomen in slide 54.

Opbrengsten Proces

Organisation Type (survey)



Het **primaire doel** van dit onderzoek is de analyse van (barrières binnen) het **Missiegedreven Innovatiesysteem** van de duurzame luchtvaart. Deze rapportage biedt een overzicht van de belangrijkste geïdentificeerde barrières (uitdrukkelijk **geen** uitputtende lijst). Naast dit geboden overzicht kent het onderzoek een ander belangrijk resultaat, namelijk de ontstane **interactie** tussen verschillende stakeholders, en het daarmee groeiende **bewustzijn** in de sector van barrières en oplossingen. Een belangrijke kanttekening hierbij is dat alle deelnemers aan de workshops ook de survey hebben ingevuld. Met bovenstaande visualisaties willen we laten zien welk type **stakeholders** met elkaar in gesprek geweest zijn. Dit biedt **context** bij de resultaten, en draagt bovendien bij aan het bevorderen van een **gezamenlijk innovatieproces** in de sector.

Resultaten

BASIS-ECOSYSTEEM DUURZAME LUCHTVAART

Nationaal en internationaal beleid duurzame luchtvaart

Nationaal beleid

- Verantwoord Vliegen naar 2050 - Luchtvaartnota 2020-2050 (2020). Hierin de 4 publieke belangen zoals genoemd op slide 2.
- Ontwerpakoord duurzame Luchtvaart (2019) met o.a. Actieprogramma Hybride Elektrisch Vliegen (AHEV).
- Actieprogramma Duurzame Brandstoffen (2021).
- Kamerbrief 'Luchtvaarbeleid – Kabinetsaanpak Klimaatbeleid' (2019).

Internationaal beleid

- EU Fit for 55 met maatregelen om tot *net zero* CO2-uitstoot vanuit luchtvaart te komen.
- EU Green Deal: vermindering van uitstoot met 5% in 2030 en 60% in 2050.
- International Civil Aviation Organization (ICAO) met Global Market Based Mechanism.
- European Aviation Environmental Report (2019), waarin de milieuprestaties van luchtvaart in de EU worden bijgehouden.
- ReFuelEU Luchtvaart (SAF).
- Luchtvaart is inbegrepen in de EU ETS.

Algemene Uitdagingen

Op basis van deskresearch (bronnummers zijn getoond tussen rechte haken, zie slide 56)

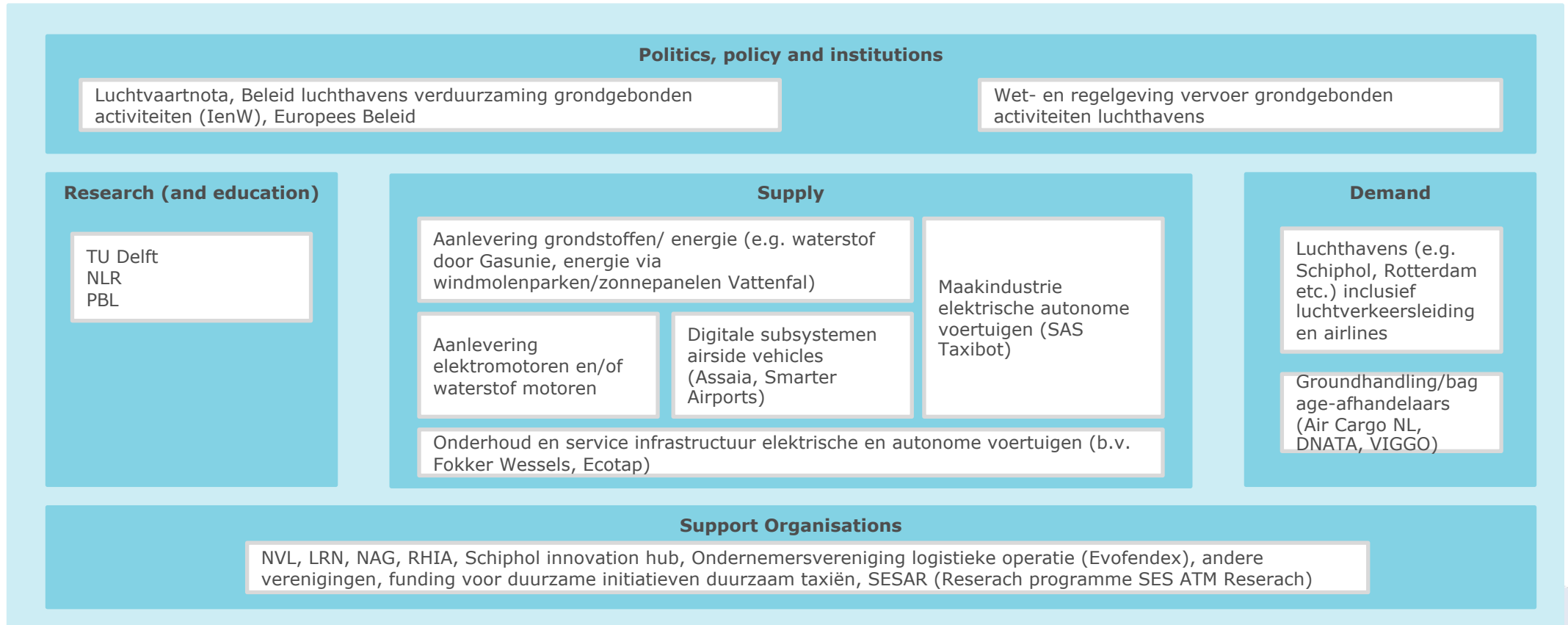
- **Innovatiecycli** vragen veel tijd, door complexe systeemintegratie en risico's terwijl aan hoge veiligheidseisen en certificatiestandaarden moet worden voldaan [1] [2].
- Door lange **tijdshorizonnen** kennen investeringen een lange terugverdientijd en zijn ze minder aantrekkelijk voor private partijen [1] [2]. Business cases zijn vaak niet sluitend/aantrekkelijk.
- De sector is sterk gefocust op **veiligheid** (wat eisen met zich meebrengt die belemmerend zijn voor experimenteren) en op **operationele snelheid**. Dit is deels een gevolg van de ervaren (extreme) kostenconcurrentie. Hierdoor, en door de publieke opinie (gericht op goedkoop & snel transport) ontbreekt soms de **focus** op duurzame luchtvaart [1] [2].
- Er lijkt nog geen **silver bullet** te zijn die ervoor zou zorgen dat de hele sector efficiënt kan verduurzamen [3] [4].
- De sector is momenteel afhankelijk van de bestaande **infrastructuur** [2]. Innovaties vragen vaak meer van energieopslag, wat in het huidige systeem niet voldoende beschikbaar is [3].
- Er is een tekort aan technisch geschoold personeel [3]. Tijdens de coronacrisis is dit tekort versterkt.

Resultaten Casus 1

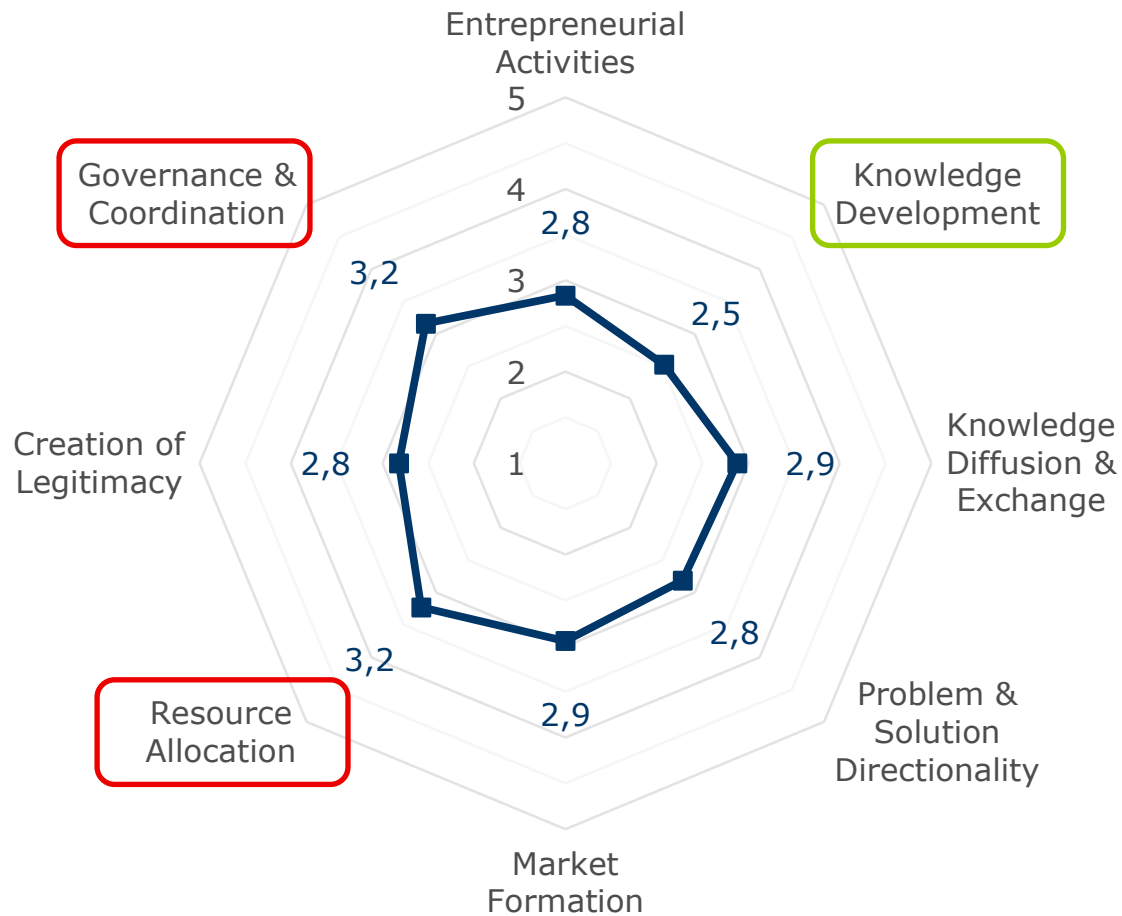
GRONDGEBONDEN ACTIVITEITEN

Innovatiesysteem Grondgebonden activiteiten

Innovation system = "The actors and institutions that play a role in the development, diffusion, and implementation of the technological trajectory."



Enquête Grondgebonden Activiteiten



N = 44

Resource allocation:

- Financial resources: 3,72
- Material resources: 2,66
- Human resources: 3,31

Directionality:

- Problem directionality: 2,76
- Solution directionality: 2,86

Meeste overeenstemming over *entrepreneurial activities, knowledge development en knowledge diffusion & exchange*

Minste overeenstemming over *resource allocation, market formation en problem & solution directionality*

Barrières Grondgebonden Activiteiten

Interviews:

- Partijen zijn het eens over de **urgentie** van duurzame GPU's en er zijn verschillende oplossingen ontwikkeld, maar **implementatie** van oplossingen is uitdagend.
 - Deze transitie zorgt pas voor verhoogde efficiëntie zodra deze compleet is. In de tussentijd zijn de **kosten** hoger en is de **efficiëntie** lager.
 - Het grote aantal stakeholders zorgt voor moeilijke **coördinatie** van financiering en implementatie.
 - Beschikbare **financiële middelen** en **elektrische capaciteit** is mogelijk te beperkt.

Deskresearch:

- Er is een breed scala aan **verschillende actoren en belangen** wat gerichte innovatie moeilijker maakt. [1] Partijen werken los van elkaar en vergeten de eindgebruiker soms te betrekken [5].
- **Regulatie-, certificatie- en autorisatieprocessen** belemmeren innovatie.[1]
- Er is te weinig **personeel** beschikbaar voor niet-operationele taken. [1]. Opschalen van het innovatieproces is vaak te duur en tijdrovend. [5]

Barrières Grondgebonden Activiteiten

Toelichting enquête en workshops:

- Er zijn al verschillende **duurzame alternatieven** in gebruik, maar de **innovatiefocus** ligt binnen de sector voornamelijk op logistieke verbeteringen/versnellen van de operatie.
- Er mist een goed **businessmodel** voor duurzame alternatieven: aanschaf én operatie zijn op dit moment nog duurder dan de fossiele technologieën.
- Er zijn verschillende **platforms/gremia** voor samenwerking in de sector, maar deze zijn niet voor iedereen inzichtelijk.
- Er is **brede steun** voor elektrificatie van grondgebonden activiteiten, maar het is nog onduidelijk **welke alternatieve oplossingen** gebruikt moeten gaan worden, en wie hier (financieel) **verantwoordelijk** voor is. Het kiezen van een level van coördinatie in de sector is uitdagend.
- De **markt** voor duurzame grondgebonden activiteiten is relatief klein. Er is nog geen Nederlandse leverancier voor brandstofceltechnologie.
- Technologische **kennis** is aanwezig, maar implementatie-gerelateerde kennis (brandveiligheid, businessmodellen, omscholing personeel) ontbreekt.

Prioriteiten Ecosysteem Grondgebonden Activiteiten

Er zijn meerdere technische oplossingen beschikbaar voor de elektrificatie van grondgebonden activiteit. Het probleem zit met name in de implementatie van deze oplossingen. Op basis van de deskstudie, interviews, enquête en workshops identificeren wij het gebrek aan beschikbare middelen en infrastructuur (functie 6) en de onzekerheid over coördinatie (functie 8) als de meest drukkende barrières.

Beschikbare middelen: Aanschaf van duurzame oplossingen kost meer dan fossiele alternatieven. Bovendien vraagt het gebruik van elektrische oplossingen meer mankracht, waardoor operatie lastiger en duurder is. Hoewel de extra kosten per vliegticket laag zijn, is het voor luchtvaartmaatschappijen niet wenselijk de prijs door te rekenen naar consumenten vanwege concurrentie met andere luchtvaartmaatschappijen.

Lock-in van infrastructuur: De transitie naar elektrische (en geautomatiseerde) grondgebonden operaties vergt complexe aanpassingen aan de infrastructuur en kostbare wijzigingen in de operaties. De beschikbaarheid van elektriciteit en laadpalen vormt een barrière voor elektrificatie. Om deze middelen beschikbaar te maken zijn tijdelijke logistieke wijzigingen nodig die, gezien de focus op efficiëntie en kostenbesparing, niet vanzelfsprekend zijn. Pas na een transitie plukken de betrokken partijen de vruchten hiervan.

Coördinatie en bestuur: Het is vaak onduidelijk wie verantwoordelijk is of wil zijn voor extra kosten en implementatie van duurzame oplossingen. Hoewel de urgentie van elektrische operatie breed gedragen wordt, hebben de betrokken partijen uiteenlopende prioriteiten en belangen. Bovendien hebben afhandelaren – de eigenaren van (duurzame) afhandelbaar materiaal – een contract met de luchtvaartmaatschappijen, waardoor luchthavens zelf beperkte bestuurlijke mogelijkheden hebben.

Suggesties Ecosysteem Grondgebonden Activiteiten

Suggesties die zijn aangedragen door deelnemers aan de survey/workshops:



Financiën: Het tekort aan beschikbare bronnen lijkt in deze casus veroorzaakt te worden door gebrek aan coördinatie (zie ook slide 26). Bespreek met alle betrokken partijen gezamenlijk welke kosten gedragen kunnen worden in het kader van *corporate social responsibility*, welke kosten doorberekend kunnen worden aan passagiers en hoe hierbij een gelijk speelveld behouden kan worden.



Ondernemersactiviteiten: Faciliteer en stimuleer interactie tussen ondernemers en eindgebruikers (in deze casus de luchthavens) vanaf het begin van het innovatieproces om producten vroegtijdig in het proces aan te kunnen passen aan bestaande infrastructuur.



Human capital: Stimuleer de betrokkenheid van onderwijsinstellingen bij het innovatieproces en bij luchtvaartbedrijven, om ervoor te zorgen dat afgestudeerden over de juiste kennis beschikken om in de branche aan de slag te gaan de grondgebonden activiteiten van de toekomst.



Coördinatie: Maak bij samenwerking met en tussen de sector gebruik van bestaande tools om deze op een effectieve manier te managen, bijvoorbeeld '*Collaborative Environmental Management*' van EuroControl. Gebruik inspiratie uit het buitenland om elektrificatie van grondgebonden activiteiten te versnellen, eventueel door middel van meer dwingende regulering, zoals bijvoorbeeld in Hongkong.



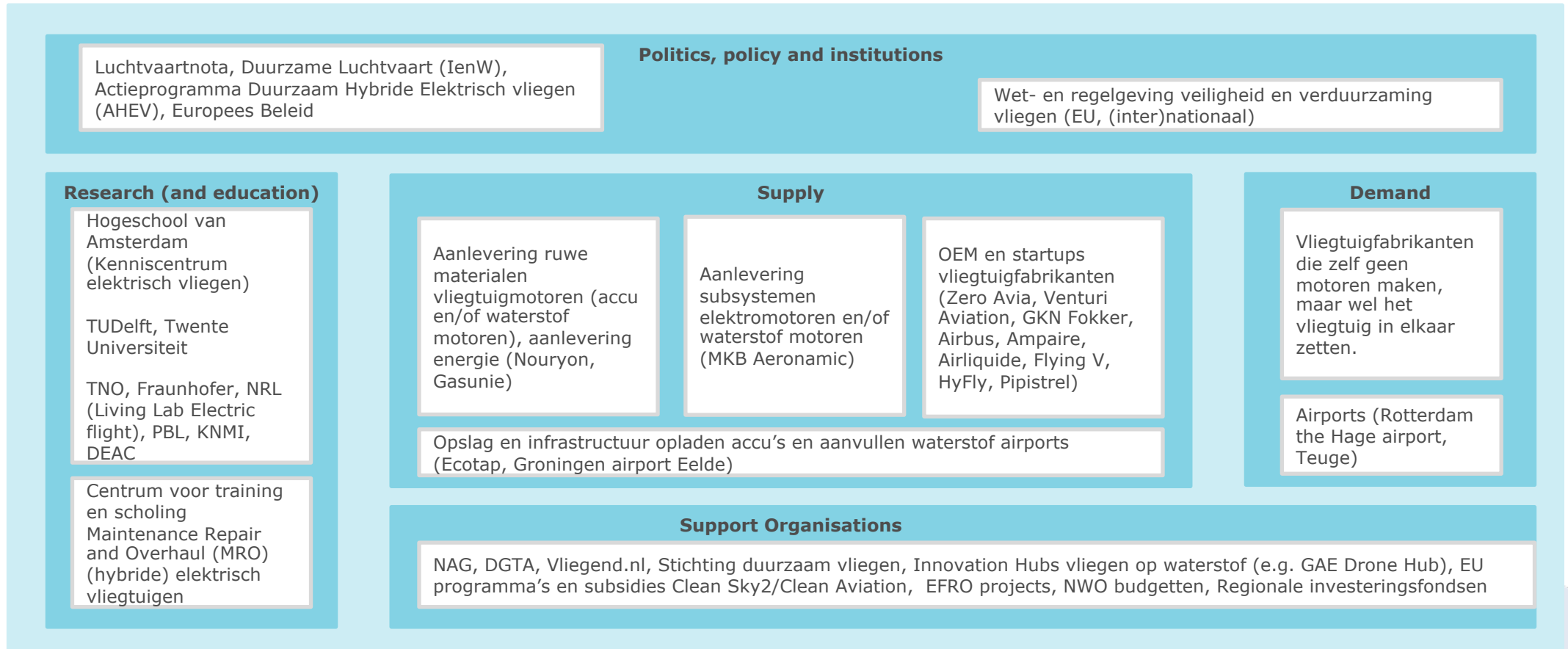
Infrastructuur: Betrek bij het sturen van oplossingsrichtingen en innovatie een breder scala aan partijen, ook in het (geografische) gebied om de luchthaven heen. Hierdoor kan beter aangesloten worden op infrastructuur (zie bijvoorbeeld knelpunten elektriciteitsvoorziening in Noord-Holland) en kunnen meer diverse oplossingsrichtingen geïnventariseerd en onderzocht worden.

Resultaten Casus 2

ALTERNATIEVE AANDRIJVING

Innovatiesysteem **Casus 2**: Alternatieve aandrijving

Innovation system = "The actors and institutions that play a role in the development, diffusion, and implementation of the technological trajectory."



Enquête Alternatieve Aandrijving



Governance & Coordination

Knowledge Development

N = 39

Resource allocation:

- Financial resources: 3,87
- Material resources: 2,96
- Human resources: 3,16

Directionality:

- Problem directionality: 2,68
- Solution directionality: 3,32

Meeste overeenstemming over *knowledge diffusion & exchange, solution directionality en entrepreneurial activities*

Minste overeenstemming over *creation of legitimacy en resource allocation*

1 = no barrier
5 = large barrier

Barrières Alternatieve Aandrijving

Interviews:

- Regels omtrent **certificatie en verzekering** belemmeren het experimenteren en demonstreren.
- Vanwege **onregelmatige adoptie** van nieuwe vliegtuigconfiguraties zijn er beperkte mogelijkheden om nieuwe aandrijflijnen te implementeren.
- OEM's stappen in nadat een technologie TRL 6 bereikt en betalen per gekocht vliegtuig. **Pay off** komt hierdoor laat voor ontwikkelaars.
- In vergelijking met andere landen heeft Nederland **weinig overheidsfinanciering**.
- Het is onduidelijkheid welke **oplossingsrichtingen** nodig zijn.

Deskresearch:

- **Lock-in van infrastructuur** op luchthavens beperkt de implementatie van alternatieve aandrijving (laadinfrastructuur, onderhoud, etc.). [1] [7]
- **Certificatie** van nieuwe aandrijflijnen is lastig. [1] [6] [7]
- Beperkte **EU regelgeving** die verduurzaming door OEM's stimuleert. [6]
- Afwezigheid van nieuwe **businessmodellen**. [2]
- Gebrek aan **financiering** voor radicale innovatie. [2] [8]
- **Integratie** van de aandrijflijn in bestaande vliegtuigen. [7]
- **Beschikbaarheid** van waterstof en elektriciteit. [1] [7] [8]
- Onvoldoende betrokkenheid van industrie in **fundamenteel onderzoek**. [8]

Barrières Alternatieve Aandrijving

Toelichting enquête en workshops:

- **Nederland loopt achter** op andere landen qua ondernemerschap en nieuwe initiatieven.
- Regels omtrent **certificatie en verzekering** belemmeren het experimenteren en demonstreren. Bovendien ontbreken **gezamenlijke faciliteiten** om te experimenteren.
- Kennisuitwisseling en samenwerking is lastig vanwege **IP-afspraken**.
- **Solution directionality** is lastig vanwege de diversiteit aan aandrijflijnen die op korte- en lange-termijn nodig zijn voor korte- en langeafstandsvluchten. De sector is deze **complexiteit** niet gewend.
- Hoge **ontwikkelkosten**, lange **uitbetalingstermijn** en onduidelijkheid over oplossingen maakt ondernemen **risicovol**.
- Er is een gebrek aan **technisch opgeleid personeel**, met name op MBO niveau. Het is bovendien lastig om personeel binnen de sector te houden.
- Het **draagvlak** voor alternatieve aandrijving is **soms beperkt**. Mensen zien beperkte mogelijkheden voor verduurzaming of vrezes voor greenwashing.
- **Complexe, internationale waardeketen** bemoeilijkt coördinatie. Er is onenigheid over de kwaliteit van nationale coördinatie door ministeries en instellingen als NAG, LRN en NLR.

Prioriteiten Alternatieve Aandrijving

Vanwege de diversiteit aan alternatieve aandrijflijnen is het aannemelijk dat de barrières in deze casus minder eenduidig zijn dan voor de andere casussen. De volwassenheid van diverse oplossingen voor korte- en langeafstandsvluchten verschilt en meerdere oplossingen zijn nog niet technisch haalbaar en economisch rendabel. Toch blijkt o.b.v. de deskstudie, interviews, enquête en workshops dat de barrières met name zichtbaar zijn van functie 5 tot 8.

Coördinatie en bestuur: Coördinatie wordt gezien als grootste barrière. De sector is niet gewend dat diverse aandrijflijnen nodig zijn voor diverse vliegtuigen. Deze oplossingsrichtingen bestaan veelal naast elkaar, maar zijn niet perse concurrerend. Het is wel belangrijk dat Nederland een economische visie creëert en werkzaamheden binnen de waardeketen coördineert.

Beschikbare middelen: De ontwikkelkosten van een nieuwe aandrijflijn zijn hoog. Aangezien OEM's pas vanaf TRL 6 instappen en betalen per gekocht vliegtuig, vergt het een lange tijd voordat investeringen in innovatie eventueel renderen. Als gevolg is het niet vanzelfsprekend voor private investeerders om te investeren in alternatieve aandrijving. De overheid en OEM's investeren ook niet, waardoor een gebrek aan kapitaal ontstaat.

Marktvorming: De luchtvaartsector is een geconsolideerde industrie waar 2 grote OEM's de koers van de luchtvaart bepalen. De implementatie van nieuwe aandrijflijnen wordt veelal bepaald door OEM's. Vanwege de lange innovatiecyclus in de luchtvaart geldt bovendien dat nieuwe ontwikkelingen maar een beperkte window of opportunity hebben waarin ze geïmplementeerd kunnen worden. Ook problemen omtrent certificatie en verzekering belemmeren de marktvorming voor alternatieve aandrijflijnen.

Suggesties Ecosysteem Alternatieve Aandrijving

Suggesties die zijn aangedragen door deelnemers aan de survey/workshops:



Coördinatie: De overheid, brancheorganisaties, kennisinstellingen, startup branches en overige betrokkenen moeten samen een economische visie creëren ten behoeve van samenwerking en kennisdeling.



Ondernemersactiviteiten: Door regelgeving en activiteiten omtrent elektrische aandrijving in de automobiel- en de luchtvaartsector op elkaar af te stemmen (en door van elkaar te leren) ontstaat mogelijk een synergie en schaal die ondernemerschap en onderzoek faciliteert.



Certificatie & demonstratie: Nederland kan de controle over haar eigen luchtruim beter benutten om regelgeving te optimaliseren en om certificatie te benutten als middel om innovatie uit te lokken. Het creëren van 'Living Labs' in bijv. vliegscholen kan de legitimiteit van alternatieve aandrijving verbeteren en helpen om beleid en infrastructuur te ontwikkelen. Het is ook mogelijk om een 'certificatie-wasstraat' te ontwikkelen, waarbij experts uit het veld op basis van hun ervaring/kennis certificatieproblemen oplossen.



Marktvorming: Om een markt te creëren voor alternatieve aandrijving moet niet enkel gekeken worden naar de duurzaamheidsvoordelen, maar moet ook naar de mogelijkheid om stillere en veiligere vliegtuigen te bouwen. Bovendien kan meer gekeken worden naar de rol van luchtvaart in 'Seamless Mobility'.



Financiën: Behalve het creëren van directe financiële prikkels (o.a. subsidies, cofinanciering) om middelen te mobiliseren, dragen ook bovenstaande suggesties mogelijk bij aan kapitaalbeschikbaarheid, namelijk door het investeringsrisico te verlagen en product-market fit te verbeteren.

Resultaten Casus 3

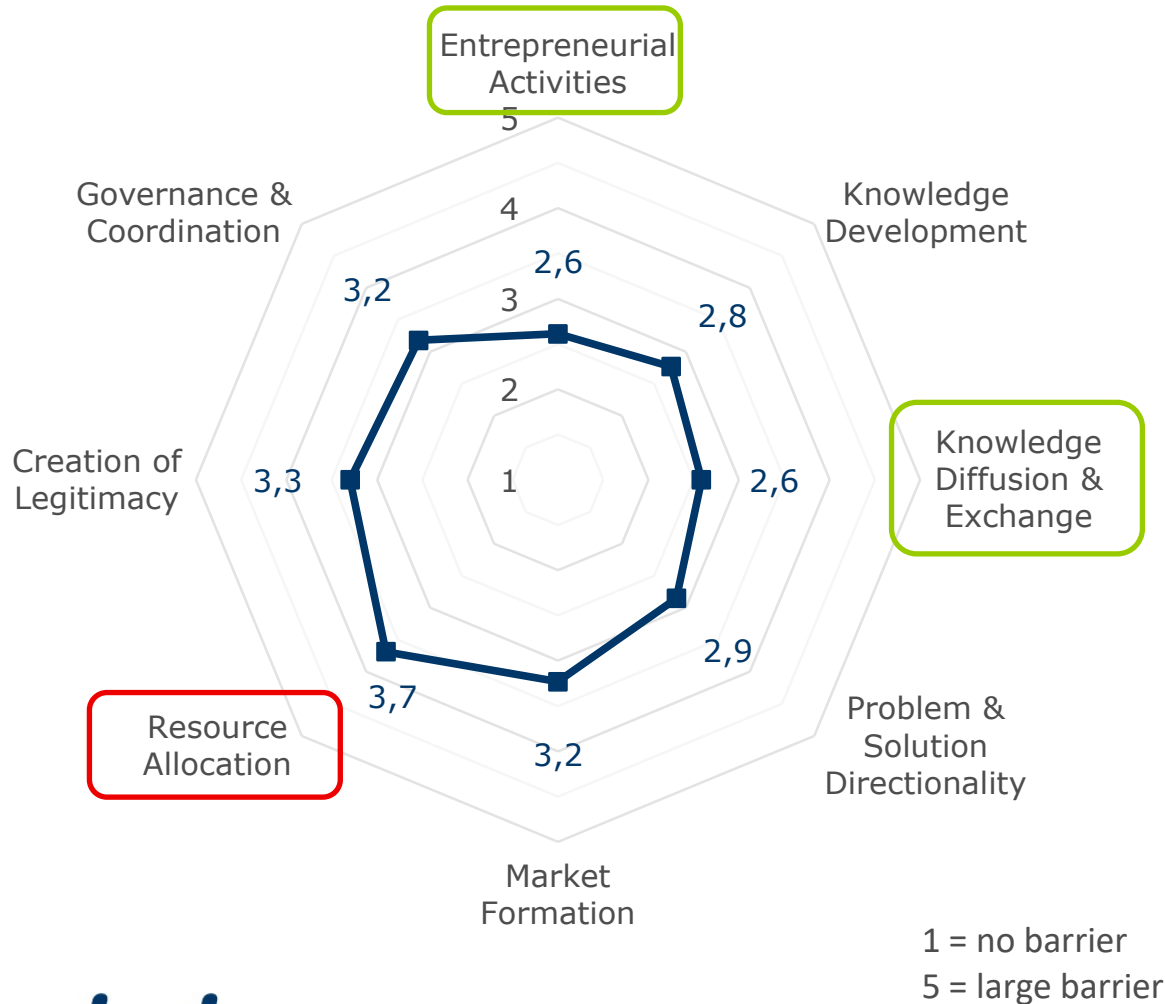
ALTERNATIEVE BRANDSTOFFEN

Innovatiesysteem **Casus 3**: Alternatieve brandstoffen

Innovation system = "The actors and institutions that play a role in the development, diffusion, and implementation of the technological trajectory'."



Enquête Alternatieve Brandstoffen



N = 34

Resource allocation:

- Financial resources: 4,38
- Material resources: 3,95
- Human resources: 2,73

Directionality:

- Problem directionality: 2,56
- Solution directionality: 3,15

Meeste overeenstemming over *financial resources, knowledge diffusion & exchange en solution directionality*

Minste overeenstemming over *human resources, coordination & governance en creation of legitimacy*

Barrières Alternatieve Brandstoffen

Deskresearch:

- **Beschikbaarheid, legitimiteit en allocatie** van duurzame biomassa en syngas. [1] [7] [9]
- **Wet- en regelgeving** is bepalend voor de competitiviteit van SAF. [7] [10]
- Onvoldoende **onderzoek** op voor lange-termijn SAF oplossingen. [10]
- Beperkte **transport en opslag** infrastructuur. [1] [8] [10]
- **Hoge kosten** van SAF t.o.v. fossiele brandstoffen beperken productie en afname. [1] [11]
- Gebrek aan beleidsmatige en financiële ondersteuning voor het opschalen van SAF productie [6]
- Beperkte stabiliteit en stimulans van beleid beperkt investeringszekerheid [9]

Casuslabs [13]:

- Gebrek aan **verdienmodel** voor SAF door prijsverschil met fossiele kerosine.
- Gebrek aan **mandaat** voor de productie van synthetische kerosine.
- **Weinig overeenstemming** tussen **nationaal en buitenlandse sturing** omtrent SAF, waardoor de industrie geen duidelijke overheidssteun ervaart.
- Gebrek aan **duurzame elektriciteit** voor productie van **waterstof** .
- **Concurrentie** met andere sectoren om beperkt beschikbare **biomassa feedstock**.
- Weinig nieuwe toetreders i.v.m. **kwaliteitsstandaarden** voor SAF.

Barrières Alternatieve Brandstoffen

Toelichting enquête en workshops:

- Er **ontbreekt** kennis over **logistiek en implementatie** en over SAF's die **na 2030** nodig zijn.
- **Inzet en kennis is versnipperd** en wordt **beperkt gedeeld**. Er is meer competitie dan samenwerking. Ook de overheid wordt onvoldoende of incorrect geïnformeerd over ontwikkelingen in de sector.
- Er is **onvoldoende** duidelijkheid over de technologische **richting** waar Nederland op wil inzetten.
- Het **prijsverschil** tussen SAF en fossiele kerosine hindert markformatie. Vooralsnog zijn subsidies noodzakelijk voor het concurrerend vermogen van SAF.
- Er is veel **concurrentie** met andere sectoren om **grondstoffen** (duurzame elektriciteit, biomassa, waterstof, etc.)
- **Infrastructuur** voor opslag en transport van SAF is niet altijd beschikbaar. Regelgeving staat niet toe dat bestaande pijplijnen worden gebruikt voor SAF.
- **Draagvlak** voor SAF is soms **beperkt**: enerzijds vanwege de discussie omtrent biomassa, anderzijds vanwege de hoger energetische eisen van duurzame synthetische kerosine.
- Een mandaat stimuleert consumptie, maar gerichte **subsidies zijn nodig** om te sturen, productie te stimuleren, concurrentie om grondstoffen te verminderen en **import van SAF te voorkomen**.

Prioriteiten Alternatieve Brandstoffen

Diverse SAF's zijn beschikbaar en kunnen op korte termijn bijdragen aan de verduurzaming van de luchtvaart. Met name het kostenverschil tussen SAF en fossiele kerosine vormt een knelpunt voor de implementatie. Op basis van de deskstudie, interviews, enquête en workshops identificeren wij het gebrek aan financiële en materiële middelen (functie 6), het beperkte draagvlak voor SAF's (functie 7) en het gebrek aan sturing (functie 8) als de meest drukkende barrières.

Beschikbare middelen: Diverse SAF oplossingen zijn technisch haalbaar, maar kunnen vanwege kostbare grondstoffen en productieprocessen niet concurreren met fossiele brandstoffen. Het ReFuelEU mandaat is de eerste stap om productie aan te jagen, maar additionele middelen zijn nodig om SAF financieel rendabel te maken. Bovendien is coördinatie nodig om de schaarse biomassa en waterstof toe te wijzen.

Legitimiteit: Het draagvlak voor SAF is beperkt. Met name de discussie omtrent het gebruik van biomassa als grondstof levert problemen op voor de sector, terwijl biokerosine essentieel is om duurzame ambities te realiseren. Ook de legitimiteit van synthetische kerosine is twijfelachtig, aangezien het energetisch onwenselijk is om syngas te produceren.

Coördinatie en bestuur: Hoewel het ReFuelEU mandaat de productie en consumptie van SAF aanjaagt, is er onvoldoende sturing op het type brandstof dat Nederland wil produceren. Tot bijmengpercentages van 7%-8% volstaat HEFA, maar het is belangrijk dat Nederland nu al inzet op bio- en synthetische kerosine, zodat Nederland in de toekomst niet afhankelijk is van import. Door keuzes te maken over de verdeling van de Nederlandse inzet, kan Nederland haar toekomstige rol garanderen en bovendien onderzoek en het gebruik van schaarse materialen coördineren.

Suggesties Ecosysteem Alternatieve Brandstoffen

Suggesties die zijn aangedragen door deelnemers aan de survey/workshops:



Coördinatie: Een visie is nodig om te bepalen welke plek Nederland wil innemen in de waardeketen voor SAFs. Nederland heeft beperkte mogelijkheden om duurzame grondstoffen te produceren, maar kan deze (geïmporteerde) grondstoffen wel op grote schaal omzetten in kerosine. Visies kunnen ook regionaal ontwikkeld worden, waarbij functionele economische innovaties worden gekoppeld aan een gebied waar betrokken partijen aanwezig zijn. Dit wordt al gedaan rondom de haven van Rotterdam.



Financiën: Er zijn financiële prikkels nodig om productie van SAF in concurrentie te brengen met de productie van fossiele kerosine. Het bijmengmandaat dwingt consumptie af, maar zonder voldoende productie van SAF wordt Nederland mogelijk afhankelijk van import.



Kennisdeling: De sector moet helder communiceren – ook richting de overheid – over de kosten en tijd die de ontwikkeling en productie van SAF vergen. Wanneer de overheid goed geïnformeerd is kan zij haar beleid en instrumenten hierop afstemmen.



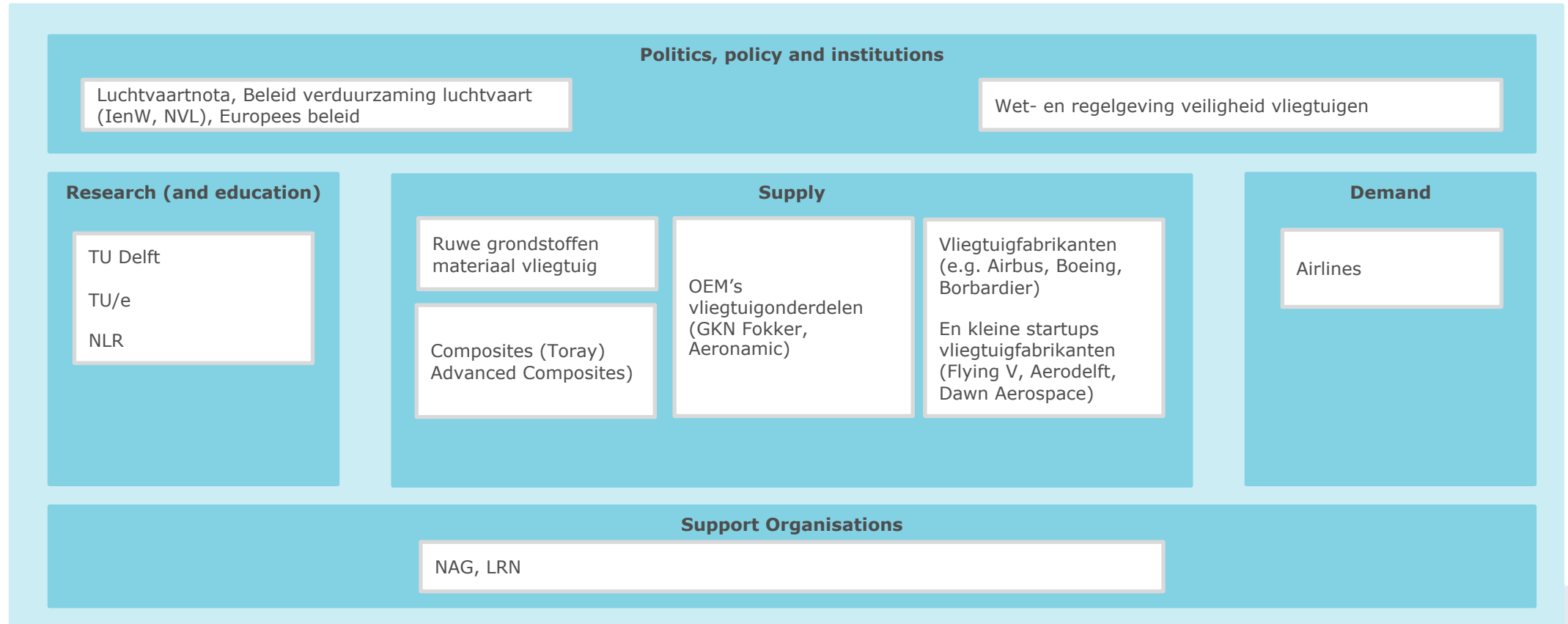
Legitimiteit: De blijvende risico's omtrent het gebruik van biomassa moeten aangepakt worden door in overleg met de sector afspraken te maken hierover. De legitimiteit kan bovendien worden verbeterd door een betrouwbaarheids- en geschiktheidsonderzoek uit te voeren.

Resultaten Casus 4

EFFICIËNT EN REVOLUTIONAIR VLIEGTUIGONTWERP

Innovatiesysteem **Casus 4**: Efficiënt en Revolutionair Vliegtuigontwerp

Innovation system = "The actors and institutions that play a role in the development, diffusion, and implementation of the technological trajectory."



Enquête Efficiënt en Revolutionair Vliegtuigontwerp



N = 27

Resource allocation:

- Financial resources: 4,05
- Material resources: 2,35
- Human resources: 3,50

Directionality:

- Problem directionality: 2,74
- Solution directionality: 3,13

Meeste overeenstemming over *coordination & governance, material resources en knowledge diffusion & exchange*

Minste overeenstemming over *market formation, creation of legitimacy en problem & solution directionality*

Barrières Efficiënt en Revolutionair Vliegtuigontwerp

Interviews:

- Innovatie in vliegtuigontwerp vraagt om grote **investeringen** en is daardoor te duur en risicovol voor OEM's. Toeleveranciers kunnen dit risico spreiden.
- Regels omtrent **certificatie en verzekering** belemmeren experimenteren en demonstreren.
- OEM's stappen relatief laat in het ontwikkelproces in (vanaf TRL 6). **Pay off** komt hierdoor laat voor ontwikkelaars.

Deskresearch:

- Vliegtuigonderdelen en -ontwerp zijn sterk **onderling verbonden** waardoor er een vorm van **lock-in** bestaat: nieuwe aandrijving vraagt bijv. ook om nieuwe onderhoudsuitrusting en nieuwe infrastructuur. [1]
- Moeilijk investeren voor private partijen vanwege lange ontwikkelduur en terugverdientijd. [8] [11]
- Onzekerheden met betrekking tot **certificatie** (in het bijzonder van revolutionair ontwerp) belemmert innovatie. [1] [11]
- Er mist een sterk **Europees regelgeving** om OEM's te stimuleren om duurzame innovaties te ontwikkelen. [6]

Barrières Efficiënt en Revolutionair Vliegtuigontwerp

Toelichting enquête en workshops:

- Er is behoefte aan (aandacht voor) **nieuwe partijen**, naast de twee bestaande OEM's.
- Het uitvoeren van **experimenten** is door regelgeving en veiligheidseisen moeilijk, en wordt daardoor beperkt uitgevoerd.
- Voor sommige startups is het moeilijk om aan te sluiten op netwerken voor **kennisdeling**, meer gevestigde bedrijven zouden hierbij kunnen ondersteunen.
- De **behoefte** aan duurzamere vliegtuigen wordt breed gedragen, maar er is nog onduidelijkheid over **oplossingsrichtingen**.
- Er is meer technisch **personeel** nodig dat geschoold is in (duurzame) luchtvaarttechniek. Onderwijsinstellingen kunnen onderling meer samenwerken.
- De **focus** binnen het innovatieproces ligt voornamelijk op incrementele innovatie, terwijl radicale innovatie (ook) essentieel is in de transitie naar duurzame luchtvaart.
- **Wet- en regelgeving** loopt achter op rigoureuze veranderingen. Er is internationale afstemming nodig om tot efficiënter vliegtuigontwerp te komen, waarbij aandacht moet zijn voor de complexiteit en onderlinge afhankelijkheid van onderdelen.

Prioriteiten Efficiënt en Revolutionair Vliegtuigontwerp

Over het algemeen geldt dat het innovatieproces is gericht op incrementele efficiëntieverbeteringen. Er zijn met name grote barrières voor de radicale ontwerpveranderingen die nodig zijn voor verduurzaming. Op basis van de deskstudie, interviews, enquête en workshops identificeren wij het gebrek aan financiële en menselijke middelen (functie 6) en het gebrek aan coördinatie (functie 8) als de meest drukkende barrières.

Coördinatie en bestuur: Vanwege de onderlinge afhankelijkheid van vliegtuigonderdelen is coördinatie erg belangrijk in deze casus. OEM's worden te laat betrokken bij het innovatieproces waardoor radicale ontwikkelingen lastig te realiseren zijn. Bovendien is het lastig om nieuwe ontwerpen te verzekeren en certificeren, wat experimenteren en demonstreren belemmert. Hierin loopt (internationale) wet- en regelgeving achter op de rigoureuze veranderingen in de sector.

Financiële middelen: De ontwikkelkosten van revolutionaire vliegtuigontwerpen zijn hoog. Aangezien OEM's pas vanaf TRL 6 instappen en betalen per gekocht vliegtuig, vergt het een lange tijd voordat investeringen in innovatie eventueel renderen. Als gevolg is het niet vanzelfsprekend voor private investeerders om te investeren in revolutionair vliegtuigontwerp. De overheid en OEM's investeren ook niet, waardoor een gebrek aan kapitaal ontstaat.

Menselijk kapitaal: Er is een gebrek aan technisch geschoold personeel voor de luchtvaart. De bestaande curricula sluiten niet altijd aan op de benodigdheden in de praktijk. Bovendien is het lastig om personeel voor de sector te behouden.

Suggesties Ecosysteem Efficiënt en Revolutionair Vliegtuigontwerp

Suggesties die zijn aangedragen door deelnemers aan de survey/workshops:



Ondersteuning: Maak koppels van beloftevolle startups en meer ervaren bedrijven waardoor startups coaching en ondersteuning krijgen bij het vinden van aansluiting bij gevestigde bedrijven/OEM's. Startups kunnen coaching nodig hebben op thema's als netwerk en intellectueel eigendom.



Financiën: Ondersteun bij het dragen van starterskosten door middel van '*accelerator funds*' (opgezet door grotere bedrijven/OEM's) of '*revolving funds*'.



Human capital: Stimuleer de betrokkenheid van onderwijsinstellingen op het innovatieproces en luchtvaartbedrijven om ervoor te zorgen dat afgestudeerden over de juiste kennis beschikken om in de branche aan de slag te gaan.



Coördinatie: Werk samen met verschillende publieke en private partijen om – op basis van kennis en onderzoek – oplossingsrichtingen af te wegen en te kiezen. Maak duidelijk onderscheid in besprekingen tussen radicale en incrementele innovatie.

CONCLUSIES

Bevindingen per casus

	Casus 1: Grondgebonden activiteiten	Casus 2: Alternatieve aandrijving	Casus 3: Alternatieve brandstoffen	Casus 4: Efficiënt & revolutionair vliegtuigontwerp
Omschrijving	<i>Ontwikkeling en implementatie van elektrische en autonome afhandelapparatuur, evenals de nodige infrastructuur, voor CO2-neutrale grondgebonden operaties</i>	<i>Ontwikkeling en implementatie van onconventionele, duurzame vliegtuigmotoren (elektrisch op batterij of brandstofcel, verbranding van waterstof)</i>	<i>Ontwikkeling, productie en aanlevering alternatieve vliegtuigbrandstoffen (HEFA, biokerosine, synthetische kerosine, waterstof)</i>	<i>Ontwerp en implementatie van efficiëntere (lichter of meer aerodynamisch) en revolutionaire vliegtuigen om CO2 uitstoot te beperken.</i>
TRL	TRL 7-8	Elektrisch: TRL 2-6 Waterstof: TRL 2-6	SAF: TRL 5-9 Waterstof: TRL 4-5	Efficiënter: TRL 6-9 Revolutionair: TRL 2-4
Nederlandse verdienvermogen	Nederlandse is een koploper w.b. de ambities en de implementatie van duurzame oplossingen.	Nederland heeft diverse rollen in de toeleveringsindustrie maar produceert geen volledige motoren.	Nederland produceert zelf fossiele kerosine, maar er zijn slechts een aantal duurzame kerosine producenten.	Nederland heeft een belangrijke rol w.b. efficiëntie en thermoplasten, minder w.b. revolutionair ontwerp.
Grootste barrières	<ol style="list-style-type: none"> 1. Financiële en menselijke middelen 2. Coördinatie 3. Infrastructuur 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coördinatie 2. Financiële middelen 3. Marktvorming 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Financiële middelen 2. Grondstoffen 3. Legitimiteit 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Financiële middelen 2. Coördinatie 3. Menselijke middelen
Kleinste barrières	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kennisontwikkeling 2. Probleem erkenning 3. Ondernemende activiteiten 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kennisontwikkeling 2. Probleem erkenning 3. Ondernemende activiteiten 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Probleem erkenning 2. Ondernemende activiteiten 3. Kennisdeling 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Materiële middelen 2. Probleem erkenning 3. Kennisdeling

Algemene bevindingen I

- Innovatie ten behoeve van duurzame luchtvaart is niet enkel een technologisch vraagstuk, maar evenzeer een **economisch, organisatorisch en regeltechnisch vraagstuk**.
- Er zijn **concrete sets van knelpunten** per case. Niettemin delen de cases vaak een of meerdere van volgende knelpunten:
 - **Governance-probleem** of wie coördineert de innovatieopgave;
 - **Financieringsprobleem** (hoewel de manifestatie daarvan per casus verschilt);
 - **Marktwerkingsprobleem** of de dominantie van twee OEM's enerzijds en ruimte creëren voor niche spelers met alternatieve oplossingsrichtingen;
 - **Opschalingsproblematiek** – hoe kom je van succesvolle pilot naar grootschalige introductie (naast innovatie ook organisatorische en financiële opgave);
 - **Wet- en regelgeving** – bestaande wet- en regelgeving (incl. certificeringseisen, eisen aan verzekering, etc.) belemmert ruimte voor experimenten;
- Kennisontwikkeling (en sturing hiervan) is weliswaar nodig, maar niet het dominante probleem.

* Zie ook: Innovatorsdilemma Christensen – hoe financier je het alternatief dat vooralsnog duurder en wellicht kwalitatief minder is, maar op termijn beter is dan wat nu het dominante design is?

Algemene bevindingen II

- De **complexiteit** van transitie in de luchtvaartsector wordt breed onderkend. Kapitaalgoederen gaan over het algemeen lang mee (>15 jaar), de sector opereert **internationaal**, kent strenge, internationale **regulatie/eisen** en verschillende onderdelen/compartimenten zijn sterk **onderling verbonden**.
- De ruimte voor aparte innovatietrajecten op nationale schaal is door **internationale afhankelijkheid** en **ontbreken van compleet nationaal innovatie ecosysteem** beperkt.
- **Lange tijdshorizon** die typerend is voor luchtvaart maakt het lastig voldoende **geduldig kapitaal** aan te trekken voor innovatie.
- **Oplossingsrichtingen** verschillen qua toepassingsgebied en volwassenheid, waardoor deze niet als concurrerend, maar eerder als **complementair** worden gezien. Het is echter niet mogelijk voor Nederland om op alle fronten evenveel bij te dragen.
- Er is (nog) geen **dominant design**. In combinatie met het **ontbreken van een gezamenlijk visiestuk** ten aanzien van de voorkeur en volgorde oplossingsrichtingen waarin geïnvesteerd wordt, bemoeilijkt dit de **coördinatie** van activiteiten.
- Veel oplossingen zijn **technisch haalbaar maar duurder** dan fossiel. Hierdoor ontbreekt een sluitende businesscase.

Algemene bevindingen III

- **Kostenconcurrentie** en focus op **operational excellence** zorgt ervoor dat er in de praktijk beperkt ruimte is voor innovatie aan de kant van de afnemers van technologische innovaties.
- **OEM's, luchthavens** en **luchtvaartmaatschappijen** hebben een **dominante rol** in de verduurzaming van vliegtuigen en grondgebonden activiteiten. Enerzijds is er **samenwerkingsbereidheid**, maar door meer coördinatie in het innovatieproces kunnen ze eerder worden betrokken en kan implementatie van duurzame oplossingen versimpeld en versneld worden. Door **onvoldoende richting** dreigen partijen verlamd te raken en is het lastig gezamenlijke stappen te zetten.
- Het is belangrijk dat NL zich blijft richten op lange termijn behoeften van de luchtvaart. Onderzoek en investeringen in **oplossingsrichtingen voor na 2030** zijn hiervoor noodzakelijk. Om dit te faciliteren moet er een lange termijn perspectief zijn voor investeerders en onderzoekers.
- De luchtvaartsector is in grote mate afhankelijk van **bijbehorende infrastructuur**. Innovaties in meeste cases vragen om aanpassingen van infrastructuur, wat de implementatie belemmert.
- (Internationale) wet- en regelgeving loopt achter op de luchtvaartsector. **Certificatie** is een belemmerende factor voor het experimenteren met en demonstreren van nieuwe technologieën.
- Over het algemeen is onderzoek nodig t.b.v. kostenverlaging, veiligheid en efficiëntie.

Conclusie

Er is geen simpele **rootcause** die - mits aangepakt - de weg naar een duurzame luchtvaart in Nederland openlegt. In verschillende cases is sprake van barrières op **meerdere functies**, hoewel er wel degelijk een patroon inzit. Dat betekent als we schakelen naar oplossingsrichtingen dat er ook geen **silver bullet** oplossing is voor transformatie naar duurzame luchtvaart. Er ontbreekt vooralsnog wel een **visie** voor Nederland waar stakeholders zich wel/niet achter kunnen scharen en die de coördinatie van innovatie-inspanningen ten behoeve van de duurzame luchtvaart zou kunnen bevorderen. Een gedragen innovatiestrategie zou hierin kunnen voorzien.

Aanbevelingen I&W

- Bij opstellen van een innovatiestrategie is het belangrijk om een **langetermijnvisie** te creëren. Hierbij moet nadrukkelijk naar oplossingen voor na 2030 worden gekeken. Op basis van **kennis en onderzoek**, en in **gesprek** met stakeholders, kunnen aansprekende stippen op de horizon gekozen worden. Urgentie om van analyse naar actie over te gaan (doelstellingen 2030 en 2050) vergen nu actie.
- Vanwege de afwezigheid van een *dominant design* en de complementariteit van oplossingsrichtingen is er noodzaak om **kennis, kunde en middelen gericht in te zetten** op oplossingsrichtingen waar duurzaamheidswinsten substantieel zijn en Nederland **internationaal** het meest onderscheidend is (en dus uitzicht op verbeteren verdienvermogen). De innovatiestrategie kan hierop sturen.
- Werk bij het opstellen van een langetermijnvisie waar mogelijk en relevant samen met andere **infrastructuurgebonden sectoren** (staalproductie/maritieme sector/chemie).
- Voorzie in de behoefte aan **experimenteeromgevingen** en doe kennis op t.b.v. kostenverlaging en efficiëntie.

Aanbevelingen I&W II

- Zoek bij de implementatie van nieuwe technologieën naar de **balans** tussen meer dwingende regulering/normering en een vrij proces. Doe hierbij inspiratie op uit **buitenlandse ervaringen**.
- Ga met de sector na of de **coördinatie** in de sector (die nu grotendeels gestalte krijgt bij DLT) voldoende is voor efficiënte en gerichte innovatieprocessen. Ga na in hoeverre **verduurzaming en digitalisering** samen gestimuleerd kunnen worden.
- Financiële ondersteuning vanuit de overheid mobiliseert (zie RDM-regeling, zie Groeifondsvoorstel) en kan **markformatie** stimuleren en privaat kapitaal mobiliseren, om zo de tussenfase waarin verduurzaming nog duurder en soms kwalitatief minder is dan bestaande (fossiele) oplossingen mede te financieren. Echter, overheidsfinanciering is geen panacee en sector heeft ook eigen verantwoordelijkheid. Bovendien kan overheid vanuit meerdere rollen en met gebruikmaking van andere vormen van sturing aanjagen en stimuleren.

Geraadpleegde literatuur

- [1] Airlines for Europe, Airports Council International, Association of Europe, European Regions Airline Association, Civil Air Navigation Services Organisation (2021). *Destination 2050 – A Route To Net Zero European Aviation*.
- [2] Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum, TU Delft, Nederlandse Vereniging van Luchthavens, Lucht- en Ruimtevaart Nederland, Stichting Duurzaam Vliegen (2020). *Ontwerp Actieprogramma Hybride Elektrisch Vliegen (AHEV)*.
- [3] van Nieuwenhuizen Wijbenga, C. (2019). Luchtvaartbeleid [Kamerbrief nr. 585].
- [4] Peeters, P. & Melkert, J. (2021). *Toekomst Verduurzaming Luchtvaart: een actualisatie*.
- [5] Royal Schiphol Group (2021). *Market Consultation for Partners for Tangible Innovation*.
- [6] van Arkel, J.N.J. (2021). *Analysis of the Dutch Mission-oriented Innovation System for sustainable aviation*. Utrecht University, Ministry of Infrastructure and Water Management of the Netherlands.
- [7] TU Delft, Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (2021). *Towards a Sustainable Air Transport System [Whitepaper]*.
- [8] Duurzame Luchtvaarttafel (2019). *Ontwerpakkoord Duurzame Luchtvaart*.
- [9] Duurzame Luchtvaarttafel (2021). *WDB Action Programme*.
- [10] de Jong, S.; Hoefnagels, R.; van Stralen, J.; Londo, M.; Slade, R.; Faaij, A. & Junginger, M. (2017). *Renewable Jet Fuel in the European Union – Scenarios and Preconditions for Renewable Jet Fuel Deployment towards 2030*. Utrecht University.
- [11] Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2020). *Verantwoord vliegen naar 2050: Luchtvaartnota 2020-2050*.
- [12] Koninklijk Nederlands Luchtvaart en Ruimtevaartcentrum (2019). *Kennis ten behoeve van de luchtvaartnota*.
- [13] Workshops I&W Casuslab Duurzame Brandstoffen.

Gesprekspartners (organisaties)

- Lucht en Ruimtevaart Nederland
- Schiphol Group
- RVO
- TNO
- Ministerie van I&W
- VNPI
- Stichting RHIA
- SkyNRG
- Venturi Aviation
- Zero Avia
- Saluqi Motors
- ACN
- KES
- NACO
- TU Delft
- InHolland
- Hogeschool van Amsterdam
- Luchthaven Teuge
- Aeronamic
- Stichting Duurzaam Vliegen
- Toraytac Europe
- Dutch Thermoplastics Composites
- Boeing
- Ministerie van EZK
- AeroDelft
- Fokker
- Viggo
- Corendon
- Deerns
- NLR
- Deelnemers Werkgroep Innovatie