

SCHONE EN STILLE LUCHTVAART



LONGREAD

VERKENNING TECHNOLOGISCHE INNOVATIE DUURZAAM VLIEGEN

COLOFON

13 mei 2019

In opdracht van: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Opgesteld door: Teun Morselt

Foto voorkant: foto Boeing



AANJAGERS VAN DE NIEUWE, SCHONE ECONOMIE

Ons projectnummer: P19001
www.blueconomy.nl

Bezoekadres
Weg der Verenigde Naties 1
3527 KT Utrecht

Postadres
Korte Steigerstraat 10
5301 CE Zaltbommel

KvK nr. 11067994
BTW nr. 8175.52339.B01
IBAN NL97 RABO 0125 1776 82



1. VRAAGSTELLING
2. MAATSCHAPPELIJKE UITDAGING DUURZAME LUCHTVAART
3. TECHNOLOGIESPOREN
4. VINGEROEFENING EMISSIEREDUCTIEPOTENTIEEL COMBINATIE
TECHNOLOGIESPOREN
5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN



1. VRAAGSTELLING

VRAAGSTELLING

VAN HET MINISTERIE AAN BLUECONOMY



4

- IenW werkt aan een **nieuwe Luchtvaartnota** (LVN). De LVN behandelt de ontwikkeling van de luchtvaart t/m 2050.
- Een onderdeel van de LVN vormt een **innovatie-agenda**. In de innovatie-agenda wordt aangegeven wat de mogelijke bijdrage van (technologische) innovatie kan zijn aan de diverse thema's in de LVN. Daarbij wordt **ver vooruit gekeken** (zie inzet)
- Blueconomy is gevraagd om een **verkenning** uit te voeren en daarmee input te leveren voor deze innovatie-agenda. In deze rapportage worden de resultaten van de verkenning weergegeven.

“Bij de verdere uitwerking zou, in het bijzonder ook voor technologische innovaties, verder vooruit gekeken mogen worden. Bijvoorbeeld als het gaat om andere energiedragers zoals synthetische kerosine, waterstof en batterijen. Dergelijke energiedragers kunnen in de toekomst een belangrijke bijdrage leveren aan CO₂-reductie. Maar dan moeten we daar ons ook nu al voor inspannen.”

Bron: Kamerbrief 14 november 2018, reactie op actieplan "Slim en duurzaam"

VRAAGSTELLING

AFBAKENING VAN DE VERKENNING



5

- In overleg met het innovatieteam LVN is afgesproken te **focussen** op de thema's **Klimaat en Gezondheid**. Dat betekent concreet vooral de nadruk op CO₂-emissies en voor zover mogelijk op emissies zoals (ultra)fijnstof en geluid.
- De verkenning richt zich men name op:
 - **Technologische innovatie** rondom luchtvaart. Sociale innovatie, of bijvoorbeeld innovaties op het gebied van ruimtelijke ontwikkeling komen hooguit zijdelings aan bod.
 - **De lange termijn**, 2030-2050 met doorkijk naar 2070. Voor de periode 2020-2030 zijn al veel maatregelen geformuleerd en innovatie is met name benodigd voor die periode daarna.
 - De **luchtzijdige kant van luchtvaart**. Rondom de grondgebonden activiteiten zijn concrete doelen en maatregelen geformuleerd voor de korte en middellange termijn (vliegtuigafhandeling).
- De verkenning richt zich niet op de **volumekant van luchtvaart** (zoals bijv. sturen met tarieven of belastingen), tenzij technologische innovatie hierin een belangrijke rol speelt.

VRAAGSTELLING

VRAGEN EN SUBVRAGEN VOOR DEZE VERKENNING



6

Waar moeten we ons nu al voor inspannen?

- Welke technologische ontwikkelingen zijn momenteel in beeld?
- Wat kan er met de kennis van nu verwacht worden van deze ontwikkelingen?
- Op welke technologische ontwikkelingen moeten we ons richten?



2. MAATSCHAPPELIJKE UITDAGINGEN DUURZAME LUCHTVAART IN NEDERLAND

MAATSCHAPPELIJKE UITDAGINGEN

VOOR DUURZAME LUCHTVAART IN NEDERLAND



- In dit hoofdstuk wordt als vertrekpunt genomen het zogenaamde **Missiegedreven Innovatiebeleid** (zie volgende pagina's voor een introductie op dit begrip).
- Er wordt een missie gedefinieerd: **Schone en Stille Luchtvaart** en op basis daarvan worden maatschappelijke uitdagingen geformuleerd op het gebied van CO₂, geluid en fijnstof. Daarbij wordt alleen CO₂ echt concreet in deze verkenning vanwege de beperkt beschikbare informatie op de andere terreinen en het karakter van een verkenning.
- In dit hoofdstuk wordt gewerkt met een baseline scenario omtrent de CO₂-ontwikkeling, gebaseerd op werk van CEDelft uit 2018. Ons is bekend dat er discussie is omtrent bepaalde gekozen uitgangspunten bij deze studie, maar niettemin is dit toch de best beargumenteerde en gedocumenteerde bron voor ons op dit moment.

MAATSCHAPPELIJKE UITDAGINGEN

DE MISSIE

DE MISSIE = SCHONE EN STILLE LUCHTVAART

- 1. 85-90% CO₂-emissiereductie in 2050 t.o.v. 1990 (in totalen, niet per pax)**
 - Vanaf 2020 CO₂-neutrale groei
 - 100% CO₂-reductie van de uitstoot van de binnenlandse luchtvaart in 2050
 - 50% CO₂-reductie in 2050 t.o.v. 2005 i.h.k. van ICAO
 - Zoveel mogelijk aansluiten bij de Europese doelen van 85-90% CO₂-emissiereductie in 2050 tov 1990, de “Nederlandse luchtvaart*”
- 2. Vermindering van de emissies die de gezondheid schaden, zoals (ultra)fijnstof****
- 3. Sterke terugdringing van de geluidsoverlast rond de luchthavens****

* Onder de “Nederlandse luchtvaart” wordt verstaan, vluchten uitgevoerd door Nederlandse luchtvaartmaatschappijen, inclusief bewegingen in het buitenlandse luchtruim. Als indicator wordt vaak gebruikt het brandstofverbruik voor vertrekkende vluchten.

** Toelichting op de missie

- In het maatschappelijke discours is er redelijke consensus over de problematiek en ambities om **CO₂-emissies** te reduceren, en in mindere mate over de bijbehorende oplossingsrichtingen.
- T.a.v. **niet-CO₂-emissies** geldt dat de omvang van de problematiek nog erg onbekend is, met name (ultra)fijnstof. Het is daarom nog niet mogelijk om tot (gedragen) ambities en oplossingsrichtingen te komen.
- T.a.v. **geluid** geldt dat de omvang van de problematiek redelijk bekend is (zowel in decibellen als hoe dit wordt ervaren); maar dat nog weinig uitzicht is op consensus over de ambities en oplossingsrichtingen. Wel duidelijk is een sterke maatschappelijke behoefte aan minder overlast door geluid.



UITGELICHT: AMBITIES LUCHTVAARTTAFEL MBT CO₂-EMISSIONS

	Mondiaal: ICAO doelstellingen voor internationale luchtvaart	Europees: EU- doelstellingen voor binnenlandse emissies	Nationale afspraken voor internationale luchtvaart	Nationale afspraken voor binnenlandse luchtvaart en grondgebonden luchtvaartactiviteiten
Vanaf 2020	CO ₂ -neutrale groei			
2030		NCD ingevuld voor mobiliteit: 15% reductie tov 1990. Algemeen 49% reductie tov 1990	Uitstoot reduceren tot het niveau van 2005. Er wordt onderzocht of een hogere ambitie realistisch is	100% reductie van emissies van grondgebonden luchtvaartactiviteiten
2050	50% CO₂-reductie in 2050 tov 2005. Onderzocht wordt of aanscherping mogelijk is.	Algemeen: 85-90% CO₂- reductie tov 1990.	Zoveel mogelijk aansluiten bij algemene Europese doelstelling: 85- 90% CO₂-reductie tov 1990 en onderzoeken of hierover afspraken zijn te maken in ICAO.	100% CO₂-reductie van de uitstoot van de binnenlandse luchtvaart.
2070			Zero-emissie (met name kennisinstellingen zullen in 2019 onderzoeken hoe realistische deze stip op de horizon is.	

MAATSCHAPPELIJKE UITDAGINGEN

INTRODUCTIE OP MISSIEGEDREVEN INNOVATIEBELEID

11

- In **modern innovatiebeleid** wordt innovatie voortgebracht door complexe interacties tussen veel verschillende partijen, die gezamenlijk het nationaal innovatiesysteem vormen. De nadruk ligt op het goed laten stromen van kennis tussen de verschillende partijen aan de aanbodzijde van het innovatiesysteem. Wanneer bepaalde actoren binnen het innovatiesysteem afwezig zijn of noodzakelijke interacties tussen actoren, kan er sprake zijn van **systeemfalen**.
- Het **topsectorenbeleid** is gericht op het versterken van het innovatiesysteem. Het is aanbodgedreven, d.w.z. gericht op het versterken van nieuwe kennis en technologie. De innovaties worden ontwikkeld door gevestigde partijen op basis van bestaande competenties en richten zich grotendeels op bestaande markten.
- Bij **maatschappelijke uitdagingen** ontbreken vaak markten of zijn deze onvolmaakt. Met de huidige vorm van innovatiebeleid worden daarom vooral **incrementele verbeteringen** voor grotendeels bestaande markten ontwikkeld, terwijl soms radicaal nieuwe wegen ingeslagen moeten worden. Dit heet **transitiefalen**.
- **Missiegedreven innovatiebeleid** stuurt op het oplossen van **maatschappelijke uitdagingen**. Het bouwt voort op modern innovatiebeleid/topsectorenbeleid.
- Een maatschappelijke missie is een strategisch doel dat urgentie kent, inspeelt op belangrijke maatschappelijke vraagstukken en baanbrekende veranderingen vereist. **Een missie geeft dus richting en urgentie aan.**
- De complexiteit van maatschappelijke missies schuilt er vaak in dat er in de samenleving **geen consensus** bestaat over de aard en omvang van het probleem, of zelfs de oorzaken ervan. Op die basis kan ook nooit consensus over de oplossing(srichting) ontstaan.
- Er zal daarom eerst een proces doorlopen moeten worden **met de partijen in het innovatiesysteem** gericht op het verkrijgen van (zoveel als mogelijk) een breed gedragen beeld van het probleem en de bijbehorende mogelijke oplossingen. Het proces rondom de klimaattafels is een voorbeeld van hoe dit te bereiken en een bewijs van hoe lastig het is. Het proces rondom de Alderstafel bewijst eveneens hoe moeilijk dit kan zijn.



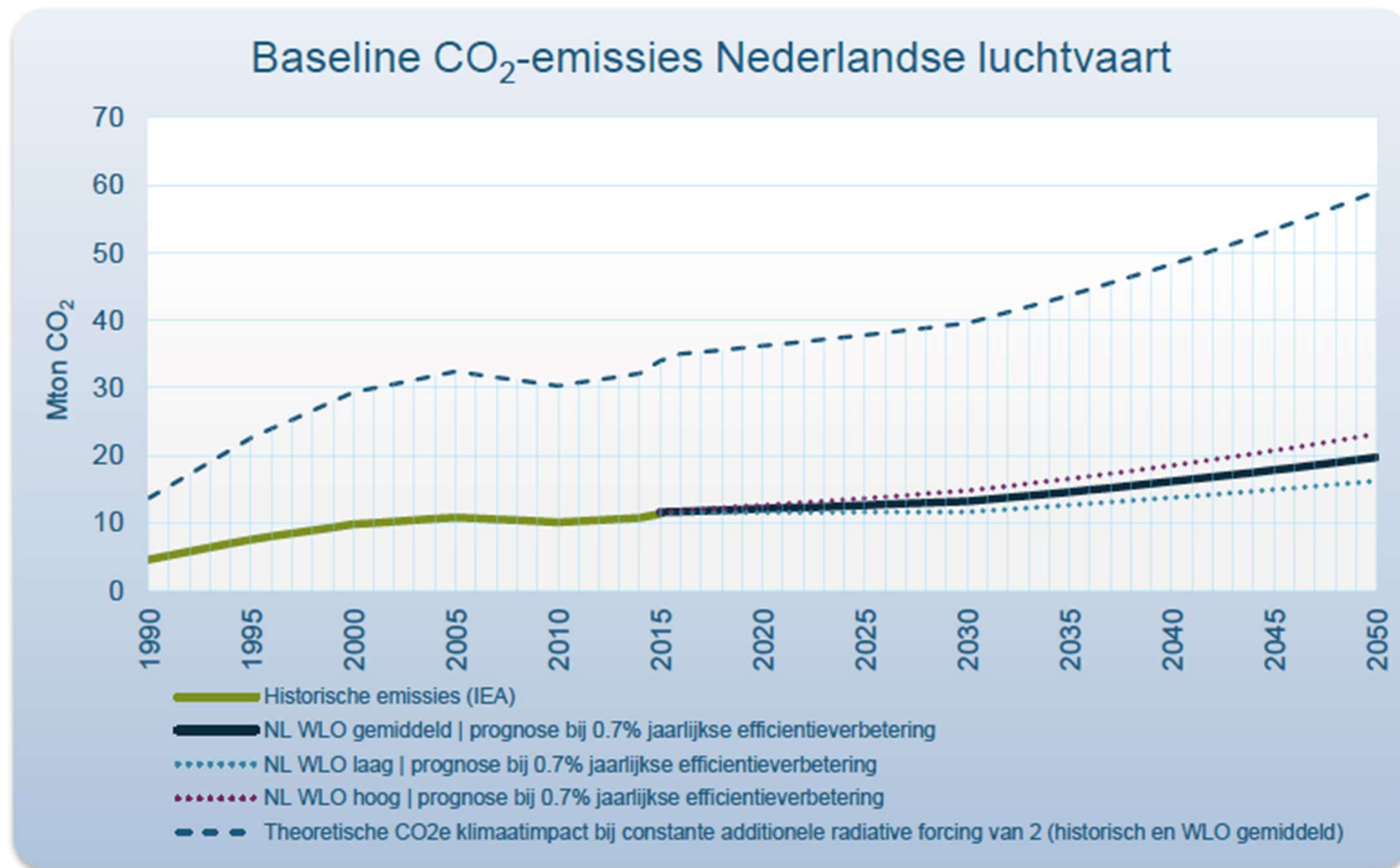
MAATSCHAPPELIJKE UITDAGINGEN

INTRODUCTIE OP MISSIEGEDREVEN INNOVATIEBELEID (2)

12

- Volgens Hekkert et al. vragen maatschappelijke missies om een sterke focus op de **verspreiding van innovaties** (diffusie). Daarmee wordt bedoeld op een vraag van marktpartijen die daadwerkelijk de innovatie willen **adopter** (vb: schone brandstoffen; elektrische vliegtuigen).
- Missiegedreven innovatiebeleid begint daarom met het **vertalen van de maatschappelijke uitdaging in een duidelijke marktvraag** om de richting van de innovatie te veranderen naar een oplossing voor de maatschappelijke uitdaging.
- Pas nadat een oplossingsrichting helder is **dienen markten gecreëerd** te worden voor innovaties die bijdragen aan de oplossing. Dit kan via normstelling, verboden, wet- en regelgeving, grootschalige investeringsprogramma's, nieuwe financiële arrangementen om burgers te verleiden te investeren, inkoopprogramma's van overheden en (tijdelijke) aanschafsubsidies voor nieuwe technologie.
- Volgens wetenschappelijk onderzoek duurt de **formatieve fase** van innovaties gemiddeld 22 jaar (!). Bij nieuwe infrastructuur (zoals nodig bij elektrische auto's), technologische complexen (bij de gebouwde omgeving), nieuwe regels en collectieve goederen duurt het vaak langer. Dit speelt helaas vaak bij de opgaven van ministeries. Bij innovaties die de consument heel graag wil hebben en bij **autoriteitsbeslissingen** (zoals het verbieden van CFK's en fosfaat in wasmiddelen) kan het een stuk sneller gaan.
- Volgens Hekkert is het voor het behalen van de doelstellingen van Parijs daarom belangrijk om in te zetten op het **verbeteren van bestaande innovaties**. Bij grote maatschappelijke opgaven moeten we de aandacht verschuiven van R&D naar **marktcreatie**. Dat is de snelste manier om een innovatie-ecosysteem op te bouwen. En de prijzen dalen het snelst door innovatie in een sterk groeiende markt. De klimaatdoelstellingen van Parijs moeten we volgens Hekkert vooral halen met 'bekende' innovaties die al ver in de formatieve fase zijn.
- Voor innovaties benodigd daarna moet al – gezien de lange formatieve fase – nu worden begonnen met de R&D en proeftuinontwikkelingen.

BASELINE SCENARIO OP BASIS VAN CE-DELFT



Figuur 1, baseline emissies Nederlandse luchtvaart (bron baseline data: CE Delft)

BASELINE SCENARIO

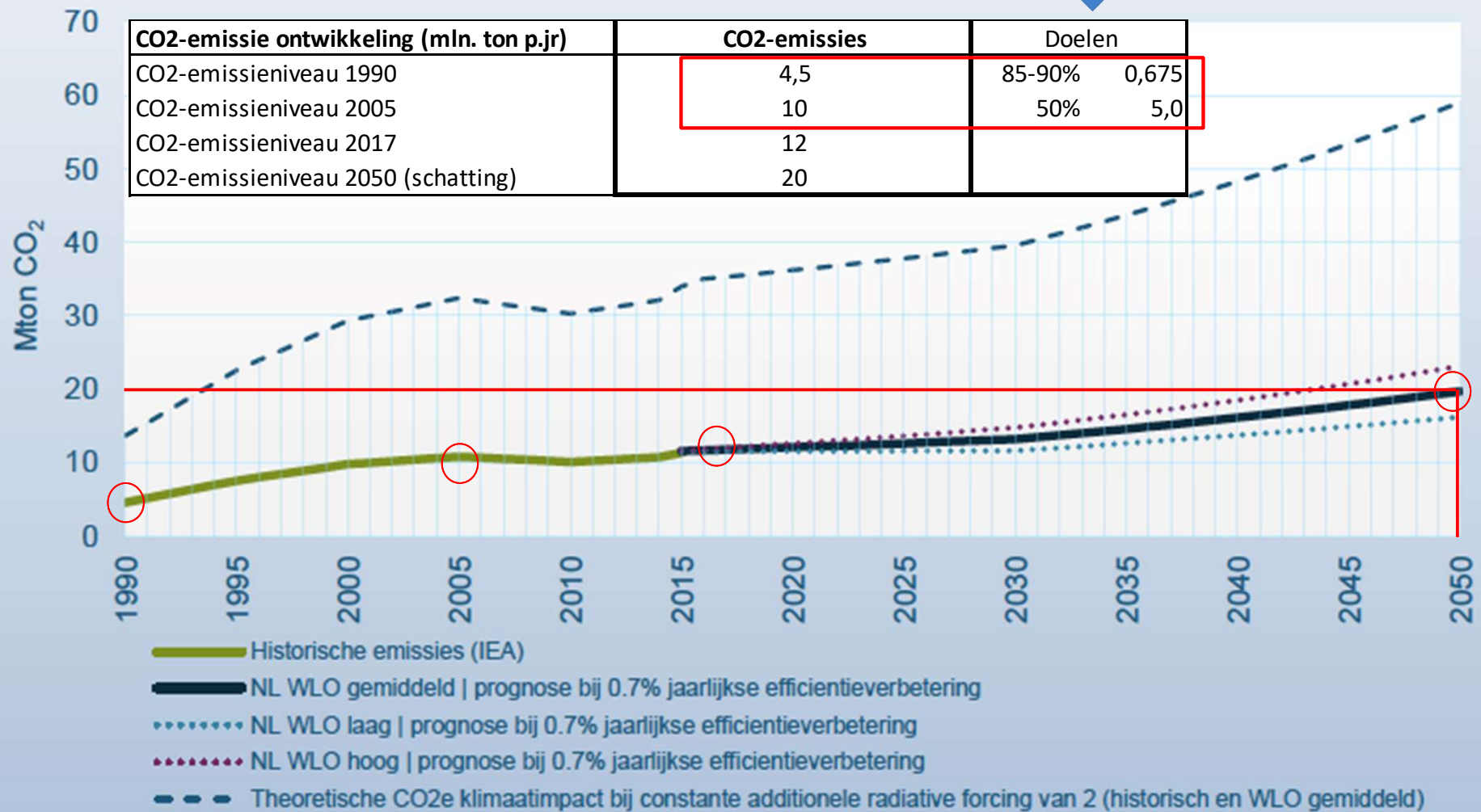
TOELICHTING BIJ FIGUUR VORIGE PAGINA



- Baselinescenario in RHDHV is gebaseerd op CE Delft.
- Het betreft CO₂-emissies door brandstofverbruik voor **vertrekkende internationale vluchten**.
- Gebaseerd op een gemiddelde van hoog en laag WLO-scenario (met restricties op de luchthaven) en een autonome efficiency-verbetering van 0,7% per jaar.
- “Naast de uitstoot van CO₂ zorgt vliegverkeer op andere manieren voor klimaatimpact, o.a. door de invloed op wolkenvorming en op de vorming van ozon”. Dit wordt telkens als PM post meegenomen omdat er nog geen goed kwantitatief beeld is.

Vertaling van de
ambitie voor
1990 naar het
baselinescenario

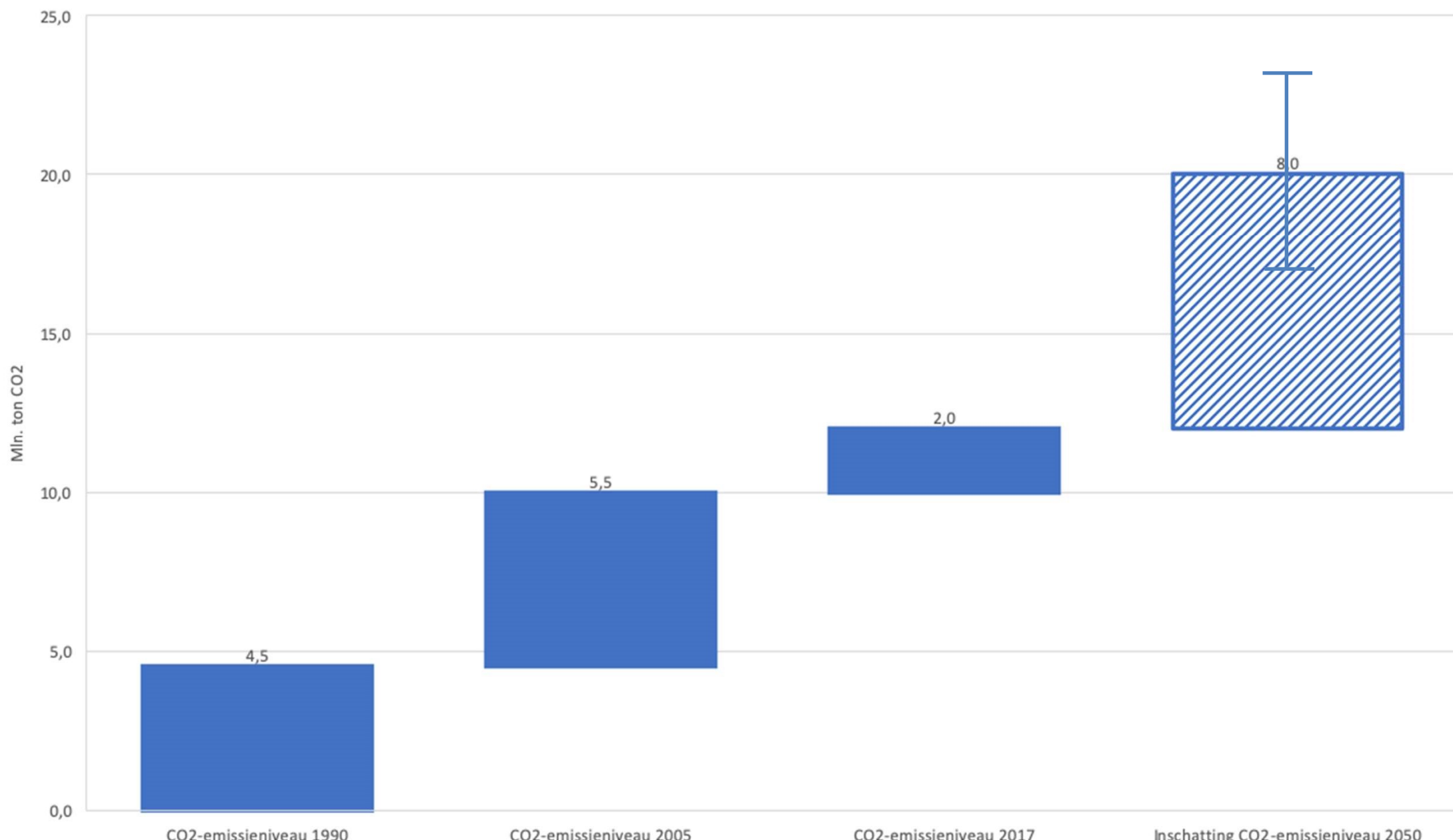
Baseline CO₂-emissies Nederlandse Luchtvaart



Figuur 1, baseline emissies Nederlandse luchtvaart (bron baseline data: CE Delft)

CO₂-emissies in 2050

■ Toename ■ Afname ■ Totaal



BASELINE SCENARIO

ONZEKERHEDEN IN SCENARIO'S



17

- De groei van de luchtvaart en de groei van de CO₂-emissies zijn met veel onzekerheden omgeven.
- In een publicatie van het PBL wordt aangegeven dat langetermijnsenario's van het PBL en CPB (uit 2015) een groei verwachten van 2 a 3 % per jaar tussen 2013 en 2050, maar dat de daadwerkelijke groei lager ligt als gevolg van de beschikbare capaciteit. Er wordt niet in gegaan op de mogelijke groei onder restricties.
- Het PBL hanteert voorts een bandbreedte van 0,6 tot 2,0% efficiëntieverbetering per jaar.
- Dit onderstreept het belang om te werken met onzekerheidsmarges, rondom het verwachte CO₂-emissieniveau in 2050 en alle daarvan afgeleide parameters zoals de emissiereductie-potentiëlen van technologiesporen (als % uitgedrukt) en het beleidsgat.



3. TECHNOLOGIESPOREN

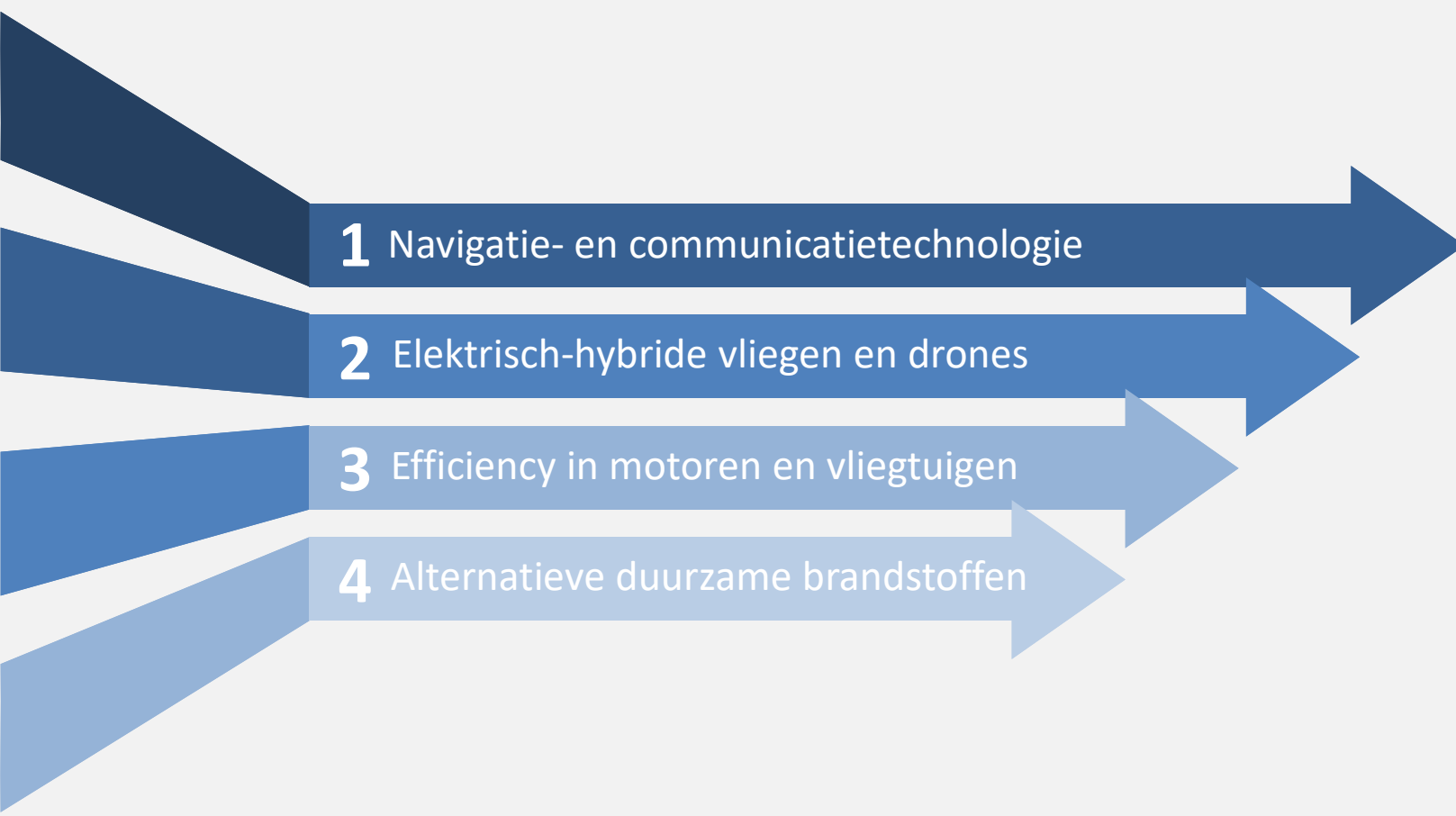
TECHNOLOGIESPOREN

VIER HOOFDSPOREN



19

- Er worden vier technologiesporen onderscheiden:



1 Navigatie- en communicatietechnologie

2 Elektrisch-hybride vliegen en drones

3 Efficiency in motoren en vliegtuigen

4 Alternatieve duurzame brandstoffen

TECHNOLOGIESPOREN

SPOOR 1: NAVIGATIE- EN COMMUNICATIE TECHNOLOGIE



- Geoptimaliseerde vliegroutes, start- en landingsroutes en baangebruik kunnen een significante bijdrage leveren aan de verduurzaming van de luchtvaart, op korte en middellange termijn.
- De **vliegoperatie** kan geoptimaliseerd worden door o.a. routes en start- en landingsprocedures aan te passen. Hieronder worden de belangrijkste ontwikkelingen genoemd:
 - **Continuous descent approach (CDA)**: een procedure waarbij het vliegtuig vanaf grote hoogte een continue daling inzet en daarmee de totale energie benodigd voor de landing verminderd. In combinatie met vaste naderingsroutes levert dit ook veel geluidsreductie op.
 - **Directer vliegen**: een meer directe route naar de eindbestemming zonder gebruikmaking van tussenpunten (waypoints).
 - **Arrival management**: meer optimale manier om vliegtuigen in volgorde het luchtruim binnen te geleiden en richting landing te begeleiden.
 - **Steilere daalhoek**: met vooral voordelen voor geluidsreductie (en mogelijk ook CO₂).

TECHNOLOGIESPOREN

SPOOR 1: NAVIGATIE- EN COMMUNICATIETECHNOLOGIE



- De sleutel ligt enerzijds bij **institutionele veranderingen**: herziening van het luchtruim; aanpassing van procedures en protocollen en aanpassing van gewoonten en gebruiken.
- Anderzijds is ook **technologische innovatie** benodigd, met name op het gebied van **enabling technologies** zoals ICT, navigatie- en communicatietechnologie. 5G-netwerken, nauwkeurige navigatietechnologie, ground-based navigation en autopilots moeten bijv. worden doorontwikkeld en doorgevoerd.
- **Snelle adoptie** van deze enabling technologies in het Nederlandse luchtruim en toepassing ervan in de (luchthaven)infrastructuur heeft drie positieve effecten:
 - Duurzaamheidswinst door efficiëntere routing.
 - Het aantrekken van de modernste vliegtuigen naar Nederland, die tevens ook schoner en stiller zijn.
 - Proeftuin voor Nederlandse bedrijven actief in deze technologieën.

TECHNOLOGIESPOREN

SPOOR 1: NAVIGATIE- EN COMMUNICATIETECHNOLOGIE



22

- Op basis van expert-judgement van de gesprekspartners binnen het ministerie is tot een volgende inschatting gekomen qua timing.

Segment	<2030	<2040	<2050	<2070	Toelichting
CDA // Directer vliegen // Arrival Management // Steilere Daalhoek					Tot 2030 veel vooruitgang op het gebied van navigatie- en communicatietechnologie. Na 2040 in de richting van zelfvliegende/onbemande toestellen. Deze innovatie leidt tot minder km's vliegen, efficiëntere landingen en daardoor tot minder brandstofverbruik. Met name optimalisatie in start- en landingsprocedures kan een significant gunstig effect op geluidsemissies hebben.



toename in dit tijdvak



snelle toename in dit tijdvak



afname in dit tijdvak



geen rol van betekenis in dit tijdvak

Bronnen: "take outs Boeing en Airbus", belangrijkste bevindingen van de bezoeken aan en interviews met Boeing en Airbus in 2019, K. Noordeloos, 9 maart 2019; NLR: Kennis ten behoeve van de Luchtvaartnota, NLR-CR-2018-407, januari 2019; teamanalyse innovatieteam lenW Luchtvaartnota.

TECHNOLOGIESPOREN

SPOOR 2: ELEKTRISCH-HYBRIDE VLIEGEN EN DRONES



- Er komt een **Actieprogramma** Hybride/Elektrisch Vliegen per 1 juli 2019.
- Het actieplan zal onder een **aantal doelstellingen** bevatten (zie tabel volgende pagina's).
- In het akkoord Duurzame Luchtvaart spreekt de sector de ambitie uit om in 2030 **koploper** te zijn op het gebied van elektrificatie van de luchtvaart. Uit het Green Paper van NLR/TUD wordt duidelijk dat een koploperpositie wordt gezocht op het gebied van het **demonstreren** van elektrisch-hybride vliegen.
- Het actieplan zal ook duidelijkheid scheppen over een verdeling van verantwoordelijkheden en een **tijdelijke organisatiestructuur**:
 - LRN voor de internationale luchtvaart
 - NVL voor de Grondgebonden Luchtvaartactiviteiten, en
 - Platform duurzaam vliegen voor Luchtgebonden Luchtvaartactiviteiten.

TECHNOLOGIESPOREN

SPOOR 2: ELEKTRISCH-HYBRIDE VLIEGEN EN DRONES



- Daarnaast wordt gewerkt aan de voorbereiding van en besluitvorming over een Nationaal Programma Duurzame Luchtvaart o.l.v. NLR en TU Delft (zie “uitgelicht”).
- Drones: rondom de ontwikkeling van drones bestaat nog veel onduidelijkheid. Met de kennis van nu wordt geen grote rol in de burgerluchtvaart verwachting voor 2050.
- Doelstellingen:
 - KT (<2030): Kleine luchtvaart/lestoestellen: vliegen met elektrische vliegtuigen
 - MLT (<2040): eerste elektrisch-hybride vliegtuigen in gebruik met 20-50 passagiers
 - LT (<2050): Korte afstandsvluchten tot 500 km. volledig elektrisch
 - ZLT (<2070): Zero-emissie (elektrisch) vliegen.

TECHNOLOGIESPOREN

SPOOR 2: ELEKTRISCH-HYBRIDE VLIEGEN EN DRONES

25

- Op basis van expert-judgement van de gesprekspartners binnen het ministerie is tot een volgende inschatting gekomen qua.

Segment	<2030	<2040	<2050	<2070	Toelichting
Drones	▲	▲	▲	▲	- Elektrisch vliegen heeft een positieve impact op alle drie doelen: CO₂; (ultra)fijnstof en geluid. - Er blijft geluidsemissie aanwezig, net zoals met elektrische auto's, maar veel minder. [drones PM]
Hybride	■	▲	▲	▲	
Full-electric	■	■	▲	▲	



toename in dit tijdvak



snelle toename in dit tijdvak



afname in dit tijdvak



geen rol van betekenis in dit tijdvak



UITGELICHT: E-PLATFORM DUURZAAM VLIEGEN

- Partijen uit de sector werken samen aan elektrisch vliegen in **general aviation**: vliegvelden, Aircraft Owners & Pilots association, KNVVL, producenten, importeur en leveranciers van elektrische vliegtuigen en motoren; vliegscholen en onderzoeks- en opleidingsinstellingen.
- Platform richt zich op concrete initiatieven en projecten voortbouwend op de reeds bestaande mogelijkheden voor **elektrificatie van korte vluchten** (150-200 km, o.a. lesvliegtuigen).
- Insteek is schoon, maar **vooral stil vliegen**: stille cirkels boven de luchthaven; stil starten en landen.
- Elektrificatie van de kleine luchtvaart kan de **wegbereider zijn voor elektrificatie van de grote luchtvaart**. Gebruik de kleine luchtvaart daarom als hefboom.

TECHNOLOGIESPOREN

SPOOR 2: ELEKTRISCH-HYBRIDE VLIEGEN EN DRONES



UITGELICHT: NATIONAAL ONDERZOEKSPROGRAMMA DUURZAME LUCHTVAART

- Voor het behalen van de lange termijn doelen is volgens kennisinstellingen “**radicaal nieuwe technologie**” benodigd. Deze technologie zit in het hetzelfde ontwikkelingstraject als emissieloos vliegen.
- De NLR en TU Delft hebben een voorstel gemaakt voor een onderzoeksprogramma gericht op het ontwikkelen van een nieuw voortstuwingssysteem voor een nieuw vliegtuig. Het voorstel betreft de **ombouw van een bestaand vliegtuig naar een hybride-elektrische variant** voor onderzoek en doorontwikkeling richting commerciële producten.
- Elektrisch-hybride vliegen wordt ontwikkeld vanuit nieuwe aandrijflijnen, componenten, vormen van energieopslag en nieuwe vliegtuigconcepten met verbeterde aerodynamische eigenschappen en voortstuwingsintegratie. **Technologische doorbraken zijn nodig.**
- De inschatting van partijen is dat agv beter financieel instrumentarium, de ontwikkeling van hybride elektrische aandrijving voor een middelgroot vliegtuig (ca. 100 passagiers) kan worden versneld naar 10-20 jaar ipv 30-40 jaar nu. Ook aanpassingen in het “regime” zijn benodigd: aanpassing regelgeving, tariefstelling, financieel instrumentarium en business modellen. Dit maakt dat de overgang van elektrisch vliegen niet alleen een technologische innovatie is, maar een systeeminnovatie.
- Ontwikkeling geschiedt **vanuit de niche kleine luchtvaart en en zal via schaalvergroting de weg vinden naar elektrificatie van grotere toestellen.**

TECHNOLOGIESPOREN

SPOOR 3: EFFICIENCY VERBRANDINGSMOTOREN EN VLIEGTUIGONTWERP



- Wereldwijd zijn er 2 grote vliegtuigfabrikanten en 4 motorenleveranciers. De orderboeken van de grote vliegtuigfabrikanten zijn voor de komende 10 jaar gevuld. **De noodzaak tot innovatie op de korte termijn is beperkt** en vooral gericht op verdere brandstofbesparing, vergroting van de capaciteit en vermindering van kosten (en uitstoot) per passagier.
- Door **incrementele verbeteringen** kan worden gesteld dat elke volgende generatie vliegtuigen zo'n 15 a 20% zuiniger is dan zijn voorganger. Efficiency kan worden verbeterd in:
 - Motoren (met nieuwe technologieën veel zuiniger)
 - Aerodynamica van het vliegtuig (minder weerstand)
 - Materialen (verdere gewichtsverlaging van vliegtuigen)
 - Elektrisch taxiën (minder emissies op de grond)
- Deze incrementele ontwikkelingen zullen zich **grotendeels autonoom** voor doen. D.w.z. dat deze ontwikkeling zonder specifiek (Nederlands) beleid zal plaats vinden. De belangrijkste drivers bij deze autonome ontwikkeling zijn brandstofbesparing en daarmee kostenbesparing.

TECHNOLOGIESPOREN

SPOOR 3: EFFICIENCY VERBRANDINGSMOTOREN EN VliegTUIGONTWERP



- Nederland kan deze autonome (beleidsarme) ontwikkeling wel versnellen: door met behulp van tarieven of wet- en regelgeving **nieuwe, schone vliegtuigen te belonen** en oudere vliegtuigen te benadelen of te verbieden. Dit stimuleert de inzet van schone vliegtuigen op Nederlandse luchthavens door buitenlandse luchtvaartmaatschappijen en snellere vlootvervanging bij Nederlandse luchtvaartmaatschappijen.
- Een belangrijke ontwikkeling is de inzet van **grotere vliegtuigen** die meer passagiers kunnen vervoeren. Op luchthavens met capaciteitsproblemen (geluid of aantal bewegingen) kunnen meer passagiers vervoerd worden door met grotere vliegtuigen te vliegen. Grotere vliegtuigen zijn per passagiers schoner (en stiller) dan kleinere vliegtuigen. **Capaciteitsrestricties** sturen dus indirect op grotere vliegtuigen en minder emissie per passagier. De geluidsreductie daalt hier in mee.

TECHNOLOGIESPOREN

SPOOR 3: EFFICIENCY VERBRANDINGSMOTOREN EN VliegTUIGONTWERP



30

- Op basis van expert-judgement van de gesprekspartners binnen het ministerie is tot een volgende inschatting gekomen qua timing.

Segment	<2030	<2040	<2050	<2070	Toelichting
Efficiënte motoren // Betere aerodynamica // Lichtere materialen // Elektrisch taxiën					- Een verbetering van de efficiency heeft impact op alle drie doelstellingen: CO₂, (ultra)fijnstof en geluid. - Efficiencyverbetering van 1% tot 1,5% per jaar is mogelijk. - Met betrekking tot geluid is de verwachting dat dit nog sneller kan afnemen dan de CO₂-reductie, zeker in combinatie met hybride starten en met andere landingsprocedures.



toename in dit tijdvak



snelle toename in dit tijdvak



afname in dit tijdvak



geen rol van betekenis in dit tijdvak



- Nederland ziet kans om op **korte en middellange termijn door de inzet van duurzame biobrandstoffen** CO₂-winst te boeken.
- Voor de **middellange termijn worden mogelijkheden gezien voor synthetische kerosine**. Deze is volledig duurzaam, maar vraagt om verdere ontwikkeling, opstart en opschaling van de productie en kostenreductie.
- Het opstarten en opschalen van alternatieve duurzame brandstoffen heeft ook een **sterk economische rationale**. Door de aanwezigheid van de chemische industrie, infrastructuur (pijpleidingen), lucht- en zeehavens en kennisinstellingen heeft Nederland alle spelers in huis om een voortrekkersrol op de markt voor duurzame alternatieve brandstoffen te spelen. Daarnaast speelt Nederland in West-Europa ook een sleutelrol in de productie van en handel in kerosine.

TECHNOLOGIESPOREN

SPOOR 4: ALTERNATIEVE DUURZAME BRANDSTOFFEN



- De sector wil op drie sporen inzetten:
 1. **HEFA**: realiseren van Nederlandse productiecapaciteit voor biokerosine uit duurzame grondstoffen via het HEFA proces. O.b.v. groene stroom/groene waterstof t.b.v. verbrandingsmotoren of als energiedrager voor waterstofcellen. De sector spant zich in voor een commerciële fabriek in 2021.
 2. **Synthetische kerosine**: Ontwikkeling van commerciële productie van biokerosine langs synthetische weg uit CO₂. SkyNRG, Port of Amsterdam en KLIM, TATA en Oiltanking werken een business plan voor een proeffabriek voor synthetische kerosine (schatting 2022) en een commerciële fabriek op langere termijn (schatting 2028).
 3. **Biokerosine uit overige, kansrijke grondstoffen** en conversietechnologieën. R&D inzet op de bevordering van productie van biokerosine uit biomassa en reststromen en daaraan gekoppelde ketenontwikkeling. Oprichting Kennis Initiatief Duurzame Luchtvaart. Uitvoeren haalbaarheidsstudies; start demofabriek geprefereerde routes 2020-2025; regulering en certificering, realisatie commerciële productie en kennisagenda.

TECHNOLOGIESPOREN

SPOOR 4: ALTERNATIEVE DUURZAME BRANDSTOFFEN



- Mogelijke **beleidsmaatregelen** zijn:
 - Launching customership (o.a. inkoop via Defensie en zakelijke dienstreizen). Vooral bedoeld om de productie op gang te helpen.
 - Verplichting hernieuwbare energie, bij voorkeur op Europees niveau.
 - Aanpassing van de RED II en III, met oog op verbreding grondstoffenbasis.
 - Opzetten van effectief systeem van CO₂-allocatie, bij voorkeur op Europees niveau. Overbruggings-/compensatiemechanisme naar analogie van SDE+ (100-120 mln. Euro/jr).
 - Garantstellingsfaciliteit voor de financiering van de productie.
 - Verhoging van de bestaande DKTI-regeling t.b.v. De demonstratie van nieuwe grondstof/technologiecombinaties (25-35 mln. Euro).
- **Creëren van markten** door de overheid d.m.v. bijv. CO₂-plafonds en verplichte norm bijmenging.

TECHNOLOGIESPOREN

SPOOR 4: ALTERNATIEVE DUURZAME BRANDSTOFFEN

34

- Op basis van expert-judgement van de gesprekspartners binnen het ministerie is tot een volgende inschatting gekomen qua timing.

Segment	<2030	<2040	<2050	<2070	Toelichting
Hefa					50%-90% reductie op CO₂ (emb.) mogelijk. [effect op fijnstof pm] - Geen effect op geluid - Aanname is 30% bijmenging in 2050; gemiddeld 75% CO₂-emb. reductie tov fossiel. Impact is 30%*75%=23%, afgerond 20%.
Duurzame synthetische kerosine					
Overige kansrijke grondstoffen					



toename in dit tijdvak



snelle toename in dit tijdvak



afname in dit tijdvak



geen rol van betekenis in dit tijdvak



4. VINGEROEFENING EMISSIEREDUCTIEPOTENTIEEL COMBINATIE TECHNOLOGIESPOREN

TECHNOLOGISCHE INNOVATIESPOREN

VIER HOOFDSPOREN



36

- De vier technologiesporen hebben een volgorde als men uitgaat van het emissiereductiepotentieel:

1 Navigatie- en communicatietechnologie

Minder km's vliegen

2 Elektrisch-hybride vliegen en drones

Zoveel mogelijk elektrisch vliegen

3 Efficiency in motoren en vliegtuigen

Zo min mogelijk brandstofverbruik

4 Alternatieve duurzame brandstoffen

Zo veel mogelijk met alternatieve duurzame brandstoffen

TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

DE DAALVLUCHT NAAR ZERO-EMISSIE



37



TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

EMISSIONREDUCTIEPOTENTIEEL



38

- Analyse RHDHV: nadruk op het **potentieel van technische maatregelen**.
- Reductiepotentieel uitgedrukt als % van de CO₂-emissie in 2050
- Maar ook beperkingen:
 - Het is een inschatting van het **maximale** reductiepotentieel.
 - Je mag het potentieel van maatregelen **niet bij elkaar optellen**.
 - Het is een analyse van het technische potentieel, maar **zegt niks over de economische haalbaarheid**. (N&M: het is een optimistische weergave van het werkelijke reductiepotentieel)

TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

VINGEROEFENING EMISSIEREDUCTIEPOTENTIEEL GECOMBINEERDE MAATREGELEN



	Individuele maatregelen
1	Optimaal Air Traffic Management
2	Aanpassen van start- en landingsprocedures
3	Hybride elektrisch vliegen
4	Volledig elektrisch vliegen
5	Airside electric vliegen
6	Efficiëntieverbeteringen
7	Propellervliegtuigen
8	Versneld schonere vliegtuigen inzetten
9	Biobrandstoffen
10	Power to liquid

TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

VINGEROEFENING EMISSIEREDUCTIEPOTENTIEEL GECOMBINEERDE MAATREGELEN



TS	Gecombineerde maatregelen	Individuele maatregelen
1	Navigatie- en communicatie techn. (minder km's vliegen)	Optimaal Air Traffic Management Aanpassen van start- en landingsprocedures
2	Elektrisch hybride vliegen en drones (zoveel mogelijk elektrisch vliegen)	Hybride elektrisch vliegen Volledig elektrisch vliegen Airside electric vliegen
3	Efficiency in motoren en vliegtuigen (zo min mogelijk brandstofverbruik)	Efficiëntieverbeteringen Propellervliegtuigen Versneld schonere vliegtuigen inzetten
4	Alternatieve duurzame brandstoffen (zoveel mogelijk met...)	Biobrandstoffen Power to liquid

TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

VINGEROEFENING EMISSIEREDUCTIEPOTENTIEEL GECOMBINEERDE MAATREGELEN



41

Bronnen: * "Emissiereductiepotentieel in de Nederlandse Luchtvaart", RHDHV rapport, 21 maart 2019

	Gecombineerde maatregelen	Individuele maatregelen	Indicatie reductiepotentieel
			Individueel*
			Maximaal
1	Minder km's vliegen	Optimaal Air Traffic Management	4%
		Aanpassen van start- en landingsprocedures	2%
2	Zoveel mogelijk elektrisch vliegen	Hybride elektrisch vliegen	8%
		Volledig elektrisch vliegen	3%
		Airside electric vliegen	3%
3	Zo min mogelijk brandstofverbruik	Efficiëntieverbeteringen	5%
		Propellervliegtuigen	5%
		Versneld schonere vliegtuigen inzetten	3%
4	Zoveel mogelijk met alternatieve duurzame brandstoffen	Biobrandstoffen	26%
		Power to liquid	63%

TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

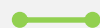
VINGEROEFENING EMISSIEREDUCTIEPOTENTIEEL GECOMBINEERDE MAATREGELEN



42

Bronnen: * "Emissiereductiepotentieel in de Nederlandse Luchtvaart", RHDHV rapport, 21 maart 2019; ** analyse Blueconomy

Gecombineerde maatregelen		Individuele maatregelen	Indicatie reductiepotentieel		
			Individueel*	Gecombineerd**	
			Maximaal	Laag	Hoog
1	Nav. en comm. technologie	Optimaal Air Traffic Management	 4%	2,5%	5%
	(minder km's vliegen)	Aanpassen van start- en landingsprocedures	 2%		
2	Elektrisch-hybride vliegen (zoveel mogelijk elektrisch vliegen)	Hybride elektrisch vliegen	  8%	5%	10%
		Volledig elektrisch vliegen	  3%		
		Airside electric vliegen	  3%		
3	Efficiency in motoren en vliegtuigen (zo min mogelijk brandstofverbruik)	Efficiëntieverbeteringen	  5%	5%	10%
		Propellervliegtuigen	  5%		
		Versneld schonere vliegtuigen inzetten	  3%		
4	Alternatieve duurzame brandstoffen (zoveel mogelijk met...)	Biobrandstoffen	 26%	25%	60%
		Power to liquid	 63%		



maatregelen gaan (gedeeltelijk) samen



maatregelen gaan niet samen (of-of)

TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

VINGEROEFENING EMISSIEREDUCTIEPOTENTIEEL GECOMBINEERDE MAATREGELEN

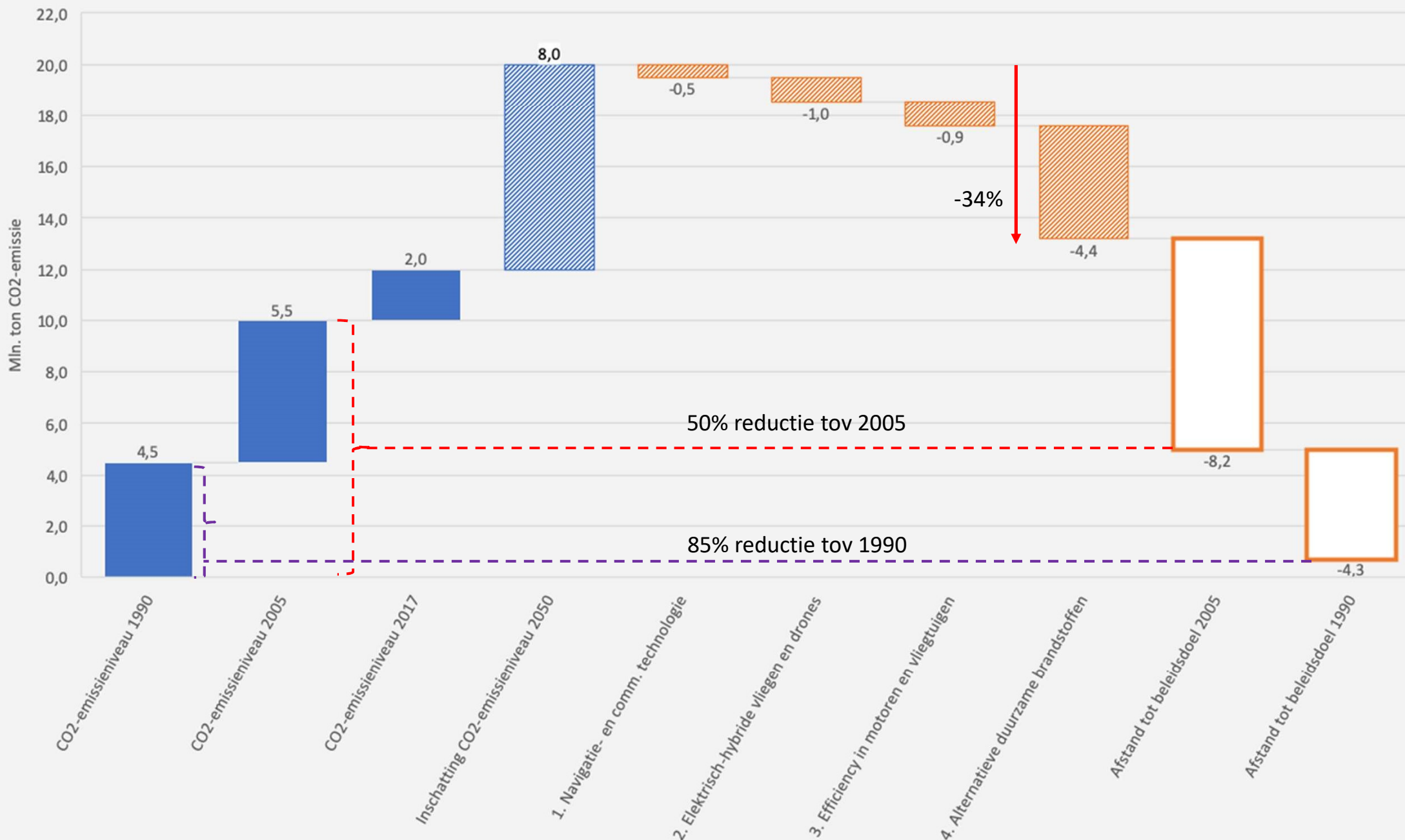


43

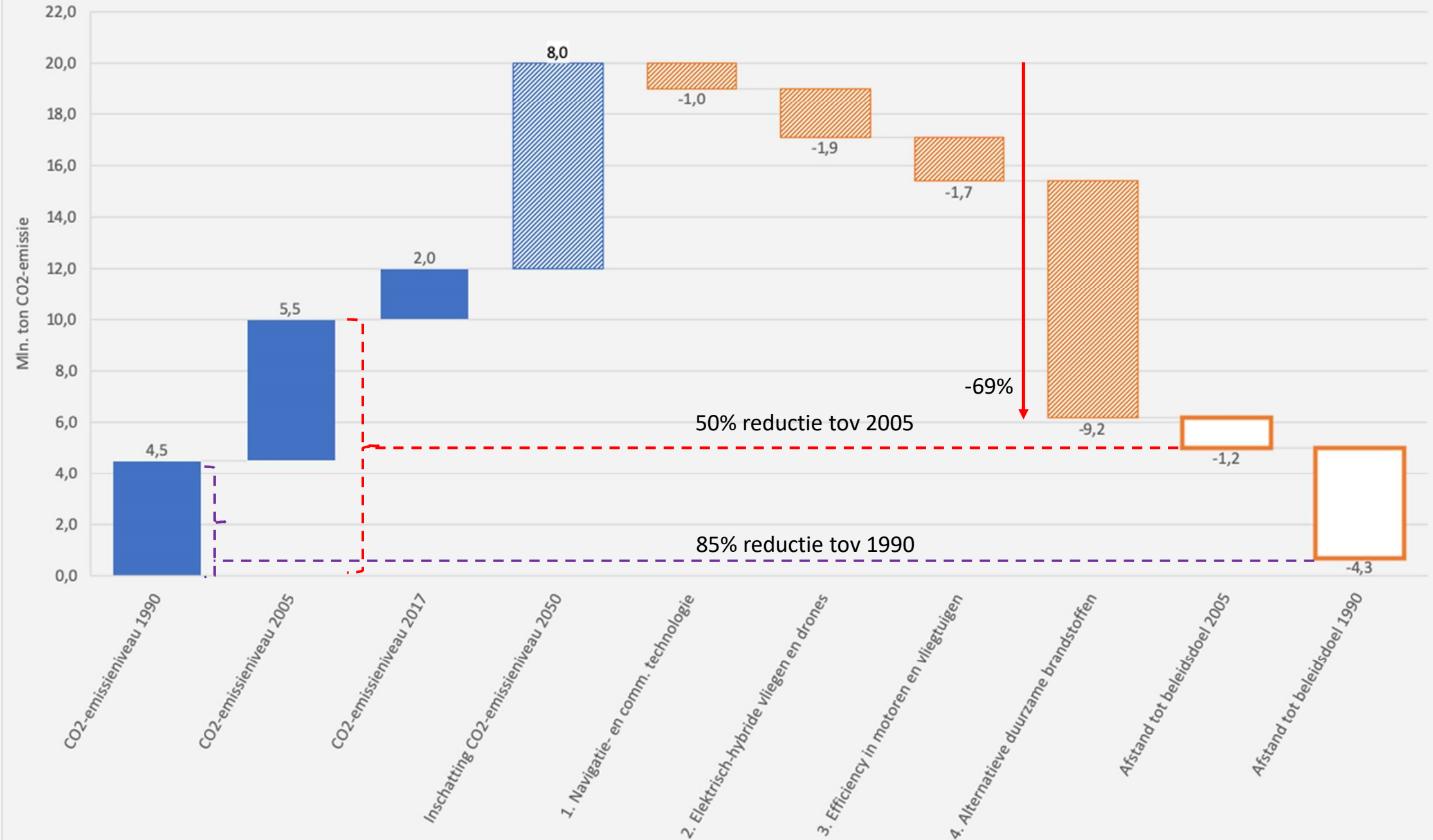
Het gecombineerde reductiepotentieel van:

	Minder km's vliegen	X	Zoveel mogelijk elektrisch vliegen	X	Zo min mogelijk brandstofverbruik	X	Zoveel mogelijk met alt. duurz. brandstoffen	
Schatting laag	-2,5%		-5%		-5%		-25%	
	0,975	X	0,95	X	0,95	X	0,75	= 0,66 = -34%
Schatting hoog	-5%		-10%		-10%		-60%	
	0,95	X	0,9	X	0,9	X	0,4	= 0,31 = -69%

Inschatting reductiepotentieel gecombineerde maatregelen lage schatting



Inschatting reductiepotentieel gecombineerde maatregelen hoge schatting



TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

VINGEROEFENING EMISSIEREDUCTIEPOTENTIEEL GECOMBINEERDE MAATREGELEN



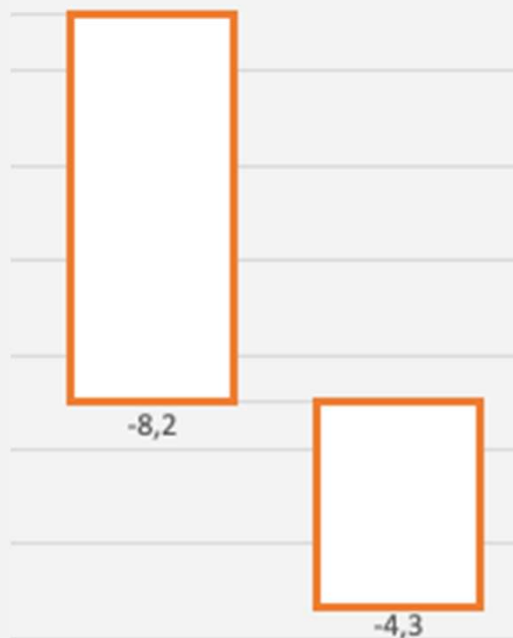
46

Gecombineerd emissiereductiepotentieel

Lage inschatting potentieel
technische maatregelen

Afstand tot beleidsdoel:

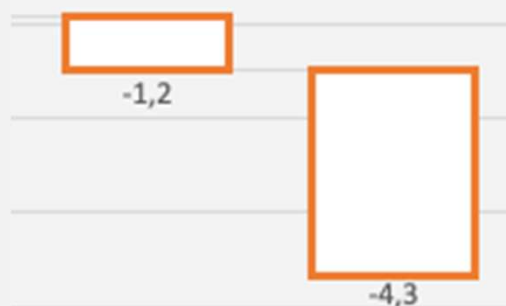
12,5 mln. ton CO₂



Hoge inschatting potentieel
technische maatregelen

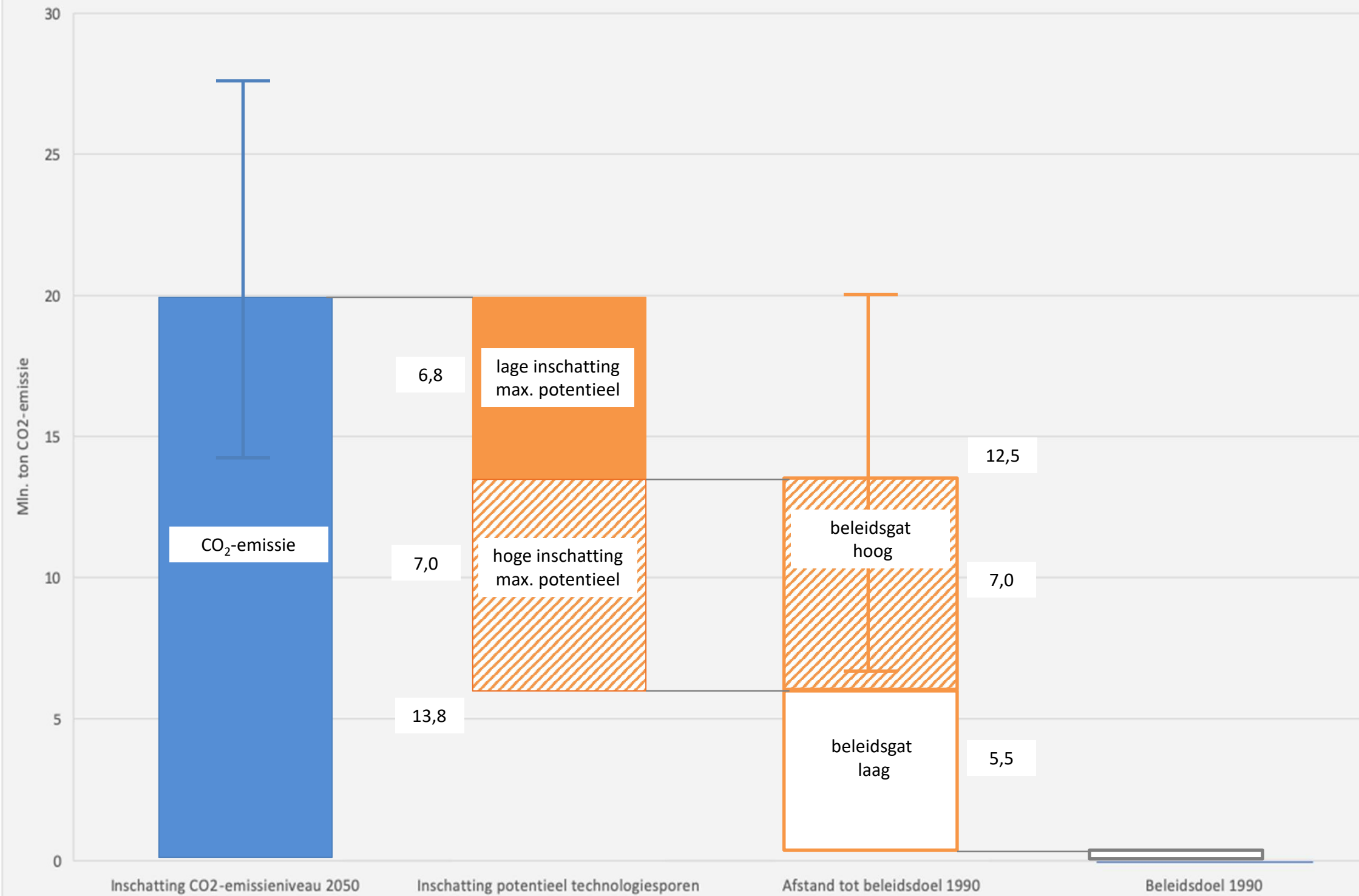
Afstand tot beleidsdoel:

5,5 mln. ton CO₂



Resumerend,
Afstand tot beleidsdoel
ca. 5,5 tot 12,5 mln.
ton CO₂ in 2050

Inschatting reductiepotentieel gecombineerde maatregelen



TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

VINGEROEFENING EMISSIEREDUCTIEPOTENTIEEL GECOMBINEERDE MAATREGELN



48

CO2-emissie ontwikkeling (mln. ton p.jr)	CO2-emissies			Doelen		
CO2-emissieniveau 1990		4,5		85-90%	0,675	
CO2-emissieniveau 2005		10		50%	5,0	
CO2-emissieniveau 2017		12				
CO2-emissieniveau 2050 (schatting)		20				

Gecombineerd potentieel maatregelen (% in 2050)	potentieel laag			potentieel hoog		
	reductie	faktor	mln.tonCO2	reductie	faktor	mln.tonCO2
CO2-emissie in 2050 (mln. ton p.jr)		1,00	20,0		1,00	20,0
1. Navigatie- en comm. technologie	2,5%	0,975	(0,5)	5%	0,950	(1,0)
2. Elektrisch-hybride vliegen en drones	5%	0,93	(1,0)	10%	0,86	(1,9)
3. Efficiency in motoren en vliegtuigen	5%	0,88	(0,9)	10%	0,77	(1,7)
4. Alternatieve duurzame brandstoffen	25%	0,66	(4,4)	60%	0,31	(9,2)
Totaal reductiepotentieel		0,34	(6,8)		0,69	(13,8)
Emissieniveau in 2050 na reductie			13,2			6,2
Doel = 50% reductie tov 2005 (mln. ton CO2)			5,0			5,0
Afstand tot beleidsdoel 2005			8,2			1,2
Doel = 85% reductie tov 1990 (mln. ton CO2)			0,7			0,7
Afstand tot beleidsdoel 1990			4,3			4,3



5. BEANTWOORDING VRAAGSTELLING

Waar moeten we ons nu al voor inspannen?

- Welke technologische ontwikkelingen zijn momenteel in beeld?
 - De 4 technologiesporen uit deze verkenning geven een goed overzicht.
- Wat kan er met de kennis van nu verwacht worden van deze ontwikkelingen?
 - Een vingeroefening wijst uit dat het gecombineerde (maximale) potentieel van technologische ontwikkelingen zo'n 35% tot 70%* zou kunnen zijn.
 - Dat lijkt wellicht veel, maar er resteert een beleids gat van 5,5 tot 12,5 mln. ton CO₂ in 2050 (doel = 85% reductie tov 1990)
 - Om doelen te halen volstaat het dus niet om alleen op technologische ontwikkelingen in te zetten.
 - Bovendien is de economische haalbaarheid van de technologische ontwikkelingen onzeker
 - En spelen ook nog de andere klimaateffecten (wolkenvorming/ozon)

Waar moeten we ons nu al voor inspannen?

- **Op welke technologische ontwikkelingen moet men zich richten?**
 - Enerzijds/Anderzijds verhaal:
 - Enerzijds: de ingewikkeldheid en onzekerheid van de verschillende oplossingsrichtingen vraagt om een gespreide aanpak met kleine stappen.
 - Anderzijds: de enige veelbelovende technische oplossing lijkt op dit moment power to liquid. Om dit potentieel te pakken moet je niet met kleine stapjes gaan, maar hier vol voor kiezen.
- **Aanbevelingen**
 - In samenwerking met innovatieteam LVN van IenW en de betrokkenen van duurzame luchtvaart een adaptieve (innovatie)strategie uitwerken die voortbouwt op de inzichten uit deze verkenning.

www.blueconomy.nl

Weg der Verenigde Naties 1, Utrecht

WIJ ZIJN ACTIEF IN DE VOLGENDE DOMEINEN



DUURZAME MOBILITEIT



WATERMANAGEMENT



KRINGLOOPLANDBOUW



DUURZAME ENERGIE



SMART CITIES