

Notat

Grønne forskningsbehov og -potentialer inden for transport

Dette dokument er en af otte kortlægninger om grønne forskningsbehov og -potentialer, som er blevet til på baggrund af bidrag fra videninstitutioner, erhvervsliv, organisationer, ministerier og en bred kreds af øvrige interessenter. Kortlægningerne identificerer områder, hvor interessenterne vurderer, at der er behov for yderligere forskning for at understøtte den grønne omstilling i Danmark og globalt. De giver samlet set desuden et billede af det grønne forskningslandskab i Danmark og dets potentiale for at bidrage til den grønne omstilling. Læs mere her: www.ufm.dk/groenforskning.

Der er en tæt sammenhæng mellem områderne beskrevet i denne kortlægning og områderne i følgende øvrige dokumenter:

- 1) Energiproduktion og -infrastruktur- lagring- og konvertering, samt fangst, lagring og udnyttelse af CO₂,
- 2) Landbrug, jorde og skove
- 3) Samfundsperspektiver ift. reduktion af drivhusgasser.

Indhold

1. Resumé	4
2. Samfundsudfordringerne	6
3. Forskningsbehov og –potentialer	7
3.1 Generelle forskningsbehov på tværs af transportformer	7
3.2 Infrastruktur og logistik	11
3.3 Batterier og katalyse	12
3.4 Adfærd, incitamentsstruktur og digitalisering	13
3.5 Luftfart	15
3.6 Skibsfart	17
3.7 Tung vejtransport	19
3.8 Let vejtransport	20
3.9 Kollektiv transport	21
4. Danske forsknings- og innovationsmæssige forudsætninger	23
4.1 Generelle forudsætninger - på tværs af transportformer	23
4.1.1 Flytrafik og tung vejtransport	24
4.1.2 Skibsfart	24
4.1.3 Let vejtransport	24
4.1.4 Kollektiv transport	25
5. Danske erhvervsstyrker	26
5.1 Generelt - på tværs af transportformer	26
5.2 Adfærd, incitamentsstruktur og digitalisering	26
5.2.1 Flytrafik	26
5.2.2 Skibsfart	27
5.2.3 Tung vejtransport	27
5.2.4 Let vejtransport	27
5.2.5 Kollektiv transport	27
6. Klimarådets anbefalinger vedr. forskningsbehov	28

7. Klimapartnerskabernes anbefalinger vedr. forskningsbehov 29

7.1 Klimapartnerskabet for Landtransport og logistik	29
7.1.1 Logistik-optimering	29
7.1.2 Alternative drivmidler	29
7.1.3 Klimavenlig transport	30
7.1.4 Partnerskab	31
7.1.5 EU	31
7.2 Klimapartnerskabet for Luftfart	31
7.2.1 Forskning i højdeeffekter (contrails) ved fossilt og bæredygtigt brændstof	31
7.2.2 Forskning i teknologier til el- og brintfly	32
7.3 Klimapartnerskabet for Det blå Danmark	32
7.3.1 Partnerskab om testskibe	32
7.3.2 Maritimt Center of Excellence	32
7.3.3 Demonstrationsskib anno 2030	33
7.3.4 5 mia. USD til global forskningsfond	33
7.3.5 National strategi til udvikling af Power-to-X	33
7.3.6 Tiltrækning af EU-midler	34

8. Internationale perspektiver 35

1. Resumé

Transportsektoren forventes i 2030 at stå for næsten en tredjedel af Danmarks samlede udledning af drivhusgasser. Der er således et meget stort klimamæssigt potentiale i at transformere sektoren i en mere grøn og bæredygtig retning. Det gælder især i relation til forskning og innovation i grønne brændstoffer til luftfarten, skibsfarten samt den tunge og lette vejtransport i kraft af Danmarks unikke situation med billig el fra vindmøller, solceller, tilgængelig restbiomasse og god udnyttelse af overskudsvarme. I den forbindelse er sektorkobling, hvor de forskellige sektorer i energisystemet, herunder transportsektoren samt aftagerne i transporten, integreres og kobles sammen, en vigtig parameter i at sikre den fremtidige transport.

Danmark har stærke forskningsmæssige kompetencer inden for syntetiske brændsler, inkl. elektro- og biobrændsler og brintlagring, og reduktions- og erhvervspotentialet er meget stort – særligt hvis den udenlandske skibsfart og flytrafik inkluderes. F.eks. er Det Blå Danmarks klimaaftryk, såfremt danske rederiers udledning i internationale farvande medtages, betydeligt højere end det samlede indenlandske klimaaftryk dækket af de 13 klimapartnerskaber. Forbedringsmulighederne er således betydelige, og selv mindre procentuelle forbedringer vil give store absolutte forbedringer. Det gælder også for luftfarten, hvor det globalt anslås, at luftfarten står for 2-3 pct. af de globale udledninger af drivhusgasser. Klimarådet og Klimapartnerskaberne for Landtransport og logistik, Det Blå Danmark samt Luftfarten anbefaler, at disse teknologier til produktion af syntetiske brændsler, der udviklingsmæssigt ligger et par år ude i fremtiden, bør tages i anvendelse inden for transporten, og at en intensiveret forskningsindsats, herunder f.eks. i form af bl.a. en national strategi for Power-to-X, inkl. udviklings-, test- og demonstrationsaktiviteter, bør starte allerede nu, hvis målet om et klimaneutralt Danmark skal nås i 2050. I lyset af det store potentiale for skibsfarten skal forskningen, udover grønne brændstoffer, også omfatte energieffektiviseringer, da skibsfarten, selv efter overgang til andre brændsler, vil have behov for at optimere de mange systemer om bord og fra land til skib således, at det samlede energiforbrug minimeres.

Derudover er der et behov for at øge grundforskningen inden for bæredygtige batterier og alternative metoder til energilagring på basis af grøn el (f.eks. metan og metanol), der kan spille sammen med elnettet, og som har et stort potentiale i relation til primært personbiler, der i dag står for ca. halvdelen af transportsektorens indenlandske udledning af drivhusgasser. Desuden kan det få stor indflydelse på eventuel anvendelse af el-fly. I den forbindelse skal også brandsikkerhed inddrages. Klimarådet anbefaler, at der sættes en udvikling i gang, der kan skabe et gennembrud inden for batteriteknologien i relation til elbiler samt udvikling af en bedre ladeinfrastruktur. Denne anbefaling bakkes op af Klimapartnerskabet for Landtransport og logistik, der ligeledes ønsker infrastruktur til tankning af brint. Forskning i teknologier til el- og brintfly, som den næste mulige flyteknologiske omstilling, anbefales af Klimapartnerskabet for Luftfart, der ønsker, at teknologien modnes i en grad, så der kan træffes valg om, hvilken infrastruktur der skal investeres i.

Forskning, udvikling og demonstration i forhold til en mere effektiv udnyttelse og optimering af transporten og infrastrukturen i form af digitale teknologier kan også bidrage markant til reduktion af udledning af drivhusgasser. Forskning inden for dette område er

en dansk styrkeposition med væsentlige kompetencer på flere af universiteterne. Konkret kan der med fordel tages udgangspunkt i (globale) digitale forsyningskæder på tværs af transportformer og arbejdes på at optimere disse – det vil sige at fokusere på relationen mellem transportudbydere og -købere og optimere ud fra et klimamæssigt perspektiv. Derudover er der store potentialer i udnyttelsen af digitale teknologier inden for de enkelte transportbrancher, herunder eksempelvis tung vejtransport, der står for ca. en tredjedel af transportsektorens udledning af drivhusgasser i Danmark. Digitale teknologier som kunstig intelligens, digital infrastruktur og cybersikkerhed er specielt interessante at udnytte sammen med nye positioneringsteknologier og satellitbaserede tjenester. Derudover er forskning og innovation i autonome enheder, herunder robotter og droner, essentielt.

Endelig er der et meget stort reduktionspotentialt forbundet med forskning i individuel og kollektiv adfærd, f.eks. effekter af økonomisk og andre typer regulering, der kan bidrage til at fremme en klimavenlig og -neutral adfærd blandt forbrugere og borgere samt offentlige og private virksomheder. Her er det særligt vigtigt at forske i adfærd i byer. Mere forskning i adfærd, herunder mere viden om f.eks. effekten af afgifter på forbrugeradfærd, anbefales af Klimarådet. Endelig er reduktionspotentialt væsentligt i forhold til at få mere viden om, hvordan et skifte til mere klimaneutrale transportformer, herunder øget brug af kollektiv transport, kan fremmes, hvilket ligeledes anbefales af Klimarådet.

2. Samfunds- udfordringerne

Både i Danmark og globalt er person- og godstransporten stigende og forventes at stige mange år frem. Det stigende transportbehov skaber problemer i forhold til at realisere Paris-aftalens (COP21, 2015) mål om, at den globale temperatur højst bliver to grader varmere i 2100 end i den førindustrielle periode.

I Danmark forventes transportsektoren i 2030 at stå for ca. 30 pct. af Danmarks samlede drivhusgasudledninger, hvoraf vejtransporten står for langt størstedelen svarende til ca. 90 pct. af transportsektorens samlede udledninger i 2017. Frem mod 2025 stiger udledningerne ud fra en forventet stigning i transportaktiviteten. Efter 2025 forventes et mindre fald i, hvilket primært drevet af elektrificering af vej- og banetransporten samt en øget effektivisering af køretøjer.

Dette er langt fra nok til at realisere regeringens klimamålsætninger om 70 pct. reduktion af drivhusgasser i 2030 i forhold til niveauet i 1990 samt målet om, at Danmark skal være et klimaneutralt samfund i senest 2050. Der er derfor brug for en gennemgående omstilling af transportsektorens energiforbrug i form af øget brug af grønne drivmidler, større energieffektivitet, et skifte til mere bæredygtige transportformer samt en øget digitalisering af sektoren – kombineret med en ændring af regler, økonomi, kommunikation samt adfærd blandt borgere og private og offentlige virksomheder.

Lykkes omstillingen i Danmark, vil det ikke alene få en national meget stor klimaeffekt, men vil også have potentiale i form af en global mærkbar klimaeffekt. Det gælder i særdeleshed, hvis forskningen kan komme med løsninger på, hvordan Det Blå Danmark kan reducere sine udledninger i internationalt farvand. Disse udledninger andrager 52,8 mio. tons CO₂, hvilket skal holdes op imod den samlede udledning fra de 13 klimapartnerskaber på i alt 35,9 mio. tons CO₂.

3. Forskningsbehov og – potentialer

Hvis ikke der satses på forskning og udvikling (FoU) samt test og demonstration af løsninger inden for transportsektoren, herunder i særdeleshed inden for søtransport, vil udledning af drivhusgasser fra transportsektoren fortsat stige, da væksten i sektoren overstiger de (begrænsede) teknologiske forbedringer inden for landtransport. Det skyldes, at der kommer flere biler, herunder færre personer pr. bil, fortsat fravalg af offentlig transport, vækst i flytrafik, ændrede logistikmønstre, fortsat lave udnyttelsesgrader i logistikkæder, herunder tom returkørsel ved lastbilbaseret godstransport. Det skal dog bemærkes, at udnyttelsesgraden blandt danske vognmænd har været stigende de senere år, og at der i nogle tilfælde ikke er noget alternativ til tom returkørsel, hvorfor man ikke nødvendigvis kan tale om nogen reel lav udnyttelse af logistikkæden i disse tilfælde.

Følgende forskningsbehov – og potentialer er helt centrale i omstillingen frem mod en klimavenlig og -neutral transportsektor:

3.1 Generelle forskningsbehov på tværs af transportformer

Der er et stort behov for forskning i udviklingen af nye bæredygtige drivmidler til skibs- og luftfart samt tung vejtransport, herunder *lagring*, *(brand)sikkerhed* og *motorer* til udnyttelsen af disse. Globale standarder for de nye drivmidler og motorer er nødvendige, og derfor er det vigtigt at opnå indsigt i de regulative forhold i andre regioner og lande samt forskellige sektorer. Inden for søfarten er det f.eks. vigtigt at opnå indsigt i de regulative forhold i regi af f.eks. den internationale maritime organisation (IMO) og de internationale klassifikationsselskaber, f.eks. DNV.GL.

Der er store potentialer tilknyttet *udvikling, opskalering og industrialisering af syntetiske drivmidler: elektrofuels, inkl. brint (H₂), via Power-to-X –teknologi samt biofuels*.

Integration af elektrofuels og biofuels er også forskningsområder med store potentialer.

Syntetiske drivmidler, elektrofuels og biofuels, kan fremstilles på baggrund af vedvarende energi via elektrolyse, kemisk og biologisk katalyse og grønt kulstof fra bæredygtig biomasse og affald samt CO₂ indfanget fra luften ved hjælp af vedvarende energi. For en nærmere beskrivelse af Power-to-X og elektrofuels samt biofuels se henholdsvis boks 1 og 2.

Boks 1.

Power-to-X - elektrofuels (elektrobrændstoffer)

Power-to-X er en samlet betegnelse for flere teknologier (elektrolyse; Power-to-Gas (PtG) og Power-to-Liquids (PtL), hvor man laver brint på el, der er produceret på vedvarende energi. Brinten kan så – i kombination med CO₂ eller nitrogen (kvælstof) – blive til syntetiske flydende eller gasformige brændstoffer eller syntetiske kemikalier. Disse kan bruges som erstatning for fossile brændstoffer som benzin, diesel og gas. Power-to-X kan være løsningen for de "svære sektorer", der ikke kan anvende el direkte som drivmiddel som den lettere transport kan, men fortsat vil efterspørge flydende brændstoffer eller gas. Det gælder bl.a. tung vejtransport, fly og skibstransport samt visse industrier.

Eksempler på Power-to-X-produkter er:

Brint. Kan bl.a. bruges i transportsektoren (f.eks. brændselsceller). Brinten fremstilles ved elektrolyse af vand, hvilket er et fælles, første procestrin for fremstilling af de nedenstående Power-to-X-produkter.

Syntetisk metan. Kan indføres direkte i naturgasnettet og benyttes til samme formål som naturgas. Produktion kræver en CO₂-kilde. Processen er ofte benævnt Power-to-Gas (PtG).

Syntetiske flydende brændstoffer. F.eks. metanol, benzin, kerosin (jetbrændstof), diesel og gasolie. Kan benyttes til samme formål som de tilsvarende, fossile olieprodukter. Produktion kræver en CO₂-kilde. Processen benævnes af og til som Power-to-Liquids (PtL).

Ammoniak. Grundbestanddel i kunstgødning. Ammoniak kan også bruges som energibærer for brint eller direkte som brændstof. Produktion kræver ikke en CO₂-kilde, men blot nitrogen/kvælstof direkte hentet fra luften. Udvikling af elektrolysebaseret ammoniak ses som et potentielt lovende CO₂-frit drivmiddel, der kan anvendes inden for søfart.

Boks 2.

Biofuels (biobrændstoffer)

Biobrændstof: Flydende eller gasformigt brændstof til brug for transportsektoren fremstillet på grundlag af biomasse.

Biomasse er den bionedbrydelige del af produkter, affald og restprodukter af biologisk oprindelse fra landbrug, herunder vegetabiliske og animalske stoffer, skovbrug og tilknyttede industrier, herunder fiskeri og akvakultur, samt den bionedbrydelige del af industriaffald og kommunalt affald.

Alle biobrændsler er lavet af nyligt dødt biologisk materiale. Derved adskiller de sig fra fossile brændstoffer, der er lavet af biologisk materiale, der døde for millioner af år siden. Man taler om **første og anden generations samt avancerede biobrændstoffer**. I første generation bruger man produkter som hvede og raps, der i dag bruges til dyrefoder og fødevarer. Af hvede fremstilles ethanol, som kan blandes benzin (ethanol er alkohol og fremstilles ved en gæringsproces), og af raps presses olien ud og raffineres herefter til dieselolie. Anden generationsbrændstofferne udnytter derimod, hvad man i dag ud fra en produktionsmæssig synsvinkel betragter som affaldsprodukter, f.eks. halm, men som ellers ville indgå i naturens kredsløb. Avancerede biobrændstoffer er en underkategori af affaldsbaserede biobrændstoffer, der produceres af råvarer som affald, slam og restprodukter fra land- og skovbrug, og som kræver mere forarbejdning end restprodukter fra levnedsmiddelindustrien.

Som et CO₂-neutralt flydende brændstof kan biobrændstofferne være attraktive i fremtidens forsyning af energi til transport, både på landjorden og i luften.

Det er vigtigt, når man kommer tættere på driftssituationen med disse nye syntetiske drivmidler, at huske på, at der vil blive afledte behov, der skal tages højde for og udvikles, idet de nye drivmidler vil påvirke materialer i energiforsyningen, på tanke, materialer, rør m.m. på anden vis. Der vil f.eks. blive behov for:

- 1) Andre typer af målere, afregninger, ladestationer m.m. end de nuværende – deraf anden måleteknik, når der skal kontrolleres og driftes.
- 2) Andre typer af luftemissioner ved nye brændstoftyper, der skal måles og karakteriseres – som man i dag gør med andre udledninger – hvad betyder de nye brændstoftyper?

I relation til CO₂-fangst peges der på behov for *sociologisk/politologisk forskning i, hvordan dette opfattes af forbrugere*, og om det fjerner incitament til at reducere eget CO₂-aftryk. Endvidere efterlyses der politologisk forskning i, hvordan politikere/myndigheder forstår interaktionen mellem CO₂-fangst på den ene side og policy, der reducerer CO₂-udledninger på den anden.

Kulstofbaserede brændstoffer eksisterer i dag, og der bør også være fokus på at skabe brændstoffer, der ikke er kulstofbaserede, f.eks. *ammoniak*. Der vil være behov for at udvikle nye typer brændstoffer og nye energiformer, som kan bidrage til omlægning af transportsektoren generelt.

Sektorkobling er en vigtig parameter i at sikre den fremtidige transport, særligt den tunge del af transportsektoren. Overskudsvarme og overskudsel fra vindmøller kan bidrage til fremstilling af syntetiske brændstoffer. Samtidig er biogas et grundlæggende

potentiale i forbindelse med Power-to-X-anlæg og Gas-to-Liquid-anlæg mhp. at fremstille grønne brændstoffer. Dette gælder ligeledes udnyttelsen af ressourcer, der i dag opfattes som spildprodukter/affald. Der bør formuleres *en national strategi for sektor-kobling*. Strategien skal bl.a. kortlægge mulige koblinger af relevante elementer, identificere potentialer og barrierer og veje til at nedbryde barrierene. Det kan f.eks. være, at investeringer i lagringskapacitet giver gevinster på tværs af sektorer, f.eks. mellem elnet og varmesystem. De relevante elementer omfatter bl.a. udbygning af elproduktion, elektrificering af transport, varmepumper i industrien, overskudsvarme, transmissionsnet og brug af data og intelligent styring. Et særligt fokuspunkt bør være, at reguleringen af forskellige sektorer skal være konsistent og understøtte kobling.

Effektive konverteringsmetoder til tilvejebringelse af *elektrofuels* samt *direkte produktion af biobaserede drivmidler* kan bidrage signifikant til at reducere forbruget af fossile brændstoffer samt bringe produktionsprisen ned.

Katalytisk konvertering af ressourcer til grønne brændstoffer har brug for en væsentlig effektforbedring mhp. storskalaanlæg, ligesom der vil være behov for at etablere pilot-anlæg til opskalering.

Desuden anses *ammoniak* som en af flere mulige energibærere, som i fremtiden vil kunne anvendes som drivmiddel til f.eks. store skibe, og som et godt lagringsmiddel til transport af brint. Dette vil sætte nye krav til tanke, materialer m.m. – og deraf kontrol og inspektion – og det vil være nødvendigt at sætte ind med yderligere forskning i brændselsceller. Der skal også forskes mere i enzymer og mikrobielle kulturer, som har potentiale inden for biobrændsel og biomaterialeproduktion (f.eks. LPMOer, cellulaser, dehydrogenaser, esteraser og fermentative bakterier), som direkte eller indirekte kan bidrage positivt til CO₂-reduktion. Desuden skal der forskes i de forskellige alternative drivmidlers anvendelighed i dagligdagen, herunder håndtering, sikkerhed, plads m.m.

Til fremstilling af elektrofuels udgør *brintproduktionen* i dag den begrænsende faktor i forhold til skala, effektivitet, levetid og pris. Der er behov for at reducere prisen på brint-fremstilling ved elektrolyse og for yderligere forskning i biokemiske elektrolyseceller, og der er samtidigt et behov for at få afklaret, hvordan de grønne drivmidler i praksis bedst produceres.

Det forudses, at der vil være *kapacitetsbegrænsninger på at anvende biobaserede drivmidler i stor skala på længere sigt*. Denne begrænsning gælder også for kulstofholdig elektrofuels. Det er derfor nødvendigt at øge effektiviteten af produktionsprocesserne markant (kemisk eller biologisk) for at undgå forventede kapacitetsbegrænsninger på lang sigt. Klimarådet vurderer, at flydende andengenerationsbiobrændstoffer lavet på affald kan bruges til at reducere udledningerne i transporten, men på grund af de begrænsede mængder, er der ikke meget, der tyder på, at disse vil spille en markant rolle i transporten – med undtagelse af måske den tunge transport og luftfarten. Det betyder dog ikke, at man slet ikke skal benytte biobrændstoffer, såfremt der kan findes reelle restprodukter, der kan benyttes til biobrændstofproduktion.

Forskning i CO₂-neutrale transportbrændstoffer vurderes at ligge på et Technology Readiness Level-niveau svarende til:

- TRL 1-2, helt tidligt i fødekæden, hvad angår forskning i elektrolysesystemer, elektrokatalysatorer, materialer, komponenter og bæredygtig indfangning af CO₂ m.v. Nogle elektrolysesystemer er dog kommercielle – dvs. TRL 9+.
 - TRL 3-7, midt i fødekæden, hvad angår forskning i biobrændstoffer.
 - TRL 2-9, fra tidligt til sent i fødekæde, hvad angår brandsikkerhed ved de nye drivmidler, f.eks. brint, ammoniak og batterier. De kræver nye brandsikringsløsninger, dvs. FoU samt test og demonstration.
 - TRL 5-8, sent i fødekæden, hvad angår systemer, sektorintegration og industrialisering.
 - TRL 7-8, sidst i fødekæden, hvad angår forskning i emissionskontrol.
-

Samlet set vil det være særdeles perspektivrigt at øge FoU-indsatsen inden for elektrolyse, brændselsceller, forbedrede fysikokemiske forbehandlingsmetoder og innovative downstreamprocesser, samt udviklingen af biobaserede brændsler, herunder enzymer og processer baseret på *pyrolyse*, med henblik på at transformere transportsektoren fra det aktuelle forbrug af fossile drivmidler til grønne drivmidler.

Herudover vil der være behov for en forskningsindsats inden for forbrændingsprocesser i motorer, rensning af udstødningsgasser mhp. at sikre energikonvertering af bio- og elektrobaserede brændsler for at bringe skadelige emissioner så tæt på nul som muligt.

Der er også behov for FoU inden for *optimering af digitale forsyningskæder (på tværs af transportformer)* samt skabelse af de digitale platforme og infrastrukturer, der kan skabe en optimal relation mellem transportudbydere og -købere samt optimere selve transporten. Fokus på *samspil mellem transportformer* er således vigtigt, herunder vurderes det, at en øget overflytning fra vej- til nærskibstrafik, hvor det giver mening, kan reducere CO₂-aftrykket for det transporterede gods og afhjælpe trængsel på ikke mindst de europæiske veje.

Transport på veje såvel som til søs og i luften har m.a.o. et stort omstillingsbehov relateret til grønne og bæredygtige drivmidler, digital logistik og udnyttelse af data, og der ligger et stort potentiale i at se logistikkæden som en helhed, så både nærskibstrafik, bane og vejtransport ses i en sammenhæng. Det kan indebære fordele, hvis man kan flytte godset fra de tunge langfarter over på søen. Et forskningsmæssig fokus på, hvordan potentialerne i denne overflytning kan forløses vil være nyttigt.

Endelig er det vigtigt med tættere forskningssamarbejde inden for blandt andet logistiske systemer, produktionsoptimering, energieffektivisering og partikeludledning.

3.2 Infrastruktur og logistik

Samfundet er også afhængigt af en effektiv infrastruktur. Der ligger derfor et stort forskningsarbejde i at sikre *en effektiv og sikker infrastruktur, der også er grøn og bæ-*

redygtig, ligesom forskningen inden for transport bør fokusere på *optimering af logistik-veje og optimering af transport* med henblik på at reducere udledningen af drivhusgasser.

Optimeret infrastruktur for lagring og tankning af grønne brændstoffer (inkl. mulighed for opladning) samt optimerede forsyningskæder for de grønne brændstoffer bør indtænkes her. Kobling/samtænkning af produktion af grønne brændstoffer, placering af tankningsanlæg og transport af brændstoffer fra produktionssted til brugssted vil være nødvendig.

Utilstrækkelig infrastruktur medfører allerede i dag store trængselsproblemer og er med til at øge udslippet af drivhusgasser. Der er et forskningsmæssigt potentiale i at undersøge sammenhængen mellem infrastruktur og udslip af drivhusgasser. Foruden trængselsproblematikken, kan det ligeledes være interessant at undersøge, hvordan vejinfrastrukturer, der påvirker kørselsforløb, påvirker udslippet af drivhusgasser, herunder f.eks. vejbump.

Herudover bliver det nødvendigt at udvikle, teste og demonstrere sikkerhedsløsninger i infrastrukturen med de nye typer af brændstoffer. Tilsvarende skal sikker adfærd i relation til lagring, tankning, drift, vedligehold og brug afprøves og optimeres i forbindelse med demonstrationsanlæg.

Udvikling, testning og demonstration af sikkerhedsløsninger i infrastrukturen med de nye typer af brændstoffer vurderes at ligge på et Technology Readiness Level-niveau svarende til:

TRL 3-9, fra tidligt til sent i fødekæden, hvad angår sikker adfærd i relation til lagring, tankning, drift, vedligehold og brug, der skal afprøves og optimeres i forbindelse med demonstrationsanlæg.

3.3 Batterier og katalyse

Batterier vil ikke være operationelle til luft- og skibsfart på grund af begrænset rækkevidde. Undtagelser er elfærger, mindre fiskerifartøjer, hybridfly og lign., hvor batteriteknologi vil kunne anvendes til kortere ruter. Det gælder f.eks. elfly til indenrigsflyvning. Overgang til batteridrevne køretøjer kræver udvikling af nye batteriteknologier, der benytter tilgængelige grundstoffer på en bæredygtig måde. Der er behov for udvikling og karakterisering af *nye materialer til energiteknologier som batterier og katalyse*. Samtidig er der brug for forskning og udvikling mhp. at øge batteriernes rækkevidde og reducere opladningshastigheden, hvilket vil kunne bidrage til at accelerere udbredelsen af elbiler i Danmark.

Der er et stort potentiale i at øge grundforskningen inden for bæredygtige batterier, idet det vil have relevans for mange transportformer, i særdeleshed for person- og varebiler og eventuelt fly, men også til stationær energilagring i f.eks. flow-batterier. Der er i den forbindelse behov for forskning i nye materialer til batterier samt anvendelse af

batterier i elsystemet. Forskning i hvordan bilernes batteri kan spille sammen med el-nettet (Smart Grid eller Vehicle to Grid), og forretningsmodeller herfor, er også nødvendig. I den forbindelse er der brug for flere udviklings- og demonstrationsprojekter inden for Smart Grid og fleksibilitet i transportens elforbrug til understøttelse af elnettet.

Der er også et væsentligt potentiale i øget forskning i "værktøjer" og løsninger, som kan sikre/understøtte optimal anvendelse, kontrol og genanvendelse af batterier. Det gælder bl.a. værktøjer til understøttelse af et sundt brugtbilsmarked for elbiler, hvor Danmark pt. er langt fremme med diagnoseudstyr til elbilers batterier, som kan teste batteriets helbredstilstand.

Herudover er det nødvendigt at teste og demonstrere de brandtekniske egenskaber ved batterierne, når biler er parkeret i f.eks. garageanlæg og på skibe.

Testning og demonstration af batterier vurderes at ligge på et Technology Readiness Level-niveau svarende til:

TRL5-9, fra midten til sent i fødekæden, hvad angår brandtekniske egenskaber.

3.4 Adfærd, incitamentsstruktur og digitalisering

Men nye teknologier alene vil forventelig ikke kunne nedbringe udledningerne af drivhusgasser til klimalovens 2030- og 2050-mål. For en række udledningsområder vil det være nødvendigt, at befolkningen, den offentlige sektor og virksomheder ændrer forbrug og adfærd, såfremt målene skal nås. Det gælder også inden for transport.

Ændrede forbrugs- og adfærdsmønstre kan være en stor del af løsningen på at nedbringe de udledninger, der opstår i udlandet på baggrund af forbrug i Danmark. Særligt i relation til transportadfærd peges der på *behov for forskning i potentialer og barrierer for valg af aktiv grøn transport (cykling og gang), som i øjeblikket taber terræn til bilisme*. Endvidere peges der på *behov for forskning i forbrugerpræferencer og incitamenter* (f.eks. infrastruktur for elbiler) i forhold til valg mellem offentlig transport og individuelle transportmidler eller deleløsninger. I relation til transportområdet peges der desuden på forretningsrejser og turismesektoren som områder med et væsentligt CO₂-aftryk, hvor ny forskning potentielt vil kunne understøtte en ændret forbrugeradfærd.

Med andre ord er det afgørende, for at kunne påvirke adfærd, *at forstå borgernes betingelser for at indrette tilværelsen mere bæredygtigt i forhold til mobilitet*. En grundlæggende forståelse af forskellige segmenteres valg af bosætning, pendling, ferierejser, fritidskørsel og transport i forbindelse med indkøb er afgørende for at forstå, i hvilken grad transport kan substitueres helt eller mere bæredygtige transportformer kan fremmes.

Hvis transporten fremover skal kunne reguleres med hensyn til en mere bæredygtig form, herunder en reduktion af transporten, så kræver det desuden en granuleret incitamentsstruktur, hvor *incitamentet kan placeres på transportform, -indhold (gods/person) og -omfang*. Det gælder f.eks. i form af fokuserede incitamenter rettet mod privatbiler, virksomheder eller særlige varer samt mængden af dem. Blandt incitamenter bør

der også ses på effekter af økonomisk regulering, som f.eks. vejafgifter, og/eller anden direkte regulering af transporten, såvel nationalt som lokalt (f.eks. miljøzoner, parke-ringsrestriktioner og afgifter eller lignende. Dette vil betyde nye krav til kontrol og inspektion.

En ændring af incitamentsstrukturen kræver tværfaglig forskning og afprøvning i stor skala, hvis den på sigt skal kunne bæres politisk. Til gengæld vil potentialet for en reduktion af udledning af drivhusgasser hidrørende fra de kørte kilometre på vejene, herunder mindre transport af "luft" og bedre emballageudnyttelse, være meget betydelig. Der gøres dog til stadighed en stor indsats for at optimere udnyttelsesgraden i logistik-kæderne, og udnyttelsesgraden blandt danske vognmænd har været stigende de senere år. Der er imidlertid mange eksempler på transportopgaver, hvor der kun medbringes gods én vej, og hvor der ikke er mulighed for at medbringe gods på tilbagevejen. Det kan skyldes godsets beskaffenhed, lastbilens indretning eller det forhold, at der ganske enkelt ikke forekommer gods til returtransport. Tom returkørsel er således ikke nødvendigvis nogen reel lav udnyttelse af logistikkæden, da der i mange tilfælde ikke er noget alternativ.

Persontransport bør omstilles og elektrificeres. Det forudsætter store investeringer og en ny afgifts- og incitamentsstruktur. Der er behov for forskning i, hvordan og hvornår investeringerne i infrastruktur (f.eks. ladestandere) foretages optimalt, og hvorledes afgifter og subsidier fordeles, så omstillingen sker samfundsøkonomisk effektivt. Der er desuden behov for forskning i ladeinfrastrukturens rolle i sektorkobling, og herunder hvordan det sikres, at en, for elnettet formålstjenlig, sikker og intelligent infrastruktur udrulles. Derudover er der behov for forskning i, hvordan ladeinfrastrukturen og Vehicle to Grid kan afhjælpe belastningsproblemer og frekvensubalancer i elnettet.

Ændringer i anvendelsen og omfanget af luftfart og skibsfart kræver også ændret adfærd for både forbrugere og erhvervsliv, så der i højere grad fokuseres på de forskellige transportformers udledning af drivhusgasser. Forskning i forbrugeradfærd, markedsføring, regulering mm. kan derfor med fordel indgå i tæt samarbejde med forskning og udvikling af tekniske løsninger. Kombinationen af forskningsmiljøer inden for forbrugeradfærd, markedsføring og regulering og tætte erhvervsrelationer er et godt udgangspunkt for at skabe tværfaglige miljøer relateret til branchespecifikke problemstillinger. Forretningsmodeller for citylogistik og e-handel bør ligeledes indtænkes.

I den "digitale supply chain" opnås der transparens i forsyningskæden til fordel for alle involverede. Derigennem kan der opnås bedre "carbon footprint" ligesom mindre spild kan opnås (f.eks. i relation til fødevarer).

Forskning i adfærdsændringer med fokus på både offentlige og private virksomheder samt i den brede befolkning har potentiale i form af:

a) Mere effektiv udnyttelse af transport via big data/algoritmer, regulering på nationalt og internationalt niveau samt målrettede incitamenter. Både inden for privat persontransport og brug af kollektiv transport og inden for virksomheders transportefter-spørgsel. Som led heri vil det være relevant at se på barrierer for udnyttelse af offentlige data samt deling af data mellem virksomheder.

b) Reduktion af transportbehov, bl.a. gennem ændring af markedet hen imod mere lokal handel, online arbejds- og samværsformer og bæredygtig turisme. Desuden reduktion af

transportbehov via optimering af kapacitetsudnyttelse og digitale teknologier, der kan mindske behovet for transport i e-handlen samt mindre spildplads i form af bedre udnyttet emballage, så der transporteres mindre luft.

c) Regulering og incitamenter der understøtter udviklingen og brugen af klima-venlig transport og klimaneutrale brændstoffer. F.eks. er skibsfarten i dag en energieffektiv transportform over lange afstande, hvis man sammenligner med fly og lastbiler, hvorfor der kan være en klimagevinst ved, gennem regulering og incitament, at understøtte, at fragt flyttes fra land og luft til vand.

d) Optimering af kollektiv transport

Der er desuden behov for at se dette i samspil med, hvordan byudvikling og lokalisering påvirkes af ovenstående og vice versa, da der er en nær sammenhæng mellem disse, og med transportefterspørgslen. Dette kan ligeledes have betydning for øget udbredelse af deleøkonomi i transportsektoren (f.eks. samkørsel), som ligeledes har potentiale for reduktioner på 70 pct.-målsætningen.

Der ligger store perspektiver i en tværfaglig strategisk forskningsindsats i tiltag, der fremmer en klimavenlig og neutral adfærd blandt forbrugere, borgere og offentlige og private virksomheder, herunder skifte til klimaneutrale transportformer eller livsstilændringer med mindre behov for transport. Der bør således forskes mere i forbrugeradfærd, social mobilisering, regulering, økonomi, markedsføring og kommunikation parallelt med, og integreret i, den teknisk/naturvidenskabelige forskning. Desuden kan digitalisering, adfærd og incitamentsstruktur styrke vores evner til at lave forecast og optimering på logistikken.

Digitaliseringen inden for transportsektoren har bevæget sig langt det seneste årti og er moden til at indgå i adfældsregulerende systemer på tværs af al transport på vejene. En målrettet forskningsmæssig og teknologisk indsats, der står til genstand for en gennemgribende afprøvning inden for de forskellige transportbehov, vil bidrage med ikke blot national men international viden.

Der er et stort potentiale i mere grundlæggende forskning, strategisk forskning i samt udvikling og afprøvning af digitale teknologier, herunder bl.a. *Big data, algoritmer og robotter*, der kan bidrage til en mere effektiv udnyttelse transporten, optimeret trafikafvikling og mindsket trængsel, herunder optimering af logistik, kørsel og ruter samt monitorering m.v. Herunder er der brug for FoU inden for *autonome enheder* med gode muligheder for test, demonstration og udvikling.

Øget forskning inden for digitale løsninger til last mile-transport med autonome køretøjer, herunder samordnet med den kollektive transports IT-systemer, har konkret stort potentiale. Dette bl.a. på grund af de i forvejen stærke danske kompetencer og forskningsmiljøer indenfor IT. Med et kollektivt transportsystem, baseret på et blend af traditionelle transportmodes og autonome modes, bliver der behov for en række nye løsninger til understøttelse af de nødvendige adfærdsmæssige ændringer.

3.5 Luftfart

Indenrigsluftfart står for ca. 1 pct. af transportsektorens nationale udledninger, mens udenrigsflyvningen udgør den største del af luftfartssektorens aktivitet. Der er behov

for udvikling af løsninger, der kan reducere udledninger af drivhusgasser fra fly- og luftfarten – set i et internationalt perspektiv. Globalt anslås det, at luftfarten står for 2-3 pct. af de globale udledninger af drivhusgasser, hvorfor der er et meget stort internationalt behov for FoU i nye grønne flybrændstoffer. Sektoren kendetegnes af vækst, der forstærker udfordringen. På globalt plan estimeres væksten til 4-5 pct. om året, men for Danmarks vedkommende er tallene noget lavere. Indenrigstrafikken udgør blot ca. 0,28 pct. af de 13 partnerskabers samlede emissioner.

Der vil fortsat være behov for at *begrænse emission fra forbrændingsmotorer*, herunder behov for at reducere brændstofforbruget, upåagtet at disse drives af syntetiske grønne brændsler.

Forskning i *effektive biokonverteringsteknologier*, der kan kombinere en cirkulær udnyttelse af affaldsstrømme og bæredygtig biomasse med høj omsætningsgrad direkte til flydende brændstoffer/jet fuel og recovery af næringsstoffer, bør prioriteres. Disse biokonverteringsteknologier kan også med fordel tænkes ind i elektrofuel-scenarier som leverandør af grønt kulstof. Der skal udvikles *mere effektive teknologier til syntese af flybrændstof som elektrofuel, og syntese af alternative og bæredygtige molekyler, der passer til eksisterende teknologier*. I den forbindelse ligger der et betydeligt potentiale i *videreforædling af metanol* eller alternativer som f.eks. *mikrobielle lipider*.

Endvidere bør der forskes i strategier til *reduktion af behovet for og udbuddet af flyrejser*. Dette kræver organisatoriske studier, økonomiske studier og udforskning af flyvnin- gens antropologi og psykologi, og det kræver udvikling af nye formater for bæredygtig turisme, digitale formater for internationalt erhvervs- og forskningssamarbejde og alternativer til flytrafik, som f.eks. højhastighedstog. Der kan også med fordel forskes i *tæthed mellem luftfartøjer samt større luftfartøjer med udvidet kapacitet og dertilhørende færre flyvninger*. Endelig er der potentiale for reduktion drivhusgasser fra f.eks. flytransport ved *dynamisk optimering af flyruter efter vejrforhold*.

Inden for luftfart og skibsfart er der behov for *forskning i omkostninger og dimensioner til infrastruktur til at lagre og tanke grønne brændstoffer* i havne og lufthavne samt forskning i, hvordan *stabil og omkostningslet forsyning af grønne brændstoffer* sikres.

Endelig kan det overvejes at igangsætte en forskningsindsats om *effekterne af kondensstriberne på luftfartens udledning af drivhusgasser*. Kondensstriber, som luftfartøjerne skaber, kan bidrage til global opvarmning i tillæg til udledningerne af drivhusgasser fra flybrændstof. Effekten fra kondensstriber medregnes ikke i de officielle opgørelser af luftfartens udledning af drivhusgasser.

Derudover er der et stort forskningsbehov inden for elektrificering og effektivisering af lufthavne samt at øge fleksibiliteten af lufthavnes elforbrug via energilagring og forskydning af energiforbruget (Smart Airports).

Der bør også forskes i *teknologier til el- og brintfly*, idet teknologien herfor er umoden, ligesom der er behov for klarlægning af påkrævet elinfrastruktur, herunder for lufthavnene. Der er begrænset passagerkapacitet og flyvelængde for de første versioner af el-fly. For at sikre en ensartet og realistisk indsats mod luftfartens klimaaftryk bør *virknin- gen af højdeeffekter (contrails)* ligeledes undersøges nærmere. Forskningsfelter er eksempelvis forskelle mellem effekter fra fossilt og bæredygtigt brændstof, optimering af motorteknologier, flyvehøjder m.m.

3.6 Skibsfart

Indenrigsskibsfarten står aktuelt for ca. 4 pct. af transportsektorens udledninger af drivhusgasser. Danske rederier kontrollerer imidlertid en stor del af den globale handelsflåde, hvorfor der er et stort potentiale i en intensiveret forskningsindsats, herunder bl.a. i nye grønne brændstoffer og energieffektivitet, der kan bidrage til realisering af internationale reduktionsmål. Da der findes dansk teknologi ombord på en meget stor del af verdensflåden, vil en forskningsindsats i samarbejde med de danske verdensførende producenter af energieffektiv teknologi gavne klimaet betragteligt, da der er et betydeligt potentiale for større procentuelle forbedringer.

På kort sigt vil energieffektive redskaber til skibsfart, herunder fiskeriaktiviteter, kunne sænke behovet for fossile brændstoffer. Der bør derfor forskes mere inden for *de skibstekniske fagområder, herunder strømningsmekanik, termodynamik, energiomdannelse og – lagring, materialeteknologi o.a.* Herudover er der behov for forskning i en *mere effektiv udnyttelse af drivmidler*, f.eks. via udvikling af brændstofeffektive motorer, fartøjer med mindre modstand og mere effektiv logistik.

Konkret bør der forskes i *hele værdikæden fra logistik og bunkering af grønne brændstoffer over mere effektive hybride drivlinjer og motorteknologier til de mest lovende grønne brændstoffer.* I den forbindelse bør også *havnenes rolle* inddrages, herunder bør de inkluderes i planlægningen af fremtidens elnet, ligesom forbedring af *'virtual arrival'* og *generel logistik* ligeledes kan bidrage til en reduktion af udledning af drivhusgasser. Der er også et generelt behov for *at forbedre monitoreringsdata* og forstå, hvordan disse bedst skal tænkes ind i ledelse og drift af skibene (f.eks. "Condition-based Maintenance"). Endvidere er der behov for en grundlæggende forståelse af krav fra købere af transportleverancer samt effekten af indførelse af ny regulering. Endelig spiller udviklingen af forretningsmodeller en essentiel rolle for grøn omstilling af skibsdrift.

Det er vigtigt, at der tages et holistisk perspektiv på potentialet for emissionsbegrænsning, således at eksempelvis metan og ammoniak slip indgår. Brændstofferne omfatter mindst ammoniak (inkl. pilotbrændstof) og metanol samt syntetiske tunge brændstoffer fra biomasse og affald.

Et dilemma for udviklingen af alternative bæredygtige brændstoffer til skibsfarten, herunder fiskeriaktiviteter, er, at det endnu er for tidligt at identificere én brændstoftype, hvorfor der må arbejdes med flere muligheder samt deres infrastruktur. Der bør gøres en forskningsindsats for at udvikle nye drivmidler og analysere deres anvendelighed i skibsfart/fiskeri. Dette skal baseres på viden og tæt samarbejde mellem universiteter, GTS-institutter og industri.

Alternative brændstoffer, som f.eks. ammoniak ombord på skibe, vil skabe væsentligt anderledes udfordringer for brandsikkerheden, end der er i dag med de kulbaserede brændstoffer. Der er derfor behov for FoU samt testning og demonstration af sikkerhedsløsninger, som kan overbevise både den danske Søfartsstyrelse, internationale klassifikationsselskaber og IMO (International Maritime Organization) (TRL3-9).

Der er stadig et stort potentiale for *minimering af fremdrivningsmodstanden for skibe*, herunder at reducere brændstofforbruget ved at optimere skibenes design både under og over vandet.

Skibsdesign og drift af færger er et område, hvor Danmark fortsat skal være førende. Med en forskningsindsats fra universiteterne, i dialog med den maritime branche, vil Danmark kunne gøre de transportmidler, der binder Danmark sammen til søs, dvs. de mindre ø-færger, til et fælles nationalt anliggende. Projektet vil sikre en betydelig reduktion af den nationale udledning. Desuden vil de løsninger, der implementeres i projektskibet, kunne eksporteres og dermed både bidrage til at reducere udledning fra færger/andre skibe på globalt plan og skabe grobund for øget grøn udvikling, vækst og beskæftigelse i Danmark.

Optimering af skibenes energieffektivitet (Energy Efficiency Design Index) vil dog ofte resultere i designløsninger med reduceret installeret motorkraft, som ikke giver tilstrækkelig manøvreveje i hårdt vejr. Hele dette område har brug for en målrettet forskningsindsats.

Forskning viser, at der er mange andre faktorer end motorer og deres drivmiddel, der er afgørende for et skibs udledning af drivhusgasser. Skibsdesign, skruer, digitalisering, antifouling coatings og drag-reducerende coatings m.m. skal også ses som et centralt element i at nedbringe brændstofforbruget til skibsfart/fiskeriaktiviteter.

Forskning i bæredygtige drivmidler til skibsfarten, herunder fiskeriaktiviteter: TRL3-8, midt i fødekæden.

The Maritime Research Alliance, der er dannet af udvalgte danske universiteter, har til formål at styrke forskning og undervisning inden for det maritime område. Samarbejdet er et oplagt udgangspunkt for en målrettet forskningsindsats i forhold til skibsfart, herunder fiskeriaktiviteter, og reduktion af drivhusgasser. Det vil være oplagt at trække relevante GTS-institutter ind i samarbejdet for at sikre fokus på udvikling, test og demonstration (TRL3 til 9).

Forskning i *data management* spiller også en vigtig rolle i forhold til at reducere udledningen af drivhusgasser inden for skibsfarten/fiskeriet i form af:

- Forbedring af logistik og transparens af supply chains via f.eks. distributed ledger technologies (blockchain)
- Optimering af skibsruter under inddragelse af bedre realtids klima/vejr-tjenester (data for navigation og kurs af skibe)
- Udvikling af autonome systemer
- Optimering af container packaging
- Optimering af skibsruter og hele rutenet i forhold til brændstofforbrug
- Optimering af supply chain for nye brændstof typer samt optimering af disruption management – ofte bruges der meget brændstof, når man skal indhente forsinkelser m.m.
- Forskning i tværgående digitale forsyningskæder (på tværs af transportformer)

Øget samarbejde på tværs af den maritime sektor, herunder opsamling (IoT), deling af analyser og data er også vigtigt. Et større digitalt datagrundlag vil kunne danne basis for optimal brug af udstyr, rute- og fartoptimering samt integreret og forbedret logistik. Der er i den forbindelse behov for *markedsstandarder inden for deling af data samt måling af CO₂ og emissioner*. Dette vil danne basis for bedre modeller, AI samt brug af Big data. Yderligere transparens og præcise målinger af CO₂ og emissioner pr. transporteret enhed kan bidrage til mere miljøvenlig vandtransport.

Forskning i bedre modeller samt brug af Big data, IoT og AI. TRL 2-7, tidlig til midten af fødekæden.

Der er også brug for forskning i samspillet mellem mennesker og avancerede IoT-, AI- og Machine Learning (ML)-systemer, med stadigt stigende grader autonomi, i forhold til motivation og læring for navigatørerne.

Det gælder endvidere forskning i værdiskabelsen fra digitale tvillinger (baseret på IoT, AI og ML) i forhold til operation, drift og vedligehold af skibe samt træning af navigatører.

Der er tilsvarende behov for udvikling af standarder og kommunikationsprotokoller i forhold til indsamling og udveksling af data (IoT, AI og ML) som muliggør træning og validering af digitale tvillinger for skibenes performance.

FoU inden for AI til *optimering af sejlruiter i forhold til vejrforhold*, hvilket har potentiale for at forkorte skibstransporten og dermed skibenes udledning af drivhusgasser, er desuden et område, der bør prioriteres.

Forskning i AI til optimering af sejlruiter i forhold til vejrforhold: TRL2-5, forholdsvist tidligt i fødekæden.

Der er endvidere fortsat et stort behov for fokusering på det *reduktionspotentiale, der vurderes at være i forhold til brug af eksisterende skibs- og digitalteknologi*. Skibe har en levetid på mindst 20-30 år. Der kan findes et reduktionspotentiale ved øget fokus på retrofitting, optimeret drift, brug af data samt bedre uddannelse. Denne viden vil desuden være nyttig for alle skibe – også nybyggede skibe. Parametre som f.eks. ruteoptimering og logistik vil også være gældende for nye skibe.

Ligesom for lufthavne, er der et stort forskningsbehov for Smart Ports, hvor elektrificering, energieffektivisering og fleksibelt elforbrug er nøgleelementer. Udvikling af nye landstrømsløsninger med minimal spidsbelastninger på elnettet er nødvendige.

3.7 Tung vejtransport

Varebiler og lastbiler står i dag for ca. en tredjedel af transportens udledninger af drivhusgasser. For tung vejtransport er der behov for yderligere forskning i især *drivmidler*

og beslutningsstøttesystemer til optimering af transporten, der kan reducere udledningerne af drivhusgasser.

I forhold til *drivmidler* består forskningsbehovene på kort sigt bl.a. i at gøre de tilstede-værende løsninger inden for biobaserede drivmidler og batterier/elektrificering mere omkostningseffektive. På lang sigt er der ligeledes behov for at udvikle nye syntetiske drivmidler til tung vejtransport. Det gælder også for luftfart og skibsfart.

Der skal sættes en udvikling i gang inden for *bæredygtige batterier*, idet der skal findes afløsere for ressourceknappe dele i den nuværende teknologi. Det kunne også være relevant at se på rækkevidden for batteridrevne lastbiler. Teknologisk brug af termoelektriske materialer rummer også stort potentiale. Der bør også forskes i biodiesel fra organisk affald gennem HTL eller biologiske konverteringsprocesser.

Forskning i bæredygtige batterier: TRL1-3 i starten af fødekæden. Her er dog nogle teknologier tæt på kommercialisering.

I forhold til *beslutningsstøttesystemer*, er der især behov for forskning i, hvordan collaborative logistikløsninger kan bringes til markedet, idet samarbejde mellem virksomheder, der strukturelt er i konkurrence med hinanden, kan medføre signifikant bedre udnyttelse af ressourcer og reduktioner i emissioner.

Der bør også gennemføres *analyser af totale udledninger af drivhusgasser for forskellige brændstoffer samt* forskes i nye *hybride drivlinjer (de komponenter der genererer kraft, inkl. motorer, transmission, drivakslar m.v.) og motorteknologi/brændselsceller*. Der er endvidere behov for forskning inden for placering og dimensionering af ladeanlæg, så elbaserede transportmidler kan bruges uden bekymring for opladningsmuligheder.

Endvidere vil det være en fordel at forske i *logistik og udvikling af autonome enheder generelt, herunder robotter (el. droner), samt disses optimering*, så de kan bidrage til en mere effektiv logistik. Optimering af "container packaging" er et forskningsområde og potentiale inden for den tunge vejtransport.

Godstransport er et internationalt konkurrencepræget erhverv, og det bør derfor overvejes, hvordan danske forskningsindsatser kan indgå i internationale forskningssamarbejder med henblik på at sikre skala og international anvendelighed. Forskningen i klimatiltag i godstransportsektoren bør anlægges med et internationalt perspektiv, og løsninger skal være konkurrencedygtige i forhold til alternativerne.

3.8 Let vejtransport

Personbiler står for ca. halvdelen af transportsektorens udledninger af drivhusgasser.

Uanset energitype vil et stort energiforbrug være forbundet til brugen af privatbilen, ligesom den er helt central for den hurtigt stigende trængsel med forøgede omkostninger til følge. Der bør derfor laves forskning, hvor en række tiltag bliver gennemført for enten at *forøge antallet af personer i hvert køretøj markant fra de 1,09 i dag og/eller for at få*

såvel borgere som erhverv til at *skifte til bæredygtige transportformer, herunder specielt cyklen*. Ligeledes bør der forskes i betydningen af regulering og økonomiske instrumenter, såvel nationale som lokale (f.eks. for roadpricing og vejafgifter, miljøzoner og parkeringsrestriktioner), og instrumenterne bør afprøves i storskalaforsøg.

En række forsøg har vist, at der er et stort potentiale forbundet med transportmiddel-skifte. Men der er store udfordringer i form af *mangel på gode business cases, mangel på brugervenlige applikationer samt viden om, hvilke nudging-tiltag, der kan få trafikanterne til at skifte transportmiddel*.

Persontransport til og fra arbejde, herunder især privatbilisme, er der også brug for mere viden om. Dette tema relaterer sig til tværfaglig forskning i *Smart Cities*: Hvordan skal byer bygges op for at reducere transporten? Med den stigende urbanisering globalt set er der særlige forskningsbehov i forhold til at transformere og udvikle resiliente bysamfund som motor for grøn omstilling. Det kan bl.a. omfatte urban mobilitet og borgerinddragelse i design af bæredygtige urbane miljøer. Der peges på betydelige potentialer ved at planlægge lokalisering af boliger og arbejdspladser på en måde, der minimerer behovet for persontransport.

Derudover er det også væsentligt med FoU i samkøring af offentlige Smart City-data med tung vejgodstransport, og udnyttelse heraf, til optimering af trafik og forurening i byer, herunder tværgående dataplatforme til samkøring, analyse og udstilling af data-drevne services.

Der er også behov for forskning i incitamenter og regulering, der kan føre til hurtig elektrificering af den lette trafik (person- og varebiler) samt i incitamenter og forretningsmodeller til udbygning af ladeinfrastruktur og smart deling. Der er særlige udfordringer i tyndtbefolkede områder samt boligområder, hvor private ikke selv kan opstille ladere. I det hele taget er forskning i *bilisters kørselsmønstre*, og hvordan ladeinfrastruktur mest omkostningseffektivt udbygges til at understøtte kørselsbehovet, så manglende infrastruktur ikke begrænser ibrugtagning af elbiler, af afgørende betydning. Klimapartner-skabet for landtransport og logistik anbefaler, at der bør udarbejdes en national plan for etablering af ladestruktur, der understøtter omstillingen til eltaxier og elvarebiler frem mod 2025.

Der er desuden behov for forskning i overvågning og styring af fremtidens energikøonomiske *selvkørende biler*.

Forskning i, *hvordan bilernes batteri kan spille sammen med elnettet* (Vehicle to Grid, Smart Grid) og forretningsmodeller herfor, er også nødvendig. I den forbindelse er der brug for flere udviklings- og demonstrationsprojekter inden for Smart Grid.

3.9 Kollektiv transport

Busserne – både den offentlige servicetrafik og busser i den private sektor – står i dag for ca. 5 pct. af transportens udledninger af drivhusgasser, og banetransporten står for ca. 3 pct. af udledningerne. Der er således behov for forskning, der kan gøre den kollektive transport CO₂-neutral, herunder i form af el og nye grønne brændsler.

Integreret planlægning og optimering af kollektiv transport har desuden potentialet til at udnytte den givne infrastruktur og kørende materiel bedre, så rejsetid og især skiftetid reduceres for passagerer, samt at materiel og køreplan i højere grad allokeres efter efterspørgsel. Der er desuden behov for at få mere viden om, hvordan man kan øge benyttelsen af kollektiv transport.

4. Danske forsknings- og innovationsmæssige forudsætninger

4.1 Generelle forudsætninger - på tværs af transportformer

Dansk forskning og innovation har styrkepositioner inden for følgende områder:

- Der vil være behov for nye flydende brændsler til den tunge transport, f.eks. kerosin (jetbrændstof) og ammoniak. Disse vil kunne stamme fra biomasse, brint (H_2) og kuldioxid (CO_2) henholdsvis kvælstof (N). Danmark er i en *unik position til at udvikle teknologier og integrere løsninger til produktion af fremtidens grønne brændsler pga. billig og CO_2 -fri el fra vindmøller, solceller, og tilgængelig restbio-masse og god udnyttelse af overskudsvarme.*
- Der er store potentialer tilknyttet *udvikling, opskalering og industrialisering af syntetiske drivmidler, Power-to-X, herunder elektrofuels inkl. brint*, der kan fremstilles på baggrund af vedvarende energi via elektrolyse.
- Der er stærke kompetencer inden for *brandtekniske analyser, systemdesign og test målrettet skibe, batterier og procesindustrien* – f.eks. i relation til brint og ammoniak.
- *Bæredygtige drivmidler* (herunder distribution, opbevaring og brug af bæredygtige drivmidler). Dansk FoU er relativ stærk inden for elektrolyse og brændsels-celler samt udviklingen af biobaserede brændsler. Der er også stærke kompetencer inden for *procesoptimering og systemoptimering.*
- *Biogas, biomethan, gul biomasse* (halm m.v. på lang sigt og ikke bare afbrænding), *bioraffinaderier og nye bioværdikæder inkl. systemanalyse og LCA.* Et særligt vigtigt område i relation til tung transport.
- *HTL Hydrothermal Liquefaction.*
- *Forgasning og pyrolyse med downstream syntese eller hydrogenerering til brændstoffer.*
- *Hydro- og aerodynamisk simulering mhp. optimering af eksempelvis skibsdesign samt teknologier til måling og rensning af emissioner.*
- *Batteriteknologi.*
- *Valg af transportformer, behovsanalyser og incitamentsstrukturer.*
- *Robotforskning (inkl. algoritmer).*
- *Digitale teknologier* såsom kunstig intelligens (AI), cybersikkerhed, digitale infrastrukturer (IoT, Cloud, Edge, o.a.), multi-experience, visual computing, o.a.
- *Optimering af transport og logistik ved brug af effektive, datadrevne algoritmer og AI*
- *Katalyse, CO_2 og gaskonvertering.*

- Dansk forskning har en styrkeposition inden for anvendelse af *operationsanalysemetoder til optimering af transport og til planlægning af infrastruktur*. På flere af universiteterne er der mange, som allerede beskæftiger sig med optimering af transport ved hjælp af metoder fra matematik og datalogi (maskinlæring, matematisk optimering, simulation m.v.). Der arbejdes hovedsageligt inden for skibstrafik, vejtrafik, offentlig transport og i mindre grad flytrafik. Internationalt set er Danmark med i førerfeltet i disse discipliner. Denne styrke kan bringes i spil i forbindelse med de udfordringer, vi står over for mht. reduktion af udledning af drivhusgasser fra transport.
- *Forskning i adfærd, incitamenter og samfundsøkonomiske konsekvenser af grøn omstilling af transportsektoren*. Dansk forskning inden for klimavenlig og mere bæredygtig adfærd er relativt fragmenteret, men af høj kvalitet inden for transportadfærd m.m. Der findes relevante forskningsmiljøer med baggrund i psykologi, sociologi, antropologi og andre former for adfærds-/kulturforskning, der fokuserer på individuel såvel som kollektiv adfærd.
- Hvad angår *indarbejdelse af klimahensyn i regulering og planlægning*, er der relevante forskningsmiljøer på flere universiteter.
- *Effekter af økonomisk og anden regulering*, f.eks. i form af roadpricing, på transportmiddelvalg og – efterspørgsel, og effekter af lokal regulering, f.eks. parkering og udbud af infrastruktur og kollektiv transport.

4.1.1 Flytrafik og tung vejtransport

- Den private forskning inden for luftfart og tung vejtransport er begrænset.

4.1.2 Skibsfart

- Inden for skibsfart forgår der en del *forskning i private virksomheder*.
- Der findes også forskellige forskningsplatforme – og centre, der bl.a. forsker i skibsfart, især i de miljømæssige rammer og udledning af drivhusgasser samt fokuserer på *anvendeligheden af DLT inden for logistik, datahåndtering* m.v. især inden for det maritime område.
- Et forskningsprojekt har fokus på *zero emission operations af skibe*, der er et demo-projekt med potentialer.
- To offentlig-private partnerskaber har fokus på *forskning, udvikling og demonstration af grønne løsninger, digitalisering og autonomi i skibsfarten*.
- Flere GTS-Institutter har *udviklings- og testlaboratorier for skibsfart, simulatorer, træning, CFD, vindtunneller og vandtanke* samt udfører forskning i maritime brændstoffer, motorer og emissionsudstyr.

4.1.3 Let vejtransport

- Forskningsmæssige styrker inden for *skifte til bæredygtige transportformer*, herunder de eksisterende udfordringer i form af manglende business cases, brugerapplikationer, relevante nudging-tiltag.
- Forskningsgruppe inden for *Smart City Solutions*, som forsker i eksisterende urbaniseringsudfordringer samt nye måder at transformere og påvirke byudviklingen på, herunder bl.a. *mobilitet, transport*.

- Forskningsmæssig indsats rettet mod *elektrificering af den lette transport*, herunder bl.a. *Vehicle to Grid* og *batteridiagnose*.

4.1.4 Kollektiv transport

- Forskningsmæssige styrkepositioner findes i *optimering af logistik og offentlig transport* for at sikre effektiv udnyttelse af ressourcerne.
- *Omstilling af infrastruktur i den offentlige transport fra diesel til el (el og andre zero emissions fuels)* er en styrkeposition for anvendelse af operationsanalyse/matematisk optimering.

5. Danske erhvervsstyrker

5.1 Generelt - på tværs af transportformer

En stor dansk virksomhed er stærk på biofuels, og der findes flere virksomheder inden for energisektoren og vindbranchen, der har stærke interesser i syntetiske brændstoffer (brint og Power-to-X). Power-to-X er et område, hvor danske aktører har et stort potentiale for at blive en central part i disse nye globalt efterspurgte løsninger. Det gælder ikke mindst inden for den globale skibsfart. Strøm fra Nordsøen kan anvendes til at producere transportbrændsler til mange transportsektorer. Også biogas/methan, hvor der ligeledes findes erhvervsstyrker, vil kunne indgå i det fremtidige transportmix.

5.2 Adfærd, incitamentsstruktur og digitalisering

Der er ingen erhvervsstyrker direkte tilknyttet *klimavenlig adfærd*, men inden for mange erhvervsområder vil der være interesse i at skabe mere viden om bl.a. forbrugervaner.

Til gengæld er *Danmark er et af de lande i verden med den mest avancerede teknologi inden for geografisk positionering og tilgængelighed af geografisk relaterede data - også inden for transporten*. Denne styrkeposition har erhvervet i stor udstrækning taget til sig, omend potentialet er mange gange større, og transportsektoren er et oplagt område at implementere teknologien på.

5.2.1 Flytrafik

Sektoren har mere end 500 virksomheder og mere end 50.000 ansatte og er karakteriseret ved enkelte store aktører og mange små virksomheder og lokale flyvepladser. Sektoren skaber 0,3 pct. af Danmarks BNP. I 2018 befordrede den danske luftfartssektor i alt ca. 35 mio. passagerer, heraf var ca. 2 mio. passagerer med indenrigsflytrafik i Danmark, og 33 mio. var udenrigspassagerer. Luftfart omfatter virksomheder, der håndterer transport og logistik via fly, herunder luftfartsselskaber, lufthavne, handlingselskaber og luftfartsskoler samlet i Brancheforeningen Dansk Luftfart.

En virksomhed kan i dag levere *elektrolyseanlæg kommercielt*, og en anden arbejder på *kommercialisering af solid oxid elektrolyseanlæg*. De danske erhvervskompetencer på biogas og biomethan kan ligeledes levere energi til *flybrændstof*. Teknologi fra en af disse virksomheder har bidraget til udviklingen af verdens første grønne raffinaderi til flybrændstof i Holland, ligesom den også har indsats til både forbedring af batteriteknologi og kapacitorer. Der arbejdes på fremstilling af flybrændsler fra spildvarme på basis af mikrobielle blandingskulturer.

5.2.2 Skibsfart

Det Blå Danmark er med knap 100.000 beskæftigede, 6 pct. af den danske bruttoværditilvækst og godt en fjerdedel af den danske eksport et vigtigt erhvervsområde. Det maritime område i Danmark skaber 9,7% af Danmarks BNP og 16,6% af Danmarks eksport.

Med stærke traditioner inden for søfart er Danmark verdens femtestørste skibsfartsnation målt på tonnage opereret af danske rederier. Den maritime industri, som udvikler, producerer og servicerer maritim teknologi, udgør en væsentlig del af styrkepositionen. CO₂-emissionerne fra dansk kontrollerede skibe er betydelige og i samme størrelsesorden som Danmarks samlede øvrige emissioner. Danmark har således en forpligtelse til gennem forskning at nedbringe disse betydelige emissioner fra danske aktiviteter.

Der er mange eksempler på toneangivende virksomheder inden for det Blå Danmark. Heriblandt leverer en større dansk virksomhed *elektriske drivlinjer til fartøjer*. Havne er endvidere centrale aktører i forhold til udledning af drivhusgasser og styring af ressourceforbrug i forhold til skibsfart. *Emissionskontrolløsninger* har et globalt marked på ca. 100 mio. pr år. Flere danske virksomheder er aktive med dette.

5.2.3 Tung vejtransport

I Danmark findes flere internationalt stærke transportvirksomheder. Det vurderes dog, at der ikke er nogen større danske erhvervsstyrker inden for forskning i alternative drivmidler og andre klimatiltag til tung vejtransport. Et dansk firma er dog verdensførende med *fuldskalaanlæg til konvertering af organisk affald til biofuel (diesel)*.

5.2.4 Let vejtransport

Erhvervsstyrkerne inden for *optimering af antallet af personer pr. køretøj samt transportmiddelskifte* ligger primært i små og mellemstore virksomheder samt interesseorganisationer og lignende.

Inden for elektrificering af den lette transport findes der en række virksomheder, der leverer komponenter og løsninger til elbiler og ladeinfrastruktur.

5.2.5 Kollektiv transport

Kollektive trafikselskaber arbejder i disse år på at lade deres nye *behovstyrede løsninger* blive et reelt alternativ til personbilen i et målbart omfang.

6. Klimarådets anbefalinger vedr. forskningsbehov

Klimarådet anfører, at stort set al transport skal foregå via CO₂-neutrale drivmidler i 2050 for at Danmark kan blive et klimaneutralt. Det er derfor brug for at indfase CO₂-neutrale drivmidler hurtigt. Spørgsmålet er derfor, hvor hurtigt salget af elbiler kan skæles op, og om der kan anvendes andre drivmidler i de eksisterende benzin- og dieselmotorer?

Klimarådet skelner i omstillingen mod 2030 og 2050 mellem to spor: Implementeringssporet og udviklingssporet. Implementeringssporet repræsenterer alle de løsninger og teknologier, som vi allerede kender, og som er nødvendige at implementere for at komme det første stykke af vejen mod 70 pct.-målet i 2030. Med dette spor nås omkring 60 pct. reduktion af udledning af drivhusgasser under visse forudsætningen, bl.a. kulstop inden 2025.

Udviklingssporet repræsenterer de mere ukendte, strategiske omstillingsselementer, der skal til for at nå i mål med 70 pct. i 2030, og som også skal sikre, at målet om klimaneutralitet i 2050 nås. Sporet indebærer bl.a., at transportsektoren bidrager med yderligere reduktioner. Her er FoU nødvendig – ikke mindst i relation til den tunge transport, herunder godstransport, hvor omstillingen i retning af CO₂-neutralitet ikke rigtig er kommet i gang.

Klimarådet peger konkret på, at en række lovende teknologiske redskaber, der udviklingsmæssigt ligger nogle år ude i fremtiden, bør tages i anvendelse inden for især den tunge transport og luftfarten, hvis Danmark skal af med de sidste udledninger. Det gælder udvikling af *elbaserede brændsler, elektrofuels via Power-to-X*. Disse teknologier skal ses som et supplement til den direkte elektrificering. For at sikre at teknologierne er klar, når de skal levere i større skala, skal udvikling og opskaleringen af elektrolysekapaciteten støttes, så omkostningerne kan komme ned. Desuden anbefaler Klimarådet udvikling, der kan føre til et *gennembrud inden for batteriteknologien* i relation til elbiler i form af f.eks. bedre rækkevidde samt udvikling af en *bedre ladeinfrastruktur*.

Ifølge Klimarådet kan de danske udledninger også reduceres ved, at der sker ændringer i forbruget hos de borgere og virksomheder, der efterspørger de potentielt klimaskadelige produkter. Det gælder både i form af *valg klimaneutrale køretøjer eller mere samkørsel, delebiler, aktiv grøn transport (cykel og gang) og kollektiv transport*, der mindsker transportforbruget. En omstilling til 1 og op mod 1,5 mio. elbiler i 2030 kombineret med mindre bilkørsel, som Klimarådet lægger op til, vil kræve *mere viden om forbrugeradfærd, herunder mere viden om bl.a. effekter af økonomisk og anden regulering i form af f.eks. afgifter*.

7. Klimapartner- skabernes anbefalinger vedr. forskningsbehov

Tre ud af regeringens 13 klimapartnerskaber er af direkte relevans for transporten.

Det gælder klimapartnerskabet for Landtransport og Logistik, klimapartnerskabet for Luftfart og klimapartnerskabet for Det Blå Danmark. Andre partnerskaber er dog indirekte relevante i forhold til transportsektoren. Det gælder f.eks. partnerskabet for Fødevarer og Landbrugssektoren, fordi grønne flydende brændstoffer kan involvere brug af biomasse og produktion af bl.a. biogas).

I det følgende refereres de anbefalinger fra de tre direkte transportrelaterede partnerskaber, som vil kræve en FoU-indsats:

7.1 Klimapartnerskabet for Landtransport og logistik

Klimapartnerskabet for landtransport og logistik anbefaler mere viden og forskning inden for følgende områder:

7.1.1 Logistik-optimering

Der mangler viden og forskning på området, der kan belyse klimaeffekten af last mile-varelevering til pakkeshop kontra privatlevering hjem til døren, samt hvordan området kan effektiviseres mere – ikke mindst i forhold til levering i landområder.

7.1.2 Alternative drivmidler

Manglen på tilstrækkelige, prisbillige og klimarigtige drivmidler og energiformer er en global udfordring. Derfor skal FoU i nye drivmidler og energiformer også være det. Efter mange års satsning på området har Danmark oparbejdet en *betydelig styrkeposition på vindkraft*. Vi er samtidig forholdsvis langt fremme inden for *forskning i andre energiformer samt håndtering og "opbevaring" af vindstrøm, f.eks. i form af brint*. Det er helt afgørende, at Danmark er med i den globale udvikling af fremtidens energiformer. Vi har en strategisk interesse i at være selvforsynende – og gerne eksporterende af energi, både af sikkerhedspolitiske årsager, af hensyn til erhverv og konkurrenceevne, men ikke mindst af hensyn til klimaet. Samtidig får Danmark mulighed for at eksportere teknologier, løsninger og services, som kan anvendes i værdikæden, og som frembringer CO₂-neutrale brændsler. *En betydelig del af regeringens strategi på klimaområdet bør derfor dedikeres til forskningsprojekter i energiformer*. Både i form af rent nationale projekter,

men også i internationalt samarbejde, hvor *dansk erhvervsliv kan udnytte sin veludviklede evne til at fungere som nicheoperatør.*

Konkret peger partnerskabet på, der på et behov for forskning i *Power-to-X* og *elektrofuels* med det sigte at kunne opstille et brugbart *power-to-fuel* anlæg i Danmark i 2030. Klimapartnerskabet for Life science og Biotek bakker op om klimapartnerskabet for Landtransports forslag om øget forskning i grønne transportformer.

Fordelen ved *elektrofuels* er, ifølge partnerskabet, at det har samme kvalitet som traditionelle fossile brændstoffer, samtidig med at drivmidlet er CO₂-neutralt. Elektrofuels kan derfor benyttes af almindelige forbrændingsmotorer - og endda i skibe og fly. *Teknologien er endnu på et forsøgsstadium, men i en række europæiske lande forsøger man at skalere Power-to-X-teknologien*, så den kan benyttes til blandt andet udvikling af alternative brændstoffer. Elektrofuels vil kunne sikre en gennemgående grøn omstilling af hele transportsektoren, vurderer partnerskabet. Teknologien er i dag forholdsvis dyr sammenlignet med f.eks. biogas eller brint, og kan vanskeligt forventes at blive realiseret i stort omfang inden 2030. Men med et samlet mål om et CO₂-neutralt Danmark og Europa inden 2050 er det nødvendigt at igangsætte projektet allerede nu, så målet kan nås i tide, jf. partnerskabet.

Klimapartnerskabet anbefaler, at der bør afsættes 500 mio. DKK og udformes en langsigtet national strategi og investeringsplan for transport- og logistikforskning med en fokuseret indsats på at omsætte forskningsresultater til konkrete værktøjer for virksomhederne og at udvikle produktionen af de bæredygtige drivmidler. Det kan blandt andet være *skalering og forskning i elektrofuels og Power-to-X*, der på sigt både vil kunne benyttes af den tunge transport samt skibe og fly.

7.1.3 Klimavenlig transport

Hvis virksomhederne herhjemme fortsat skal klare sig i den internationale konkurrence og samtidig levere på klimadagsordenen, kræver det en styrket indsats på FoU-området. Herunder ikke mindst i forhold til udvikling af produktionen af bæredygtige drivmidler. Der foregår allerede forskning og videndeling inden for transport- og logistikområdet i Danmark, men der er behov for at styrke området endnu mere, både nationalt og internationalt. *Derfor bør der udformes en langsigtet national strategi og investeringsplan for transport- og logistikforskning med en fokuseret indsats på at omsætte forskningsresultater til konkrete værktøjer, der kan anvendes direkte i virksomhederne.* Målsætningen bør være at gøre Danmark til en europæisk forskningshub inden for klimavenlig transport, der samtidig understøtter konkurrenceevnen og udviklingen af danske teknologivirksomheder. *Nogle af de forskningsområder, der har et stort værdiskabende potentiale, vurderes blandt andet at være inden for energiteknologiske udviklings- og demonstrationsprogrammer, logistikoptimeringsforskning samt automatiseringsprojekter.* Potentialet for grøn FoU til vejgodstransport afhænger i vid udstrækning af, hvor mange midler, der bliver afsat, samt om forskningsresultaterne kan omsættes direkte i virksomhederne til at reducere udledningen af drivhusgasser. *Det vil desuden være vigtigt, at der skabes offentlighed om og markedsføring af mulighederne for forskningsstøtte.*

7.1.4 Partnerskab

Der bør etableres et formaliseret partnerskab mellem universiteter, transporterhervets uddannelsesinstitutioner, myndigheder, rådgivervirksomheder, teknologi- og transport-virksomheder, transportkøbere samt transport- og erhvervsorganisationer. Dette bør være understøttet af et sekretariat – eventuelt i regi af Uddannelses- og Forskningsministeriet. Derudover bør der foretages et landetjek for at lære af udenlandske erfaringer, herunder særligt resultaterne fra TripleF i Sverige.

7.1.5 EU

Det bør undersøges, hvorvidt allerede eksisterende rådgivning til ansøgning af midler fra EU fungerer, og om dette kan understøttes endnu mere i bestræbelserne på, at Danmark i højere grad får andel i EU-forskningsmidler samt midler fra den Europæiske Investeringsbank til gavn for klimaet og dansk konkurrenceevne.

7.2 Klimapartnerskabet for Luftfart

For Klimapartnerskabet for Luftfart er der to centrale virkemidler til reduktion af klimapåvirkningen. Dels energieffektiviseringer gennem flyflådefornyelser og operationel optimering samt ikke mindst indfasning af bæredygtigt flybrændstof i et forløb, der sigter på *Power-to-X* som *ultimativ brændstofressource*. De skandinaviske luftfartsselskaber investerer i disse år ekstraordinært mange milliarder i flådefornyelser. De nye fly bruger typisk 15-25 pct. mindre brændstof end de fly, de erstatter. *Det ultimative mål er, at dansk luftfart er klimaneutral senest i 2050.* Derfor skal 2030 ses som et skridt på vejen, hvor målsætningen er at reducere udledningerne fra indenrigsluftfart med 70 pct. vs. 1990, mens det for udenrigsluftfart er at reducere udledningerne med 30 pct. vs. 2017.

På enkelte områder kan der være behov for mere forskning. F.eks. i den såkaldte højdeeffekt, hvor flymotorernes udslip af vanddamp i høj højde tilskrives en negativ klimaefekt. Den eksisterende viden er ikke tydelig nok, så her vil det være relevant, hvis der kan skabes mere robust viden om effekterne, og hvordan de kan reduceres eller helt undgås. Dertil skal Danmark også engagere sig i forskning i fremtidens drivmiddelteknologier, altså elektrisk baseret drift og droneteknologiens muligheder. Konkret anbefaler partnerskabet for luftfart mere viden og forskning inden for følgende områder:

7.2.1 Forskning i højdeeffekter (contrails) ved fossilt og bæredygtigt brændstof

For at sikre en ensartet og realistisk indsats mod luftfartens klimaaftryk bør virkningen af højdeeffekter (contrails) undersøges nærmere. Forskningsfelter er eksempelvis forskelle mellem effekter fra fossilt og bæredygtigt brændstof, optimering af motorteknologier, flyvehøjder m.m.

7.2.2 Forskning i teknologier til el- og brintfly

For at muliggøre el- og brintfly, som den næste mulige flyteknologiske omstilling, er det afgørende, at teknologien modnes i en grad, så der kan træffes valg om, hvilken infrastruktur der skal investeres i.

7.3 Klimapartnerskabet for Det blå Danmark

7.3.1 Partnerskab om testskibe

Det er i dag vanskeligt at få testet nye fremdrivningsmidler og grønne brændstoffer på kommercielle vilkår. Klimapartnerskabet foreslår derfor, at Det Blå Danmark indgår et frivilligt partnerskab, på tværs af sektoren, om at stille skibe til rådighed for forskning og konkrete tests.

Danske Rederier og forskningssamarbejdet ShippingLab samler i dag en række rederier, og arbejder på at lancere en *fælles innovationsplatform for fremdrivningsmidler for Det Blå Danmark*. Rederierne vil herigennem give tilsagn om at aftage en bestemt mængde testbrændstof til enten iblanding i eksisterende brændstoffer eller test på f.eks. hjælpe-motorer m.v. Rederierne vil også stille skibe til rådighed, der kan benyttes til tests sammen med forskningsinstitutioner. Arbejdet skal skabe erfaringer og danne grundlag for en forretningsmodel, der eksempelvis baseres på gradvise iblandingsmuligheder.

7.3.2 Maritimt Center of Excellence

Der er behov for at accelerere udviklingen af nye fremdriftsformer og brændstoffer i de kommende år med henblik på at nå målet om at sætte det første CO₂-neutrale ocean-gående skib i søen senest i 2030. Inden for Det Blå Danmark er der derfor taget initiativ til et internationalt forsknings-, udviklings- og testcenter for nye grønne brændstoffer etableret i København. Et center der kan fungere som neutral samarbejdsplatform for den blå industri, videninstitutioner, maritime start-ups og mindre virksomheder.

Formålet er at accelerere udviklingen af praktiske løsninger i form af banebrydende teknologier og nye brændstoffer, der skal dekarbonisere skibsfarten. Centret skal tiltrække de mest talentfulde forskere og tekniske kapaciteter – nationale såvel som internationale – inden for grønne maritime teknologier og etablere unikke testfaciliteter, der kan accelerere udviklingen af nye teknologier og CO₂-neutrale brændstoffer.

Fokus for centeret vil være på anvendt forskning og systemintegration til gavn for hele den maritime værdikæde. Det er ambitionen for centret at sætte Danmark i front globalt af denne udvikling og dermed være drivende for at nå det endelige mål om klimaneutral skibsfart i 2050. Der pågår i øjeblikket sonderinger om etablering og drift af et sådant center. Det er forventningen, at den initiale finansiering vil beløbe sig til ca. 1 mia. DKK over de næste 10 år. Det Blå Danmark håber, regeringen vil støtte et sådant center på forskellig vis, hvor det kan være relevant.

7.3.3 Demonstrationsskib anno 2030

I Danmark har vi stærke kompetencer i hele værdikæden, fra forskning og design til de konkrete hovedkomponenter i skibet. Klimapartnerskabet foreslår, at der, i samarbejde mellem offentlige og private aktører, etableres et *demonstrationsskib, der kan vise, hvordan forskellige elementer i et CO₂-neutralt skib spiller sammen*. Her bør være fokus på fremtidens skib anno 2030, med tanke på en højere grad af standardiseret energiefektivmodulopbygning, simplere elmotorer og eksempelvis brændselsceller. Muligheden for EU-finansiering af et sådant flagskib, der optimerer hele den maritime værdikæde, bør undersøges.

Skibet kan fungere som offentligt ejet skib eller i privat regi, og f.eks. kan det konstrueres med fokus på at kunne chartres ind af private rederier til kommerciel drift, eller aktivt arbejde på offentlige opgaver og derved skabe reelle driftserfaringer og bidrage til at reducere omkostningerne ved at udvikle fremtidens skibe. Demonstrationsskibet vil desuden fungere som et flagskibsprojekt, der viser for omverdenen, at det kan lade sig gøre at omstille skibsfarten til mere bæredygtig drift.

7.3.4 5 mia. USD til global forskningsfond

Det internationale rederierhverv ønsker selv at bidrage til at accelerere forskning- og udviklingsindsatsen inden for *klimavenlig skibsfart*, og har derfor foreslået IMO's medlemslande (International Maritime Organization), at der oprettes en international fond, der i løbet af de næste 10 år skal generere 5 mia. USD til forskning og udvikling.

Med dette IMO-forslag, går et samlet, globalt rederierhverv forrest og tager ansvar ved selv at finansiere den forskning og udvikling, som er afgørende for udrulning af alternative brændstoffer. Fonden skal finansieres ved, at det bliver obligatorisk at yde et bidrag til fonden for alle skibe i verden, der bruger fossile brændstoffer. Provenuet skal re-investeres i FoU, som på sigt kan gøre branchen fri af fossile brændstoffer. Det er flagstaterne, der skal opkræve bidraget for at sikre, at rederier bidrager på lige vilkår. Midlerne vil dog ikke overføres til den enkelte flagstat, men til IMO, og sammenblandes derfor ikke med de statslige budgetter. På den måde kan midlerne øremærkes til udvikling af klimaløsninger og -teknologi, der skal bidrage til en mere bæredygtig skibsfart. For at sikre global deltagelse i fonden kræver det, at IMO vedtager et bindende forslag. Klimapartnerskabet opfordrer regeringen til aktivt at arbejde for at fremme forslaget og få det vedtaget i IMO.

7.3.5 National strategi til udvikling af Power-to-X

Klimapartnerskabet for Det Blå Danmark foreslår, at regeringen udarbejder *en strategi for introduktion af storskala Power-to-X projekter i Danmark*. For at sikre udvikling af nye grønne brændstoffer, der kan bruges på tværs af sektorer og tid, er det nødvendigt med et strategisk samarbejde mellem energisektoren, regeringen og de største aftagere af brændstof, såsom skibs- og luftfarten og den tunge vejtransport.

7.3.6 Tiltrækning af EU-midler

Det Blå Danmark og den danske transportsektor har ikke i væsentligt omfang fået del i de midler, der findes under EU's forskningsprogrammer, som Horizon2020, Interreg-programmer og Connecting Europe Facility. Det hænger blandt andet sammen med, at der ikke har været en målrettet dansk indsats for at sikre fokus på dansk færge-, nær- og oceangående skibsfart, fiskeri, samt maritimt udstyr og havne i programmerne. Konkurrencen om at få del i EU-midlerne er hård, og der stilles derfor store krav til ansøgerne, samtidig med at ansøgningsprocedurerne kan være vanskelige at gennemskue.

Klimapartnerskabet vil derfor tage initiativ til, i regi af den kommende nationale Maritime Klynge, at etablere en koordineret indsats for at understøtte udviklingen af nye projekter og øge antallet af ansøgninger til EU's forskningsprogrammer med danske deltagere i form af universiteter, videninstitutioner og virksomheder. Konkret vil der skulle være en dedikeret ressource med særlig fokus på udviklingen af danske forskningskonsortier samt udvidet assistance til ansøgningsproceduren.

8. Internationale perspektiver

Danmark kan ikke nå i mål med at realisere klimamålsætningerne uden internationalt samarbejde. Deltagelse i europæisk og globalt FoU-samarbejde, med fokus på at nedbringe udledningen af drivhusgasser i transportsektoren, giver danske forskere og virksomheder adgang til ny viden, flere forskningsmidler og talenter. Samtidig bidrager det internationale samarbejde til at synliggøre danske forskningsstyrker og grønne danske løsninger og teknologier og kan derved styrke Danmarks konkurrenceevne, vækst og beskæftigelse.

Analyser viser desuden, at adgang til internationale netværk og partnerskaber er af afgørende betydning for kvaliteten af dansk forskning, ligesom disse netværk og partnerskaber er en god måde at koble nationale FoU-programmer og initiativer sammen med EU-initiativer og globale indsatser.

EU har stort fokus på vigtigheden i at reducere udledningen af drivhusgasser i transportsektoren og betragter forskning i ressourceeffektiv transport, der udviser miljøhensyn uanset rejseform, som et vigtigt led i transportpolitikken. *"Intelligent, grøn og integreret transport"* er en af de udfordringer, der modtager støtte under det nuværende EU-rammeprogram for forskning og innovation, Horizon 2020 (2014-2020). Dansk hjemtag af finansiering fra transportprogrammet har været forholdsvis lavt på trods af et umiddelbart stort potentiale.

Nogle af de største udfordringer inden for transportområdet, som EU har identificeret – og hvor der er et behov for forskning og innovation på europæisk niveau – er:

- *bæredygtighed*: transportens energibehov dækkes stadig for det meste af olie, hvilket er miljømæssigt og økonomisk uholdbart.
- *luftkvalitet*: frem til 2050 skal EU reducere emissionerne med 60 pct. for transportsektoren i forhold til niveauet i 1990 og fortsat mindske forureningen fra køretøjer.

Bæredygtige og innovative transportmidler spiller en vigtig rolle i EU's energi- og klimamål. I det kommende europæiske rammeprogram for forskning og innovation, Horizon Europe, vil EU understøtte transportforskning på tværs af klima-, energi- og transportsektoren. Horizon Europe vil have et holistisk fokus på FoU-projekternes miljø- og klimamæssige effekter, herunder hvordan de kan bidrage til at understøtte EU's overordnede energi- og miljøpolitiske målsætninger under den store grønne satsning, *Green Deal*.

I det nye rammeprogram vil der fortsat være fokus på centrale forskningsemner, hvor danske ansøgere står stærkt i forhold til at hente projektf finansiering; alternative brændstoffer, materialer til skibe/både, smarte trafiksystemer, brugeradfærd, modellering og multimodalitet – sammenhæng mellem forskellige transportformer. Transport er

integreret i det delprogram ("klynge"), der også skal understøtte klima- og energiforskning, hvilket er positivt set med danske øjne.

Med det nye Horizon Europe vil der desuden blive etableret en række strategiske *partnerskaber*, som har fokus på grøn omstilling, reducere af udledning af drivhusgasser i transportsektoren, mv. Disse partnerskaber giver adgang til internationale netværk, hvilket flere analyser har vist, er af afgørende betydning for kvaliteten af dansk forskning. Endvidere kan disse partnerskaber medvirke til at koble nationale FoU-programmer og initiativer sammen med EU- og globale initiativer. Disse kommende partnerskaber vil alle have et stort fokus på klimaudfordringer.

De følgende partnerskaber, der vurderes relevante for dansk forskning på transportområdet, er bl.a. (listen er ikke bindende eller udtømmende, men skal læses som konkrete eksempler):

- Zero-emission waterborne transport
- Towards zero-emission road transport (2ZERO)
- European industrial battery value chain
- Clean Hydrogen
- Sustainable, Smart and Inclusive Cities and Communities

Der er også perspektiver i et styrket samarbejde med lande uden for Europa. Dette samarbejde hviler ofte på bilaterale samarbejdsaftaler på regerings- og/eller institutionsniveau og involverer de offentlige forskningsfinansierende fonde.

Bilateralt samarbejde kan f.eks. omfatte et fælles opslag og finansiering af aktiviteter under forskning, teknologi og innovation inden for bestemte sektorer, teknologier, fagligt-tematiske områder eller globale udfordringer, verdensmål mm. Bilaterale samarbejder indbefatter som regel et tværdisciplinært samarbejde og kan involvere myndigheder, virksomheder og forsknings- og uddannelsesinstitutioner.

De danske innovationscentre rundt om i verden fremhæver og vurderer, at der er efterspørgsel efter et bilateralt FoU-samarbejde med Danmark om transportområdet med bl.a. USA, Korea, Tyskland og Israel. Samarbejdet kan bl.a. omhandle *alternative brændstoffer, bæredygtige batterier, energilagring og styrket digital infrastruktur og intelligente transportsystemer*.

Det bilaterale samarbejde kan styrkes gennem en tæt national koordinering og opbygning af stærkere bilaterale netværk og flere projektsamarbejder samt ved at koble indsatsen tættere til programmer og aktiviteter i regi af internationale organisationer. Det gælder f.eks. Horizon Europe (jf. ovenfor), EUREKA, International Energy Agency (IEA) eller Mission Innovation.