

Veje til klimaneutral lastbiltransport

Potentialer for alternative drivmidler
til fremtidens tunge vejgodstransport

KLAUSULERET TIL 14. OKTOBER 2021 KL. 06.00

•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Indhold

1.	Indledning, konklusioner og anbefalinger	3
2.	Overblik over lastbiltransporten i Danmark.....	11
3.	Fremtidens drivmidler til lastbiler.....	13
	3.1 Overblik over alternative drivmidler.....	13
	3.2 Funktionaliteten af lastbiler på alternative drivmidler	21
	3.3 Udmeldinger fra lastbilproducenter	23
4.	Samfundsøkonomiske omkostninger ved alternative drivmidler.....	25
	4.1 Definition og antagelser.....	26
	4.2 Resultater	29
5.	Teknologisk overblik og behov for politisk handling	35
	5.1. Sammenfattende vurdering af perspektiverne for de forskellige alternative drivmidler.....	35
	5.2. Politiske tiltag til at understøtte omstillingen af den tunge vejgodstransport.....	38
6.	Afgifter på lastbilkørsel i Danmark	40
	6.1 Samfundsøkonomisk hensigtsmæssige afgifter på lastbilkørsel.....	41
	6.2 Omlægning af de nuværende afgifter.....	45
	6.3 Afgiftsændringer på den korte bane	49

Hvem er Klimarådet?

Klimarådet er et uafhængigt ekspertorgan, der rådgiver regeringen om, hvordan omstillingen til et klimaneutralt samfund kan ske, så vi i fremtiden kan leve i et Danmark med meget lave udledninger af drivhusgasser og samtidig fastholde blandt andet velfærd og udvikling. Klimarådet skal årligt vurdere, om regeringens klimainsats ansælgiggør, at de danske klimamål nås. Rådet skal desuden bidrage til den offentlige debat og udarbejder også løbende analyser og anbefalinger til klimainsatsen.

1. Indledning, konklusioner og anbefalinger

Klimaloven sætter mål om, at Danmark skal reducere drivhusgasudledningen med 70 pct. i 2030 i forhold til 1990. Med den hidtil vedtagne politik mangler der i betydeligt omfang at blive vedtaget virkemidler, der kan reducere de tilbageværende udledninger med mindst 12 mio. ton CO₂e. Det kalder på handling i alle dele af samfundet, herunder også i transportsektoren. Som det ser ud nu, vil den tunge vejgodstransport stå for 13 pct. af transportens samlede udledninger i 2030, hvilket svarer til, at den danske tunge vejgodstransport her vil udlede 1,5 mio. ton CO₂.

Reduktionen i lastbilernes samlede udledninger er beskedent frem mod 2030

I dag udleder lastbiler på de danske veje cirka 1,7 mio. ton CO₂. En uændret politik betyder altså en reduktion i lastbilernes udledninger på kun 0,2 mio. ton CO₂ frem mod 2030. Det viser den seneste klimafremskrivning fra Energistyrelsen fra april 2021. Reduktionen skyldes primært en forventning om mere energieffektive diesellastbiler og øget iblanding af grønne brændstoffer. Begge disse indsatser modvirkes dog delvist af en forøgelse af trafikken med lastbiler, og ingen af dem vil helt kunne fjerne lastbilernes udledninger. Der er derfor behov for et skift væk fra diesel og over til alternative, klimavenlige drivmidler. Men fremskrivningen forudsiger ikke et nævneværdigt skift af drivmidler. Udviklingen kalder på politisk handling allerede nu, hvis lastbilerne skal bidrage til målet i 2030, og hvis Danmark skal have sat kursen mod en klimaneutral tung vejgodstransport senest i 2050.

...og de seneste politiske initiativer på området bidrager kun lidt

Et flertal af Folketingets partier indgik i december 2020 en grøn vejtransportaftale. Som en vigtig del af aftalen blev det nuværende iblandingskrav erstattet med et nationalt CO₂-fortrængningskrav for grønne brændstoffer. Det strammes gradvist til 7 pct. i 2030 med henblik på at reducere udledningerne fra de fossile drivmidler. Tiltaget indgår i klimafremskrivningen og medvirker sammen med den teknologiske udvikling til, at lastbilernes udledning i 2030 som nævnt reduceres med 0,2 mio. ton CO₂. Det svarer til en reduktion på 12 pct. i forhold til i dag, og sammenlignet med 1990 reduceres udledningerne med beskedne 18 pct.

Det blev også aftalt at indføre kilometerbaserede vejafgifter for lastbiler over 12 ton senest fra 2025. Regeringen forventer, at det vil kunne reducere udledningerne med yderligere 0,2 mio. ton CO₂ i 2030, hvis afgifterne CO₂-differentieres. Dette tiltag er endnu ikke konkretiseret og er derfor ikke taget med i klimafremskrivningen.

Der er således behov for konkrete og skrappe virkemidler, hvis vejgodstransport i Danmark skal bidrage til 70-procentsmålet i 2030 i samme målestok som andre sektorer. Det er naturligvis en mulighed, at man fra politisk side vælger, at netop denne del af samfundet kun i mindre grad skal reducere sine udledninger frem mod 2030 som en konsekvens af, at de teknologiske løsninger er mindre udviklede end i mange andre sektorer. Men det vil så kræve yderligere reduktioner andre steder i samfundet. Det bør regeringen forholde sig til i den strategi for vejgodstransporten, som regeringen har annonceret vil komme i 2022. Det er dog uanset 2030-ambitionerne nødvendigt, at den tunge vejgodstransport arbejder hen imod fossilfrihed senest i 2050, og det kræver politisk initiativ og planlægning allerede nu. Derfor sætter Klimarådet fokus på mulighederne for reduktioner i denne del af transportsektoren.

Batterilastbiler til distributionskørsel er på vej og bliver formentlig økonomisk fordelagtigt inden for ti år

Med dagens viden findes der ikke en entydig omstillingsvej for den tunge vejgodstransport. Det skyldes blandt andet, at der er tale om en broget sektor, hvor lastbilernes kørselsmønster og energiforbrug er meget forskelligt. Men for ét segment synes der at være en klar vej. En betydelig del af lastbilerne udfører regionale og lokale logistikopgaver, som for eksempel distributionskørsel, i og omkring de store byer. Det indebærer korte turlængder, og det daglige kørselsbehov er typisk nogle få hundrede kilometer. Her kan batterilastbiler med natopladning i de fleste tilfælde udfylde rollen uden afgørende tekniske og praktiske barrierer og dermed reducere CO₂-udledningen. Klimarådets beregninger indikerer, om end med en vis usikkerhed, et reduktionspotentiale fra dette segment på omkring 0,07-0,17 mio. ton CO₂ i 2030. Desuden foregår en væsentlig del af denne kørsel i byer, hvor lavt støjniveau og ingen lokal forurening giver markante miljø- og sundhedsfordele til batterilastbilerne sammenlignet med lastbiler med forbrændingsmotor.

Denne analyse finder, at producenterne allerede nu har fokus på produktion af batterilastbiler til de kortere ture, og at de er på vej på markedet. Omstillingen til el understøttes yderligere af flere studier,¹ der forudser, at el lagret i batterier vil blive det økonomisk mest fordelagtige alternative drivmiddel. Batterier forventes at falde betydeligt i pris, og på de korte ture er batterilastbilernes korte rækkevidde ikke et problem. Derfor er det en sandsynlig konklusion, at fremtidens distributionskørsel kan, bør og formentlig vil ske med batterilastbiler.

Klimarådets analyse har fokus på alternative drivmidler til de lange ture

På denne baggrund retter Klimarådet med sin analyse primært blikket mod den del af vejgodstransporten, der bevæger sig over lange afstande ud fra en vurdering af, at det er her, usikkerheden om fremtidens løsninger er størst. Langdistanceture udføres typisk af de største lastbiler med en årskørsel på over 100.000 km pr. år. De udgør samtidig den største del af lastbilernes samlede transportarbejde og dermed også størstedelen af udledningerne. Det er altså i dette segment, der potentielt er størst CO₂-reduktion at hente.

I et overordnet perspektiv kan udledningerne reduceres på følgende måder:

- Færre korte kilometer, som resultat af fx
 1. ændret forbrugeradfærd, der giver mindre transporteret gods
 2. logistikforbedringer, der mindsker kørslen for en given mængde gods
 3. skift til andre transportformer, som kan være mere klimavenlige, fx jernbane.
- Færre udledninger pr. kørt kilometer, som resultat af fx
 4. mere brændstoføkonomiske dieselmotorer
 5. optimering af lastbilens udformning med hensyn til aerodynamik, dæk med videre
 6. skift til alternative og mere klimavenlige drivmidler.

De fem øverste reduktionsmuligheder har alle deres berettigelse, men samtidig peger de fleste studier på, at den potentielle effekt på sektorens samlede udledninger er begrænset.² Fx kan det i praksis være vanskeligt at sænke omfanget af godstransport væsentligt, da det hænger sammen med væksten i materiel velstand, og samtidig kan det også have betydelige samfundsøkonomiske konsekvenser at begrænse mobiliteten af gods. Ligeledes er en betydelig effektivisering af den eksisterende dieselteknologi allerede indregnet i 2030-udledningerne fra vejgodstransporten i klimafremskrivningen, og der er grænser for, hvor meget mere der kan opnås på denne parameter gennem danske tiltag. Kun omstilling til CO₂-neutrale teknologier kan bringe sektoren hele vejen til fossilfrihed. Skal sektoren på den længere bane være klimaneutral, kræver det altså et altomfattende skift væk fra diesel. Derfor stiller denne analyse skarpt på de alternative drivmidler.

Formålet med Klimarådets analyse er i første omgang at bidrage til at skabe et teknologioverblik over det fremtidige potentiale for alternative drivmidler, herunder forventninger til udviklingen frem mod 2030. Analysen identificerer de mulige, alternative drivmidler, der er i spil som afløser for diesel, og opstiller tekniske, funktionelle og økonomiske fordele og ulemper ved de enkelte drivmidler og forventninger til den fremtidige udvikling hos blandt andet lastbilproducenterne. Hensigten er at identificere retningspile for teknologiudviklingen på dette relativt tidlige stadie. Efterfølgende ser analysen på, hvordan man i lyset heraf fra politisk hold bør forholde sig strategisk til området og til usikkerheden om fremtidens teknologier. Endelig peger analysen på politiske tiltag på kort sigt, der med dagens viden kan karakteriseres som fornuftige i langt de fleste fremtidsscenarier.

Grøn omstilling af lastbilernes lange ture står over for en række udfordringer

Der fremstår i dag ingen lette genveje til at erstatte fossil diesel i lastbilerne med alternative, grønne drivmidler på de lange ture. Omstillingen af denne del af den tunge vejgodstransport i Danmark står over for fire centrale udfordringer:

- Klimavenlige alternativer til fossil diesel er stadig nye og langt fra alle er markedsmodne. Der synes ikke at tegne sig én klar vinderteknologi for de lange ture, som det fx er tilfældet med elbiler på personbilsområdet og i distributionskørslen. Fra dansk side kan vi ikke påvirke udbuddet af teknologier væsentligt, da teknologiudviklingen foregår hos lastbilproducenter i udlandet. Usikkerheden betyder samtidig, at investeringer i understøttende infrastruktur kan vise sig at være spildte, hvis en anden teknologi end ventet bliver dominerende.

- Den langtrækkende, tunge vejgodstransport går over landegrænser i et konkurrencepræget europæisk marked for logistik. Det kræver, at danske løsninger skal matche udlandets. Danmark har altså umiddelbart kun et lille spillerum for at gå egne veje.
- Der findes ikke nødvendigvis en *one-size-fits-all* for alle dele af den tunge vejgodstransport. Behovene i branchen varierer i forhold til turlængder, vognstørrelse og funktionalitet, og der er mange forskellige ønsker til, hvad et drivmiddel skal kunne levere. Samtidig peger udviklingen på, at de forskellige teknologier vil have forskellige egenskaber, især i forhold til rækkevidde og fleksibilitet.
- Der kan potentielt opstå systemiske begrænsninger ved opskalering af flere af de grønne drivmidler. Det kan fx gælde udbuddet af biogas, da biomasse er en begrænset global ressource, eller råstoffer til brug for batterier, hvilket kan fordyre de elektriske lastbiler.

De fire udfordringer og Klimarådets analyse understreger, at det er svært at finde brugbare tiltag, som fremmer den langsigtede omstilling og samtidig giver markante CO₂-reduktioner i den tunge vejgodstransport allerede inden 2030. Dilemmaet er derfor, hvad og hvor meget Danmark skal satse på, at den tunge vejgodstransport kan bidrage til 70-procentsmålet, hvis de valgte initiativer til at nedbringe udledningerne frem mod 2030 også skal være langtidsholdbare i forhold til målet om klimaneutralitet senest i 2050.

En sektorstrategi bør udgøre fundamentet for den politiske klimaindsats i vejgodstransporten

Klimarådet anbefaler, at regeringen snarest udarbejder en dybdegående sektorstrategi for den tunge vejgodstransport. Regeringen har i *Klimaprogram 2021* annonceret,³ at den i 2022 vil fremlægge en strategi for udrulning af infrastruktur, som skal bidrage til grønnere tung transport på vejene, og har således allerede fokus på det strategiske fundament for omstilling af sektoren. Det er dog vigtigt, at strategien får et bredt fokus, og den kan med fordel indgå som en del af en samlet klimastrategi for hele transportsektoren. Strategien skal annoncere og begrunde, hvor store reduktioner man forventer at hente i vejgodstransportens udledninger inden 2030 uden nødvendigvis at anviser den konkrete udformning af alle virkemidler. Fokus bør også ligge på det længere sigte og omstillingen til vejtransport baseret på nuludledningsteknologier. Det betyder, at skiftet til alternative drivmidler bør være omdrejningspunktet for indsatsen både i relation til 2030-målet og til den efterfølgende omstilling, om end andre reduktionsmetoder, som fx logistikoptimering, også bør gives opmærksomhed. Strategien skal guide beslutninger hos både myndigheder, vognmænd og leverandører af infrastruktur til energiforsyning.

Netop infrastrukturen til distribution af de alternative drivmidler bør være en vigtig del af den kommende strategi. Udbredelsen af den nødvendige infrastruktur kræver statslig involvering i forhold til fremdrift, koordinering, planlægning, praktik og lovgrundlag. Det er ikke nødvendigvis staten, der skal eje eller etablere infrastrukturen, men strategien skal identificere behovet for infrastruktur og sikre rammerne for, at den udbredes tilstrækkeligt. Det er selvfølgelig ikke let i en sektor med betydelig usikkerhed om fremtidens vinderteknologier, så derfor bør strategien være tydelig omkring, hvornår og på hvilket fremtidigt informationsgrundlag afgørende beslutninger kan tages. Fravær af beslutninger bliver let en unødigt lang fortsættelse af fossil diesel.

Sektorstrategien bør også grundigt afveje balancen af kortsigtede reduktioner frem mod 2025 og 2030 over for sektorens langsigtede bidrag til klimaneutralitet frem mod 2050. Denne afvejning må blandt andet tage højde for, om de kortsigtede valg låser sektoren fast på nogle teknologier, der kan vise sig uhensigtsmæssige senere. Graden af fastlåsning afhænger blandt andet af en vurdering af lastbilernes levetid og energisystemets omstillingsevne.

Energien til de lange tunge transporter skal formentlig også komme fra grøn el

Sektorstrategien bør forholde sig til den række af drivmidler, der er i spil som alternativ til diesel i lastbilerne, herunder brint, biometan, elektricitet via batterier eller elveje samt forskellige former for flydende bio- og elektrobrændsler. Flere af drivmidlerne tegner til at blive samfundsøkonomisk gode alternativer til diesel, når man indregner en CO₂-pris på diesel på 1.500 kr. pr. ton.

Som tidligere nævnt tyder meget på, at de korte ture vil ske med batterilastbiler. Derimod er det på de længere ture sværere at udpege en klar vinderteknologi. Ikke desto mindre peger Klimarådets analyse i retning af, at energien også her skal komme fra el baseret på vedvarende energi. Det kan enten ske ved direkte elektrificering i form af batterier og/eller elektrificerede vejstrækninger eller med indirekte elektrificering, hvor elektriciteten producerer brint via elektrolyse, og brinten efterfølgende driver en brændselscelle, som leverer strøm til lastbilens elmotor. De

elbaserede løsninger kan udbredes til europæisk skala, mens biobrændstoffer har udfordringer med skalerbarhed til tilstrækkelig volumen på grund af biomassens begrænsede ressourcer.

Elektrificering af lastbiler kan ske på flere måder, men alle kræver en betydelig grøn elproduktion

Direkte elektrificering kommer bedst ud i Klimarådets beregninger for de store lastbiler med stort kørselsbehov, når der regnes på de totale, samfundsøkonomiske driftsomkostninger pr. kilometer over lastbilens levetid. Det gælder både batterilastbiler og elektrificerede vejstrækninger. Rækkevidde og opladningstid er i dag en væsentlig udfordring for den rene batteriløsning på de lange ture, men udviklingen går i øjeblikket stærkt på begge områder. Samlet set forventes batterilastbiler at være attraktive omkring 2030, også sammenlignet med diesel.

Brint, produceret på grøn el, er som nævnt en indirekte måde at elektrificere lastbilerne på. Brintløsningen er dyrere end batterier på trods af, at Klimarådets beregninger antager faldende priser på brintproduktion. En afgørende faktor er, at vejen fra el via brint og tilbage til el har en væsentlig dårligere energieffektivitet end fra el via batterier og til el igen. Derfor er rigelig og billig grøn el en forudsætning for brintløsningen. Omvendt har brinten ikke i samme grad batteriernes udfordring med rækkevidde. Brint synes derfor særligt at have fordele på de helt lange strækninger, hvor batterierne kan være udfordrede, hvis batteriteknologien ikke udvikler sig tilstrækkeligt i retning af længere rækkevidde og kortere opladningstid. Brint kan især få en rolle i et scenarie uden en fælleseuropæisk satsning på elveje. Mange lastbilproducenter satser i dag på brintteknologien, og EU-Kommissionen har også spillet ud med krav til, at landene skal etablere et minimum af tankfaciliteter til brint senest i 2030. Derfor er det for tidligt at sige, hvordan batterier, elveje og brint kommer til at dele den langtrækkende vejgodstransport imellem sig. Denne usikkerhed bør en kommende sektorstrategi holde sig for øje, og den bør opstille kriterier for, hvilken markedsudvikling der skal være tilstede, før Danmark for alvor begynder at satse på brint.

En anden form for indirekte elektrificering er at benytte brinten til kulstofbaserede elektrobrændstoffer som fx e-diesel. Udover nemmere lagring er fordelene ved flere af disse drivmidler, at de nuværende diesellastbiler kan køre videre med stort set eksisterende eller let modificeret teknologi. Alligevel viser Klimarådets beregninger dog, at elektrobrændstoffer til tung vejgodstransport ser ud til at blive samfundsøkonomisk dyre alternativer til andre alternative drivmidler også i 2030. Den høje pris skyldes blandt andet, at kulstofbaserede elektrobrændstoffer har en markant lavere energieffektivitet end både batterier og brint, blandt andet fordi anvendelse i forbrændingsmotorer giver lavere energieffektivitet end kombinationen af brændselsceller og elektromotorer. Derfor vil disse elektrobrændstoffer kræve en væsentlig større udbygning af vedvarende energi for at dække det samme transportbehov. Besparselsen ved at kunne bruge konventionelle lastbiler betyder derimod mindre set over hele lastbilens levetid. Samlet set er det på den baggrund svært at se elektrobrændstoffer som en særlig attraktiv omstillingsvej for størstedelen af vejgodstransporten.

Elektrobrændstoffer vil med stor sandsynlighed spille en væsentlig rolle i andre sektorer, fx skibs- og luftfart, hvor det er vanskeligere at finde alternative drivmidler. Men lastbilerne bør ikke på den korte bane fungere som den afgørende afsætningskanal for produktionen af kulstofbaserede elektrobrændstoffer, hvis det politisk besluttes at opskalere denne produktion hurtigere, end efterspørgslen fra skibs- og luftfarten kan følge med. Det skyldes, at lastbilerne har billigere alternativer i form af batterier, elveje og brint. Men da der formentlig vil køre diesellastbiler rundt på de danske veje mange år endnu, kan den tunge vejgodstransport potentielt agere aftager af en eventuel overskudsproduktion af kulstofbaserede elektrobrændstoffer i kortere perioder, hvis forbruget i skibs- og luftfarten ikke kan følge med.

El vil være den primære energikilde, uanset om fremtidens lastbiler drives af elveje eller kører på batterier, brint eller andre former for elektrobrændstoffer. Derfor anbefaler Klimarådet, at regeringen indtænker en betydelig el-efterspørgsel fra den tunge vejgodstransport i de langsigtede planer for udbud af elproduktion baseret på vedvarende energi, fx havvind. Der synes at være en forholdsvis lille risiko ved allerede nu at dimensionere udbygningen af elsystemet efter en elektrificeret fremtid, hvor også lastbiler vil efterspørge betydelige mængder el. Hvor store disse mængder bliver, vil afhænge af fordelingen mellem de forskellige drivmidler, der som nævnt har forskellig energieffektivitet. Dette understreger, at sektorstrategien for den tunge vejgodstransport bør koordineres tæt med regeringens strategiske arbejde i andre sektorer.

Regeringen bør medvirke til udbredelse af ladeinfrastruktur til lastbiler

Selv om der er usikkerhed om fremtidens teknologiudvikling for de lange ture, er der mange forhold, der peger i retning af batterier. Klimarådet anbefaler derfor, at regeringen planlægger efter, at batterilastbiler kommer til at stå for en væsentlig del af lastbiltransporten og derfor understøtter udbredelsen af ladeinfrastruktur. Anbefalingen bakkes yderligere op af, at batterilastbilerne forventes at overtage de kortere ture. Selv om depotopladning formentlig vil være den primære energiforsyning for mange af disse lastbiler, vil de sandsynligvis også have behov for eksterne lademuligheder for at sikre fleksibiliteten i operationel drift. Helt konkret bør myndighederne indtænke muligheder for opladning af større køretøjer som en del af planerne for ladestationer til personbiler langs det overordnede vejnet. Dette ligger i naturlig forlængelse af revisionen af EU-direktivet for infrastruktur til alternative drivmidler, hvor der lægges op til krav om, at landene etablerer ladeplatforme til den tunge transport. Rettidig planlægning kan blandt andet sikre stordriftsfordele i udrulningen og optimal dimensionering af kapaciteten i elforsyningen.

Ved at elektrificere centrale vejstrækninger, altså elveje, kan udfordringen med rækkevidden for batterilastbiler reduceres, så lastbilerne kan nå deres destination ved hjælp af køreledninger og et mindre batteri. Denne model ser økonomisk set lovende ud på papiret. Men elveje har mindst tre udfordringer. For det første findes de elektriske vejssystemer endnu kun på forsøgsstrækninger. For det andet har elveje særlige praktiske udfordringer, hvor fx en nedfalden køreledning kan ramme hele vejstrækninger. For det tredje er en fordelagtig økonomi betinget af en høj udnyttelsesgrad og udrulning i mange lande. Den sidste udfordring understreger, at elveje kræver koordinering på tværs af landene i et fælleseuropæisk system for at blive et udbredt alternativ til diesel. Den danske regering kan derfor med fordel presse på i EU for hurtig afklaring af, om hvilke perspektiver der er i en fælleseuropæisk satsning på elveje. Det kan ske i forbindelse med den kommende revision af direktivet for infrastruktur til alternative drivmidler.

Knaphed på biomasseressourcer udgør en barriere for biobrændstoffer

Produktion af biometan i form af opgraderet biogas modtager i dag betydelig støtte, og biometan tegner da også samfundsøkonomisk dyrere end de elektriske lastbiler i Klimarådets beregninger. Og måske endnu vigtigere kan gaslastbilerne komme til at lide under et begrænset europæisk udbud af grønne gasser. Danmark har godt nok et betragteligt potentiale for produktion af biogas, som også indgår som en væsentlig energiressource i vores langsigtede energiplanlægning. Klimarådets gennemgang af relevante studier indikerer imidlertid, at der langt fra er nok bæredygtige biomasseressourcer på europæisk plan til for alvor at drive den tunge vejgodstransport samtidig med, at andre sektorer også skal bruge en vis mængde grøn gas i deres omstilling. Det er tilgængeligheden af disse ressourcer på længere sigt og omfanget af biogasstøtte på kortere sigt, der primært bestemmer udbuddet. Det er derfor Klimarådets vurdering, at en stor europæisk gassatsning inden for tung vejgodstransport kan ende med at blive en fossil blindgyde med et øget forbrug af naturgas som resultat. På den baggrund vil det være risikabelt, hvis en sektorstrategi baserer sig på biogassen som omdrejningspunkt for den langsigtede omstilling.

I lyset af vanskelighederne med at finde tiltag, der kan give markante reduktioner i lastbilernes CO₂-udledning inden 2030, er det naturligvis relevant at spørge, om gaslastbiler kan være en overgangsteknologi, som kan bidrage til 70-procentsmålet i 2030. Svaret er, at nettoeffekten på Danmarks samlede CO₂-udledninger ved øget brug af biogas i lastbilerne vil være meget begrænset, fordi det samlede udbud af biogas formentlig ikke påvirkes, da det drives af produktionsstøtten. For at opnå en CO₂-reduktion skal biogasproduktionen derfor øges udover den betragtelige stigning, der allerede er indregnet i klimafremskrivningen mod 2030.

Det er derfor Klimarådets anbefaling, at Danmark ikke aktivt forsøger at fremme brugen af gaslastbiler i form af fx tilskud til gaslastbiler eller -infrastruktur eller særlige aftagekrav. Gasforbrug fra disse lastbiler, selv hvis det regnskabsteknisk antages at være ren biometan, vil grundlæggende fortrænge forbrug af biometan andre steder, og dermed vil nettoeffekten af gasdrevne lastbiler i praksis svare til effekten ved skift fra diesel til naturgas. På den baggrund er klimagevinsten i bedste fald beskeden, da det er omdiskuteret, om der er en reel CO₂-fordel ved at gå fra diesel til naturgas i lastbilerne.

Endelig kan biomasse også fungere som energikilde til flydende biobrændstoffer som fx HVO-diesel. Mange biobrændstoftyper er praktiske, da de ligesom e-diesel kan anvende samme tankinfrastruktur som fossil diesel og tilbyder stort set uændret funktionalitet. Men klimavenligheden er problematisk i mange tilfælde. Særligt for 1.-generationsbiobrændstoffer kan klimabelastningen i et livscyklusperspektiv være betragtelig. For 2.-generations-

brændstoffer gælder det, at de ligesom biogas også kan lide under mangel på bæredygtig biomasse, hvis de skal udbredes bredt i Europa. Endelig kan en stor konkurrence om biomasseressourcer øge prisen på biobrændstof, hvilket taler for, at bæredygtige biobrændstoffer kan blive en dyr løsning.

Brugen af biobrændstoffer hænger sammen med det CO₂-fortrængningskrav, som Folketinget vedtog i december 2020. Det er et effektivt instrument til at sikre udledningsreduktioner på den korte bane, fordi det kan gennemføres i den eksisterende bilpark. I hvert fald på kort sigt vil reduktionerne formodentlig ske med iblanding af biobrændstoffer, og det medfører som nævnt bekymringer for bæredygtigheden ved de biobrændstoffer, der er tilgængelige på markedet i dag. Fortrængningskravet kan hjælpe med til at sikre, at Danmark lever op til EU-kravene i direktivet om brug af vedvarende energi i transporten. Men fortrængningskravet bør i sin nuværende form ikke drive den langsigtede omstilling, da fx el ikke kan bruges til at opfylde kravet, og dermed tilskynder kravet ikke til brug af batterilastbiler.

Klimarådets konklusioner om teknologier for fremtidens tunge vejgodstransport

- For distributionskørsel og øvrige *korte ture* ser batterilastbiler ud til at blive den mest fordelagtige løsning som alternativ til diesel på grund af forventninger til markante forbedringer i batteriteknologien.
- På de *længere afstande* fremstår den fremtidige vinderteknologi mindre entydig. Men samlet set finder Klimarådet også her, at elbaserede teknologier vil blive de mest fordelagtige løsninger i et samfundsøkonomisk perspektiv. Det gælder direkte elektrificering i form af batterilastbiler, eventuelt i kombination med elveje, eller indirekte i form af brint som energibærere:
 - *Batterilastbiler* tegner samfundsøkonomisk billigst i et 2030-perspektiv, men kort rækkevidde og lang opladningstid kan være en udfordring for vognmændene, hvis batterierne ikke udvikler sig så gavnligt som forventet.
 - Hvis *elveje* rulles bredt ud i Europa, kan de løse batteriernes udfordringer med rækkevidden, og med høj udnyttelsesgrad vil de også være samfundsøkonomisk fordelagtige. Men teknologien kræver også betydelig politisk koordination i EU og markante indledende investeringer.
 - *Brint* tilbyder stort set samme fleksibilitet som diesel og er en anden mulig løsning på batteriernes rækkeviddeudfordring. Men brint tegner lige nu til at blive noget dyrere end batterier og elveje, hvilket primært skyldes, at energieffektiviteten fortsat vil være op mod tre gange så dårlig.
- *Kulstofbaserede elektrobrændstoffer* som fx e-metan og e-diesel ser ud til at blive væsentlig dyrere end de øvrige grønne alternativer. Disse drivmidler kan formodentligt spille en betydelig rolle i skibs- og luftfarten, men de er ikke en oplagt løsning for lastbilerne.
- Potentialet for produktion af *biogas* er på europæisk plan langt mindre end den tunge transports energibehov, når der tages højde for, at også andre sektorer vil skulle bruge gas. Derfor kan biogas ikke gøre lastbiltransporten klimaneutral på lang sigt. På kort sigt vil klimaeffekten af danske biogaslastbiler reelt svare til et øget forbrug af naturgas som erstatning for diesel, hvilket i bedste fald kun giver en beskeden CO₂-reduktion.
- *Flydende biobrændstoffer* er tilsvarende udfordret på skalerbarhed på grund af risiko for mangel på bæredygtig biomasse. Det kan føre til høje priser i fremtiden, hvis der stilles skrappe krav til bæredygtigheden.

Teknologineutrale afgifter bør drive den langsigtede omstilling af den tunge vejgodstransport

Manglen på en entydig teknologisk vinder for især de længere ture er et argument for teknologineutral regulering. Reguleringen bør ideelt set fremme de grønne, alternative drivmidler uden at give nogle drivmidler fordele frem for andre. Dermed mindskes risikoen for at fremme den forkerte teknologi. Den bredere og langsigtede omstilling af vejgodstransporten bør derfor tilskyndes af ensartede afgifter, der giver samme tilskyndelse til alle klimavenlige, alternative drivmidler og samtidig sikrer samme pris på udledninger på tværs af sektorer i samfundet.

Klimarådet anbefaler på den baggrund, at en generel drivhusgasafgift, som i alle andre sektorer, bør blive et afgørende virkemiddel til at omstille den tunge vejgodstransport. Klimarådet har tidligere peget på en generel afgift på drivhusgasser på cirka 1.500 kr. pr. ton i 2030, og denne afgift bør også gælde diesel og andre fossile drivmidler til vejgodstransporten. Det vil være med til at fremme et samfundsøkonomisk optimalt skift til alternative drivmidler og ikke mindst timingen heraf. Størrelsen af en generel afgift bør tage højde for prisen på kvoter i EU's kvotesystem og for muligheden for, at også transporten fra 2026 bliver omfattet af et kvotesystem, som foreslået af EU-Kommissionen.

En ensartet drivhusafgift på tværs af sektorer kompliceres i transportsektoren af, at en række andre gener fra trafikken også vejer tungt. Det er gener som ulykker, trængsel, støj, luftforurening og slid på infrastruktur, og disse såkaldte eksternaliteter afhænger primært af kørselsomfang og -mønstre. Drivhusgasafgiften bør derfor ses i sammenhæng med den indførelse af kørselsafgifter for lastbiler over 12 ton fra 2025, som er annonceret i den grønne transportaftale fra 2020. Hvis de nævnte gener adresseres gennem kilometerbaserede afgifter, kan vi få en samfundsøkonomisk set mere hensigtsmæssig beskatning af transportsektoren end i dag. Eksternaliteterne udgør en betydelig omkostning for samfundet, og derfor bør de aftalte kørselsafgifter for lastbiler være af anseelig størrelse, særligt i byerne, hvor generne ved lastbiler er størst. Klimarådet opfordrer til, at udvikling af kørselsafgifterne bliver en del af en koordineret afgiftsreform, hvor afgiften på diesel fastlægges med CO₂ for øje, mens kørselsafgifterne tager hånd om de øvrige eksternaliteter. En CO₂-differentiering af kørselsafgifterne, som transportaftalen lægger op til, bør derfor være midlertidig frem til fuld indfasning af den generelle drivhusgasafgift. Og den bør ses som et skub til omstillingen i den tidlige fase. I det omfang det er praktisk håndterbart, bør kørselsafgifterne differentieres efter tid og sted, så det fx bliver dyrest at køre, hvor og når trængslen er størst.

En sådan afgiftsreform, hvor diesel i 2030 beskattes med 1.500 kr. pr. ton CO₂, og kørselsafgifter afspejler de øvrige eksternaliteter, vil øge prisen på fossil diesel med cirka 0,75 kr. pr. liter eksklusive moms sammenlignet med i dag, hvilket svarer til en prisstigning på knap 10 pct. Der er således ikke tale om, at diesel bliver markant dyrere, og omfanget af de øvrige eksternaliteter er ikke afgørende lavere for de alternative drivmidler. Klimarådets beregninger viser alligevel, at det formentlig er tilstrækkeligt til, at flere alternative drivmiddelteknologier bliver konkurrencedygtige i 2030 og dermed understøtter en klimavenlig omstilling. Derimod bliver det med afgiftsreformen, som bør inkludere kørselsafgifter, markant dyrere at benytte de danske veje. Skal der tages korrekt højde for de mange eksternaliteter, skal afgiften pr. kørt kilometer formodentligt være i omegnen af 5 kr. pr. km i gennemsnit, om end det er vanskeligt at sætte et nøjagtigt tal på. Afgiften på bykørsel skal være betydelig højere, mens den skal være lavere i landzoner.

Der er plads til afgiftsstigninger på diesel allerede nu

En større afgiftsreform kan potentielt tage tid. Fx lægger den seneste transportaftale som nævnt op til, at der først skal indføres kørselsafgifter fra 2025. Samtidig afventer en reform af den danske CO₂-afgift udmeldingerne fra et ekspertudvalg. Der har dog på transportområdet været diskussion af, om afgifterne på benzin, diesel og gas til transport skal hæves med det samme for at følge i hælene på Tyskland.⁴ Baggrunden er, at Tyskland gennem et nationalt kvotesystem har hævet afgiften på fossil diesel med 0,5 kr. pr. liter i 2021 og yderligere 0,6 kr. frem mod 2025. Samtidig finder en omfattende grænsehandel med diesel på dansk jord sted, svarende til 0,7 mio. ton CO₂ i 2019. Det betyder altså, at der tankes i Danmark frem for i Tyskland.

Grænsehandlen på dansk side er en udfordring for opfyldelsen af de danske klimamål i både 2025 og 2030. Hvis den omfattende grænsehandel i Danmark fortsætter, eller endda øges, skal der hentes betydeligt flere udledningsreduktioner andre steder for at nå målene, hvilket er omkostningsfuldt for Danmark. På den baggrund finder Klimarådet det hensigtsmæssigt at øge de danske afgifter på diesel for på den måde at bringe grænsehandlen tættere på ligevægt. Der skal dog tages højde for både CO₂-fortrængningskrav og samspil med personbilbeskatningen, og det kræver derfor en mere indgående analyse at vurdere, hvor stor en afgiftsstigning der

er plads til, før grænsehandlen skifter fortegn. Det primære argument for højere afgifter bør dog være, at lastbilkørsel generelt er underbeskattet i forhold til eksternaliteterne, og det taler i sig selv for dyrere diesel, så længe der ikke er retvisende afgifter på kørsel.

En højere dansk afgift på diesel vil først og fremmest give reduktioner på det danske drivhusgasregnskab, fordi grænsehandlen forskydes i tysk retning. Fx har Skatteministeriet i et svar til Folketinget vurderet, at en afgiftsstigning på 0,53 kr. pr. liter diesel inklusive moms umiddelbart vil reducere udledningerne med 0,5 mio. ton CO₂.⁵ Heraf skyldes størstedelen, at udledningerne flyttes regnskabsmæssigt til andre europæiske lande, og den globale klimaeffekt er derfor i første omgang begrænset. Disse lande har dog også EU-forpligtelser med nationale lofter over de ikke-kvotebelagte udledninger, så et øget dieselsalg vil fortrænge andre nationale udledninger. En dansk afgiftsstigning, som formindsker grænsehandlen, vil føre til en mere retvisende og måske endda mere fair fordeling af udledningerne i forhold til nabolandene.

Klimarådets anbefalinger til politisk handling på området for tung vejgodstransport

- Regeringen bør – som annonceret i *Klimaprogram 2021* – udarbejde en sektorstrategi for transportområdet med fokus på udbredelse af den nødvendige energiinfrastruktur. Strategien bør særligt planlægges efter, at i hvert fald en del af lastbiltransporten forventeligt vil blive baseret på el som primær energikilde. Herunder bør regeringen:
 - indtænke en kommende efterspørgsel efter el som energiinput til den tunge vejgodstransport i planerne for udbud af elproduktion baseret på vedvarende energi, fx havvind, og i planerne for dimensionering af elsystemet.
 - presse på i EU for hurtig afklaring af, om der er perspektiver i en fælleseuropæisk satsning på elveje. Dette kan ske i forbindelse med den kommende revision af EU-direktivet for infrastruktur til alternative drivmidler.
 - indtænke muligheder for opladning af større køretøjer som en del af planerne for ladestationer til personbiler langs det overordnede vejnet.
 - indtil videre anse EU-Kommissionens udspil til minimumskrav for tankfaciliteter for brint som tilstrækkeligt. Brint kan få en vigtig rolle på de lange ture, men det er endnu for tidligt at satse på et omfattende net af brinttankstationer i Danmark, da der er usikkerhed om teknologiens rolle, og man derfor risikerer store tabte investeringer.
- Danmark bør omfatte den tunge vejgodstransports forbrug af diesel og gas af en generel drivhusgasafgift, som også bør indføres i alle andre sektorer. Klimarådet har tidligere peget på en generel afgift på drivhusgasser på cirka 1.500 kr. pr. ton i 2030. En drivhusgasafgift af denne størrelse kan og bør være den centrale drivkraft i omstillingen til alternative drivmidler. Sideløbende bør regeringen have fortsat fokus på at udvikle og indføre kørselsafgifter, der er differentieret efter tid og sted, for at sikre en mere hensigtsmæssig beskatning af gener som ulykker, trængsel, støj, luftforurening og slid på infrastruktur, end den nuværende energiafgift gør.
- Danmark bør ikke aktivt forsøge at fremme brugen af gaslastbiler i form af fx tilskud til gaslastbiler og gasinfrastruktur. Det betyder blandt andet, at gas bør udfases fra støttepuljerne til tung transport.
- Danmark bør allerede nu hæve den danske afgift på diesel som en forløber for en egentlig afgiftsreform. En højere afgift vil bringe prisen på lastbiltransport tættere på de reelle samfundsøkonomiske omkostninger. Samtidig er der i lyset af de tyske afgiftsforhøjelser og den nuværende grænsehandel på dansk side plads til en forhøjelse af den danske afgift på diesel, der bringer grænsehandlen tættere på ligevægt. Det vil sænke de regnskabsmæssige udledninger fra den tunge vejgodstransport og samtidig sikre, at de i højere grad svarer til udledningerne fra dansk territorium.

2. Overblik over lastbiltransporten i Danmark

Den samlede transportsektor forventes ifølge Energistyrelsens *Klimastatus og –fremskrivning 2021* at udlede 11,5 mio. ton CO₂ i 2030. Heraf står den tunge vejgodstransport for 2,2 mio. ton CO₂. En væsentlig del af udledningerne, nemlig 0,7 mio. ton CO₂, skyldes grænsehandel med diesel, hvor lastbiler tankes i Danmark til brug for kørsel i udlandet. Hvis man ser bort fra grænsehandlen, vil den tunge vejgodstransport i Danmark udlede 1,5 mio. ton CO₂ i 2030. Det er disse nationale udledninger, som denne analyse fokuserer på.

Vejgodstransporten er en forskelligartet sektor

Lastbilsektoren er, i langt højere grad end personbilerne, præget af store forskelle i køretøjernes karakteristika og i udnyttelsen af disse. Transport af varer og gods kan ske med forskellige typer køretøjer, ligesom vognmændenes behov for rækkevidde varierer. Generelt gælder det, at jo mindre køretøjerne er, desto kortere er de daglige ture. Fælles for vejgodstransporten er dog, at næsten alle lastbiler i Danmark i dag kører på diesel.

Lastbiler kan deles op i tre grupper alt efter opbygningen af lastbilen. De forskellige typer af lastbiler har generelt forskellige kørselsmønstre og levetider og kan opfylde forskellige transportopgaver. Inden for hver gruppe kan der dog også være store forskelle i de typer af opgaver, der varetages. Energistyrelsen skelner mellem:

- *Sololastbiler* er lastbiler med fast lad. Sololastbiler bliver typisk brugt til kortere ture og indenrigskørsel, fx distribution af varer i byer. Sololastbiler lever i gennemsnit 10-14 år alt efter størrelse. Nye sololastbiler kører 40.000-90.000 km på et år. For de tunge sololastbiler køres en betydelig del af kilometrene som påhængsvognstog over længere afstande.
- *Vognstog* er enten påhængsvognstog eller sættevognstog. Disse er ikke adskilt i de tilgængelige data fra Energistyrelsen, så derfor er levetid og årskørsel antaget identisk for de to typer lastbiler. En lastbil uden fast lad kaldes en trækker, som tilkobles en sættevogn til et sættevognstog, når den flytter gods. Sættevognene er standardiserede og kan i princippet tilkobles en vilkårlig trækker. Lastbiler med en tilkoblet påhængsvogn kaldes et påhængsvognstog. På den måde kan lastbilen trække markant mere gods end sololastbilen alene. På visse strækninger er det muligt at køre med såkaldte modulvognstog, som er en tungere og længere end normale vognstog. Vognstog trækkes som ofte af større lastbiler med en totalvægt over 28 ton. Trækkere benyttes især til længere ture, men de udgør også en betydelig del af kortere godstransport.⁶ Levetiden for disse lastbiler i Danmark er relativ kort og ligger på omkring 6-8 år i gennemsnit. En ny sættevognstrækker kører cirka 150.000-160.000 km på et år.
- *Specialkøretøjer* er en underkategori af de øvrige typer. Specialkøretøjer overskrider de normale bestemmelser for køretøjers bredde, længde, højde og vægt og er ofte køretøjer, der er specialbygget til specifikke opgaver. Det kan fx være køretøjer til transport af vindmøller eller byggeelementer, kranvogne, biltransport, kampvogne og landbrugsmaskiner. Specialkøretøjer kan i princippet både være trækkere og sololastvogne med eller uden påhængsvogn. Der er ikke data for, hvor stor en andel af udledningerne disse lastbiler udgør.

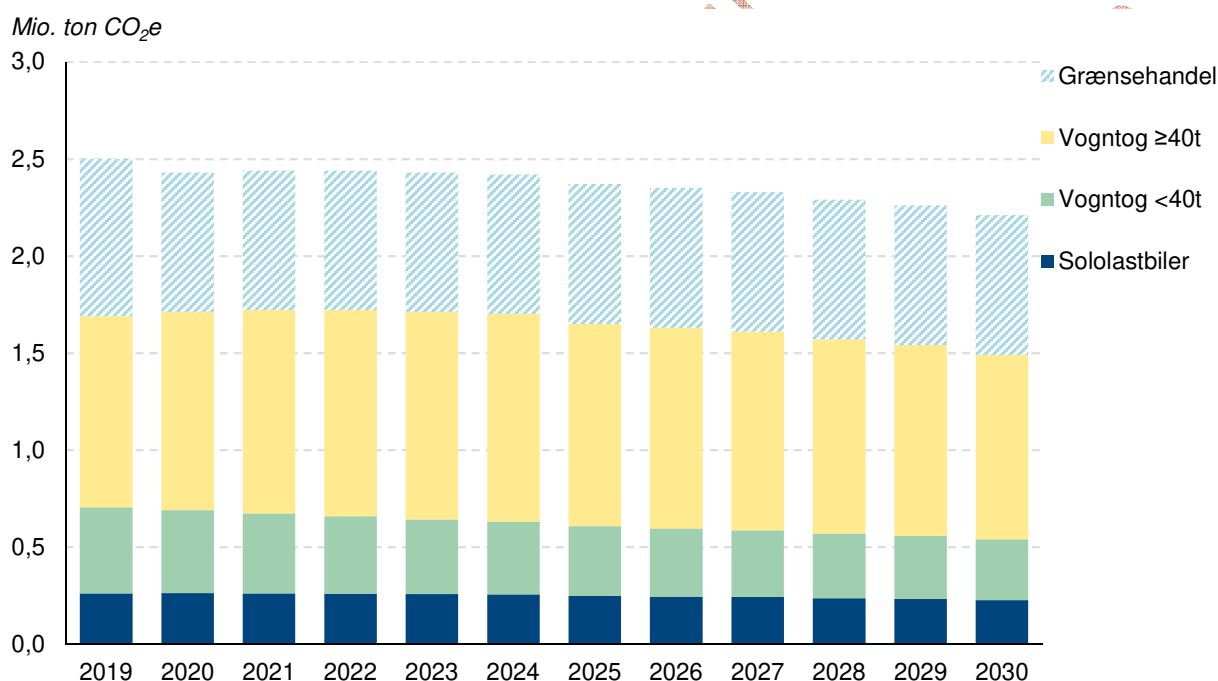
Størrelsen af en lastbil opgøres oftest i tilladt totalvægt. Tilladt totalvægt angiver, hvor meget selve lastbilen inklusive vægten af drivmidlet plus det transporterede gods må veje. Hvis den tilladte totalvægt eksempelvis er 40 ton, og selve lastbilen inklusive drivmiddel vejer 15 ton, kan lastbilen transportere 25 ton gods. Hvis ikke andet angives, bruger denne analyse den tilladte totalvægt til at beskrive størrelsen på en lastbil.

De store lastbiler udgør langt størstedelen af udledningerne

Ifølge klimafremskrivningen forventes de direkte udledninger fra den tunge vejgodstransport at falde fra 1,7 mio. ton CO₂ i 2020 til 1,5 mio. ton CO₂ i 2030. Det fremgår af figur 1, der også viser nettoudledningerne forbundet med grænsehandel. Den samlede reduktion fra lastbiler på 0,2 mio. ton CO₂ fra 2020 til 2030 skyldes primært to modsatrettede effekter. Lastbilerne forventes at blive cirka 30 pct. mere energieffektive i 2030, men samtidig er forventningen, at lastbiltrafikken stiger med cirka 14 pct. i samme periode. Heraf vil størstedelen af stigningen ske med lastbiler med en totalvægt over 40 ton.⁷

Som figur 1 også viser, er der et væsentlig element af grænsehandel med diesel forbundet med lastbilerne. De danske udledninger opgøres ifølge de officielle FN-regler ved at opgøre udledningerne forbundet med alt brændstof solgt i Danmark, også selvom brændstoffet bliver anvendt til kørsel uden for Danmarks grænser. Grænsehandlen skyldes forskelle i afgifter, rå dieselpriser samt muligheden for rabataftaler i Danmark og nabolande. Energistyrelsen fremskriver ikke grænsehandlen, og derfor ligger grænsehandlen for lastbiler på 0,7 mio. ton CO₂ i alle årene frem mod 2030. Kapitel 6 beskriver problematikken med grænsehandel mere indgående.

Hvis der ses bort fra grænsehandel, stammer udledningerne hovedsageligt fra de store lastbiler, som det fremgår af figur 1. Det er til trods for, at sololastbilerne, der som oftest er mindre lastbiler, udgør cirka 40 pct. af lastbilerne i Danmark, men kun står for 15 pct. af udledningerne fra den nationale vejgodstransport. Heraf kan de 5 pct. henføres til de mindre sololastbiler, der vejer under 12 ton.⁸ De lave udledninger skyldes, at sololastbilerne i mange tilfælde kører relativt få kilometer årligt og bruger mindre energi pr. km end de større lastbiler. Sættevognstog og påhængsvognstog stod i 2020 for de resterende 85 pct. af de nationale udledninger fra lastbiltransporten, selvom disse lastbiler kun udgør 60 pct. af antallet af lastbiler.



Figur 1 Lastbilernes udledninger fordelt på vægtklasse og grænsehandel

Anm. 1: Som i klimafremskrivningen er det antaget, at 90 pct. af den samlede grænsehandel af diesel tilskrives lastbiler. Udledningerne forbundet med grænsehandlen er ikke udspecificeret på vægtklasser.

Anm. 2: Kategorierne 'Vogntog ≥ 40t' og 'Vogntog < 40t' dækker over både sættevognstog og lastbiler med påhængsvogne med tilladt totalvægt på henholdsvis over og under 40 ton.

Kilde: Energistyrelsen⁹.

Det forventede fald i udledningerne fra lastbiler frem mod 2030 kommer primært fra lastbiler med tilladt totalvægt under 40 ton. Her forventes udledningerne at falde med 22 pct., hvilket hovedsageligt skyldes en øget energieffektivitet. I samme periode falder udledningerne fra lastbiler over 40 ton kun med 7 pct. Det skyldes, at den øgede energieffektivisering i en vis grad modsvares af en markant stigning i antallet af kørte kilometer med disse lastbiler. Derfor fylder de store lastbiler over 40 ton stadig den langt største del af udledningerne i den tunge vejgodstransport, og til sammen udgør de store lastbiler 64 pct. af udledningerne fra lastbiltransporten eksklusive grænsehandel. Derfor er der også hovedsageligt fokus på de store lastbiler i denne analyse, hvilket uddybes yderligere i kapitel 4.

3. Fremtidens drivmidler til lastbiler

Der findes en lang række alternativer til fossil diesel, som kan reducere eller helt fjerne vejgodstransportens drivhusgasudledninger. De alternative drivmidler anvender forskellige energikilder, har forskellige fysiske og kemiske egenskaber og stiller forskellige krav til infrastruktur og lastbilernes motorer, gear, brændstoftanke og lignende. Flere alternative drivmidler er velkendte og findes allerede på markedet i dag, mens andre drivmidler involverer produktionsprocesser, der stadig er under udvikling. Her er forventningerne til blandt andet pris og energieffektivitet forbundet med forholdsvis stor usikkerhed.

Analysen ser bort fra fossil naturgas

Denne analyse har fokus på alternative drivmidler, der kan bidrage til en betydelig reduktion eller eliminering af vejgodstransportens drivhusgasudledninger. Analysen behandler derfor ikke fossil naturgas hverken i form af komprimeret naturgas (CNG) eller flydende naturgas (LNG). Flere studier peger på, at den samlede effekt ved at skifte fra diesel til naturgas er minimal. I værste fald kan lastbiler på naturgas have højere drivhusgasudledninger end diesellastbiler.¹⁰ Godt nok har naturgas som drivmiddel et lavere kulstofindhold end diesel pr. energienhed. Men gasmotorer har en lavere energieffektivitet end dieselmotorer. Desuden kan der i produktionen, transporten og brugen af naturgas ske lækager, hvor gassen frigives til atmosfæren. Da naturgas altovervejende består af metan, som er en yderst potent drivhusgas, kan klimagevinsten selv ved små mængder lækage forsvinde eller potentielt blive negativ.

På kort sigt er der få klimaneutrale drivmiddel teknologier tilgængelige

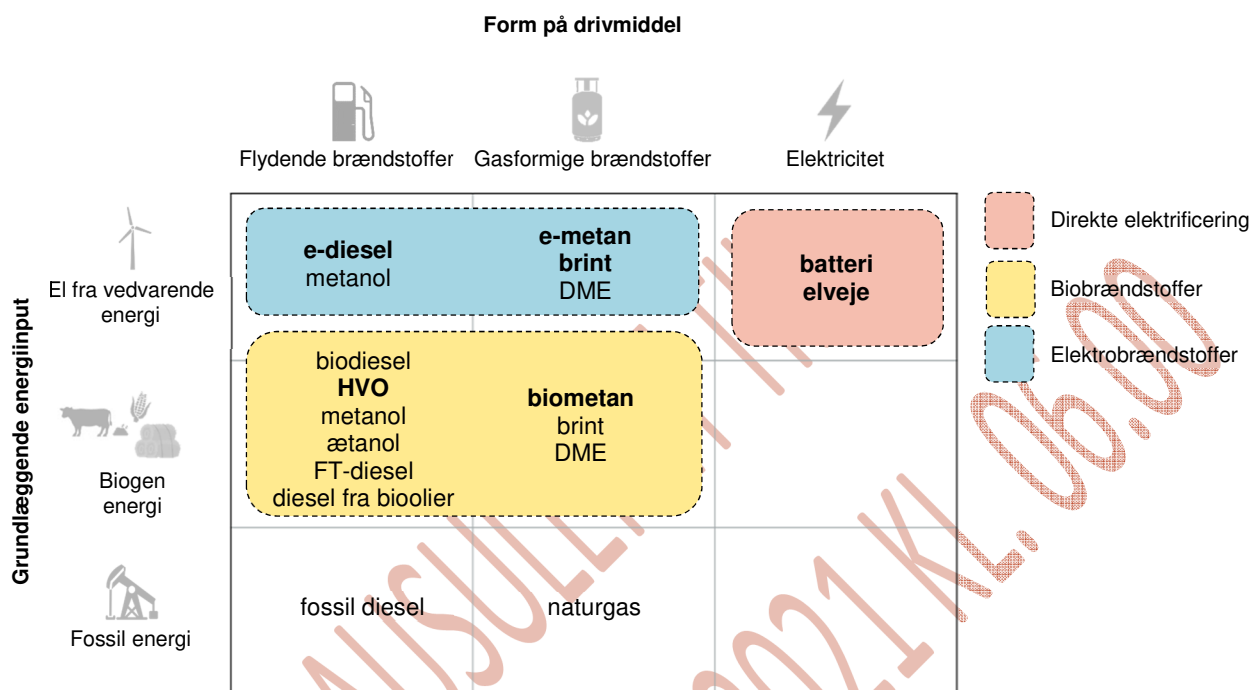
Kun ganske få alternative drivmidler vil indebære en meget lav drivhusgasudledning, hvis de skal produceres i betydeligt omfang i dag. Det fremgår af flere analyser af alternative drivmidlers globale klimapåvirkning.¹¹ I analyserne anlægges et livscyklusperspektiv, hvor man ikke kun ser på udledningerne ved brugen af drivmidlerne, men også på den samlede produktion af drivmidlerne. For drivmidler, der er baseret på biomasse, handler det ikke mindst om effekten af direkte og indirekte ændringer i arealanvendelsen, som fx skovrydning, men også om transport og bearbejdning af biomassen og det færdige produkt, hvilket ofte involverer brug af fossil energi. For drivmidler, der baseres på el, eller ved den direkte anvendelse af el finder flere analyser tilsvarende, at de elektriske drivmidler heller ikke er CO₂-neutrale på kort sigt. Det bygger især på en antagelse om, at der stadig anvendes fossile energikilder i elproduktionen.

Resultaterne af disse livscyklusanalyser afhænger i høj grad af de anvendte antagelser. Antagelserne er forbundet med stor usikkerhed og afhænger også af, om det er det nuværende system eller et fremtidigt system, der analyseres. Nærværende analyse anlægges et langsigtet perspektiv, hvor den tunge transport ses i sammenhæng med en omstilling af hele samfundet til et klimaneutralt samfund. For drivmidler baseret på el vil udbygning af tilstrækkelig kapacitet af elproduktion fra vedvarende energikilder kunne sikre, at drivhusgasudledningerne også i et livscyklusperspektiv vil kunne bringes tæt på nul. For de elektrobrændstoffer, der anvender kulstof, vil klimagevinsten, foruden adgangen til grøn strøm, dog i høj grad også afhænge af, om der er adgang til kulstof fra enten biomasse, som ikke indebærer store udledninger fra fx direkte eller indirekte arealanvendelsesændringer, eller fra luften. For drivmidler, der anvender biomasse, vil udledningerne tilsvarende i høj grad være afhængig af biomassetypen, og hvorvidt produktionen af drivmidlerne indebærer betydelige direkte eller indirekte arealanvendelsesændringer.

3.1 Overblik over alternative drivmidler

For at skabe overblik over de forskellige drivmidler kan det være nyttigt at gruppere de drivmidler, som minder om hinanden. Én måde at kategorisere de forskellige, alternative drivmidler er efter tilstandsform, da dette ofte har afgørende indvirkning på typen af motorer, tanke og infrastruktur, som er nødvendig. Denne kategorisering omhandler dermed slutproduktet, som skal håndteres i og omkring lastbilerne. En anden måde at kategorisere drivmidler på er efter energiinput, altså hvad drivmidlet er produceret af. Det primære energiinput til drivmidlerne kan komme fra strøm produceret af vedvarende energikilder, fra forskellige biomassetyper eller fra fossile energikilder.

Figur 2 illustrerer de to dimensioner og angiver de mest relevante drivmidler inden for hver kombination. De konkrete drivmidler som indgår i omkostningsanalysen i kapitel 4 er fremhævet med fed skrift i figuren. Drivmidlerne kan med fordel grupperes i tre hovedgrupper: biobrændstoffer, elektrobrændstoffer og direkte elektrificering. Disse hovedgrupper uddybes i det følgende. En oversigt over drivmidler og eksempler på produktionsmetoder samt en gennemgang af hvert drivmiddel kan findes i analysens baggrundsnotat på Klimarådets hjemmeside.



Figur 2 Kategorisering af de mest relevante drivmidler i den tunge vejgodstransport

- Anm. 1: Figuren angiver ikke alle alternative drivmidler, og fx kan også nævnes ammoniak og bio-propan. I figuren er med fed skrift fremhævet de drivmidler, som er i fokus i analysens beregninger af omkostninger ved alternative drivmidler i kapitel 4.
- Anm. 2: Drivmidlerne er opdelt i kategorierne flydende og gasformig efter deres tilstandsform ved normale, atmosfæriske forhold. For at opnå længere rækkevidde, kan de gasformige brændstoffer komprimeres eller nedkøles. I praksis opbevares DME oftest på flydende form, mens også biometan, e-metan og brint er relevante at opbevare i flydende form i lastbiler.
- Anm. 3: HVO er en forkortelse for hydrogeneret vegetabilsk olie, men forkortelsen HVO er mere brugt og benyttes derfor i denne rapport. DME står for dimetylæter, men som med HVO bruges det fulde navn sjældent. FT-diesel anvendes i denne rapport som en forkortelse for biobrændstoffer, som er produceret ved omdannelse af biomasse til flydende brændstoffer via Fischer-Tropsch-processen. I rapporten anvendes termen e-diesel om elektrobrændstoffer, som tilsvarende produceres via Fischer-Tropsch-processen, men som produceres ud fra brint og en kulstofkilde.

Kilde: Klimarådet.

Biobrændstoffers klimavenlighed afhænger af biomasseressourcen

Der findes en række biobrændstoffer, som er eller kan blive relevante til anvendelse i lastbiler. Biobrændstoffer anses regnskabsmæssigt som CO₂-neutrale i det land, de anvendes, men som nævnt, afhænger den reelle, globale klimapåvirkning ved biobrændstoffer af den biomassetype, som brændstofferne baseres på. Potentialet for drivhusgasreduktioner er begrænset af adgangen til bæredygtige biomasseressourcer, og dette kan udgøre en central problemstilling ved brugen af biobrændstoffer.¹² Det primære energiinput til biobrændstoffer kommer fra biomasse. For nogle biobrændstoffer stammer energien dog fra en kombination af biomasse og brint, fx for HVO, hvor brint tilsættes i produktionsprocessen.

Biobrændstoffer opdeles ofte i 1. og 2. generation alt efter biomassetypen:

- *1.-generationsbiobrændstoffer* produceres ud fra mad- og foderafgrøder eller ud fra dedikerede energiafgrøder. Biodiesel produceret på raps-, soja- eller palmeolie er eksempler herpå. Biomasseressourcerne vil i mange tilfælde kunne anvendes som fødevarer i stedet. Produktionen af 1.-generationsbiobrændstoffer kan have en problematisk påvirkning af fødevarer sikkerhed og -priser, negativ indvirkning på biodiversitet og indirekte arealanvendelsesændringer, eftersom produktionen af biomassen potentielt kan lede til fx skovrydning.¹³ Disse forhold er medvirkende til, at klimaperspektivet ved mange 1.-generationsbiobrændstoffer ikke ser entydigt positivt ud, hvilket Klimarådet også tidligere har sat fokus på.¹⁴
- *2.-generationsbiobrændstoffer* produceres ud fra restprodukter fra fx landbrugs- og fødevarerproduktion. Disse brændstoffer opdeles ofte yderligere i avancerede og ikke-avancerede biobrændstoffer, hvor teknologien til at producere avancerede biobrændstoffer er mindre moden end teknologien bag de ikke-avancerede. Ikke-avancerede 2.-generationsbiobrændstoffer kan fx være biodiesel baseret på brugte fødevarerolier eller animalske fedtstoffer fra fx slagteriaffald. Avancerede 2.-generations-biobrændstoffer kan produceres ud fra fx halm og anden fast biomasse, spildevandsslam eller mikroalger. Kategorisering af 2.-generationsbiobrændstof som henholdsvis avancerede eller ikke-avancerede følger af EU's direktiv for vedvarende energi. Potentialet i ikke-avancerede 2.-generationsbiobrændstoffer er begrænset af affaldsmængden, og en stor anvendelse af 2.-generationsbiobrændstoffer kræver dermed, at man tager forholdsvis ny teknologi i brug og producerer avancerede biobrændstoffer. Biodiesel og HVO, som baseres på vegetabiliske olier eller animalske fedt, er eksempler på biobrændstoffer, der kun kan produceres på relativt få biomassetyper.¹⁵

Biobrændstoffer kan produceres både som flydende og som gasformige brændstoffer. En række *flydende biobrændstoffer* kan anvendes i eksisterende dieselmotorer og -infrastruktur enten rent (fx HVO og biobaseret diesel fra bioolier eller fra Fischer Tropsch-syntese) eller ved iblanding i diesel (fx biodiesel), mens andre kræver større eller mindre modifikationer af infrastruktur og forbrændingsmotorer (fx metanol og ætanol).¹⁶ Typisk vil alle brændstofferne anvendes i en forbrændingsmotor, men metanol kan også anvendes i brændselsceller, som konverterer energiindholdet til strøm til en elmotor. Brændselsceller med elmotor har en højere energieffektivitet, men det er en mindre gennemprøvet teknologi end diesel i forbrændingsmotorer. Anvendelse af metanol i lastbiler er begrænset på globalt plan, men der er dog en vis udbredelse i Kina, hvor der produceres både person- og varebiler, busser og lastbiler, der kan køre på metanol.¹⁷ Behovet for ny infrastruktur og drivlinjer uddybes i analysens baggrundsnotat.

Gasformige biobrændstoffer, som kan produceres med udgangspunkt i biomasse, inkluderer blandt andet biometan, DME og brint. Biometan er betegnelsen for den gas, som opnås ved at fjerne indholdet af CO₂ fra biogas, eller som kan produceres via forgasning af biomasse. Uanset produktionsmetoden bruges betegnelsen for gas, som opnår en kvalitet tilsvarende naturgas, og som derfor kan føres ind i naturgasnettet. Biometan kræver, ligesom naturgas, anvendelse af dedikerede gasmotorer og -infrastruktur, uanset om gassen komprimeres eller om den kondenseres til flydende form ved nedkøling til -162° celsius. Gaslastbiler findes allerede i dag på vejene, og de kan i EU tanke fra omkring 400 tankstationer med flydende naturgas og omkring 4.000 tankstationer med komprimeret naturgas. De fleste er placeret i Italien, Spanien, Frankrig, Tyskland, Holland og Luxembourg. I EU steg antallet af tankstationer med flydende metan med 60 pct. alene i 2020, hvorimod antallet af stationer med komprimeret gas kun steg med 8 pct.¹⁸

Brint omtales typisk som et elektrobrændstof, altså produceret på strøm via elektrolyse, men det kan også produceres med udgangspunkt i biomasse. Anvendelse af brint kræver en fuldstændig ny infrastruktur, der indebærer forholdsvis kompleks lagring ved højt tryk typisk på omkring 700 bar, mens drivlinjen i lastbilen typisk vil inkludere en brændselscelle, der genererer strøm til et batteri, og elmotorer, der driver lastbilen. I EU er der i dag kun få brintlastbiler, der primært findes i Holland. Antallet af brinttankstationer i EU er omkring 150, hvoraf de fleste er placeret i Tyskland, Frankrig, Danmark, Belgien og Holland. Hele 99 pct. af verdens brintlastbiler og omkring 16 pct. af verdens brinttankstationer findes i Kina.¹⁹ Endelig kan gassen DME også produceres på baggrund af biomasse. DME kan kondenseres til en væske ved forholdsvis lavt tryk og kan anvendes i let modificerede dieselmotorer, men vil kræve dedikeret distributionsinfrastruktur, som er forskellige fra fossil diesel.²⁰

Et større sats på biogasdrevne lastbiler og infrastruktur kan ende med øget forbrug af fossil naturgas

Gaslastbiler og tilhørende infrastruktur vil kunne anvende både biometan, e-metan eller naturgas som drivmiddel. Naturgas som erstatning for diesel i lastbiler vil som nævnt kun bidrage med en minimal eller i værste fald negativ klimapåvirkning. Derfor er det afgørende for klimapåvirkningen, at efterspørgsel efter grøn gas fra den tunge transport samlet set faktisk fører til øget produktion af enten biometan eller e-metan og ikke blot flytter biometan eller biogas fra andre anvendelser over til transportsektoren. Men især tilgængeligheden af biometan og prisen på e-metan kan dog blive væsentlige problemstillinger.

Biometan udgør i dag omkring 20 pct. af ledningsgassen i gasnettet i Danmark, mens naturgas står for de resterende 80 pct.²¹ Både den producerede mængde af biogas og oprensningen til biometan er altovervejende bestemt af de gældende støtteordninger, der i praksis indebærer et meget betydeligt tilskud. Andelen af biometan i Danmark forventes i Energistyrelsens *Klimastatus og –fremskrivning 2021* at stige støt til 72 pct. i 2030 ud fra allerede vedtagne politik på tidspunktet for fremskrivningens udarbejdelse.²² Der skal altså yderligere tiltag til, der øger produktionen af biometan eller reducerer gasforbruget andre steder, for at ny efterspørgsel efter biometan fra den tunge transport ikke blot fortrænger biometan fra andre anvendelser, og dermed netto blot betyder en øget brug af fossil naturgas. Klimarådet har tidligere beregnet, at der ved en ambitiøs omstilling af gasforbruget i blandt andet husholdninger, industri og energiproduktion og en væsentlig udbygning af biogasproduktionen vil kunne produceres en mængde biometan, der omtrentligt svarer til gasforbruget i 2030.²³ Set isoleret på de danske ressourcer og gasforbrug, vil der formentlig ikke på denne side af 2030 kunne opnås et overskud af biometan. Det indebærer, at yderligere biogasefterspørgsel fra fx gaslastbiler indtil da reelt ikke betyder et skifte fra diesel til biogas samlet set, men i stedet vil øge forbruget af fossil naturgas.

Ser man i stedet på gasforbruget i et EU-perspektiv, udgør biogas i dag en markant mindre andel af det samlede gasforbrug i EU end i Danmark. I 2019 udgjorde biogasproduktion således kun omkring 4 pct. af gasforbruget.²⁴ Af denne biogas blev kun en mindre andel opgraderet til biometan. Ifølge scenarier fra EU-Kommissionen og de europæiske netværk af transmissionssystemoperatører for el og gas, ENTSOs, vil produktionen af biometan også frem mod 2050 udgøre en mindre andel af det samlede gasforbrug i Europa.²⁵ I de af EU-Kommissionens scenarier, der når nettonuludledning i EU, udgør biometan omkring 40 pct. af det samlede gasforbrug i 2050. I de to af ENTSOs' scenarier, der tilsvarende når nettonuludledning i EU, udgør biometan henholdsvis 27 og 51 pct. af det samlede gasforbrug i 2050.

Både i et globalt, europæisk og dansk perspektiv er potentialet for biometan begrænset, hvilket i sidste ende kan tolkes som en arealbegrænsning. Derfor vil øget forbrug af gas ikke nødvendigvis medføre øget produktion af biometan, hvis de bæredygtige og økonomisk attraktive biomasseressourcer allerede er udnyttet. I ENTSOs' scenarier er mængden af biometan bundet op på beregninger af potentialet for biometanproduktion i Europa, mens EU-Kommissionen angiver, at produktionen af biometan i deres scenarier er i overensstemmelse med andre potentialeopgørelser. Omvendt er der også kilder, der estimerer et potentiale for biometan væsentligt lavere end, hvad der inkluderes i både ENTSOs' og EU-Kommissionens scenarier. Dette beskrives videre i analysens baggrundsnotat. På baggrund af beregninger af potentialet for biometan i de seks største europæiske lande (Tyskland, Storbritannien, Frankrig, Italien, Spanien og Polen) anslår Transport & Environment, at biometan kun vil kunne dække henholdsvis 4 til 28 pct. af det forventede gasforbrug fra lastbiler i 2050, hvis alle lastbilerne i de seks lande omstilles til gas.²⁶ Beregningen antager, at al biometanen anvendes i lastbiler, og tager udgangspunkt i potentialeberegninger for biometan, der tager hensyn til klimapåvirkningen og økonomien i udnyttelse af biomasseressourcer til produktion af biometan. Beregninger af potentialer for biometan er naturligvis behæftet med stor usikkerhed og vil blandt andet afhænge af konkurrence om biomasseressourcerne fra øvrige sektorer.

I EU-Kommissionens og ENTSOs' scenarier anvendes en stor del af gassen i industrien, energisektoren og bygninger. Selvom disse gasforbrug kan reduceres yderligere end antaget, giver scenarierne stadig en tydelig indikation af, at der formentligt end ikke i 2050 er et overskud af biometan i EU i forhold til gasforbruget. I scenarierne vil en betydelig andel af gasforbruget stadig blive dækket af fossil naturgas selv på lang sigt. Set i et større europæisk perspektiv vil et nyt gasforbrug i fx den tunge transport derfor forventeligt kun ændre i mængden af fossil naturgas, der forbruges. For at opnå klimaneutralitet vil forbrug af fossil naturgas skulle kompenseres med negative udledninger i form af fx CO₂-fangst og lagring.

Ud fra en samlet betragtning kan en større europæisk gassatsning i den tunge vejgodstransport derfor ende med at lede til et øget forbrug af fossil naturgas stik imod intentionen om øget brug af biogas. Alternativt kan e-metan, der kan produceres ud fra el og CO₂, anvendes i stedet for biometan eller naturgas. Men som det beskrives i kapitel 4, vil anvendelsen af e-metan til lastbiler forventeligt være betydeligt dyrere end øvrige drivmidler.

Elektrobrændstoffer stiller store krav til udbygning af den grønne elproduktion

Ved elektrobrændstoffer stammer energien fra brint, som kan produceres via elektrolyse. I elektrolyseprocessen bruges strømmen til at spalte vand til oxygen og brint. Der er behov for en forholdsvis stor elproduktion som energiinput til elektrobrændstoffer, da al brinten skal produceres via elektrolyse. Dette står i kontrast til biobrændstoffer, hvor det primære energiinput stammer fra biomasse, der naturligt indeholder brint og kulstof. Brint kan anvendes direkte i brintlastbiler eller kombineres med kulstof eller kvælstof til forskellige flydende eller gasformige elektrobrændstoffer, fx e-diesel eller e-metan. Hvor kvælstof let kan adskilles fra luft, er dette sværere for kulstof. I boks 1 beskrives kilder til kulstof til brug i elektrobrændstoffer.

Boks 1: Kilder til kulstof for elektrobrændstoffer

Kulstof til elektrobrændstoffer kan komme fra CO₂, som kan indfanges fra en række forskellige punktkilder, herunder industri, biogas-, affalds- og kraftvarmeanlæg eller direkte fra luften, også kaldet direct air capture (DAC). Fangst af CO₂ fra punktkilder er endnu ikke en fuldt moden teknologi, og dette gælder i endnu højere grad fangst direkte fra luften. CO₂-fangst fra luften er en dyrere løsning, da fangsten er sværere grundet den væsentligt lavere koncentration af CO₂ i luften i forhold til punktkilderne. Hvis den anvendte CO₂ stammer fra fossile kilder, vil anvendelsen af elektrobrændstofferne fortsat indebære en nettoudledning til atmosfæren, da kulstoffet ved afbrænding i lastbilen bliver frigivet til atmosfæren i form af CO₂. Men i det omfang elektrobrændstoffet fortrænger fossil diesel i lastbilerne, vil det medføre en reduktion i den samlede CO₂-udledning i forhold til en situation, hvor der udledes CO₂ til atmosfæren både fra lastbilen og fra punktkilden. Der er to forudsætninger for at opnå CO₂-neutralitet samlet set. For det første skal kilden til CO₂ være biogen, det vil sige stamme fra biomasse, fx biogent affald eller biogas, eller være fanget direkte fra luften. For det andet skal den anvendte strøm være grøn.

I en situation med begrænset mængde biomasse til energiformål, er det nødvendigt at prioritere, om den mængde CO₂, der kan indfanges, skal anvendes til produktion af brændstoffer, altså det der kaldes *carbon capture and usage* (CCU), eller om CO₂'en alternativt skal lagres, såkaldt *carbon capture and storage* (CCS). Modsat produktionen af elektrobrændstoffer kan CO₂-fangst og -lagring fra biogene kilder give negative udledninger,²⁷ som der forventes at blive behov for på sigt for at nå målene i Parisaftalen. Vælger man at producere elektrobrændstoffer, vil det i mange tilfælde ikke være sandsynligt at lave CO₂-fangst ved afbrændingen af disse, fx hvis de afbrændes i lastbilmotorer, hvor der ikke kan tilkobles CO₂-fangstanlæg.

E-diesel og e-metanol er eksempler på *flydende elektrobrændstoffer*, der er relevante til brug i lastbiler. E-metanol kræver modificerede dieselmotorer og tankinfrastruktur, mens e-diesel kan anvendes direkte i eksisterende motorer og infrastruktur, ligesom tilfældet var for biobaseret metanol og FT-diesel.

Gasformige elektrobrændstoffer til lastbiler inkluderer blandt andet brint, e-metan og DME. Anvendelsen af brint og DME, som produceres fra strøm, afviger ikke fra situationen, hvor disse brændstoffer produceres via biomasse, som beskrevet tidligere. E-metan kan som nævnt anvendes i gaslastbiler tilsvarende biometan og naturgas.

Tabel 1 illustrer, at elforbruget til elektrobrændstoffer er betydeligt større end ved anvendelse af el direkte i fx batterier. Energieffektiviteten er markant lavere ved elektrobrændstoffer, da både brændstofproduktionen og den efterfølgende anvendelse i en forbrændingsmotor eller en brændselscelle indebærer forholdsvis store energitab. En elmotor har en betydeligt højere effektivitet end en forbrændingsmotor, og det betyder samlet set, at batteri- og brintlastbilers samlede energieffektivitet er højere end lastbiler, der benytter elektrobrændstoffer i form af fx e-diesel og e-metan.

Tabel 1 Energieffektivitet for udnyttelse af strøm til forskellige drivmidler

	Batterilastbil	Brintlastbil	Diesellastbil på elektro-brændstof	Gaslastbil på e-metan
Udgangspunkt	100 pct. el	100 pct. el	100 pct. el	100 pct. el
Elektrolyse	-	76 pct.	76 pct.	76 pct.
CO ₂ fangst fra luft og brændstofproduktion	-		72 pct.	73 pct.
Transport, lagring og distribution	94 pct.	89 pct.	-	93 pct.
Samlet effektivitet i produktion og distribution	94 pct.	68 pct.	55 pct.	52 pct.
Opladningsudstyr	95 pct.	-	-	-
Batteriopladning	95 pct.	-	-	-
Brint til el		54 pct.	-	-
Konvertering fra jævnstrøm til vekselstrøm	95 pct.	95 pct.	-	-
Motor	95 pct.	95 pct.	42 pct.	42 pct.
Samlet effektivitet, 2020 og (2050)	77 pct. (81 pct.)	33 pct. (42 pct.)	23 pct. (29 pct.)	22 pct. (28 pct.)

Anm: Der kan findes flere bud på de enkelte effektivitets- og konverteringstab, og flere af tabene vil med teknologiuudvikling blive reduceret som illustreret i den forventede, samlede effektivitet i 2050. Det overordnede billede er dog nogenlunde som angivet. I tabellen er der kun medtaget energieffektivitet for produktion og brug af drivmidler og ikke for produktionen af lastbilerne.

Kilder: Klimarådet på baggrund af Transport & Environment.²⁸

Sammenlignet med direkte elektrificering via enten batterier eller elveje vil brugen af brint, og i endnu højere grad kulstofbaserede elektrobrændstoffer som e-diesel eller e-metan, stille et betydeligt større krav til udbygning af elproduktion fra vedvarende energikilder. Brugen af brint kræver således omkring den dobbelte mængde strøm i forhold til direkte elektrificering. For elektrobrændstoffer som e-diesel eller e-metan forventes strømproduktionen på lang sigt at skulle være næsten tre gange større.

Problematikken kan illustreres med et regneeksempel. Hele den tunge, danske vejgodstransport brugte cirka 24 PJ diesel i 2020.²⁹ Hvis hele dette energiforbrug omstilles til flydende elektrobrændstoffer ved antagelser om energieffektivitet som angivet i tabel 1 for 2020, vil strømforbruget herfra svare til strømproduktionen fra omtrent 2,7 GW havvind, svarende til cirka tre store havvindmølleparker. Omstilles lastbilerne derimod udelukkende til batteri- eller elvejslastbiler, vil strømforbruget kun svare til produktionen fra omkring 0,8 GW havvind. Til sammenligning står der i dag opstillet 2,3 GW havvind og omkring 4,7 GW landvind i Danmark.³⁰ Som indikeret i tabel 1 vil effektiviteten forventeligt forbedres frem mod 2050, hvilket kan mindske forskellen i effektivitet en smule. Denne potentielle efterspørgsel på grøn strøm fra tung vejgodstransport skal desuden ses i lyset af en forventning om et generelt stigende elforbrug fra elektrificering af blandt andet industrien, varmesektoren og personbiler såvel som nye elforbrug fra fx datacentre.

Det er vigtigt at bemærke, at flere energitab undervejs i produktionen af elektrobrændstoffer sker i form af varme, der i en vis udstrækning vil kunne anvendes i eksempelvis fjernvarmesystemer og således ikke gå tabt. Dette er ikke medtaget i den samlede effektivitet i tabel 1 eller i regneeksemplet. Udnyttelse af overskudsvarme kræver, at produktionen af brændstofferne sker tæt ved et fjernvarmenet, som kan aftage varme. Den mest hensigtsmæssige placering af produktionsfaciliteter til elektrobrændstoffer vil dog også afhænge af andre faktorer som nærhed til kulstofkilder og el fra vedvarende energikilder.³¹

Batterilastbiler kræver store batterier, men den samlede batteriefterspørgsel bliver mindre end fra elbiler

Anvendelsen af el direkte i lastbiler sker via elmotorer. Strømmen modtages enten gennem stationær opladning af batterier eller direkte fra elnettet under kørslen via såkaldte *electric road systems*, herefter benævnt elveje. De to løsninger stiller vidt forskellige krav til energiforsyningsinfrastruktur, hvorimod opbygningen af lastbilerne er forholdsvis ens på nær teknikken til opladning og oftest også batteristørrelsen.

Batterilastbiler, der ikke kan tilkobles elveje, skal oplades, mens de holder stille. Opladningen kan fx ske på centrale depoter over natten eller ved ladestandere langs ruterne. Ved opladning på ruten vil der oftest af produktivitetshensyn skulle prioriteres hurtig opladning. Det stiller større krav til ladestandere og batterier såvel som det lokale elnet, mens opladning over natten eller ved længere pauser kan ske ved lavere effekt og dermed med billigere ladeinfrastruktur.

Batterilastbiler kræver et forholdsvist stort batteri for at kunne opnå en brugbar rækkevidde. Kapaciteten af batteriet vil i praksis blive begrænset af vægt- og pladsforhold, men kan inden for disse begrænsninger dimensioneres efter behovet for rækkevidde mellem opladninger og lasteevne afvejet over for pris. Grundet den store vægt, der skal transporteres, kan den nødvendige batterikapacitet for store lastbiler være alt fra dobbelt så stor til over ti gange så stor som i eldrevne personbiler med store batterier.

Til trods for behovet for meget store batterier forventes den samlede efterspørgsel efter batterikapacitet til lastbiler at blive betydeligt mindre end til person- og varebiler. Det skyldes alene antallet af køretøjer i hver kategori.³² I Danmark er der i dag omkring 70 gange så mange person- og varebiler på vejene, som der er lastbiler.³³ Potentielle barrierer som utilstrækkelig kapacitet til produktion af batterier eller mangel på metaller og materialer til batterier relaterer sig derfor i høj grad til elektrificeringen af hele transportsektoren og eventuelle andre batterianvendelser i fx energisektoren.

Tilgængeligheden af visse metaller kan blive en udfordring på sigt

Batterier kræver store mængder metaller, som varierer afhængigt af batteritypen. En stor omstilling til elbiler og batterilastbiler vil indebære en drastisk forøget efterspørgsel på metaller som nikkel, kobolt og litium.³² Det Internationale Energiagentur (IEA) fremskriver i deres *Sustainable Development Scenario*, som er udarbejdet til at være kompatibelt med Parisaftalen, at det globale behov for batterier til elektriske køretøjer vil stige cirka med en faktor 40 fra 2020 til 2040. På den baggrund fremskrives behovet for litium og nikkel i 2040 til at stige med cirka en faktor 40 i forhold til 2020, mens tallet for kobolt er omkring 20 grundet forventninger til ny batteriteknologi med mindre kobolt.³⁴

Hvorvidt tilgængeligheden af de nødvendige batterimetaller kommer til at udgøre en barriere for omfattende elektrificering af transportsektoren er svært at svare entydigt på. Det skyldes især to faktorer. For det første er der stor usikkerhed om fremtidig tilgængelighed af metaller, som afhænger af efterforskningsintensiteten. For det andet er der usikkerhed angående det forventede behov for de forskellige metaller, hvilket blandt andet afhænger af udviklingen inden for nye batterityper, der potentielt kan baseres på mere almindeligt forekomne metaller og materialer end der anvendes i dag. Genanvendelse af materialer fra brugte batterier kan under alle omstændigheder bidrage til at imødekomme en delmængde af efterspørgslen fremadrettet og kan blive afgørende for et tilstrækkeligt udbud af batterier.³⁵

Nogle kilder ser en risiko for begrænset tilgængelighed af batterimaterialer på kort sigt. Fx påpeger konsulentvirksomheden Rystad Energy, at udbuddet af litium kan blive mindre end efterspørgslen omkring 2027 som følge af begrænset produktionskapacitet, og derfor understreges vigtigheden af, at der hurtigt investeres i mere produktionskapacitet. Uden investering i nye miner ud over de allerede planlagte forventer Rystad Energy mulige forsinkelser i omstillingen til elektriske køretøjer.³⁶ IEA konkluderer også, at den nuværende og planlagte produktion af især litium og kobolt er gearet til en langsommere omstilling end, hvad der er nødvendigt for at følge et scenarie, der er kompatibelt med Parisaftalen. Derfor konkluderer IEA, at der er behov for betydelig yderligere produktionskapacitet.³⁷ Blandt andre McKinsey påpeger, at det sandsynligvis er udbuddet af nikkel, der kommer mest under pres, men forventer dog, at batteriproduktionen i Europa formentligt lige netop kan imødekomme efterspørgslen for batterier i 2030.³⁸ Ifølge Bloomberg udgør tilgængeligheden af litium, kobolt og nikkel en stor udfordring, men med investering i nye miner og produktionsfaciliteter, videre teknologiudvikling, batterigenanvendelse og et godt udbredt ladenetværk, der kan tillade mindre batteristørrelser, vil omstillingen til elektrisk mobilitet ikke blive forhindret af tilgængeligheden af disse metaller.³⁹ Transport & Environment estimerer tilsvarende, at produktionen af batterier i Europa vil kunne følge med efterspørgslen frem mod 2030,⁴⁰ og konkluderer, at der findes tilstrækkelige mængder af litium, kobolt og nikkel til at muliggøre en hurtig, global omstilling til elektriske køretøjer, men at genanvendelse af batterimaterialer er afgørende.⁴¹

Flere kilder peger som nævnt på vigtigheden af at opnå en høj grad af genanvendelse for at minimere presset på udvinding af centrale metaller. IEA forventer eksempelvis, at genanvendelse af batterier kan reducere det globale behov for at udvinde kobber, litium, nikkel og kobolt med omkring 10 pct. af den samlede udvinding af disse i 2040.⁴² For at adressere miljømæssige, økonomiske og sociale udfordringer i produktionen af batterier har EU-Kommissionen foreslået en ny regulering for batterier. Forslaget har især fokus på cirkularitet og indebærer blandt andet krav til øget brug af genanvendte materialer i produktionen af batterier, krav til indsamlingsrater for batterier såvel som krav til graden af genanvendelse for specifikke materialer i batterier, der har nået endt levetid.⁴³ På baggrund af EU-Kommissionens foreslåede rater for genanvendelse anslår Transport & Environment, at mindst 22 pct. af det behov for litium og nikkel, som er nødvendig til produktion af batterier i EU i 2035, kan komme fra genanvendte batterier. For kobolt anslås tallet til 65 pct.⁴⁴

Direkte elektrificering via elveje kræver koordinering på tværs af landegrænser

Elvejslastbiler anvender en strømaftager til at kunne tilkobles elveje og kan dermed trække el direkte fra elnettet under kørslen. Mens elvejslastbiler kører på en elektrificeret vejstrækning, er der derfor i princippet ikke behov for lagret energi ombord i lastbilen. I praksis vil elveje dog ikke dække hele vejnettet, men kun motorveje eller andre ofte benyttede vejstrækninger. Elvejslastbiler behøver derfor også en sekundær løsning, som kan anvendes, når lastbilen ikke kører på en elvej. Til dette formål kan elvejslastbiler fx indrettes med et batteri i en størrelse, der tillader en brugbar rækkevidde uden for elvejene, og som kan oplades under kørslen på elvejene.⁴⁵ Batteriet bidrager også til at nedbringe omkostningerne til elvejsinfrastrukturen, da man kan springe mindre strækninger over, fx ved motorvejskryds og under broer, som ofte har for lav højde til de nødvendige ledninger over kørebanen.

Der findes flere teknologiske varianter af elveje, der på forskellig vis overfører strømmen til køretøjer. Luftledninger, som hænger over vejbanen, er blandt de mest modne systemer.⁴⁶ Her sker overførslen fra luftledningerne til elvejslastbiler via en strømaftager på taget af lastbilerne, også kaldet en pantograf. Løsningen svarer til køreledninger til elektriske tog og letbaner og minder også om løsningen, der anvendtes til elektriske sporvogne. En anden løsning er, at overførslen af strøm sker via skinner i vejen, hvor strømaftageren er monteret på undersiden af elvejslastbilen. Som en tredje løsning kan overførslen ske induktivt, hvor der ikke er behov for fysisk kontakt mellem elvejen og lastbilen. Overførslen sker her gennem et elektromagnetisk felt, som genereres af spoler, der ligger i vejen, og en modtagerspole på undersiden af køretøjet.⁴⁷

En bredere anvendelse af elveje til eksempelvis langturstransport på tværs af Europa vil kræve en koordineret indsats med hensyn til valg af koncept, antal og placering af de elektrificerede vejstrækninger foruden en standardisering af udformningen af elvejene såvel som strømaftagerne på lastbiler. I blandt andet Sverige og Tyskland har man de seneste fem år testet elveje. På teststrækninger i Tyskland er der opsat luftledninger, hvor lastbiler med pantografer kan tilkobles ledningerne ved hastigheder på op til 90 km i timen.⁴⁸ I Sverige testes både luftledninger og strækninger med forskellige skinne- og induktionssystemer.⁴⁹ Derudover har den svenske regering besluttet at intensivere arbejdet for at elektrificere vejtransporten i Sverige og har i den forbindelse bestilt en analyse af, hvordan vejtransporten kan elektrificeres på den mest omkostningseffektive måde, herunder med et konkret fokus på udrulning af 2.000 km elveje i 2030 og yderligere 1.000 km i 2035.⁵⁰

Klimagevinsten ved drivmidler produceret via elektricitet afhænger af ny grøn elkapacitet

Drivhusgasudledningerne forbundet med lastbiler, der drives af elektrobrændstoffer eller anvender strømmen direkte, afhænger i høj grad af hvilke energikilder, som indgår i produktionen af strømmen. Hvis elproduktionen baseres på kul, kan produktionen og den efterfølgende kørsel lede til større udledninger end brugen af fossil diesel. Hvis drivmidlerne derimod produceres på vedvarende energi, kan anvendelsen af elektrobrændstoffer og ellastbiler reducere drivhusgasudledningerne markant.⁵¹ I ENTSOs' scenarier, som når nettonuludledning i 2050, er elproduktionen dog CO₂-neutral fra 2040. I EU-Kommissionens vision for 2050 er elproduktionen i 2050 altovervejende baseret på vedvarende energi og atomkraft, og fossil energi udgør mellem 2 og 6 pct. afhængigt af scenarie.

I modsætningen til biomasseressourcer kan potentialet for grøn elproduktion i højere grad ses som ubegrænset, i hvert fald med hensyn til de anvendte energikilder som vind og sol. I praksis er udbygningen af ny, grøn elkapacitet naturligvis ikke uden begrænsninger, da fx arealer til havvindmøller, landvindmøller og solceller ikke er ubegrænsede, ligesom også forhold som lokal modstand mod energianlæg kan udgøre en hindring for en hurtig udbygning. Til trods for disse barrierer kan udbygningen af elproduktionen fra vedvarende energikilder i høj grad

dimensioneres efter forventningen til det fremtidige elforbrug. Dermed kan det sikres, at nyt elforbrug fra eksempelvis tung transport kan dækkes af grøn strøm. Udbygningen af vedvarende energi tager dog tid. Derfor er det afgørende, at udbygningen af ny kapacitet som fx havvind planlægges og dimensioneres tids nok til at kunne følge med en stigende efterspørgsel på strøm.

3.2 Funktionaliteten af lastbiler på alternative drivmidler

På grund af drivmidlernes forskellige kemiske og tekniske karakteristika vil et skift til nye drivmidler ofte indebære en ændret funktionalitet af lastbilerne i forhold til konventionelle diesellastbiler. Funktionaliteten og dermed produktiviteten af en lastbil afhænger blandt andet af egenskaber som rækkevidde, optanknings- eller opladningstid, tilladt lasteevne og trækraft. Fossil diesel har en høj energitæthed både i forhold til vægt og volumen og kan tankes på relativt kort tid via det eksisterende, tilstrækkeligt finmaskede netværk af tankstationer. Funktionaliteten af fossil diesel er derfor svær at matche for alternative drivmidler som eksempelvis el og brint, mens andre drivmidler som HVO og e-diesel i praksis vil have samme funktionalitet som fossil diesel. Men det afgørende er i sidste ende, hvordan funktionaliteten stemmer overens med transportbehovet. Her er det først og fremmest relevant at holde funktionaliteten op mod transportvirksomhedernes nuværende behov, men samtidig anerkende, at fremtidige ændringer i forhold som fx kørselsmønstre og lastbilejerskab kan blive relevante.

Rækkevidde og optanknings- eller opladningstid varierer betydeligt og kan udgøre en barriere

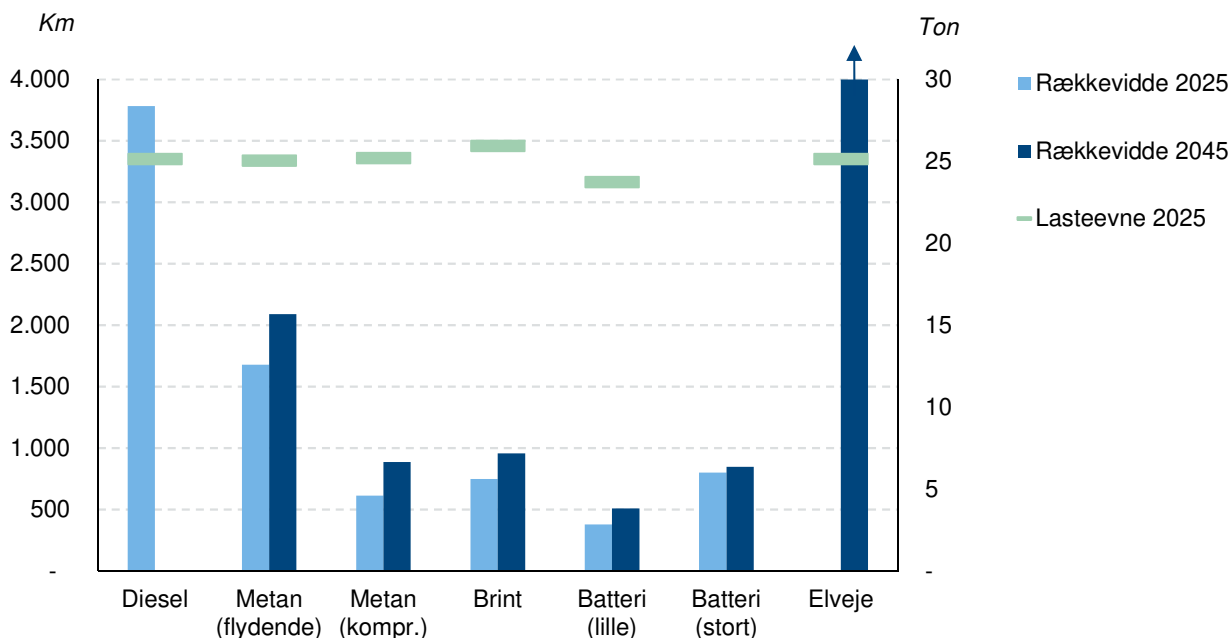
Rækkevidde og optankning- eller opladningstid er afgørende for fleksibiliteten og anvendelsesmulighederne ved lastbiler. Disse egenskaber påvirkes af drivmidlet og fremføres ofte som ulemper ved blandt andet batterilastbiler, da begrænset rækkevidde som følge af lav energitæthed og høj opladningstid for batterierne påvirker fleksibiliteten. Ulempen kan dog fx begrænses ved udbredelse af opladere og ved planlægning af køremønstre, der afstemmes med fx køre-hviletids-bestemmelserne og af- og pålæsning af lasten.

For de flydende og gasformige drivmidler vil tidsforbruget til tankning være sammenligneligt med tankning af diesel, dog i visse tilfælde lidt længere for gas.⁵² Tilsvarende vil brugen af elveje, hvor elvejslastbiler kan oplades under kørslen, forventeligt indebære, at tidsforbrug til opladning ikke vil udgøre en ulempe. I kontrast til dette vil opladning af batterilastbiler være forbundet med et større tidsforbrug og dermed omkostning, hvis opladningen ikke kan ske på tidspunkter, hvor lastbilen alligevel holder stille. Tidsforbruget til opladning vil afhænge af effekten, altså hastigheden, som ladestanderen i kombination med batterilastbilen kan lade ved, og af batteristørrelse og drivlinjens effektivitet. Ved store batterikapaciteter på omkring 1.000 kWh, som vurderes nødvendige for en rækkevidde på cirka 800 km,⁵³ vil en fuld opladning teoretisk set kunne foretages på en time ved en opladningseffekt på 1.000 kW. Men i praksis lades der ikke ved fuld effekt under hele opladningen. Ved mindre batteristørrelser eller behov for kun delvis opladning vil ladetiden blive mindre. Ved hurtigladning ved 1.200 kW ladeffekt kan der på en halv time lades en energimængde svarende til 400 km kørsel.⁵⁴ Til sammenligning skal chauffører ifølge EU-reglerne for køre-hviletider holde 45 minutters pause senest efter 4,5 timers kørsel.⁵⁵ Kørsel i 4,5 timer ved 80 km i timen svarer til en distance på 360 km uden forsinkelser i form af fx trafik eller vejarbejde.

Allerede i dag findes der ladestandere på 350 kW i flere europæiske lande, men højere opladningseffekt er på tegnebrættet.⁵⁶ En alliance mellem Volvo, Daimler og Traton, som ejer Scania og MAN, har offentliggjort planer om et ladenetværk til lastbiler på tværs af Europa med indledningsvist 1.700 ladestandere. Effekten på ladestanderne vil efter planen variere mellem 50 kW, der skal benyttes til opladning over natten, og 750 kW, som dog vil kræve yderligere godkendelse fra relevante myndigheder.⁵⁷ Opladning ved 700-800 kW langs motorveje er i princippet tilstrækkeligt til, at batterilastbiler med rækkevidder på 400 til 500 km kan lades fuldt op i de obligatoriske hvilepauser.⁵⁸ Dermed vil opladningen kunne indpasses i køre-hviletiderne uden behov for ekstra ventetid. Det forudsætter dog, at der er tilgængelige, frie ladestandere, når lastbilen skal oplades. Såfremt der i lastbiltransporten fremadrettet sker anvendelse af hel eller delvis selvkørende teknologi i lastbiler kan disse forhold naturligvis ændre sig, så koordination med pauser bliver mindre relevant. Ladetid bliver i så fald til tidstab, men til gengæld bliver omkostningerne mindre, hvis chaufførlønnen kan spares ved selvkørende lastbiler.

I figur 3 ses den forventede rækkevidde for udvalgte drivmidler i 2025 og 2045 for lastbiler med tilladt totalvægt på 40 ton. Figurens resultater for 2025 er baseret på simuleringer foretaget af Det Fælles Forskningscenter under EU-Kommissionen, mens resultaterne for 2045 er estimeret af anden kilde med udgangspunkt i simuleringerne. I

figuren er den tilladte lasteevne desuden angivet baseret på forventningerne til vægten af forskellige drivlinjer og drivmidler. Da øget rækkevidde kræver mere brændstof eller et større batteri, som vil øge vægten af lastbilen, vil der skulle foretages en afvejning mellem rækkevidde og lasteevne. Tilsvarende vil øget rækkevidde også påvirke omkostningerne ved lastbilen, da større batteri eller brændstoftanke dels vil indebære større indkøbspris og dels et større energiforbrug under kørslen på grund af vægtforøgelsen.



Figur 3 Rækkevidde og lasteevne ved udvalgte drivmidler

Anm. 1: I simuleringerne analyseres metan i form af flydende og komprimeret fossil naturgas. I praksis kan gassen dog være biometan eller e-metan, som begge er tæt på identiske til naturgas og derfor vil have samme egenskaber. Simuleringerne inkluderer ikke en batterilastbil med stort batteri og angiver således ikke lasteevne herfor. Rækkevidden for elvejslastbiler er angivet ved kørsel på elveje, hvor rækkevidden i praksis er ubegrænset, og er kun angivet for 2045, da betydelig udbredelse af elveje vil være svært at koordinere, planlægge og etablere inden 2025. For nærmere antagelser om batteristørrelser, trykforhold, motortyper mv. henvises til analysens baggrundsnotat.

Anm. 2: De angivne tilladte lasteevner tager ikke højde for, at EU tillader ekstra totalvægt for køretøjer, der anvender alternative brændstoffer, eller ved nulemissionskøretøjer. Ifølge Europa-Parlamentets og Rådets Forordning 2019/1242 er den tilladte vægt forhøjet med den øgede vægt, som teknologien af den alternative drivlinje og drivmiddel medfører sammenlignet med en diesellastbil, men dog højst 1 ton ved lavemissionskøretøjer og 2 ton ved nulemissionskøretøjer. I kategorien nulemissionskøretøjer indgår blandt andet lastbiler uden forbrændingsmotorer, fx batteri-, elvejs- og brintlastbiler.

Kilde: Klimarådet på baggrund af data fra Röck et al.⁵⁹ og Tesla⁶⁰ for rækkevidde i 2025 og for tilladt lasteevne i 2025 og Holmgren et al.⁶¹ for rækkevidde i 2045.

Figur 3 illustrerer, at rækkevidden for flere af de alternative drivmidler er markant kortere end for diesellastbiler i 2025, hvilket Holmgren et al. også forventer vil være tilfældet i 2045. Det gælder især for batterilastbiler med mindre batterier. Flere flydende bio- og elektrobrændstoffer, fx biobaseret diesel fra Fischer Tropsch-syntese og e-diesel, kan dog produceres med stort set samme energitæthed pr. vægt og volumen som fossil diesel samt anvendes med omtrent samme energieffektivitet i motorer.⁶² Derfor vil disse bio- og elektrobrændstoffer kunne opnå en rækkevidde i omtrent samme størrelsesorden som vist ved eksemplet med diesel i figur 3. Flydende metan i form af biometan eller e-metan udmærker sig også ved at muliggøre en betydelig længere rækkevidde end fx komprimeret metan, brint og batterier. For metan øges rækkevidden markant ved kondensering til flydende metan, da der derved opnås en betydeligt højere energitæthed. Håndteringen af flydende metan kræver dog, at gassen holdes nedkølet både under transport, lagring og kørsel. I forhold til diesel fylder både komprimeret og flydende metan dog mere pr. energiindhold, hvilket i praksis reducerer rækkevidden i forhold til diesel. Men med en rækkevidde på 1.000-2.000 km vil det formentlig ikke have en nævneværdig økonomisk betydning.

Elvejslastbilers rækkevidde og fleksibilitet afhænger i høj grad af udbredelsen af elveje. Ved en veludbygget infrastruktur med elveje vil teknologien kunne muliggøre kørsel i tilstrækkeligt lange stræk uden behov for stop.

De fleste alternativer til diesel og flydende bio- og elektrobrændstoffer forventes altså at betyde en reduceret rækkevidde, både på kort og lang sigt. Det vil sandsynligvis først og fremmest være et økonomisk problem for batterilastbiler, mens det i mindre grad vil gælde for komprimeret metan og brint. Da 78 pct. af EU's lastbilaktivitet består af ture, der er under 800 km,⁶³ vil de fleste drivmidler, med undtagelse af batterilastbiler med små batterier, forventeligt kunne dække en stor del af transportbehovet uden behov for optankning eller opladning undervejs. Ved længere ture kræves enten anvendelse af drivmidler med længere rækkevidde som flydende bio- og elektrobrændstoffer eller optankning eller opladning undervejs. Ifølge udmeldinger fra Tesla kan batterilastbiler med store batterier dække ture op mod 800 km allerede inden for de næste år.⁶⁴ Når det bliver tilfældet, vil rækkevidde ikke være et problem for en stor andel af de kørte ture. Disse producentudmeldinger kan også indikere, at den angivne rækkevidde for batterilastbiler med store batterier i 2045 i figur 3 potentielt er konservativt vurderet, da udvikling i blandt andet batteriteknologi forventeligt vil kunne bidrage til øget rækkevidde.

Trækraft og tilladt lasteevne vil ikke blive påvirket markant af drivmiddelskift

En lastbils lasteevne er den maksimalt tilladte totalvægt minus lastbilernes egenvægt inklusive drivmidlet. Totalvægt for lastbiler er en del af den fælles EU-lovgivning og er begrundet i sikkerhedshensyn og for at undgå skader på vejinfrastrukturen. I figur 3 fremgår den maksimalt tilladte last. Mens den maksimale last ifølge Röck et al. i 2025 er forholdsvis ens for diesel, metan, brint og elveje, forventes især batterilastbiler med mindre batterier at have en øget egenvægt og derfor mindre lastkapacitet. For bio- og elektrobrændstoffer, der kan anvendes i forbrændingsmotorer som fx biodiesel, HVO, e-diesel, DME og ætanol, vil lasteevnen ifølge Röck et al. forventeligt være sammenlignelig med fossil diesel.⁶⁵

For batterilastbiler med større batteri finder Verbruggen et al., at mervægten for en lastbil med batteriteknologi anno 2018 og med en rækkevidde på 500 km er omkring 3 ton i forhold til en diesellastbil.⁶⁶ Mervægten er et resultat af batteriets store vægt, mens elmotor og anden effektelektronik omvendt er lettere end en dieselmotor og tilhørende gearkasse, brændstoftank og systemer til behandling af udstødningsgasser. Ud fra en forventning om en betydelig stigning i energitætheden af batterier estimerer flere kilder, at den øgede vægt i 2030 formentligt er under eller ikke meget over 2 ton for batterilastbiler med en rækkevidde på 500 til 800 km.^{67, 68} I hvilken grad en eventuelt reduceret maksimal lasteevne i praksis udgør en ulempe, afhænger af frekvensen af, hvor ofte lastbiler lastes til vægtgrænsen. Ved en gennemgang af transportdata fra Tyskland finder Mareev et al., at volumen oftere end vægt er den begrænsende faktor i at medtage yderligere last.⁶⁹ Tilsvarende finder Hoekstra, at 90 pct. af ture fra Rotterdams havn var begrænset af lastbilernes volumen.⁷⁰ I kapitel 4 konkluderes ligeledes, at den begrænsede vægt ikke ser ud til at blive en væsentlig samfundsøkonomisk omkostning ved batterilastbiler.

Trækraft udgør ligesom rækkevidde og lasteevne også en vigtig egenskab for lastbiler. Via simuleringer af forskellige drivmidler og drivlinjer estimerer Röck et al., at anvendelsen af drivmidler, som indebærer nye motorer, ikke indvirker negativt på lastbilernes trækraft i forhold til diesellastbiler. Dette er fx tilfældet for komprimeret og flydende metan i forbrændingsmotorer anno 2025. For elektriske drivlinjer i form af enten batterilastbiler, elvejslastbiler eller brintlastbiler, estimeres en øget trækraft i sammenligning med diesellastbiler. For drivmidler, der kan anvendes i forbrændingsmotorer som fx biodiesel, HVO, e-diesel, DME og ætanol, vil lasteevnen ifølge Röck et al. forventeligt kun afvige en smule fra fossil diesel.⁷¹ Fremadrettet forventes lastbilernes trækraft altså ikke at blive påvirket i større omfang, uanset hvilket drivmiddel der omstilles til.

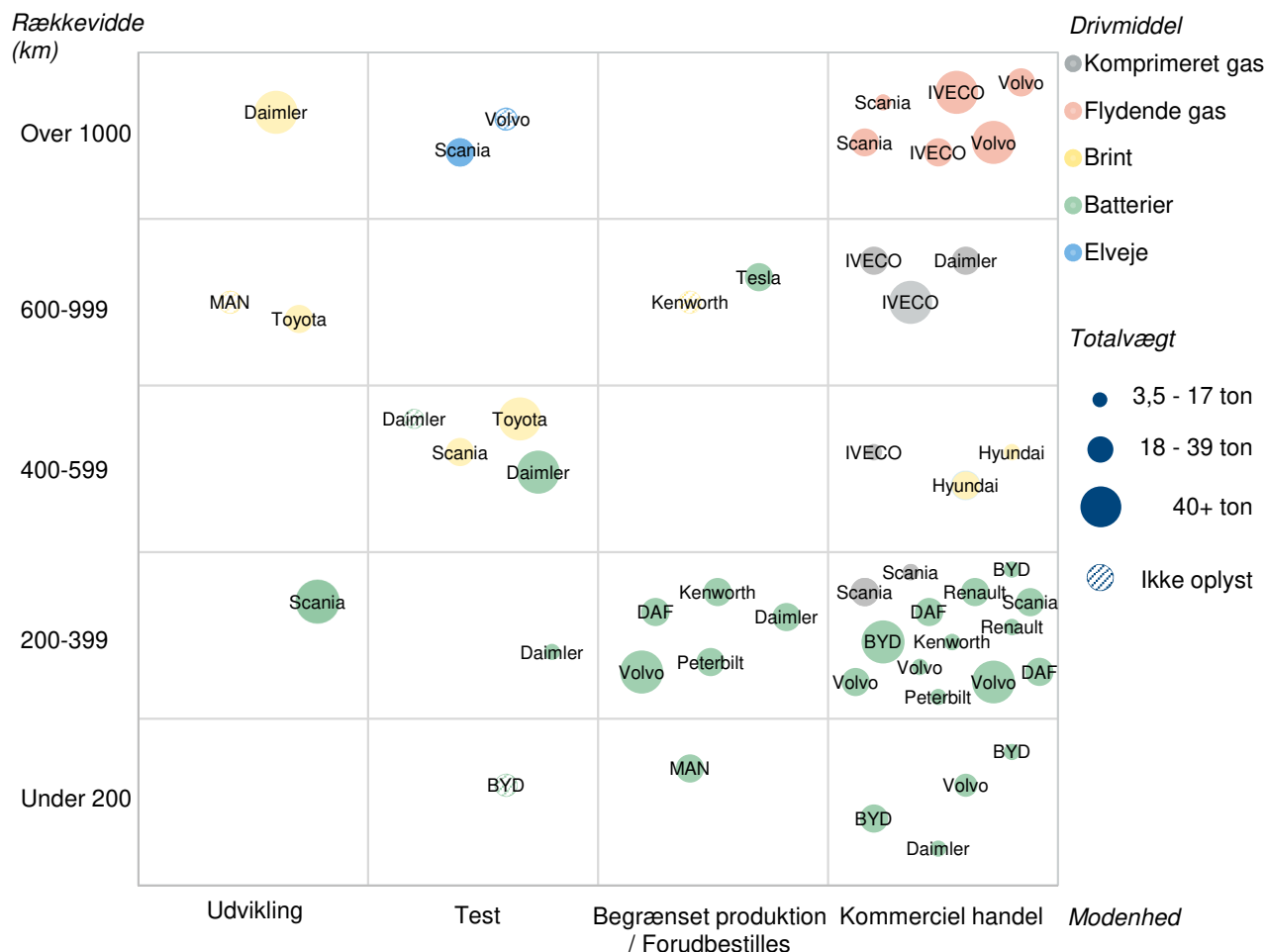
3.3 Udmeldinger fra lastbilproducenter

For at få en nærmere indikation af hvilke af de mange alternative drivmidler, der vil dominere i fremtiden, er det relevant at se på udmeldinger fra producenter af lastbiler.

Størst fokus på batterier, brint og metan blandt lastbilproducenter

I løbet af de sidste par år er lastbilproducenter begyndt at satse på udvikling af lastbiler på alternative drivmidler. I figur 4 ses en række større producenters udmeldinger opdelt efter lastbilstørrelse, rækkevidde, og efter hvor tæt på

kommerciel handel de enkelte lastbilmodeller er. Der udvikles især lastbiler på flydende og komprimeret gas, batterier og brint, samt lastbiler der kan benytte elveje.



Figur 4 Lastbilproducenters udmeldinger i 2021

Anm. 1: Figuren baserer sig på offentlig tilgængeligt data fra producenters hjemmesider på enten dansk eller engelsk. Der kan findes lastbilmodeller, som ikke er med i figuren. Eksempelvis kan en producent have en lastbil under udvikling, men ikke have annonceret dette offentligt. Inden for hver kategori er producenterne kun vist én gang, selvom de har flere lastbiler med samme modenhed, rækkevidde, vægt og drivmiddel. Specialkøretøjer er ikke medtaget i figuren. I figuren er der ikke medtaget modeller, hvor producenten ikke har angivet rækkevidde. Som en undtagelse er dog medtaget modeller fra Scania og Volvo, som kan køre på elveje, til trods for, at producenterne ikke har angivet rækkevidde. For disse modeller er rækkevidden angivet i kategorien over 1.000 km under antagelse om kørsel på et veludbygget net af elveje.

Anm. 2: Rækkevidden for alle køretøjer er baseret på producenters udmeldinger og kan derfor være beregnet på baggrund af forskellige forudsætninger.

Kilder: Klimarådet og producenternes hjemmesider (medio 2021).

Flere tendenser følger af figur 4. For det første findes gaslastbiler i kommerciel handel i alle størrelser og med konkurrencedygtig rækkevidde. Til de lange ture drejer det sig om flydende gas. For det andet satser langt de fleste og alle de største producenter i et vist omfang på batterielektriske lastbiler, og i løbet af 2020 kom mange batteridrevne modeller på det kommercielle marked. Det gælder især i de mindre segmenter, som blandt andet anvendes til kortere ture i byerne. Men også tunge batterilastbiler er i dag i kommerciel handel. Rækkevidden er dog begrænset, og det gælder også for de lastbiler, der er under udvikling, men Tesla adskiller sig her fra de øvrige ved at udvikle en batterilastbil med høj lasteevne og lang rækkevidde. MAN har også planer om at lave batterilastbiler med rækkevidde op mod 1.000 km, men har dog ikke annonceret totalvægten på lastbilen endnu.⁷² Kun Volvo og Scania har annonceret, at de har lastbiler til elveje under udvikling, hvilket antageligt hænger

sammen med, at Sverige er et af de lande, der i øjeblikket ser størst potentiale i denne teknologi. For det tredje er det kun Hyundai, der markedsfører brintlastbiler, men flere af de største europæiske producenter har dem under udvikling eller i test. Det ses også, at det er den længere rækkevidde, der er brintlastbilernes styrke i forhold til batterilastbiler.

Mange af teknologierne er fortsat i udviklingsfasen, testfasen eller begrænset produktion, hvorfor det stadig er uvist, hvilke udfordringer der kan komme for de enkelte teknologier ud over priserne på lastbiler og drivmidler.

Flere producenter har allerede sat en stopdato for diesellastbiler

En række producenter har desuden meldt ud, at de helt vil stoppe produktion af diesellastbiler. Det indikerer, at udvikling af de alternative teknologier er seriøse satsninger, der vil blive skaleret over de næste år. Ford, Scania, MAN, Volvo, DAF, Daimler og Iveco, der i 2019 tilsammen stod for cirka 86 pct. af nyregistreringer på det europæiske marked, har alle meldt ud, at de vil stoppe salget af diesellastbiler i 2040.⁷³ Derudover har producenterne en række forskellige målsætninger for salgsandele af lastbiler med alternative drivmidler. De tre producenter med størst markedsandel i 2019 har annonceret følgende centrale målsætninger:

- Scania har en målsætning om i 2025 at sælge 10 pct. elektriske køretøjer i Europa, og i 2030 skal 50 pct. være eldrevne.⁷⁴ Scania fokuserer i deres udmeldinger især på batterilastbiler.⁷⁵
- Daimler satser på udvikling af brint- og batterilastbiler, og i 2019 meldte selskabet ud, at det vil stoppe med at udvikle på gaslastbiler.⁷⁶ Daimler har ydermere en målsætning om, at 60 pct. af de solgte lastbiler i 2030 enten skal være elektriske i form af batterier eller brændselsceller.⁷⁷
- MAN satser på, at mindst 50 pct. af distributionslastbiler og minimum 40 pct. af langturslastbiler skal være nulemissionsbiler i 2030.⁷⁸

Udmeldingerne giver altså en tydelig indikation at, at der blandt de større lastbilproducenter er en bevægelse mod især batteri- og brintlastbiler, og at producenterne har som målsætning, at en betydelig del af lastbilsalget i 2030 skal være i form af nulemissionslastbiler drevet især af batterier eller brint.

4. Samfundsøkonomiske omkostninger ved alternative drivmidler

Dette kapitel supplerer forrige kapitels analyse af de forskellige alternative drivmidler ved at analysere de samfundsøkonomiske omkostninger ved brugen af disse alternative drivmidler i lastbiler. Formålet er at undersøge, hvilke teknologier der ser ud til at blive billigere end andre og dermed vinde frem, og hvilke der på trods af et teknisk potentiale formentlig ikke vil blive realiseret, fordi andre løsninger kan forventes at blive økonomisk mere fordelagtige. I kapitlet ligger vægten på omkostninger cirka 10-20 år frem i tiden, idet der tages højde for den forventede teknologiske udvikling. Ved en længere horisont vil usikkerheden blive for stor til at give pålidelige resultater.

Mindre lastbiler kan omstilles til batterilastbiler, og derfor er fokus på de store lastbiler

Dette kapitel fokuserer på analysen af omstilling af de tunge lastbiler. Omstillingen af de store lastbiler er både teknologisk mere uvis end for de mindre og af væsentlig større betydning, da de fylder markant mere i udledningerne. Hovedfokus er derfor på prisen for lastbiler over 40 ton, der kan køre på grønne drivmidler.

De mindre lastbiler ser ud til at kunne konvertere til batterilastbiler inden for en årrække. Det skyldes tre forhold:

- De små lastbiler kører generelt kortere ture, og derfor er der ikke behov for et stort og dyrt batteri for at komme op på den nødvendige rækkevidde for lastbilen.⁷⁹ Mindre lastbiler koblet med depotopladning vil i mange tilfælde ikke have afgørende tekniske og praktiske barrierer.
- Kapitel 3 konkluderer, at der allerede enten er mindre batterilastbiler på markedet eller på vej ind på markedet.
- Flere studier finder, at mindre batterilastbiler kan blive økonomisk favorable inden 2030.⁸⁰

Batterielektriske lastbiler kan formentlig indføres hurtigere end forventet i klimafremskrivningen for de mindre lastbilsegmenter. Men selv en ambitiøs omstilling af lastbiler med en totalvægt under 34 ton til batterilastbiler giver kun en begrænset reduktion i CO₂-udledningen frem mod 2030. I et illustrativt scenarie, hvor salget af mindre batterilastbiler stiger gradvist fra midten af 2020'erne, så det når 75-90 pct. af salget af nye lastbiler i 2030, vil kun give en reduktion på 0,07-0,17 mio. ton CO₂ i 2030, afhængigt af hvor hurtigt andelen stiger. I et mere radikalt scenarie, hvor salget af batterilastbiler allerede fra midten af 2020'erne udgør tæt på 100 pct. af salget af de mindre lastbiler, vil reduktionen i 2030 kunne nå 0,24 mio. ton CO₂, altså cirka en sjettedel af lastbilernes samlede udledning, som det er opgjort i klimafremskrivningen.

Kapitlet ser på de samfundsøkonomiske omkostninger

De forskellige drivmiddelteknologier har hver deres fordele og ulemper. Det handler eksempelvis om de tekniske egenskaber, som er beskrevet i kapitel 3. Omkostningerne udgør en anden væsentlig parameter. Ved at se på de samlede omkostninger over hele levetiden for forskellige typer lastbiler, tages der højde for, at nogle lastbiler fx kan være dyre i indkøb, men have et billigt drivmiddel, og omvendt.

I dette kapitel beregnes omkostningerne set fra samfundets perspektiv. Det betyder, at omkostningerne ikke kun dækker over, hvad selve lastbilen og drift af denne koster, men også de gener som kørsel med lastbiler påfører samfundet i form af fx luftforurening og CO₂-udledning. Disse gener kaldes eksterne omkostninger eller eksternaliteter. De har ikke en pris, der i dag er fastsat på et marked, men de bør regnes med i de totale omkostninger set fra samfundets side. Til gengæld indgår nuværende afgifter og tilskud ikke i regnestykket for de samlede omkostninger. Det skyldes, at afgifter og tilskud ikke udgør en omkostning set fra samfundets perspektiv, da der blot er tale om en overførsel mellem staten og private aktører. Beregningerne i denne analyse giver altså et billede af, hvilke drivmidler, der – set fra samfundets synspunkt – kan dække et givent transportbehov billigst. Derved giver beregningerne en indikation af, i hvilken retning udviklingen bør gå, når man ser det fra en samfundsøkonomisk vinkel.

Gældende regler og økonomiske incitamenter kan naturligvis forhindre en udvikling mod de samfundsøkonomisk mest fordelagtige løsninger, men der vil dog være en politisk motivation til at ændre reguleringen, så de mest hensigtsmæssige løsninger vinder frem. Samfundsperspektivet giver derfor også en vis indikation af, hvad der kan forventes at blive realiseret i praksis.

Faktorer, der påvirker funktionaliteten af de forskellige drivmidler, kan også oversættes til samfundsøkonomiske omkostninger. Men det er kun nogle af disse, der i praksis kan omsættes til kroner og øre. Det gælder fx forskelle i lastbilernes fleksibilitet, der er svære at kvantificere. Sådanne egenskaber vil naturligvis også indgå i en samlet vurdering af de alternative drivmiddelteknologier. Men de indgår ikke i analysens beregninger, og derfor giver dette kapitel ikke det fulde grundlag for en sammenligning af drivmiddelteknologierne.

4.1 Definition og antagelser

Beregningerne af de samlede omkostninger tager udgangspunkt i en typisk langdistancelastbil i form af et sættevognstog med én sættevogn og en totalvægt på 44 ton. Der ses på de samlede, forventede omkostninger over lastbilens levetid ved køb af en lastbil i 2030. I analysens baggrundsnotat er også vist beregninger for lastbiler købt i 2025, hvor den væsentligste forskel er den forventede teknologiudvikling mellem 2025 og 2030, som primært påvirker de mindst modne teknologier.

Kapitlet sætter fokus på et udvalg af alternativer til diesel

Omkostningerne opgøres for diesellastbiler samt for følgende syv alternative drivmiddelteknologier, som er oplistet i højre kolonne i tabel 2.

Tabel 2 Oversigt over de alternative drivmiddelteknologier i beregningerne

Form	Kategori	Drivmiddelteknologi i beregningerne
Direkte elektrificering	Batterier	Batteri
	Elveje	Køreledning
Flydende brændstoffer	Biobrændstoffer	HVO (hydrogeneret vegetabilsk olie)
	Elektrobrændstoffer	E-diesel
Gasformige brændstoffer	Biobrændstoffer	Biometan
	Elektrobrændstoffer	E-metan
		Brint (brændselscelle)

Kilde: Klimarådet.

Ovenstående er et udvalg af de drivmiddelteknologier, der ofte analyseres og diskuteres som klimavenlige alternativer til diesel. Drivmiddelteknologierne i tabellen er ikke en udtømmende liste, men de repræsenterer både direkte elektrificering samt flydende og gasformige elektrobrændstoffer og biobrændstoffer. Samtidig vurderes de at være blandt de mest relevante alternativer inden for hver af de kategorier, som kapitel 3 beskriver.

Flydende biobrændstoffer er i beregningerne eksemplificeret ved biobrændstoffet HVO, som kan anvendes fuldt ud i en almindelig dieselmotor. Det er usikkert, om andre typer biobaseret diesel som biodiesel (FAME) og Fischer-Tropsch diesel (FT-diesel) kan forventes at blive billigere eller dyrere end HVO i et samlet omkostningsperspektiv. Ifølge Holmgren et al. er FT-diesel en smule dyrere end HVO, mens biodiesel er en smule billigere.⁸¹ Der findes også andre flydende brændstoffer baseret på biomasse som fx metanol, der har potentiale til at blive billigere end HVO. Det kan imidlertid med rimelig sandsynlighed forventes, at omkostningerne for både biobaseret metanol og 2.-generationsbiodiesel ligger inden for det spænd for HVO, som udgøres af det høje og det lave omkostningsscenarie, som er præsenteret i baggrundsnotatet.⁸²

Tilsvarende er det muligt at fremstille e-metanol som et alternativ til e-diesel, om end det kræver en lidt anden motor. Ifølge Nordic Energy Research er produktionsprisen for e-metanol knap 10 pct. lavere end for e-diesel.⁸³ Til gengæld er energidistributionsomkostningerne ifølge Holmgren et al. en smule højere for metanol end for diesel, hvilket modvirker godt halvdelen af besparelsen på produktionsprisen.⁸⁴

Endelig skal det bemærkes, at der findes andre typer elveje end køreledninger, såsom skinner i kørebanen eller induktive vejssystemer. Ifølge Holmgren et al. er skinner og køreledninger omtrent lige dyre i et samlet omkostningsperspektiv, mens det induktive vejssystem er betydeligt dyrere end de to andre.⁸⁵ Det skyldes både højere omkostninger til infrastruktur og til elektricitet som følge af et større energitab. Køreledninger er her valgt, fordi det er den mest velafprøvede teknologi, som mere eller mindre direkte kan overføres fra elektrificerede jernbaner.

Overordnet set forventes det således ikke, at der vil være alternativer til drivmidlerne i tabel 2, som omkostningsmæssigt afviger i en grad, at de kan ændre på analysens overordnede konklusioner.

Driftsomkostningerne udgøres af prisen på lastbilen og løbende omkostninger forbundet med kørsel

De samlede omkostninger forbundet med køb og kørsel af lastbilen består af følgende fire elementer:

- **Indkøb af lastbil:** Omkostninger til indkøb af lastbil er baseret på tal for EU fra International Council on Clean Transportation.⁸⁶ Det antages, at omkostningerne for enheder, som er fælles for alle teknologier, er identiske på tværs af teknologierne. Det gælder fx prisen på traileren. Hertil lægges omkostninger til

teknologispecifikke elementer, såsom dieselmotor og gearkasse til diesellastbilen eller elmotor og batteri til den batteridrevne lastbil. Forholdet mellem indkøbsomkostningerne på tværs af drivmidler flugter rimeligt med andre analyser fra fx Transport and Environment.⁸⁷

- **Reparationer og vedligeholdelse:** De løbende omkostninger til reparation og vedligehold er baseret på International Council on Clean Transportation.⁸⁸
- **Drivmiddel:** Priser på drivmidlerne er baseret på Energistyrelsens *Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger 2019* for diesel, elektricitet og biometan. For sidstnævnte anvendes produktionsprisen, hvor der således ikke fratrækkes nuværende subsidier. Omkostninger til e-diesel, e-metan og brint er baseret på Nordic Energy Research⁸⁹ og elprisen fra *Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger 2019*. Prisen på HVO kommer fra COWI.⁹⁰
- **Energidistribution og infrastruktur til tankning og opladning:** Denne kategori angiver omkostningerne forbundet med at få drivmidlerne ført fra produktionsstedet til lastbilerne. Omkostningerne dækker således transport og distribution af drivmidlerne fra produktionssted til tankstation/ladepark samt omkostninger forbundet med etablering og drift af stationerne/parkerne. Disse omkostninger er baseret på et antal forskellige kilder, herunder *Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger 2019*, International Council on Clean Transportation, Transport and Environment og de svenske vejmyndigheder, Trafikverket.⁹¹

De løbende omkostninger er tilbagediskonteret til købsåret 2030 med en diskonteringsrente på 3,5 pct.⁹² Det antages, at lastbilen lever i 10 år, og at den kører 835.000 km over de 10 år, hvilket er baseret på tal for lastbiler i EU.⁹³ Det årlige kørselsomfang er størst i de første år af lastbilens levetid. De første to år kører lastbilen således cirka 120.000 km pr. år, og dette falder til cirka 50.000 km pr. år de sidste to år. Restværdien efter disse 10 år er sat til nul. I praksis kan man dog forestille sig, at dele af lastbilen kan genbruges, hvilket vil give lastbilejeren en indtægt ved salg af den brugte lastbil. Omvendt er det også muligt, at der kan være omkostninger forbundet med at bortskaffe dele, der ikke kan genbruges.

Omkostningerne er beregnet under forudsætning af, at teknologierne er udbredt i stor skala. Det har betydning for omkostningerne til energidistribution og tanknings- og opladningsinfrastruktur, som vil være højere målt pr. lastbil, hvis teknologien er mindre udbredt. Udbredelsen vil også have væsentlig betydning for lastbilens indkøbspris, idet eventuelle udviklingsomkostninger fordeles på et større antal lastbiler, jo mere udbredt teknologien er. Markedet for langdistancetransport er præget af en høj grad af konkurrence på tværs af hele Europa, hvilket trækker i retning af, at den mest fordelagtige drivmiddelteknologi vil få en stor andel af markedet. Ikke desto mindre kan der være nichemarkeder, hvor andre teknologier kan have en plads, og her kan de samlede omkostninger derfor for nogle teknologier være højere eller lavere end her beregnet.

Til ovenstående omkostninger skal lægges chaufførens løn. Omkostningerne til chaufførløn udgør i omegnen af halvdelen af driftsomkostningerne for sættevognstog over levetiden.⁹⁴ Lønnen er dog som udgangspunkt ens for alle teknologier. Derfor fremgår lønnen ikke af beregningerne i afsnit 4.2, men der er taget højde for, at der kan være ekstra omkostninger til løn i forbindelse med opladning af batterilastbiler sammenlignet med de andre lastbiler. Denne omkostning indgår i kategorien 'Energidistribution og infrastruktur til tankning og opladning'. Omkostningen er kun relevant, hvis lastbilen har en kort rækkevidde. I denne analyse, hvor rækkevidden for batterilastbilen er 600 km, antages det, at det er tilstrækkeligt at oplade lastbilen uden for kørslen samt i chaufførens pauser, og det antages ikke at være forbundet med en ekstra omkostning, hvilket er nærmere beskrevet i afsnit 3.2.

Beregningerne medtager også de eksterne omkostninger

For at få et bud på de samlede omkostninger set fra samfundets perspektiv skal der – i tillæg til ovennævnte omkostninger – som nævnt medregnes de eksterne omkostninger i form af støj, ulykker, vejslid, trængsel og luftforurening samt udledning af CO₂. For CO₂-udledninger medtager beregningerne kun udledninger forbundet med kørsel. Således medtager beregningerne ikke CO₂-udledninger fra produktion af materiel, drivmidler og etablering af infrastruktur. Det svarer til, at beregningerne er baseret på en antagelse om, at de grønne drivmidler, lastbiler og infrastruktur er fuldt ud produceret fra vedvarende energikilder, hvilket er i tråd med, at andre sektorer også skal omstilles for at nå verdens klimamål.

I beregningerne er CO₂-prisen baseret på Klimarådets anbefaling om en indfasning af generel drivhusgasafgift på 1.500 kr. pr. ton CO₂e i 2030 for at opfylde det danske 70-procentsmål.⁹⁵ Dette afgiftsniveau er fastsat ud fra en omtrentlig vurdering af den marginale reduktionsomkostning for at opfylde målet. Den marginale reduktionsomkostning angiver prisen på reduktionen af det sidste ton CO₂e, der skal reduceres for at nå en given målsætning. Prisen på CO₂ har ikke betydning for sammenligningen af de forskellige alternative drivmiddelteknologier indbyrdes, da de alle er forudsat CO₂-neutrale, men den har betydning for sammenligningen med fossil diesel.

Til omkostningerne forbundet med køb, vedligehold, drivmiddel og energidistribution lægges således:

- **Eksterne omkostninger:** Eksterne omkostninger i form af støj, ulykker, vejslid, trængsel og luftforurening samt udledning af CO₂. De fem førstnævnte er de marginale eksterne omkostninger baseret på *Transportøkonomiske Enhedspriser 1.96*. Omkostningen forbundet med udledning af CO₂ er sat til 1.500 kr. pr. ton baseret på Klimarådets vurdering af skyggeprisen for at opfylde det danske 70-procentsmål.

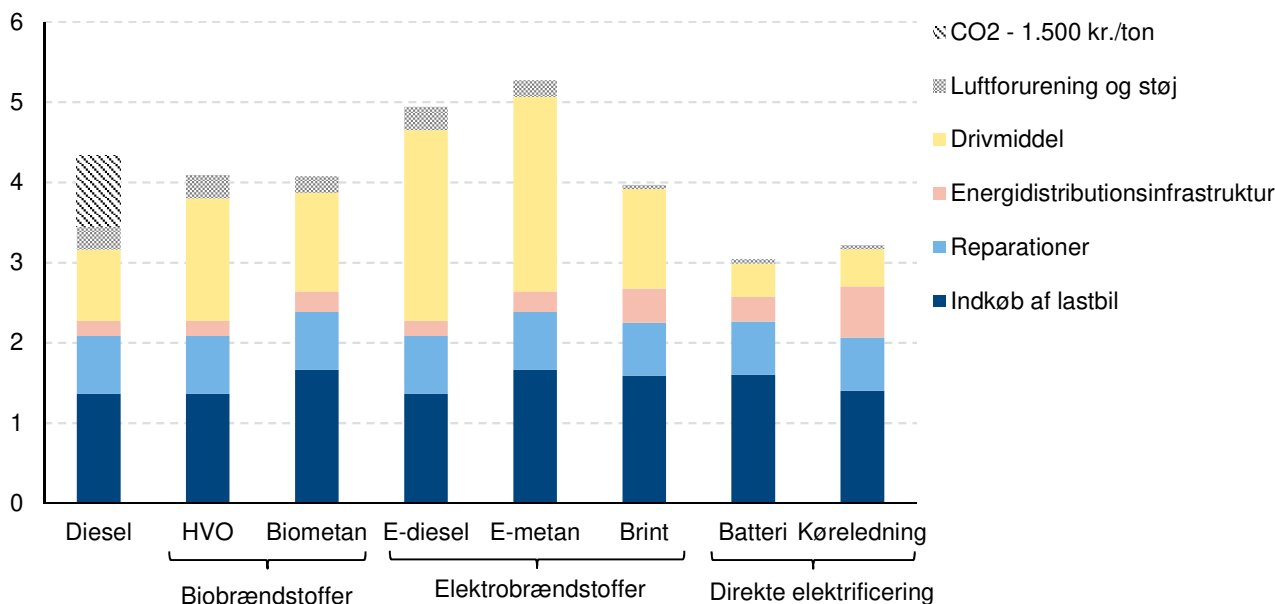
De eksterne omkostninger udtrykker de marginale omkostninger, som angiver omkostningen ved én ekstra kørt kilometer. Beregningerne viser derfor omkostningerne for de forskellige lastbiler med udgangspunkt i det nuværende transportomfang og de nuværende kørselsmønstre. Ved markant ændret kørsel i fremtiden kan estimaterne derfor se anderledes ud. Det skal desuden bemærkes, at omkostningerne er opgjort som en partiel beregning, hvor der ikke ses på effekter på andre markeder af at skifte drivmiddel på transportområdet.

Der ligger en lang række yderligere antagelser til grund for beregningerne, som er uddybet i analysens baggrundsnotat på Klimarådets hjemmeside. Det gælder eksempelvis antagelser for rækkevidden for batterilastbiler, udnyttelsesgraden for køreledninger og antagelser om fremtidige priser på drivmidler. Nogle af analysens antagelser kan betragtes som repræsentative for både Danmark og andre europæiske lande. Det gælder fx omkostninger til indkøb af lastbil, reparationer og vedligeholdelse samt kørselsomfang, som er baseret på tal for EU. Andre antagelser som fx drivmiddelpriiser afspejler derimod specifikke danske forhold. Hvis disse forhold er anderledes i vores europæiske nabolande, vil de beregnede omkostninger i denne analyse afvige fra omkostningerne i de pågældende lande. I så fald kan det påvirke udviklingen for de forskellige drivmidler. Disse overvejelser er uddybet i baggrundsnotatet.

4.2 Resultater

Figur 5 viser omkostningerne for de forskellige drivmiddelteknologier fordelt på de forskellige dele af omkostningerne. De skraverede felter angiver de eksterne omkostninger forbundet med CO₂-udledning for diesellastbiler og øvrige eksterne omkostninger i form af luftforurening og støj. Omkostninger forbundet med vejslid, ulykker og trængsel er af en betydelig størrelsesorden, men da de er ens på tværs af teknologier, er de for overskuelighedens skyld udeladt af figuren.

kr. pr. km



Figur 5 Samlede omkostninger over en lastbils levetid ved køb af en lastbil i 2030

Anm. 1: 'Elveje' betegner batterilastbiler med et lille batteri samt mulighed for tilslutning til køreledninger. Rækkevidden på batteriet er 175 km.

Anm. 2: 'Luftforurening og støj' angiver de marginale, eksterne omkostninger forbundet med luftforurening og støj. Der er både medtaget luftforureningsomkostninger, der rammer dansk og udenlandsk område, og det er forudsat, at lastbilerne overholder Euro VI norm. 'CO₂' angiver omkostninger forbundet med CO₂-udledning under kørslen. I beregningerne er set bort fra metan- og lattergasudledninger, da de udgør under 2 pct. af de samlede drivhusgasudledninger fra diesellastbiler.

Kilder: Klimarådet baseret på kilder, der fremgår af baggrundsnotatet.

Omkostninger til drivmiddel er en afgørende komponent

Som det fremgår af figur 5, er omkostninger til drivmidlet en vigtig årsag til forskelle i de samlede omkostninger. Forskellene i drivmiddelomkostninger skyldes forskellig energieffektivitet og drivmiddelpriser. Batterilastbiler og køreledninger er kendetegnet ved både en høj energieffektivitet og et billigt drivmiddel. Dieselbrændstoffer har en dårligere energieffektivitet end de elektriske teknologier og er generelt dyrere opgjort pr. energienhed. Biometan er et relativt billigt drivmiddel, men energieffektiviteten er ringere end for diesel, hvilket øger omkostningerne. I baggrundsnotatet fremgår energiforbruget og den gennemsnitlige omkostning til drivmidlet opgjort pr. energienhed over levetiden. Omkostningerne til energidistribution og tanknings- og opladningsinfrastruktur varierer også på tværs af drivmidler, men de udgør generelt en mindre andel af de samlede omkostninger. Størst er de for elveje, men til gengæld er indkøbet af lastbilen billigere for elvejene end for fx brint- og batterilastbilerne.

Omkostningerne forbundet med luftforurening og støj er relativt små, og derfor bliver variationerne i de eksterne omkostninger – bortset fra CO₂ – ikke afgørende for sammenligningen på tværs af teknologier. Man skal dog være opmærksom på, at en række miljøeffekter ikke er medregnet i de eksterne omkostninger, fx effekter af black carbon, O₃, NO_x og NH₃ på natur og plantevækst. Det er imidlertid ikke noget, der vurderes at rykke nævneværdigt ved sammenligningen af de forskellige drivmidler.

Beregningerne antager, at biometan og e-metan anvendes i flydende form. Metan kan dog også anvendes i komprimeret form, som er lidt billigere end flydende metan pr. energienhed på grund af omkostninger til at transformere gassen fra gasform til væske, men til gengæld er energieffektiviteten bedre og rækkevidden længere for flydende gaslastbiler. I et samlet omkostningsperspektiv er komprimeret og flydende gas derfor sammenlignelige, og de indbyrdes forskelle er små i forhold til forskellene til de øvrige drivmidler. Dette fremgår af baggrundsnotatet, som opgør omkostningerne for både flydende og komprimeret gas.

De elektriske lastbiler ser ud til at blive det billigste alternativ

Som det fremgår af figur 5, er der betydelig forskel i omkostningerne på tværs af drivmiddelteknologier i 2030, hvilket i høj grad skyldes forskelle i omkostninger til drivmiddel. Således tegner elektrobrændstofferne e-diesel og e-metan til at blive en relativt dyr løsning sammenlignet med de andre grønne alternativer, mens brint, biometan og HVO befinder sig i et mellemdyrt leje med samlede omkostninger, der er omtrent 1 kr. pr. km lavere end e-diesel og e-metan. De elektriske lastbiler har potentiale til at blive et ganske attraktivt alternativ med kilometeromkostninger, der er yderligere omkring 1 kr. lavere. En væsentlig konklusion er, at en CO₂-pris på 1.500 kr. pr. ton vil gøre alle alternativerne billigere end diesel bortset fra elektrobrændstofferne e-diesel og e-metan i 2030.

I baggrundsnotatets figur 5 er præsenteret tilsvarende beregninger af de samlede omkostninger for 2025. Den interne rangering mellem de alternative drivmidler er stort set den samme i 2025 og 2030. Til gengæld forventes en klar ændring i forholdet mellem omkostningerne for diesellastbilen på den ene side og de grønne alternativer på den anden. Det skyldes, at omkostningerne for diesellastbiler er stort set uændret fra 2025 til 2030, mens omkostningerne for samtlige alternative drivmiddelteknologier forventes at falde i samme periode. Hvor det i 2025 kun er de elektriske lastbiler, der er samfundsøkonomisk billigere end diesel, bliver flere alternative drivmiddelteknologier således fordelagtige alternativer til diesel i 2030. Det gælder både brint, HVO og biometan.

De uændrede omkostninger for diesellastbilen dækker over, at den forventede forbedrede energieffektivitet modvirkes af en forventet stigning i dieselpriisen og CO₂-omkostningerne fra 2025 til 2030. Omkostningerne for elektrobrændstofferne e-diesel, e-metan og brint forventes at opleve de største både absolutte og procentvise fald i samme periode. Det skyldes en forventet forbedret energieffektivitet og lavere brændstofomkostninger som følge af forbedret produktionsteknologi samt for brintlastbilens vedkommende et væsentligt forventet fald i omkostninger til indkøb af lastbil. E-diesel og e-metan starter dog fra et højt udgangspunkt i 2025 og forventes – på trods af udviklingen – stadig at være dyre sammenlignet med både de andre grønne drivmidler og diesel i 2030.

Til trods for at batterilastbilen kan blive en attraktiv teknologi allerede i 2025, forventes omkostningerne at falde yderligere frem mod 2030. Det skyldes især en forventning om en faldende batteripris. En potentiel ulempe for batterilastbilen er, at det nødvendige batteri er relativt stort og tungt, hvilket kan reducere mængden af last, som lastbilen kan have med. Der er stor usikkerhed om, hvor meget tungere batterilastbilen vil være, men analyser peger på mellem 0,3-2 ton tungere.⁹⁶ Med en antagelse om at 25 pct. af kilometerne køres med maksimal totalvægt, vil en reduceret lasteevne på 0,3-2 ton betyde en øget omkostning pr. km på ca. 0,05-0,25 kr. Dette er ikke inkluderet i figur 5, men meromkostningen er ikke stor nok til at ændre på billedet af, at batterilastbilen er billigere end diesellastbilen. Dette styrker dermed konklusionen fra afsnit 3.2 om, at den potentielle nedgang i lasteevne ikke udgør en stor ulempe for batterilastbilen.

Lastbiler til brug på elveje har også potentiale til at blive en billig løsning. Her er omkostningerne dog helt afhængige af en høj udnyttelsesgrad på grund af de potentielt store udgifter til køreledningsinfrastruktur. I denne analyse er det antaget, at hele det danske motorvejsnet elektrificeres. Herved vil en stor del af det øvrige vejnet kunne nås med et batteri med en rækkevidde på 100 km.⁹⁷ Hvis hele motorvejsnettet elektrificeres svarer det til en antagelse om en årsdøgnstrafik på vejene for lastbiler på 3.400 i 2030. Årsdøgnstrafik angiver, hvor mange lastbiler, der kører forbi et givent punkt i løbet af et døgn i gennemsnit set over et helt år. Det antages, at 50 pct. af disse vil benytte køreledningerne. En udnyttelsesgrad på 50 pct. vil omtrent svare til, at alle sættevogntog, påhængsvogntog og solovogne med turlængder på over 250 km benytter køreledninger, men at ingen mindre lastbiler eller store lastbiler, der kører kortere ture, benytter ledningerne. I det regnestykke tages der ikke højde for, at en mindre andel af de store lastbilers trafikarbejde vil foregå uden for elvejene. Det kan trække i retning af, at de 50 pct. er et overkantsskøn. Det skal dog bemærkes, at så længe udnyttelsesgraden for køreledninger – med den givne antagelse om årsdøgnstrafik for lastbiler på 3.400 – er over 18 pct., er køreledninger mere rentable for samfundet end diesellastbilen i 2030. Dette resultat er naturligvis følsomt over for de øvrige antagelser, herunder etablerings- og driftsomkostninger for den elektriske vej og CO₂-prisen.

Generelt stemmer resultaterne i denne analyse godt overens med andre analyser. Disse finder i vid udstrækning, at batterielektiske lastbiler og elveje forventeligt bliver de billigste alternativer til diesel i 2030. Sådanne analyser omfatter blandt andet en analyse fra Transport and Environment med udgangspunkt i tyske forhold.⁹⁸ Transport and Environment ser dog ikke på biobrændstoffer. Det gør Holmgren et al. derimod, men forventer alligevel, at

batterielektiske lastbiler vil blive det billigste alternativ til diesel i både 2030 og 2045. Holmgren et al. forventer dog, at visse biobrændstoffer, såsom metanol og DME, vil blive billigere end elveje med køreledninger. Øvrige analyser vurderer også i høj grad, at de elektriske lastbiler vil komme til at blive attraktive alternativer, om end de ikke er helt sammenlignelige med denne analyse, fordi de ser på privatøkonomiske omkostninger.⁹⁹

Der er usikkerhed om omkostningerne, men kun få usikkerheder påvirker den indbyrdes rangering

Der er betydelig usikkerhed om mange af de elementer, der påvirker de samlede omkostninger for lastbiler. Det gælder eksempelvis de fremtidige priser på drivmidler. Derfor er det relevant at kigge på, om konklusionerne ændrer sig, hvis andre antagelser for fx drivmiddelpriiser eller batteriomkostninger benyttes. På den baggrund er der i baggrundsnotatets figur 5 vist et højt og et lavt scenarie for omkostningerne, som indikerer et spænd for hver drivmiddelteknologi. Nogle af usikkerhederne er de samme på tværs af drivmidler, mens andre usikkerheder er uafhængige af hinanden. Hvis usikkerhederne er de samme eller hænger sammen, har det ikke nævneværdig betydning for sammenligningen af de forskellige drivmidler. Men hvis usikkerhederne er uafhængige og i øvrigt har en nævneværdig effekt på omkostningerne, vil det have betydning for forholdet mellem drivmiddelteknologierne.

Omkostningerne for e-diesel og e-metan er forbundet med væsentlig usikkerhed. Det skyldes fx, at produktionen af brændstofferne er forbundet med et stort energitab, hvorved udviklingen i elprisen, som i sig selv er usikker, får stor betydning for de samlede produktionsomkostninger. Denne usikkerhed er betydningsfuld i sammenligningen med de andre drivmiddelteknologier som fx flydende biobrændstoffer og biometan, der ikke bruger el som primært energiinput. Men den påvirker ikke i afgørende grad det indbyrdes forhold mellem omkostningerne for de tre elektrobrændstoffer, e-diesel, e-metan og brint. Beregningerne indikerer således, at brintlastbiler vil være en billigere løsning end lastbiler drevet af e-metan og formentlig også e-diesel i både 2025 og 2030 næsten uanset fremtidens elpris.

Elprisen påvirker naturligvis også omkostningerne for batterilastbiler og køreledninger, men da energiforbruget udgør en relativt lille andel af omkostningerne for de elektriske lastbiler på grund af høj energieffektivitet, er denne usikkerhed knap så betydningsfuld. For batterilastbilerne er det i højere grad batteriprisen pr. kWh og rækkevidden i kraft af dens effekt på batteristørrelsen og dermed den samlede batteripris, der har betydning for omkostningerne. Selvom disse faktorer adskiller sig fra dem, der påvirker e-diesel og e-metan, er det ikke ret sandsynligt, at batterilastbilen bliver dyrere end e-diesel og e-metan i 2030. Det fremgår af beregningerne i baggrundsnotatet, at batterilastbilen, selv med batteripriser der er 55 pct. højere end antaget i analysen, forventes at være billigere end e-diesel og e-metan med drivmiddelpriiser, der er 25 pct. lavere end i analysen.

For køreledninger kan omkostningerne for den enkelte lastbil som nævnt både blive meget høje eller meget lave, fordi omkostningerne til infrastruktur er meget afhængige af udnyttelsesgraden, og af hvor mange lastbiler der kører på en given strækning. Man må forvente, at jo billigere andre drivmidler bliver, jo mindre vil køreledninger blive brugt, og jo højere vil omkostningerne pr. elvejslastbil dermed blive. Det vil sige, at udnyttelsesgraden og dermed omkostningerne for elvejslastbiler vil afhænge negativt af rentabiliteten af de andre drivmiddelteknologier. Den negative afhængighed af omkostningerne for de andre drivmiddelteknologier gælder ikke kun for elvejslastbiler, men er blot mere udtalt for denne teknologi, fordi attraktive elveje kræver store infrastrukturomkostninger, som ikke kan nedskaleres på samme måde, som antallet af brinttankstationer kan tilpasses antallet af brintlastbiler.

Der er også stor usikkerhed om de fremtidige priser på biomasse. Det betyder, at omkostningerne for flydende biobrændstoffer, som i denne analyse er eksemplificeret ved HVO, er forbundet med usikkerhed. Denne usikkerhed kan i høj grad få betydning for rentabiliteten af biobrændstoffer sammenlignet med de øvrige drivmiddelteknologier.

Forholdet mellem batterilastbiler og køreledninger påvirkes af størrelsen af batteriet og udnyttelsesgrad

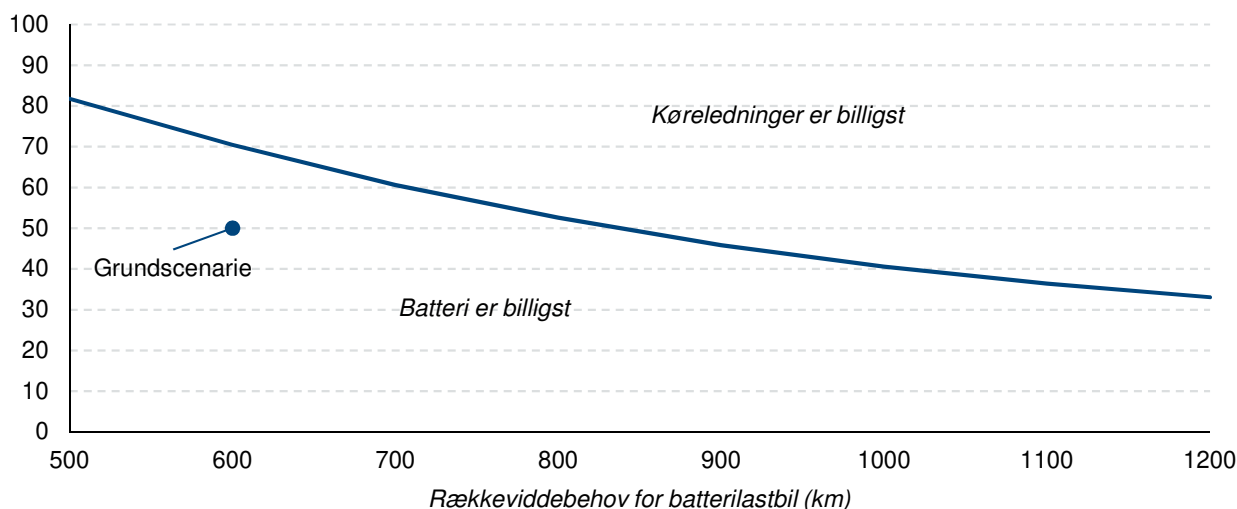
Som det fremgår af figur 5, ser de elektriske lastbiler ud til at blive de billigste drivmiddelteknologier i 2030. Derfor er det væsentligt at kigge nærmere på batterilastbiler og køreledninger og de centrale faktorer, der kan påvirke disse to teknologiers økonomi. For elvejslastbiler har udnyttelsesgraden stor betydning for omkostningerne. For batterilastbilen udgør omkostninger til indkøb af lastbil en stor andel af de samlede omkostninger, og omkostningen afhænger i høj grad af rækkeviddebehovet. Årsagen er, at en længere rækkevidde

kræver et større og dermed dyrere batteri. Såfremt der er behov for en længere rækkevidde, fx fordi der kræves en højere grad af fleksibilitet, vil lastbilen skulle have en større batterikapacitet og dermed blive dyrere i samlede omkostninger. Herved vil køreledninger alt andet lige blive mere attraktive.

Figur 6 viser, hvorvidt batterilastbilen eller elvejslastbilen er billigst for forskellige kombinationer af rækkevidde for batterilastbilen og udnyttelsesgrad af køreledningerne for elvejslastbilen. I denne analyse er antaget en udnyttelsesgrad på 50 pct. og en batterikapacitet svarende til en rækkevidde på 600 km, hvormed batterilastbilen er lidt billigere end elvejslastbilen. Det er indikeret med den blå prik i figuren. Har batterilastbilen en rækkevidde på 600 km, skal udnyttelsesgraden være 70 pct. eller højere, hvis køreledninger skal være samfundsøkonomisk billigere end batterilastbilen. Er rækkeviddebehovet for batterilastbiler derimod fx 1.000 km, skal udnyttelsesgraden for køreledningerne blot være over ca. 40 pct. for at elvejslastbiler bliver billigere end batterilastbiler.

En opskalering af rækkevidden fra 600 km til 1.000 km vil øge omkostningerne for batterilastbiler med omkring 10 pct., hvis man ser bort fra eksterne omkostninger som fx trængsel og vejslid. Tilsvarende vil omkostningerne for elvejslastbiler øges med 10 pct., hvis udnyttelsesgraden reduceres fra 50 pct. til 33 pct.

Udnyttelsesgrad køreledninger (pct.)



Figur 6 Relative samlede omkostninger i 2030 for forskellige kombinationer af rækkeviddebehov for batterilastbilen og udnyttelsesgrad for køreledninger

Anm.: Rækkevidden påvirker omkostningerne gennem batteriprisen, idet en længere rækkevidde kræver et større og dermed dyrere batteri. Denne effekt vil delvist modvirkes af, at der vil være en tidsomkostning forbundet med opladning i løbet af køretiden, som vil være højere ved kortere rækkevidder.

Kilde: Klimarådet.

Med antagelsen om en årsdøgnstrafik for lastbiler på 3.400 og en udnyttelsesgrad af køreledningerne på 50 pct. samt en batterikapacitet for batterilastbilen svarende til en rækkevidde på 600 km, er batterilastbiler lidt billigere end køreledninger. Figur 6 viser, at udnyttelsesgraden af køreledningerne og rækkeviddebehovet for batterilastbilen er af stor betydning for forholdet mellem de to typer lastbiler. Det er imidlertid også et åbent spørgsmål, hvilke krav vognmændene i praksis vil stille til rækkevidden for elvejslastbiler, når de kører uden for de elektrificerede veje. For en given udnyttelsesgrad kan det således være forholdet mellem krav til rækkevidde for den rene batterilastbil og krav til rækkevidde for elvejslastbilen uden for de elektrificerede veje, der bliver afgørende. Sidstnævnte vil i sagens natur afhænge af udbredelsen af køreledningsnettet. Man må derfor også forvente, at der kan være en optimal afvejning mellem hvor store dele af vejnettet, det er nødvendigt at elektrificere og størrelsen af lastbilernes batteri og dermed rækkevidden uden for elvejene. Nærmere analyse af denne problemstilling ligger imidlertid uden for formålet med denne analyse.

En sidste faktor, som kan påvirke forholdet mellem de to, er den samlede årsdøgns trafik for lastbiler. Hvis årsdøgns trafik bliver højere end antaget i denne analyse, skal der en mindre udnyttelsesgrad til, for at elvejslastbilen kan konkurrere med batterilastbilen. Den samlede årsdøgns trafik for lastbiler vil naturligvis afhænge af, hvilke strækninger der elektrificeres.

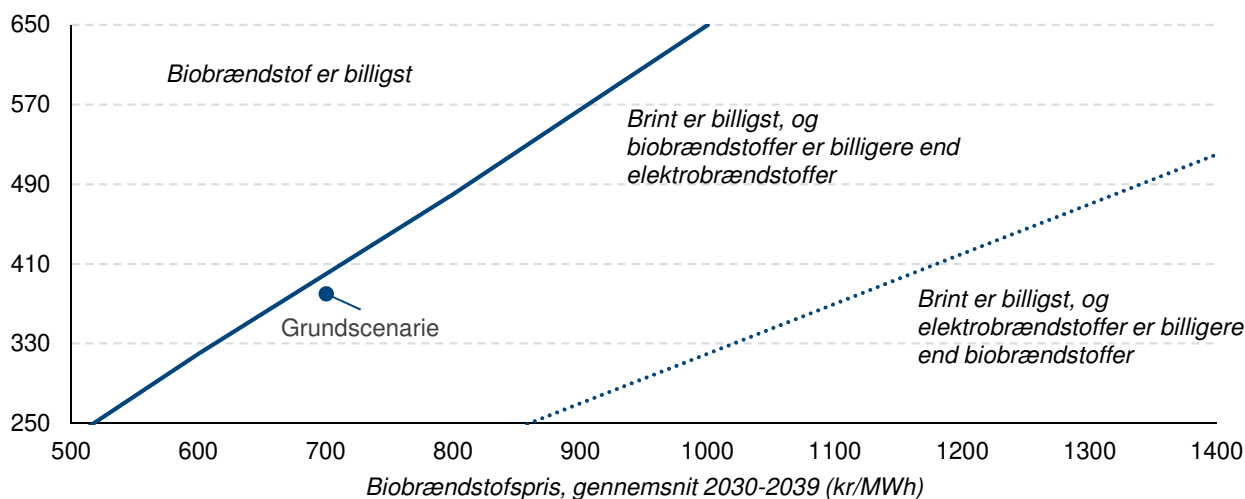
Kulstofholdige e-brændstoffer tegner dyrere end biobaserede brændstoffer, men brint kan blive billigere

De elektriske lastbiler ser ud til at blive billigst, men for visse typer transport, fx de meget lange transporter, kan der blive behov for andre løsninger i form af flydende eller gasformige brændstoffer, fordi behovet for opladning undervejs og uvished om elvejenes fleksibilitet og robusthed kan vise sig at være væsentlige barrierer. Det generelle billede er, at kulstofholdige brændstoffer forventeligt vil være billigere at producere fra biomasse end via power-to-X i 2020'erne og videre ind i 2030'erne. Forholdet mellem kulstofholdige elektrobrændstoffer som e-metan og e-diesel og kulstofholdige biobrændstoffer som biometan, HVO eller andre flydende biobrændstoffer påvirkes imidlertid i høj grad af elprisen og af prisen på den anvendte biomasse, der begge må betegnes som usikre.

Figur 7 viser, hvilken kombination af elpris og biobrændstofpris, der – for de givne øvrige antagelser – vil medføre, at lastbiler, der kører på enten biobrændstoffer, brint eller flydende elektrobrændstoffer, får de laveste omkostninger i 2030. Skal lastbiler drevet af flydende elektrobrændstoffer blive billigere end lastbiler, der benytter biobrændstoffer, vil det højst sandsynligt kræve en kombination af en lavere elpris og en højere biobrændstofpris samt muligvis en mere effektiv produktionsteknologi for elektrobrændstoffer. Sidstnævnte vil sænke elektrobrændstofprisen for en given elpris, hvilket vil svare til at forskyde den stiplede kurve opad.

Det er forventningen, at de samlede omkostninger for lastbiler, der kører på e-diesel, bliver cirka 1 kr. pr. kilometer højere end for biobrændstoffer i form af HVO i 2030. Lastbiler på flydende biobrændstoffer og brintlastbiler forventes derimod at blive nogenlunde ens i et samlet omkostningsperspektiv i 2030, og der skal derfor ikke store ændringer i enten elpris eller biobrændstofpris til for at påvirke forholdet mellem disse.

Elpris, gennemsnit 2030-2039 (kr/MWh)



Figur 7 Relative samlede omkostninger i 2030 for forskellige kombinationer af biobrændstofpris og elpris

Anm. Med de to parametre, som er vist på akserne i figuren, er det ikke muligt, at lastbiler, der benytter elektrobrændstoffer, bliver billigere end brintlastbiler. Det skyldes, at der skal bruges mere el i produktionen af elektrobrændstofferne end produktionen af brint, og derfor vil en lavere eller højere elpris ikke ændre på rangeringen mellem de to teknologier.

Kilde: Klimarådet.

En vigtig pointe er, at ændringer i elprisen ikke vil ændre på, at brint forventes at blive et billigere alternativ end de kulstofholdige elektrobrændstoffer. Derfor er brint billigere end e-diesel og e-metan i alle områder af figur 7. Det, der kan gøre brint til en dyrere løsning, er, hvis brændselscellerne ikke falder som forventet i pris, omkostningerne

til brinttankningsinfrastruktur bliver højere end forventet, og/eller hvis prisen på e-diesel eller e-metan falder markant.

De alternative drivmidler vil sandsynligvis falde yderligere i pris efter 2030

Hvis man sammenholder omkostningerne for 2025 og 2030, ses som tidligere nævnt et betydeligt fald i drivmiddelomkostninger for lastbiler, der kører på e-diesel, e-metan og brint. Dette uddybes i baggrundsnotatets figur 5. Denne forventede udvikling afspejler et gradvist fald i produktionsomkostningerne for elektrobrændstoffer i 2020'erne og 2030'erne. Det er forventeligt, at der vil ske yderligere fald i omkostningerne i 2040'erne.¹⁰⁰ For biobrændstoffer er der en mindre klar forventning til udviklingen i prisen. Her er muligheder for effektivitetsforbedringer i brændstofproduktionen umiddelbart mindre end for elektrobrændstoffer. Samtidig er det usikkert, hvordan prisen på forskellige typer biomasse, der skal bruges som input i produktionen af biobaserede brændstoffer, vil udvikle sig.¹⁰¹ Sandsynligvis vil bæredygtig biomasse blive et produkt med stor efterspørgsel, da andre sektorer også skal omstilles fra fossil til vedvarende energi, og dermed er det nok mere sandsynligt, at priserne på biomasse stiger fremover, end at de falder.

Hvad angår omkostninger til indkøb af lastbil, forventer både Holmgren et al. og Transport and Environment, at der vil ske yderligere fald i prisen på brændselscellelastbiler efter 2030.¹⁰² Transport and Environment forventer, at brændselscellelastbiler er den eneste af de undersøgte drivmiddelteknologier i rapporten, hvor lastbilen vil blive billigere fra 2030 til 2040. Holmgren et al. forventer reduktioner i omkostninger til køb af lastbil for de fleste teknologier med størst fald for brændselsceller og elektriske lastbiler.

Alt i alt tyder det på, at de samlede omkostninger for lastbiler, der kører på elektrobrændstoffer, og sandsynligvis også de elektriske lastbiler, falder yderligere efter 2030. Hvorvidt elektrobrændstofferne vil blive billigere end de biobaserede alternativer vil især afhænge af prisen på el og prisen på biomasse. Der er dog intet, der indikerer, at de elektriske lastbiler ikke også fortsat vil være blandt de samfundsøkonomisk billigste lastbiler i tiden efter 2030.

5. Teknologisk overblik og behov for politisk handling

Kapitel 3 viser, at det ikke tyder på, at den tunge vejgodstransport kommer til at mangle grønne drivmidler. Samtidig når kapitel 4 frem til, at nogle af disse kan blive samfundsøkonomisk gode alternativer til fossil diesel inden for de næste ti år. Det er på nuværende tidspunkt ikke muligt at udpege en entydigt vindende lastbilteknologi for de store lastbiler, og udviklingen kan fortsat gå hurtigere eller langsommere, end denne analyse indikerer. Ikke desto mindre kræver omstillingen mod en fossilfri vejgodstransport politiske tiltag, der kan hjælpe udviklingen på vej.

5.1. Sammenfattende vurdering af perspektiverne for de forskellige alternative drivmidler

Dette afsnit foretager en sammenfattende vurdering af de grønne, alternative drivmidler ud fra de samfundsøkonomiske omkostninger suppleret med en række andre væsentlige faktorer, som ikke indgår i den økonomiske analyse. Drivmiddelteknologierne i tabel 3 er de samme som indgår i omkostningsanalysen i kapitel 4. Der er som nævnt ikke tale om en udtømmende liste, men den er nogenlunde repræsentativ for beslægtede drivmidler. Drivmidlerne omfatter både direkte elektrificering samt flydende og gasformige elektrobrændstoffer og biobrændstoffer, og de vurderes at være blandt de mest relevante alternativer inden for deres kategori.

Drivmidlernes fordele og ulemper er vurderet relativt til fossil diesel i tabel 3 ud fra følgende skala:

- Væsentlige ulemper i forhold til diesel
- Mindre ulemper i forhold til diesel
- 0 Omtrent som diesel og dermed er eventuelle forskelle uden operationel betydning
- + Mindre fordele i forhold til diesel
- ++ Væsentlige fordele i forhold til diesel

Tabel 3 Opsummerende vurdering af fordele og ulemper for de udvalgte alternative drivmidler i forhold til diesel

	HVO	Bio- metan	E-diesel	E-metan	Brint	Batteri	Elveje
Samfundsøkonomiske omkostninger i 2030							
Indkøb og vedligeholdelse af lastbil, distributionsinfrastruktur, drivmiddel samt CO ₂ og andre eksterne omkostninger.	+	+	- -	- -	+	++	++
Ressourcetilgængelighed							
Risiko for knaphed på lang sigt af de bæredygtige ressourcer, som drivmidlet eller batteriet produceres på baggrund af.	- -	- -	0	0	+	0	+
Distributionsinfrastruktur							
Behov for ny infrastruktur til distribution af drivmiddel, samt ny drivlinje.	0	-	0	-	-	-	- -
Rækkevidde							
Lastbilernes rækkevidde ved fuld tank eller batteri samt kørsel på elveje for elvejslastbiler.	0	0	0	0	-	- -	0
Lasteevne							
Lastbilernes tilladte lasteevne, som påvirkes af lastbilernes og drivmidlets egenvægt.	0	0	0	0	0	-	0
Teknologimodenhed							
Vurdering af det samlede systems teknologiske modenhed med udgangspunkt i drivmiddelproduktion, forsyningsinfrastruktur og lastbiler i dag.	0	0	-	-	- -	-	- -

Anm.: Ressourcetilgængelighed er vurderet ud fra, om der er risiko for væsentligt begrænset tilgængelighed af ressourcer. Det betyder, at i denne kategori er vurderingen ikke en sammenligning med diesel.

Kilde: Klimarådet.

Tabel 3 præsenterer en samlet systemvurdering af både drivmidlet, produktion af drivmidlet, forsyningsinfrastruktur, lastbilen og dens brug i fuldskaala drift. De væsentligste faktorer i vurderingen af teknologierne forventes at være omkostningerne ved den enkelte teknologi og ressourcetilgængeligheden. Dertil kommer, at teknologier med en lav grad af modenhed vil være forbundet med en større risiko, som også er vigtig i et langsigtet strategisk perspektiv. Udover faktorerne i tabellen er der også andre relevante faktorer, herunder trækraft og fleksibilitet i udnyttelse, som er beskrevet nærmere i kapitel 3. Her konkluderes, at disse ikke forventes at give anledning til forskelle af operationel betydning blandt de forskellige drivmidler i 2030. På den baggrund er den sammenfattende vurdering, at batterier og elveje er de teknologier, som tegner mest lovende, mens brint kan have gode perspektiver på sigt. I det følgende gives en uddybende beskrivelse.

Elveje har godt samfundsøkonomisk perspektiv, men er endnu ikke testet af som system

Elvejslastbiler ser ud til at være blandt de mest lovende med hensyn til økonomi. Alt andet lige må det betragtes som en tungtvejende faktor. Omkostningsanalysen indikerer, at elvejslastbiler kan være driftsøkonomisk konkurrencedygtige med diesellastbiler i 2030. Medregner man en CO₂-pris på 1.500 kr. pr. ton i 2030, er teknologien samfundsøkonomisk noget billigere end en diesellastbil. Den afgørende fordel ved elveje er, at lastbilerne kan nøjes med et relativt lille og dermed billigt batteri, uden at det begrænser rækkevidden.

Elveje har dog også en række udfordringer. Omkostningseffektiviteten er stærkt afhængig af, at mange lastbiler benytter ladenettet langs vejene. Desuden kræver det en koordineret europæisk satsning at få udbredt den nødvendige infrastruktur på hele det europæiske vejnet. Det er nemlig afgørende for, at lastbilerne kan køre

internationalt. Til trods for at køreledninger er velkendte som den dominerende energiforsyning til jernbanen, er teknologien endnu umoden til lastbiler. Der er i dag test af begrænsede elektrificerede vejstrækninger i Tyskland og Sverige. Men der er endnu lang vej til, at der er enighed om koordinering og standardisering på tværs af flere EU-lande. Det er som nævnt vigtigt, hvis det skal blive en attraktiv teknologi for lastbiler med internationale ture. Elveje har desuden en systemisk sårbarhed over for ulykker og fejl, som man fx kender det fra nedbrud i jernbanenettet.

Batterilastbiler har god samfundsøkonomi og udfordringen med rækkevidde bliver mindre med tiden

Analysen indikerer, at også batterilastbiler vil være økonomisk attraktive i 2030. Det skyldes ikke mindst teknologiudviklingen inden for batterier, som forventes at give prisfald og forbedring af batteriernes kapacitet. Rækkevidde og ladehastighed er dog stadig kritiske faktorer. Alt efter hvordan den teknologiske udvikling former sig, vil det vise sig, om batterilastbiler, også på de lange afstande, vil kunne overflødiggøre elveje eller andre alternativer.

Udover udfordringer med rækkevidde vil batterilastbiler formentlig ikke have væsentlige funktionelle begrænsninger. Reduceret lasteevne er formentlig kun et begrænset problem på sigt. Stor udbredelse af batterilastbiler kræver betydelig ny ladeinfrastruktur, men omstillingen af persontransporten kræver under alle omstændigheder store investeringer i tidlig udbygning af ladeinfrastruktur med stor ladeeffekt langs hele vejnettet, hvorfor dette kan tænkes sammen. Endelig gælder den generelle bekymring om tilstrækkelige råstofressourcer til batteriproduktionen naturligvis også for batteridrevne lastbiler, men en række studier tyder på, at dette på lidt længere sigt formentlig ikke bliver en afgørende barriere.

Bæredygtigheden af en større omstilling af den tunge transport til biobrændstoffer er tvivlsom

Biobrændstoffer, flydende eller som gas, har tidligere været anset som det mest oplagte svar på at opnå drivhusgasreduktioner i transporten. Det gælder ikke mindst i vores nabolande Sverige og Tyskland. De to lande har givet betragtelig økonomisk støtte til særligt lastbiler på biometan i de senere år. Mange biobaserede løsninger er velafprøvede og har egenskaber tæt på eller lig de tilsvarende fossile diesellastbiler. Dette er attraktivt for branchen, som undgår store ændringer af eksisterende logistik- og forretningskoncepter. Flydende brændstoffer tilskyndes i dag via iblandingskrav, og en overgang til 100 pct. HVO eller biodiesel kræver minimale tekniske omstillinger i transportbranchen. Også komprimeret gas til kortere ture og flydende gas til længere afstande er velafprøvede koncepter med allerede tilgængelige tankningsmuligheder. Dog er der endnu ikke tankanlæg til flydende metan i Danmark.

Biobrændstoffer forventes at have en væsentlig meromkostning i forhold til fossil diesel i årene fremover. Men forudsat at biobrændstoffet fortsat kan regnes som CO₂-neutralt, vil besparelsen på en CO₂-pris på 1.500 kr. pr. ton i 2030 mere end opveje dette. Man skal dog holde sig for øje, at der er stor usikkerhed om den fremtidige pris på både de fossile og grønne brændstoffer. Biometan har hidtil været en del billigere end HVO. Men da gasmotorens brændstofeffektivitet formentlig er mindre, og da anskaffelsen af lastbilen er dyrere, også i 2030, bliver den samlede omkostning pr. kilometer nogenlunde den samme som for flydende biobrændstoffer. Der findes en række andre typer af biobrændstoffer end HVO og biometan, som på nuværende tidspunkt er mindre modne teknologier, men de vil sandsynligvis ikke ændre på billedet.

Den store udfordring for biomassebaserede brændstoffer er bæredygtigheden. Mængden af tilgængelige råstoffer i form af bæredygtig biomasse er begrænset på nationalt, europæisk og globalt plan. Krav til biomassens oprindelse kan sikre, at der kun anvendes bæredygtig biomasse, men det ændrer ikke på, at mængden er begrænset. Desuden vil efterspørgslen på den bæredygtige biomasse vokse, når CO₂-reduktionsmål presser andre sektorer som industri, luftfart og søfart til også at omstille sig.

Den danske produktion af biogas er betydelig, og potentielt kan produktionen overstige forbruget af gas i 2030 i Danmark. Men fremtidens drivmiddelteknologi skal ses i europæisk kontekst, og her ser potentialet for bæredygtig biogas ud til at være langt mindre i forhold til den samlede potentielle efterspørgsel på tværs af sektorer. Konkurrencen vil allokere det knappe udbud af biogas til de anvendelser, hvor betalingsviljen er størst. Det vil i høj grad være drevet af, hvor alternativerne er vanskeligere at implementere, fx inden for dele af industrien. Ud fra en betragtning om ressourceknaphed er det derfor vanskeligt at se perspektiverne i en europæisk fuldskalasatsning på

biometan i vejgodstransporten. Det udelukker dog ikke, at det kan give mening at benytte gassen til nichefunktioner.

Elektrobrændstoffer vil formentlig være i den dyre ende i mange år endnu

Kulstofbaserede elektrobrændstoffer som e-diesel og e-metan ser på nuværende tidspunkt ikke ud til at blive de mest fordelagtige løsninger inden for størstedelen af vejtransporten. Fordelen ved dem er, at de kan give samme funktionalitet som de tilsvarende biobrændstoffer. Desuden undgår man umiddelbart udfordringer med knaphed på bæredygtig biomasse. Det skyldes, at sol- og vindbaseret strøm i langt højere grad er direkte skalerbart. Man skal dog holde sig for øje, at biogent kulstof også her kan ende med at blive en knap faktor. Det skyldes både begrænsningen i de biogene ressourcer, men også at det kan vise sig nødvendigt at lagre kulstoffet i jorden for at skabe negative udledninger.

Elektrolyse og CO₂-fangst kræver store mængder el. Derfor ser elektrobrændstofferne ud til at blive betydeligt dyrere end biobrændstofferne, selvom man anlægger optimistiske forventninger til omkostningsreduktioner ved teknologiudvikling og fuldskalaproduktion. Sammenlignet med direkte elektrificering fremstår elektrobrændstofferne endnu mere omkostningstunge pr. kilometer. Årsagen er, at de konventionelle forbrændingsmotorer har markant lavere energieffektivitet end elmotorer. Det er i betydelig grad usikkert, hvor dyre elektrobrændstofferne vil blive, både på grund af usikkerheden om den fremtidige elpris, og fordi CO₂-fangst stadig er en umoden teknologi.

Samlet set kan man konkludere, at kulstofbaserede elektrobrændstoffer har bedre perspektiver i andre sektorer, hvor alternativerne er mindre lovende. Det gælder især i luftfarten og til dels også i skibsfarten. Der er i disse år en stor diskussion af, om Danmark skal opbygge kapacitet til at producere elektrobrændstoffer. Hvis der opbygges en stor kapacitet, kan det tænkes, at der i perioder vil være større produktion end fx luftfarten umiddelbart kan aftage. I en sådan situation vil brændslerne kunne blandes i den fossile diesel og dermed give drivhusgasreduktioner. Men produktionen af kulstofbaserede elektrobrændstoffer bør ikke skales specifikt med vejtransporten for øje.

Lastbiler udfører meget forskelligartede opgaver, og derfor kan det ikke udelukkes, at nogle af de drivmidler der vurderes mindre perspektivrige, alligevel vil kunne finde anvendelse på særlige områder. Det kan være i specialkøretøjer med meget specifikke behov, hvor man derfor vil være villig til at betale den dyrere pris for fx e-diesel. Så selvom et drivmiddel ikke skal være det primære redskab til drivhusgasreduktioner, kan det stadig komme til at udfylde en nicherolle.

Brintlastbiler kan kompensere for batterilastbilernes rækkeviddeudfordring, men ser ud til at blive dyrere

Brint løser nogle af udfordringer, som andre drivmidler har. Brint har den fordel i forhold til kulstofholdige elektrobrændstoffer, at man ved at bruge brinten sparer omkostningerne til CO₂-fangst og den energikrævende konverteringsproces til e-diesel eller e-metan. Derudover kan brintlastbilen i kraft af hurtig optankning og lang rækkevidde kompensere for batterilastbilernes svaghed. En brintløsning vil dog kræve investeringer i at opbygge et helt nyt distributionssystem. Det kan blive hjulpet på vej, hvis andre sektorer også kommer til at bruge brint i vid udstrækning, der også kan medføre stordriftsfordele i produktionen. Brintlastbiler ser dog ud til at blive dyrere end batterilastbilen i 2030. Den høje pris skyldes både høje omkostninger til produktionen af brint samt høje omkostninger til lastbilens drivsystem.

Spørgsmålet er, om brintlastbilens forventede højere omkostninger i forhold til direkte elektrificering opvejes af den øgede fleksibilitet. Det er vanskeligt at besvare på nuværende tidspunkt. Men et muligt fremtidsscenario er, at både batterilastbiler og brintlastbiler vil finde udbredt anvendelse, fordi de hver især vil udfylde forskellige segmenter af markedet for godstransport. Brintlastbilernes fordel ligger i de lange transporter og transporter med stort behov for fleksibilitet. Brintlastbilen er ikke lige så langt fremme i udviklingen som batterilastbiler, som det ses af figur 4 i kapitel 3. Det er derfor en væsentlig usikkerhed, hvornår brintlastbilerne for alvor vil komme på markedet.

5.2. Politiske tiltag til at understøtte omstillingen af den tunge vejgodstransport

Det er nødvendigt at se den grønne omstilling af vejgodstransporten i et europæisk perspektiv. Godstransporten er i væsentlig grad en international sektor, og konkurrencen er stor. Den afgørende teknologiudvikling finder sted hos lastbilproducenterne uden for Danmarks grænser under stærk påvirkning af EU's regulering. Denne udvikling kan

kun i ringe omfang påvirkes af en selvstændig dansk efterspørgsel efter bestemte teknologiske løsninger. Hvis man fra dansk side vil påvirke retningen effektivt, må det ske gennem fælles tiltag i EU-regi. Ikke desto mindre kan Danmark forberede sig strategisk på udviklingen.

Behov for en sektorstrategi som ramme for klimaindsatsen inden for vejgodstransport

Som det fremgår af analysen er det ikke på nuværende tidspunkt oplagt, hvad der bliver de mest fordelagtige fremtidige løsninger, og dermed heller ikke hvad der bliver den eller de vindende teknologier. Usikkerhederne omkring retningen i omstillingen af vejgodstransporten kalder på en langsigtet dansk sektorstrategi for den tunge vejgodstransport, som regeringen også har annonceret i 2022. Strategien skal tage højde for flere mulige udfald, og den skal samtidig så tidligt som muligt tilrettelægge og fremme de sandsynlige fremtidige løsninger i takt med, at risikoen for fejlinvesteringer bringes ned på et fornuftigt niveau.

Strategien bør have øje for samarbejde i EU om initiativer, der kan styrke teknologiudviklingen og dermed afklaringen af fremtidens løsninger. Endvidere bør man i lyset af de teknologiske retningspile, som blandt andet denne analyse finder, lægge planer for udrulning af tankstationer for brint og ladeinfrastruktur. Det kan tage højde for hønen og ægget-problematikken i en afvejning mod risikoen for overinvestering ved at satse stort for tidligt. Dertil kommer, at EU-Kommissionen netop stiller krav til disse to typer infrastruktur i sit *Fit for 55*-udspil, som boks 4 i kapitel 6 beskriver. Desuden bør en sektorstrategi tilkendegive, hvordan man vil tilrettelægge afgiftssystemet, så det fremmer de samfundsøkonomisk mest gunstige teknologier. Endelig skal sektorstrategien indikere, hvor stort et reduktionsbidrag der kan forventes fra den tunge vejgodstransport til at opfylde de danske klimamål i 2025 og 2030. Det skal især ske af hensyn til forventningsafstemning med aktører i sektoren og på tværs af sektorer.

Lastbilerne forventes kun at kunne levere et beskedent reduktionsbidrag til 70-procentsmålet i 2030

Denne analyse vurderer, at batterilastbiler er den samlet set mest attraktive løsning til distributionskørsel og andre opgaver, hvor det daglige kørselsbehov er begrænset. Disse lastbiler er på vej på markedet i dag, og derfor er der frem mod 2030 et reduktionspotentiale ved at indfase batterilastbiler, især i de mindre lastbiltyper. Selv meget ambitiøse indfasningsscenarier, som vil kræve skrappe virkemidler, vil give begrænsede drivhusgasreduktioner i 2030 i omegnen af 0,07-0,17 mio. tons CO₂.

Analysen peger desuden på, at batterilastbiler, brintlastbiler og elvejslastbiler også bliver konkurrencedygtige i de større segmenter. Men det er endnu uvist, hvor store drivhusgasreduktioner, det kan nå at give inden 2030. Det kommer meget an på, hvor hurtigt udviklingen hos producenterne kommer til at gå. Det vil derfor være risikabelt at planlægge opfyldelsen af 70-procentsmålet i 2030 efter et stort bidrag fra lastbilerne. Omstillingen af den tunge vejgodstransport bør i højere grad have et længere sigte end 2030. Målet bør være, at indsatsen frem mod 2030 lægger sporene ud for en fossilfri lastbiltransport inden 2050.

Den grønne elforsyning bør dimensioneres efter, at energien til lastbilerne vil komme fra el

Selv om der er betydelig usikkerhed om den fremtidige teknologiudvikling, tyder meget på, at el bliver den primære energikilde for en væsentlig del af lastbiltrafikken i fremtiden. Det skyldes, at de mest lovende alternative drivmidler enten er baseret på direkte elektrificering eller brint fra elektrolyse. Uanset hvad er det vigtigt, at elproduktionen fra vedvarende energi udbygges tilsvarende. Hvis ikke eksempelvis vindmøller og solceller udbygges i tilstrækkelig høj grad, bliver lastbilerne heller ikke reelt CO₂-neutrale.

Omfanget af lastbilernes efterspørgsel efter el afhænger af de fremtidige drivmidler. Hvis lastbilerne skal køre på elektrobrændstoffer, skal elproduktionen være omkring tre gange større end ved direkte elektrificering i form af batterier og elveje, hvor energieffektiviteten er langt højere. De årlige klimafremskrivninger bør rumme en løbende opdatering af forventningerne, og den kommende efterspørgsel fra den tunge vejgodstransport bør inkluderes i planerne for udbud af elproduktionen baseret på vedvarende energi, fx havvind.

En generel drivhusgasafgift som det centrale virkemiddel i omstillingen

Sektorstrategien skal desuden understøttes af en teknologineutral afgiftsomlægning med en generel drivhusgasafgift som omdrejningspunkt. Klimarådet tidligere har foreslået en CO₂-afgift i omegnen af 1.500 kr. pr. ton CO₂ i 2030. Den økonomiske analyse i kapitel 4 viser, at en sådan afgift kan skabe tilstrækkelige incitamenter til at drive omstillingen mod de samfundsøkonomisk gode alternativer til fossil diesel. På kortere sigt kan der dog

være behov for flere virkemidler. Det kan være støtteordninger eller andre yderligere tiltag, der kan skubbe udviklingen i gang i takt med, at teknologierne bliver tilgængelige. Overvejelser om en hensigtsmæssig udformning af afgiftssystemet for den tunge transport uddybes i kapitel 6.

De mest lovende drivmidler til fremtidens lastbil er som nævnt el og brint. Nutidens diesellastbiler kan ikke køre på disse drivmidler, og derfor vil der skulle ske en løbende udskiftning af diesellastbilerne. Da lastbiler kører rundt på vejene i adskillige år, er der kun et relativt beskedent reduktionspotentiale inden 2030. Dette kan give anledning til et politisk ønske om at fremme andre drivmidler som fx biobrændstoffer eller biometan. Disse drivmidler kan nemlig udnyttes i de eksisterende diesellastbiler eller gaslastbiler, og dermed kan de garantere flere reduktioner inden 2030. Det kan dog vise sig at blive en dyr mellemstation, som ikke understøtter de teknologier, der formodentlig vil sikre en klimaneutral lastbiltransport senest i 2050. Vælger man biobrændstoffer eller biometan, er der risiko for, at det vil føre Danmark ind på et spor, der forsinker omstillingen til de teknologier, som er mere perspektivrige på længere sigt.

Staten skal understøtte ladeinfrastruktur og tankningsmuligheder

Forsyningsinfrastrukturen bør stå helt centralt i en kommende sektorstrategi. Både batteri-, brint- og elvejslastbiler kræver et nyt distributionssystem til drivmidler. Til at begynde med bør staten spille en aktiv rolle for at sikre, at økonomiske barrierer ikke står i vejen. Udfordringen for de kommercielle investorer er nemlig, at afkastet i opstartsfasen er lavt og risikoen høj. Det skyldes, at udnyttelsesgraden af infrastrukturen endnu er lille, og det ikke er givet, at teknologien vil slå igennem.

Som nævnt viser denne analyse, at batterilastbiler sandsynligvis kommer til at få en betydelig rolle på de korte distancer, fx i forbindelse med distributionskørsel. Denne udvikling kan derfor fremmes uden større samfundsøkonomisk risiko. Der vil dog være behov for et landsdækkende ladenet til tunge køretøjer, også selvom opladning fortrinsvist kan foregå i depoter over natten. Et landsdækkende ladenet kan med fordel tænkes sammen med planerne for etablering af ladeinfrastruktur for personbiler langs det overordnede vejnet.

For langdistancekørsel skal etableringen af ny infrastruktur ses i nøje sammenhæng med teknologiudviklingen i EU som et samlet marked. Derfor bør Danmark arbejde for, at EU sætter sig i spidsen for at afklare perspektiverne for de forskellige drivmidler. Særligt brugen af elveje til de lange ture kræver afklaring og koordinering i EU. Klimarådets og en række andre analyser indikerer, at elveje med fx køreledninger kan være samfundsøkonomisk attraktive. Men hvis køreledninger eller andre elektriske vejssystemer skal blive til virkelighed, skal det være et europæisk projekt, der koordineres i EU. Derfor bør Danmark arbejde for, at man i EU hurtigst muligt afklarer perspektiverne i elektrificering af de europæiske motorveje.

6. Afgifter på lastbilkørsel i Danmark

En sektorstrategi for den tunge vejgodstransport får ikke i sig selv vognmændene til at skifte væk fra diesel og over til alternative drivmidler. Derfor skal strategien understøttes af regulering, og her bør afgifter udgøre den centrale tilskyndelse til at skubbe vognmændenes valg i den rigtige retning. Dette kapitel sætter derfor fokus på afgifter på lastbilområdet.

Beregningerne i kapitel 4 viser, at en række alternative drivmiddelteknologier forventeligt vil blive samfundsøkonomisk mere attraktive end diesel i 2030. Set fra vognmandens side afspejler priserne på drivmidlerne imidlertid ikke de samfundsøkonomiske omkostninger. Vognmandens omkostninger påvirkes nemlig af afgifter og tilskud, mens de eksterne omkostninger, som lastbiler påfører samfundet, ikke indgår i vognmandens regnskab. Hvis vognmanden i sit valg af drivmiddel skal tage korrekt højde for disse såkaldte eksternaliteter, kræver det derfor, at reguleringen tilskynder dette. Det kan ske ved, at afgifterne modsvarer de eksterne omkostninger. Afsnit 6.1 beskriver derfor, hvordan lastbiler beskattes samfundsøkonomisk mest hensigtsmæssigt, mens afsnit 6.2 sammenligner det samfundsøkonomisk optimale afgiftssystem med de nuværende afgifter på lastbilkørsel. En stor afgiftsomlægning med indførelse af kørselsafgifter kan dog tage tid, og derfor fokuserer afsnit 6.3 på mulige afgiftsændringer på den korte bane.

6.1 Samfundsøkonomisk hensigtsmæssige afgifter på lastbilkørsel

Afgifterne på lastbiler bør afspejle de eksterne omkostninger ved kørslen

En samfundsøkonomisk hensigtsmæssig prissætning af lastbilkørsel skal sikre, at omkostningerne for virksomhederne afspejler de samfundsøkonomiske omkostninger ved CO₂-udledning og andre gener fra trafikken. I udgangspunktet betaler ejeren af lastbilen ikke for disse omkostninger. De kaldes derfor eksterne omkostninger eller eksternaliteter. I en økonomisk optik kan de eksterne omkostninger internaliseres ved at pålægge afgifter, der svarer til estimater for de eksterne omkostninger, som jo ellers ikke har en markedspris. Fx kan den nuværende CO₂-afgift på diesel ses som en sådan afgift.

De væsentligste eksternaliteter ved lastbilkørsel består af klimaeffekten som følge af CO₂-udledning samt af luftforurening, støj, ulykker, vejslid og trængsel. Blandt disse gener er det kun CO₂-udledningen, der hænger direkte sammen med det fossile energiforbrug og dermed de nuværende afgifter, der netop lægges på dieselforbruget. De øvrige eksterne omkostninger afhænger i høj grad af, hvor og hvornår lastbilen kører. Målt pr. kørt km er stort set alle gener højere ved kørsel i byerne end på landet. Endvidere er tidstabet, der påføres andre trafikanter ved bidrag til trængslen, størst under spidsbelastninger, der typisk finder sted om morgenen og sidst på eftermiddagen. De ikke-CO₂-relaterede eksterne omkostninger bør derfor som udgangspunkt beskattes med en kørselsafgift pr. km, der afhænger af tid, sted og lastbilens tekniske karakteristika. Tabel 4 opřidser, hvilken slags afgift de forskellige typer eksternaliteter bør modsvares af, og hvilke parametre kørselsafgiften principielt bør differentieres efter.

Tabel 4 Optimale afgifter på lastbiler

Eksternalitet	Kørselsafgift, blandt andet afhængig af:	Drivmiddelafgift, afhængig af:
Klima		CO ₂ -udledning
Luftforurening	Geografi, motortype, Euro-norm	
Støj	Geografi, tidspunkt, motortype, vægt	
Ulykker	Geografi, tidspunkt, vægt, sikkerhedsudstyr	
Vejslid	Geografi, vægt, antal aksler, affjedringssystem	
Trængsel	Geografi, tidspunkt	

Kilde: Klimarådet på baggrund af EA Energianalyse.¹⁰³

Differentiering er helt centralt for, at kørselsafgifter rammer de eksterne omkostninger nogenlunde præcist. Det kræver et system, der kan lokalisere lastbilens position på et givet tidspunkt. Boks 2 beskriver, hvordan et sådan system kan fungere. Detaljeringsgraden i udformningen af takststrukturen må afveje teoretisk optimale prissignaler mod praktiske og administrative hensyn, herunder den meget betydelige usikkerhed der er forbundet med opgørelsen af de eksterne omkostninger. Det er helt afgørende at differentiere efter tid og sted for kørslen, særligt mellem by og land, herunder eventuelt også differentiering efter vejtyper på landet, samt mellem tidsrum i og uden for spidsbelastningsperioder, da det er her, de helt store forskelle i omkostninger ligger.

Boks 2: Kilometerbaserede kørselsafgifter ved brug af GPS (GNSS)

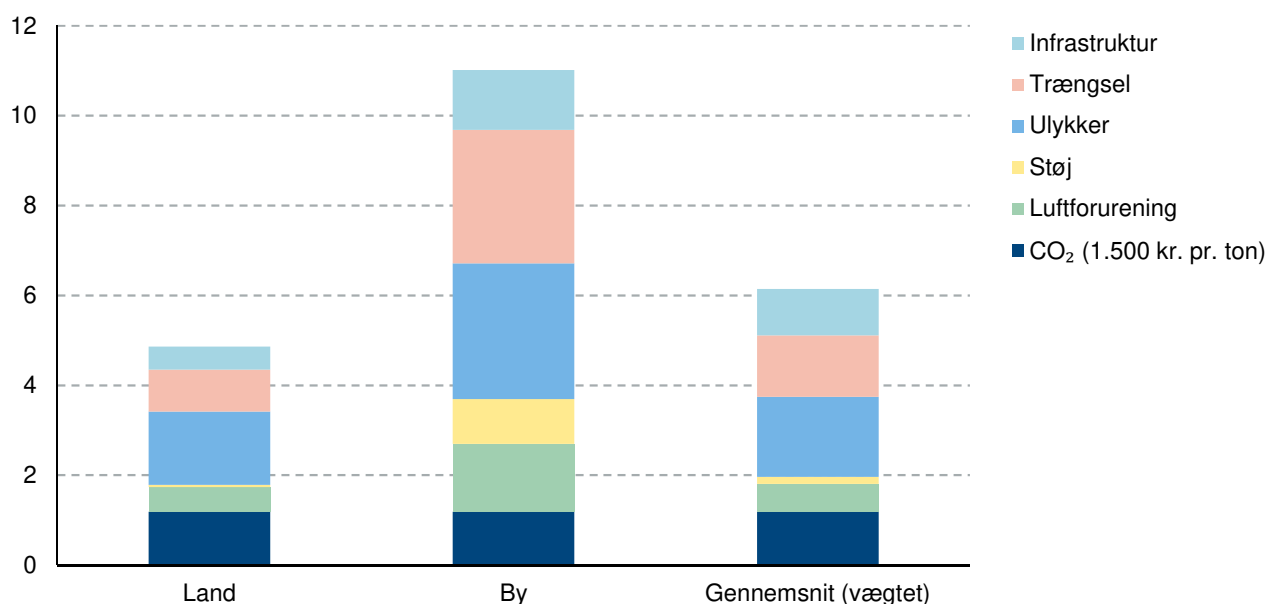
Kørselsafgifter baseret på Global Navigation Satellite System (GNSS) er systemer, der bruger GPS til at lokalisere køretøjerne, så det er muligt at lave en afgift beregnet ud fra antal kørte kilometer. Data overføres ofte ved brug af GSM eller anden mobilnetsteknologi. Systemet kan bredes ud til alle vejtyper og differentieres efter blandt andet tidsrum. Ulemperne er, at systemet kan komme i konflikt hensynet til persondatabeskyttelse, at der er tale om et kompliceret system med risiko for tekniske problemer, og at systemet vil tage tid at implementere. Et alternativ til GNSS-systemer er såkaldte DSRC-baserede systemer, hvor det er udstyr i vejsiden, der registrerer kørsel på de mulige betalingsveje. Dette er en velkendt løsning gennem 50 år, men den er dyrere og kan i praksis ikke bredes ud til alle veje.

GNSS-baserede kørselsafgifter benyttes allerede flere steder i verden. I Singapore, Belgien, Tyskland, Slovakiet, Tjekkiet, Ungarn, Rusland, Oregon, Californien og Holland er der allerede forsøg med delvist eller fuldt implementerede systemer til at opkræve vejafgifter, der bygger på GNSS-teknologien. Størstedelen af systemerne bruges kun til at afgiftspålægge lastbiler og ikke personbiler, ligesom de dækker ned til 1 pct. af vejnettet. Det er kun i Singapore, hvor der lige nu er implementeret et system, der også omfatter lette køretøjer, og som dækker alle veje.¹⁰⁴

De eksterne omkostninger er højere i byer end på landet, men niveauet er usikkert

De eksterne omkostninger vil som nævnt afhænge af blandt andet lastbilernes vægt og kørselsmønster. I en gennemsnitsbetragtning udgjorde omkostningerne eksklusive CO₂ cirka 5 kr. pr. km for en diesellastbil i 2020 i henhold til *Transportøkonomiske Enhedspriser 1.96*. En CO₂-pris på 1.500 kr., som Klimarådet har anbefalet for 2030, svarer med dagens iblandingsprocent af biobrændstoffer til lidt over 1 kr. pr. km for en diesellastbil. Dermed kommer de samlede gennemsnitlige omkostninger op på cirka 6 kr. pr. km. Figur 8 viser de marginale eksterne omkostninger for lastbiler i land- og byområde på henholdsvis knap 5 kr. og cirka 11 kr. pr. km samt det vægtede gennemsnit for lastbiler på de nævnte cirka 6 kr. pr. km. Gennemsnittet er tættest på kørsel på landet, hvilket afspejler, at lastbiler overvejende kører i landområder, hvor omkostningerne er betydeligt lavere end i byerne.

kr. pr. km



Figur 8 Marginale eksterne omkostninger for en gennemsnitlig diesellastbil i 2020

Anm. 1: For infrastruktur er omkostningerne i *Transportøkonomiske Enhedspriser* opgjort for motorveje/andre veje i stedet for land/by. I figuren angiver infrastrukturomkostningen ved landkørsel omkostningen for kørsel på motorveje, mens omkostningen ved bykørsel angiver omkostningen ved kørsel på andre veje.

Anm. 2: Der er medtaget luftforureningsomkostninger, der rammer både dansk og udenlandsk område. Andelen, som rammer dansk område, udgør halvdelen af de samlede luftforureningsomkostninger. Omfanget af luftforurening følger *Transportøkonomiske Enhedspriser*. Det vil sige, at det ikke er forudsat, at lastbilerne overholder Euro VI normen.

Anm. 3: Omkostningerne er opgjort i 2020-priser.

Kilde: Transport DTU¹⁰⁵.

Man skal være opmærksom på, at en række miljøeffekter ikke er medregnet i de eksterne omkostninger, fx effekter af black carbon, O₃, NO_x og NH₃ på natur og plantevækst. Det er ikke noget, der vurderes at rykke nævneværdigt ved sammenligningen af de forskellige drivmidler, men det trækker i retning af, at de faktiske eksterne omkostninger kan være højere end angivet i *Transportøkonomiske Enhedspriser*. Et forhold, der trækker i den anden retning, er, at Det Miljøøkonomiske Råd i 2013 vurderede de eksterne omkostninger for personbiler til at være væsentligt lavere end estimererne i *Transportøkonomiske Enhedspriser*. Forskellen skyldes primært, at Det Miljøøkonomiske Råd nedjusterede omkostningerne forbundet med trængsel, ulykker og støj i landområder. Resultaterne kan ikke overføres direkte til lastbiler, men det understreger, at størrelsen af de eksterne omkostninger er usikre.¹⁰⁶

Alle lastbiler bør betale en betydelig kørselsafgift, og fossile drivmidler bør pålægges CO₂-afgift

Et omkostningseffektivt afgiftssystem vil indebære en afgiftsstruktur for de forskellige drivmiddelteknologier som angivet i tabel 5. Tabellen tager udgangspunkt i de kørselsafhængige eksterne omkostninger for diesellastbiler i *Transportøkonomiske Enhedspriser* og en drivhusgasafgift på 1.500 kr. pr. ton CO₂e. Som i kapitel 4 er det lagt til grund, at de eksterne omkostninger forbundet med ulykker, trængsel og vejslid er ens på tværs af drivmidler, mens støj og luftforurening varierer. Forskellen i omkostninger for støj og luftforurening på tværs af de flydende og gasformige drivmidler, bortset fra brint, er forbundet med usikkerhed, og tallene skal derfor ses som indikative. Det ændrer imidlertid ikke på, at der i dagens situation skal lægges en betydelig kørselsafgift på kørsel på alle drivmiddelteknologier på op imod 5 kr. pr. km i gennemsnit. Tabellen ser udelukkende på det gennemsnitlige kørselsafgiftsniveau og ser således bort fra differentieringen på fx tid og sted.

Tabel 5 Omkostningseffektive afgifter på drivmidler

	Kørselsafgift		CO ₂ -afgift		Samlet	
	kr./km	kr./GJ	kr./tCO ₂	kr./GJ	kr./km	kr./GJ
Fossile drivmidler						
Diesel	5,0	465	1.500	111	6,1	577
Metan (naturgas)	4,9	398	1.500	83	5,9	482
Alternative drivmidler						
Grøn diesel	5,0	465	0	0	5,0	465
Grøn metan	4,9	398	0	0	4,9	398
El	4,4	798	0	0	4,4	798
Brint	4,4	479	0	0	4,4	479

Anm. 1: De benyttede energieffektiviteter er: Diesel: 2,96 kWh/km (10,66 MJ/km). Metan: 3,41 kWh/km (12,28 MJ/km). El: 1,52 kWh/km (5,47 MJ/km). Brint: 2,53 kWh/km (9,11 MJ/km). Disse er baseret på de samme kilder som beregningerne i kapitel 4 og vedrører lastbiler, som er købt i 2020.

Anm. 2: Der er både medtaget luftforureningsomkostninger, der rammer danske og udenlandske områder. Omfanget af luftforurening følger Transportøkonomiske Enhedspriser. Det vil sige, at det ikke er forudsat, at lastbilerne overholder Euro VI normen.

Anm. 3: Grøn diesel og grøn metan betegner biometan og biodiesel samt e-metan og e-diesel. I det omfang disse brændstoffer blandes i fossil diesel og gas og produceres støttefrit, reduceres den samlede afgift.

Anm. 4: Det antages, at el og brint er produceret fra vedvarende energikilder.

Anm. 5: Tabellen viser afgiften på udstøttet grøn metan. Men så længe biometan modtager produktionsstøtte på det nuværende niveau, bør biometan afgiftsbelægges som fossil naturgas.

Kilde: Klimarådet.

Afgiftssatserne i tabel 5 kan omregnes til en pris pr. liter diesel. De nuværende eksterne omkostninger bortset fra CO₂ vil indebære en afgift på fossil diesel på omkring 17 kr. pr. liter, hvis de som i dagens situation alene skulle håndteres via afgifter på drivmidlet og dermed ikke suppleres af kørselsafgifter. En CO₂-pris på 1.500 kr. pr. ton i 2030 vil svare til en afgift på diesel på 4 kr. pr. liter, altså blot knap en femtedel af den samlede afgift. I det omfang der iblandes grøn diesel, reduceres den samlede afgiftsbetaling ved standen.

Kørselsafgiften for el- og brintlastbiler er cirka 0,6 kr. pr. km mindre end for diesel, fordi disse teknologier ikke øger luftforureningen. Variationen i kørselsafgiften omregnet til kr. pr. GJ afhænger først og fremmest af forskelle i energieffektivitet på tværs af drivmiddelteknologierne.

Det skal dog understreges, at de eksterne omkostninger fra *Transportøkonomiske Enhedspriser* afspejler den nuværende trafikale situation og generelt er forbundet med betydelig usikkerhed. Luftforureningen vil fx falde i takt med, at lastbilerne udskiftes. Desuden har ulykkesomkostningerne generelt været faldende og forventes også at være det fremover. Hvis der indføres en kørselsafgift, vil det endvidere forventeligt føre til en vis reduktion af trafikarbejdet. Mindre trafik vil betyde, at særligt de marginale trængselsomkostninger med al sandsynlighed reduceres en smule, selv om lastbilernes andel af trafikken er beskeden. Endelig vil en kørselsafgift tilskynde lastbilerne til at tilpasse kørselsmønstret, så afgiftsbetalingen og dermed de eksterne omkostninger mindskes. Alt i alt vil det betyde, at det ideelle kørselsafgiftsniveau i 2030 formentlig vil skulle være noget lavere end de aktuelle marginale eksterne omkostninger i tabel 5.

I dag modtager biometan betydelig støtte i produktionen. Så længe produktionen af biometan modtager støtte af et omfang, som overstiger CO₂-afgiften, bør drivmidlet afgiftsmæssigt behandles på lige fod med fossil metan og dermed også betale samme CO₂-afgift. Grøn metan i form af enten biometan eller e-metan, som ikke modtager støtte, bør fritages for CO₂-afgift på lige fod med de andre klimaneutrale drivmidler og kun betale kørselsafgift.

EU-Kommissionens *Fit for 55*-udspil lægger op til, at udledninger fra vejtransporten også vil blive omfattet af et kvotesystem fra 2026. Kvotesystemet skal i givet fald tænkes ind i det nationale afgiftssystem. Det vil alt andet lige betyde, at den nationale drivhusgasafgift, der er nødvendig for at nå 70-procentsmålet, bliver mindre. Som udgangspunkt kræver opfyldelse af 70-procentsmålet, at den samlede betaling for CO₂-udledninger, det vil sige summen af kvoteprisen og den nationale afgift, udgør i omegnen af 1.500 kr. pr. ton CO₂e i 2030. Det betyder, at der skal gives et nedslag i den nationale afgift svarende til kvoteprisen. Boks 4 i afsnit 6.3 uddyber både den gældende og kommende EU-regulering.

6.2 Omlægning af de nuværende afgifter

De nuværende afgifter på lastbiler står langt fra mål med de betydelige eksterne omkostninger, som lastbiler påfører samfundet. En omlægning af afgifterne vil derfor indebære en betydelig stigning i afgiftsbelastningen på lastbiler, som især bør udgøres af kørselsafgifter, som nævnt i forrige afsnit.

Drivmidler til lastbiler er i dag pålagt afgifter, mens kørsel stort set er ubeskattet

De nuværende afgifter på lastbilkørsel er hovedsageligt lagt på køb af drivmiddel. Afgifterne udgøres primært af en energiafgift og en CO₂-afgift. Tabel 6 viser størrelsen af energiafgiften og CO₂-afgiften for diesel, biobaseret diesel, naturgas, biometan og el. Satserne er opgjort pr. GJ, pr. ton udledt CO₂ og pr. kørt kilometer. Energiafgiften og CO₂-afgiften på fossil diesel udgør tilsammen 3,2 kr. pr. liter.

Ud over energi- og CO₂-afgift er diesel og gas også pålagt en NO_x-afgift på lige fod med NO_x-udledningerne i andre sektorer. Den udgør dog mindre end 1 pct. af de samlede drivmiddelaugifter for både diesel og gas distribueret via gasnettet og er derfor udeladt af tabellen.

Tabel 6 Energiafgift og CO₂-afgift på drivmidler i 2021

	Energiafgift			CO ₂ -afgift			Samlet		
	kr./GJ	kr./tCO ₂	kr./km	kr./GJ	kr./tCO ₂	kr./km	kr./GJ	kr./tCO ₂	kr./km
Fossile drivmidler									
Diesel	77,9	1.051	0,83	13,2	178	0,14	91,1	1.229	0,97
Naturgas	78,3	1.411	0,96	10,2	183	0,13	88,5	1.594	1,09
Alternative drivmidler									
Biometan via gasnettet	78,3	-	0,96	10,2	-	0,13	88,5	-	1,09
Biometan udenom gasnettet	2,5	-	0,03	-	-	-	2,5	-	0,03
Biobaseret diesel	78,0	-	0,83	-	-	-	78,0	-	0,83
El	1,1	-	0,006	-	-	-	1,1	-	0,006

Anm. 1: De benyttede energieffektiviteter er for diesel og biobaseret diesel: 2,96 kWh/km (10,66 MJ/km), naturgas og biometan (CNG/CBG): 3,41 kWh/km (12,28 MJ/km), el: 1,52 kWh/km (5,47 MJ/km). Værdierne er baseret på de samme kilder som beregningerne i kapitel 4 og vedrører lastbiler, som er købt i 2020.

Anm. 2: Det er forudsat, at elafgiften refunderes, så den kun udgøres af procesafgiften på 0,4 øre/kWh, hvilket med de nuværende regler er muligt for virksomheder frem til 2030.

Anm. 3: El er i tabellen antaget CO₂-neutralt. El kan dog kun betragtes som et grønt drivmiddel i det omfang, at det er produceret uden brug af fossile brændsler.

Kilder: PWC¹⁰⁷ og Skatteministeriet¹⁰⁸.

Alternative drivmidler til transport tilgodeses i nogen grad i det nuværende afgiftssystem, blandt andet ved at flere af drivmidlerne er fritaget for CO₂-afgiften i overensstemmelse med de i afsnit 6.1 beskrevne principper. Det gælder biobaseret diesel som HVO og biodiesel. Det gælder også biometan, der distribueres uden om gasnettet og dermed ikke blandes med naturgas, mens biometan, der distribueres via gasnettet, betaler CO₂-afgift. Størstedelen

af den biometan, der anvendes til transport i Danmark, distribueres via gasnettet. CO₂-afgiften på biometan skal som nævnt ses i sammenhæng med den betydelige støtte, der gives til produktion af biogas og opgradering af biogas til biometan. I 2020 udgjorde den samlede støtte til opgraderet biogas 126 kr. pr. GJ sammensat af et grundtillæg på 82,6 kr. og et naturgastillæg på 43,8 kr. pr. GJ.¹⁰⁹ Det høje støtteniveau betyder, at støtten aktuelt overstiger de samlede afgifter på biometan, der udgør omkring 89 kr. pr. GJ. På den måde kan man argumentere for, at støtten til biometan mere end opvejer CO₂-afgiften. Derfor bør biogas beskatningsmæssigt betragtes på lige fod med naturgas og dermed betale samme CO₂-afgift som den fossile gas.

Det er muligt at få refunderet elafgiften for den el, der anvendes til transport, hvis den købes gennem en momsregistreret virksomhed, dog med undtagelse af en mindre del (procesafgiften). Der betales ingen CO₂-afgift af elforbrug, men udledninger fra fossil elproduktion er omfattet af EU's kvotesystem. Omvendt modtager produktion af el baseret på vedvarende energi i mange tilfælde støtte. Denne regulering af produktionen af el er ikke medtaget i tabellen.

Ud over drivmiddelafgifterne betales et mindre beløb for at benytte de danske veje i form af Eurovignetten. I 2021 er den årlige sats for Eurovignetten for lastbiler over 12 ton op til 18.000 kr. De nyeste lastbiler, som generelt forurener mindre end ældre lastbiler, betaler 5.600-9.300 kr. pr. år. Vignetten kan købes for en dag, uge, måned eller år, men prisen er fast uanset kørselsomfanget i den givne tidsperiode. Endelig betaler danske køretøjer vægtafgift. Vægtafgiften for et sættevognstog med ét vogntog, en totalvægt på 40 ton og 3 eller flere aksler er 2.514-4.001 kr. årligt afhængig af affjedringen.¹¹⁰ For nye, store lastbiler beløber årlig vægtafgift og Eurovignette sig i alt til 8.000-13.000 kr. Med et årligt kørselsomfang på 100.000 km, svarer dette til 8-13 øre pr. km, hvilket er en relativt lille omkostning set i forhold til drivmiddelafgifterne.

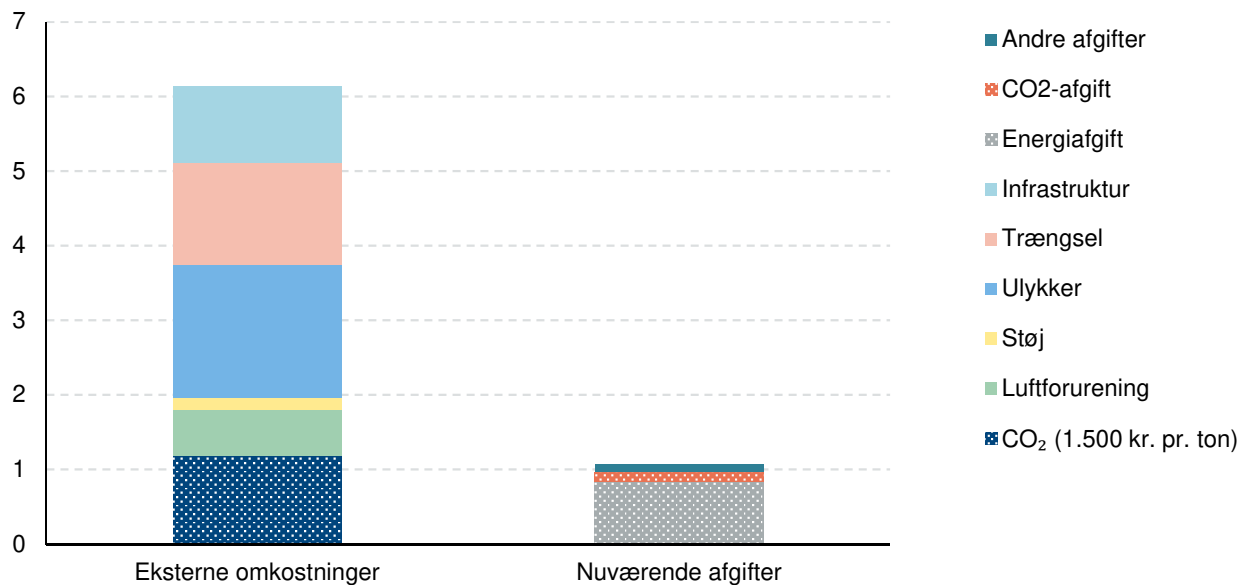
I juni 2021 blev der indgået en foreløbig aftale mellem EU-institutionerne om en revision af Eurovignette-direktivet. Her er der aftalt en udfasning af de tidsbaserede kørselsafgifter, som erstattes med distancebaserede afgifter senest i 2029, hvor det gøres muligt at differentiere afgifterne geografisk og efter køretøjets udledninger med mulighed for, at nulemissionskøretøjer får en væsentlig afgiftsreduktion. Derudover er der lagt op til at inkludere vare- og personbiler. Revisionen mangler stadig formel vedtagelse i Ministerrådet og EU-Parlamentet.¹¹¹

Mange lande i EU har allerede kørselsafhængige vejafgifter.¹¹² I nogle lande er afgiften GPS-baseret, mens der i andre lande betales bompeng. Inden 2025 er det hensigten, at Danmark træder ud af Eurovignetten og erstatter ordningen med kilometerbaserede kørselsafgifter for lastbiler over 12 ton, hvilket blev aftalt i forbindelse med det grønne transportaftale i december 2020. Det er endnu ikke besluttet, hvordan den nye ordning udformes, men der er dog lagt op til, at grønne lastbiler skal betale mindre i afgift.

En afgiftsomlægning vil betyde en beskeden stigning for diesel og betydelige kørselsafgifter

De nuværende afgifter står langt fra mål med de eksterne omkostninger. Det fremgår af figur 9, som sammenholder de eksterne omkostninger for lastbiler med de nuværende afgifter omregnet til omkostninger pr. kilometer. Som nævnt ligger de nuværende afgifter primært på drivmidlet, hvilket er illustreret med prikket udfyldning i figuren.

kr. pr. km



Figur 9 Marginale eksterne omkostninger for en gennemsnitlig diesellastbil og aktuelle afgifter for diesellastbiler

Anm. 1: 'Andre afgifter' omfatter vægtafgift og Eurovignetten. Disse antages at udgøre 10 øre pr. km. CO₂-afgift og energiafgift er omregnet til kr. pr. km på baggrund af et antaget energiforbrug på 2,96 kWh pr. km. NO_x-afgiften er lagt sammen med energiafgiften.

Anm. 2: Se figur 8 for anmærkninger vedrørende de eksterne omkostninger.

Kilde: Transport DTU¹¹³ og Skatteministeriet¹¹⁴.

En drivhusgasafgift på 1.500 kr. pr. ton CO₂e i 2030 vil, som tidligere nævnt, svare til 4 kr. pr. liter diesel. Det er over otte gange mere end den nuværende CO₂-afgift. Hvis man tillige opfatter energiafgiften på diesel som en CO₂-afgift, vil det kræve en stigning på cirka 75 øre pr. liter at nå en CO₂-afgift på 1.500 kr. pr. ton CO₂. Det indikerer, at de nuværende drivmiddelafgifter på diesel dækker en god del af de 1.500 kr. pr. ton CO₂. Drivmiddelafgiften på naturgas er i dag omtrent 1.500 kr. pr. ton CO₂, og derfor svarer det nuværende niveau nogenlunde til det langsigtede niveau for drivmiddelafgiften på gas.

Kørselsafgiften skal omfatte alle typer lastbiler, og den skal dermed være langt højere end den nuværende Eurovignette og vægtafgift for at modsvare de øvrige eksterne omkostninger ud over CO₂-udledningen. Her er der tale om en stigning fra de nuværende cirka 10 øre pr. km til en afgift på op imod 5 kr. pr. km i gennemsnit for diesellastbiler og et lignende niveau for alternative drivmidler.

Kørselsafgifter kan fjerne den nuværende skævhed i den relative beskatning af gas og diesel

Lastbiler beskattes i dag primært via en energiafgift på drivmidlerne. Det er grundlæggende uhensigtsmæssigt. Det skyldes, at energiforbrug og eksternaliteter som fx trængsel eller ulykker langt fra altid følges ad, da de eksterne omkostninger i højere grad er relateret til, hvor mange kilometer der køres.

Afgifterne på diesel og gas udgør et eksempel på problematikken. Som det fremgik af tabel 6, indebærer det nuværende afgiftssystem, at energiafgiften på gas og diesel stort set er den samme opgjort pr. energiindhold i drivmidlet. For begge drivmidler udgør afgiften cirka 78 kr. pr. GJ. Da gaslastbiler har en lavere energieffektivitet end diesellastbiler, betyder det, at gaslastbiler betaler en højere afgift pr. kørt kilometer. Afhængig af de præcise antagelser om energieffektivitet ligger afgiften i omegnen af 0,96 kr. pr. km for gas, mens den for diesel udgør omkring 0,83 kr. pr. km. Med en samlet årskørsel på for eksempel 80.000 km vil gaslastbiler betale cirka 10.000 kr. mere i afgift pr. år.

Hvis formålet med afgifterne reelt er at beskutte kørselsafhængige eksternaliteter, er den nuværende struktur uhensigtsmæssig. Det skyldes, at de kørselsafhængige eksternaliteter er i samme størrelsesorden for de to typer lastbiler, som det blev vist i tabel 5. Dermed bør afgiften opgjort pr. km også være omtrent den samme. Skævheden kan i princippet opvejes ved at justere satsen for drivmiddelafgiften, så den bliver lavere for gas end diesel. Men det viser, at en drivmiddelafgift grundlæggende ikke er det mest hensigtsmæssige middel til at internalisere eksternaliteterne ved kørsel. Energieffektiviteten vil stadig variere for forskellige diesellastbiler og for forskellige gaslastbiler. Det hænger blandt andet sammen med, at lastbilerne veksler i størrelse, og at energieffektiviteten udvikler sig over tid, hvilket er vanskeligt at tilpasse brændstofafgifterne efter.

En kørselsafgift kan beskutte de kørselsafhængige eksternaliteter mere præcist og dermed afhjælpe uhensigtsmæssigheden i det nuværende afgiftssystem, hvor brændstofforbrug i bedste fald kan ses som en indikator for kørsel. Folketinget har vedtaget, at der i 2025 netop skal indføres en kørselsafgift for lastbiler over 12 ton. Det er hensigten, at kørselsafgiften skal differentieres efter udledning af CO₂. Da brændstofforbrug og CO₂ følges tæt ad, bør incitamentet til at anvende nulemissionsteknologier dog som udgangspunkt ske gennem en CO₂-afgift på brændstoffet frem for en differentieret kørselsafgift.

CO₂-differentierede kørselsafgifter kan imidlertid være hensigtsmæssige som middel til at fremme afprøvning eller indfasning af alternative drivmiddel teknologier i en tidlig fase ved at give dem et 'skub' i en afgrænset periode. Dette bør i så fald ske i form af en midlertidig rabat på kørselsafgiften. Dette er parallelt til Klimarådets anbefaling om midlertidig lempeligere bilbeskatning af eldrevne personbiler.¹¹⁵

Højere afgifter på tung vejtransport bør ses i sammenhæng med klimalovens guidende principper

En omlægning af afgifterne på den tunge vejgodstransport til en drivhusgasafgift på drivmidler i kombination med kørselsafgifter, der modsvarer de eksterne omkostninger forbundet med kørsel, vil tilgodese, at en omlægning til grøn vejgodstransport sker samfundsøkonomisk omkostningseffektivt. Det er netop ét af de guidende principper i klimaloven. Indførelse af afgifter, der afspejler de eksterne omkostninger, vil betyde, at det samlede afgiftsniveau for den tunge vejgodstransport kommer til at stige meget betragteligt, hvilket dog kan have konsekvenser for klimalovens øvrige guidende principper.

Med en kørselsafgift på gennemsnitligt 5 kr. pr. km og en drivhusgasafgift på 1.500 kr. pr. ton CO₂e i 2030, vil de samlede afgifter på diesellastbiler stige med cirka 5 kr. pr. km sammenlignet med i dag. Afhængigt af kørselsmønsteret og dermed også lønudgifterne kan det indebære en stigning i de samlede omkostninger pr. kørt kilometer i omegnen af 50 pct. Heraf vil kun en mindre del af omkostningen bestå af CO₂-afgiften. Stigningsprocenten vil variere meget på tværs af lastbiler med forskellige kørselsomfang og kørselsmønstre. Det skal i den forbindelse også bemærkes, at transportomkostninger ikke nødvendigvis udgør en særlig stor andel af en vares pris. Eksempelvis vurderer en kilde i branchen, at en stigning i transportomkostningerne på 20 pct. kun vil svare til, at en liter mælk bliver 1-2 øre dyrere at transportere,¹¹⁶ hvilket kan oversættes til op mod 5 øre ved ovennævnte 50 pct. forøgelse. Varer med større volumen pr. værdienhed vil påvirkes mere. Derudover skal der tages forbehold for, at størrelsen af de eksterne omkostninger er forbundet med stor usikkerhed. Det ændrer dog ikke på, at det skal være dyrere at transportere gods med lastbil, hvis man vil tættere på at tage korrekt højde for eksternaliteterne.

De guidende principper tilsiger blandt andet, at det skal undgås, at produktion og udledninger flyttes uden for Danmark. Men højere transportomkostninger vil påvirke produktionserhvervets omkostninger i Danmark. Ved eksport og import af gods er andelen af kørslen, der foregår inden for Danmarks grænser, ikke nødvendigvis stor. Danske eksportvarer vil ofte være højværdivarer, hvor transportomkostningerne udgør en meget lille andel. Derfor er det Klimarådets vurdering, at størstedelen af de danske eksportvirksomheder ikke for alvor vil blive ramt på konkurrenceevnen. Men indførelse af kørselsafgifter for lastbiler vil særligt øge omkostningerne for visse logistikintensive virksomheder, der i høj grad transporterer gods mellem produktionsanlæg forskellige steder i landet. Et højere omkostningsniveau kan potentielt betyde udflytning af sådanne danske virksomheder til andre lande.

Den skitserede omlægning af afgifterne vil imidlertid kun resultere i en stigning i afgiftsbelastningen på fossil diesel på omkring 75 øre pr. liter eksklusive moms i 2030 sammenlignet med i dag. Det vil naturligvis påvirke grænsehandlen i nogen grad, da lastbilerne i højere grad vil tanke uden for Danmarks grænser. Det vil gøre det

nemmere for Danmark at nå 70 pct. reduktion af drivhusgasudledningerne i 2030. Men det vil næppe lede til kulstoflækage, fordi salget og dermed ansvaret for udledningerne skubbes til andre lande i Europa, som også har bindende klimamål. Derudover vil et mindsket dieselsalg i Danmark isoleret set medføre et mindre provenu for staten fra afgifter på diesel. Men kørselsafgifterne vil netop betyde, at provenupåvirkningen bliver langt mindre, end hvis alle eksternaliteter håndteres med drivmiddelaftgifter.

6.3 Afgiftsændringer på den korte bane

Erfaringer viser, at en større afgiftsreform potentielt kan tage tid. Fx lægger den seneste transportaftale fra 2020 op til, at der først skal indføres kørselsafgifter for lastbiler fra 2025. Samtidig afventer en reform af den danske CO₂-afgift udmeldingerne fra et ekspertudvalg. Der er dog to argumenter for at hæve den danske dieselaftgift allerede nu som forløber for en større afgiftsreform.

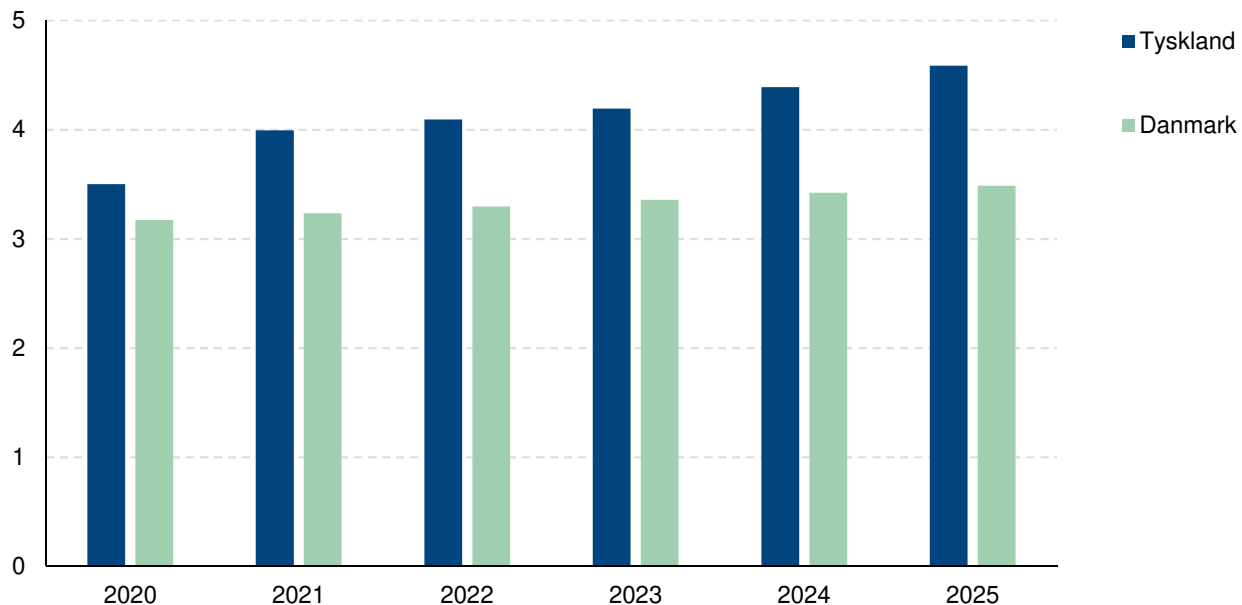
Der er belæg for og plads til at hæve afgiften på diesel allerede på kort sigt

Det første argument vedrører de eksterne omkostninger fra lastbiler i form af blandt andet trængsel, støj og lokal forurening. På længere sigt håndteres disse omkostninger mest hensigtsmæssigt med kørselsafgifter. Men indtil sådanne afgifter kan blive implementeret, udgør det høje niveau af eksterne omkostninger forbundet med lastbilkørsel på omkring 5 kr. pr. km med dagens tal et vægtigt argument for en højere drivmiddelaftgift på diesel. Det gælder også, selv om en drivmiddelaftgift i modsætning til en kørselsafgift ikke differentierer mellem fx land og by. I dag udgør drivmiddelaftgiften på diesel kun cirka 1 kr. pr. km.

Der er imidlertid et samspil med personbilerne, som der bør tages højde for. De eksterne omkostninger for personbiler er væsentligt lavere end for lastbiler, og personbilerne betaler samlet set høje afgifter sammenholdt med deres eksterne omkostninger. Derfor er der lige nu næppe rum for at øge beskatningen af personbilerne, hvis afgifterne skal modsvare de eksterne omkostninger. Aktuelt er afgiften på diesel dog lavere end på benzin af hensyn til erhvervslivets konkurrenceevne. For at råde bod på dette betaler ejere af dieseldrevne personbiler til gengæld en halvårlig udligningsafgift, der ved typiske årskørsler svarer til afgiftsforskellen mellem benzin og diesel. Forskellen i afgifterne på benzin og diesel afspejler således ikke som udgangspunkt forskelle i de eksterne omkostninger. Derfor vil en afgiftsstigning på 75 øre pr. liter diesel, i kombination med en tilpasning af udligningsafgiften, antagelig ikke udgøre et afgørende problem i forhold til personbilbeskatningen.

Det andet argument er en udløber af, at Tyskland i disse år øger sin beskatning af diesel. Som figur 10 viser, planlægger tyskerne en afgiftsstigning på cirka 1,1 kr. pr. liter fra 2020 til 2025. I samme periode er den planlagte danske afgiftsstigning cirka 0,3 kr. Det sker på et tidspunkt, hvor der i forvejen er omfattende grænsehandel med diesel på den danske side af den dansk-tyske grænse. Grænsehandlen er en udfordring for opfyldelsen af de danske klimamål i 2025 og 2030. Hvis den omfattende grænsehandel i Danmark fortsætter, eller endda øges, skal der realiseres flere udledningsreduktioner bredt i samfundet for at nå målene, og det er omkostningsfuldt for Danmark. Det kan derfor være hensigtsmæssigt, og i overensstemmelse med en fairness-betragtning, at øge de danske afgifter på diesel for at bringe grænsehandlen tættere på ligevægt.

Kr. pr. liter



Figur 10 Afgifter på fossil diesel eksklusive moms i Danmark og Tyskland i 2020 til 2025

Anm.: Figuren viser summen af CO₂-afgift og energiafgift i henholdsvis Danmark og Tyskland. I modsætning til de danske afgifter reguleres de tyske afgifter ikke med prisudviklingen. Til omregning af den tyske CO₂-afgift til kr. pr. liter er benyttet en emissionsfaktor på 74,1 gram CO₂ pr. MJ og en brændværdi på 35,87 MJ pr. liter.

Kilde: Skatteministeriet¹¹⁷ og Clean Energy Wire¹¹⁸.

Der er dog to forhold, der bør holdes for øje i vurderingen af, hvor meget de danske afgifter kan hæves. For det første påvirkes rummet for afgiftsforhøjelser af både det danske CO₂-fortrængningskrav og det tilsvarende tyske krav. Disse krav fordyrer dieselens eksklusive afgifter, fordi klimavenlige brændstoffer er dyrere end fossil diesel. De to landes krav har forskellig udformning, men Skatteministeriet peger på, at det danske CO₂-fortrængningskrav, der erstatter det nuværende iblandingskrav i 2022, vil medføre en betydelig effekt på nettogrænsehandlen i retning af, at grænsehandlen på dansk side mindskes.¹¹⁹

For det andet påvirkes omfanget af grænsehandel af forskelle i omkostninger til eksempelvis drift af tankstationer og forskellige avancer. Dieselpriisen eksklusive afgifter er umiddelbart markant lavere i Tyskland end i Danmark målt på standerprisen. Men standerprisen er ikke nødvendigvis den pris, vognmændene kan købe diesel til, da det er muligt at opnå storkunderabatter.¹²⁰ Det kan medføre en lavere dansk dieselpriis for vognmænd, sammenlignet med hvad standerpriserne indikerer, og dermed i ukendt omfang udjævne pristillægget i Danmark eksklusive afgifter. Dieselpriisen, som personbiler betaler, påvirkes som udgangspunkt ikke af storkunderabatter, men til gengæld af momsen, i tillæg til CO₂- og energiafgiften på diesel. Mens den danske moms er 25 pct., er den tyske kun 19 pct.

Samlet set vurderer Klimarådet, at der er plads til en dansk afgiftsforhøjelse, uden at grænsehandlen helt skifter fortegn. Der skal dog tages højde for både CO₂-fortrængningskrav og samspil med personbilbeskatningen. Det kræver derfor en mere indgående analyse at vurdere, hvor stort mulighedsrummet præcist er. Som et yderligere argument vil en højere dieselaftgift bringe prisen på transportydelser lidt tættere på de reelle eksterne omkostninger. På den længere bane bør vi overgå til et system bestående af kørselsafgifter og en drivmiddelafgift på 1.500 kr. pr. ton CO₂. Her skal samspillet med et eventuelt kvotesystem for vejtransporten, som kan blive en realitet fra 2026, naturligvis tænkes ind i udformningen af de nationale afgifter. Det skyldes, at en højere kvotepris slækker på kravet til det danske afgiftsniveau, der er påkrævet for at nå Danmarks klimamål. Det gælder ikke kun i transporten, men også i andre sektorer.

Øvrig regulering påvirker også omstillingen, men CO₂-afgiften bør være det primære nationale virkemiddel

I tillæg til afgifterne er udledningerne fra den tunge vejgodstransport som nævnt underlagt et iblandingskrav, som i 2022 erstattes af et CO₂-fortrængningskrav. Fortrængningskravet tager udgangspunkt i brændstoffers livscyklusudledninger og betyder, at CO₂-udledningerne fra de omfattede brændstoffer skal reduceres med 3,4 pct. i 2022-2024, 5,2 pct. i 2025-2027, 6,0 pct. i 2028-2029 og 7,0 pct. i 2030 og frem, opgjort i forhold til en fælles EU-reference for 2010 på 94,1 g CO₂e pr. MJ. Kravet omfatter benzin, diesel og gas, og det kan blandt andet opfyldes ved iblanding af forskellige biobrændstoffer og elektrobrændstoffer, herunder brint. El er imidlertid ikke omfattet af kravet, og det kan heller ikke benyttes til at opfylde kravet.¹²¹ CO₂-fortrængningskravet er på den måde kun et delvist teknologineutralt virkemiddel, der dog ikke omfatter elektriske lastbiler, som ellers tegner til at blive et fordelagtigt alternativ til diesel, som beskrevet i kapitel 5.

Derudover er den tunge vejgodstransport i Danmark underlagt EU-regulering, som kan påvirke et skift til alternative drivmidler. Boks 4 uddyber den europæiske regulering. Som det fremgår af boksen, stiller direktivet for vedvarende energi krav til andelen af vedvarende energi i transportsektoren. Det nationale fortrængningskrav kan være hensigtsmæssigt til at sikre, at Danmark lever op til EU-kravene. Men den bredere omstilling af vejgodstransporten bør tilskyndes af afgifter på CO₂ frem for et fortrængningskrav. Årsagen er, at afgifter giver samme tilskyndelse til alle alternative drivmidler og samtidig sikrer samme pris på udledninger på tværs af sektorer i samfundet.

Den øvrige EU-regulering er til dels rettet mod lastbilproducenterne, som fx er underlagt et udledningskrav. Det nuværende krav betyder, at lastbilproducenterne skal reducere udledningerne for de lastbiler, de sælger, med 15 pct. i 2025 og 30 pct. i 2030 i forhold til referenceperioden fra 1. juli 2019 til den 30. juni 2020. Kravet vil bidrage til at øge udbuddet af lastbiler på alternative drivmidler og sænke prisen. Kravet omfatter kun bestemte typer af lastbiler.¹²²

Endelig findes der en række nationale tilskudspuljer og andre initiativer, der har til formål at fremme brugen af alternative drivmidler i den tunge vejgodstransport. Disse er kort beskrevet i boks 3. Mens staten har en rolle at spille i forhold til at sikre udbredelsen af drivmiddelinfrastruktur, bør omstillingen til alternative drivmidler som udgangspunkt tilskyndes af afgifter frem for tilskud. Dog kan der være basis for at give visse teknologier et 'skub' i en indledende fase, som det også sker på personbilsområdet.

Boks 3: Puljer til at fremme omstillingen af den tunge transport

Der er i de seneste år afsat flere danske puljer med henblik på at fremme udbygningen af drivmiddelinfrastrukturen og omstillingen af den tunge vejtransport. I perioden 2018-2020 er der samlet afsat 780 mio. kr. til grøn transport (*Energiaftalen fra juni 2018, Klimaaftale for energi og industri mv. 2020, samt Grøn omstilling af vejtransporten 2020*), herunder udbredelse af ladeinfrastruktur, omstilling af tung transport og færger. Af disse er 150 mio. kr. indtil nu øremærket tung vejtransport og varebiler i form af blandt andet tilskud til grønne køretøjer, tankanlæg og drivmiddelinfrastruktur.

Herudover indgår initiativer til at understøtte omstilling af den tunge vejtransport i *Infrastrukturplan 2035*, som er indgået i juni 2021. Planen indebærer en tilskudspulje på 275 mio. kr. til udbygning af drivmiddelinfrastruktur. Puljen skal udmøntes på bagkant af en strategi, der skal bidrage til at fastsætte rammevilkårene samt understøtte investeringsbeslutningerne med det bedste samfundsøkonomiske afkast. Strategien skal senest være færdig i 2022, hvorefter aftalens parter mødes for at diskutere udmøntningen.

Boks 4: EU-regulering af den tunge transport

Der er i dag en række EU-krav og -tiltag, der har til formål at reducere udledningerne fra den tunge transport, og som kan bidrage til at fremme et skift til alternative drivmidler. Centrale elementer er:

Udledningskrav til tunge køretøjer¹²³

I 2019 blev der vedtaget reduktionskrav for visse lastbiler med en totalvægt på over 16 ton. Producenterne skal reducere udledningerne for alle nyregistrerede lastbiler med 15 pct. i 2025 og 30 pct. i 2030 i forhold til referenceperioden fra 1. juli 2019 til den 30. juni 2020. I forordningen fremmes derudover salg af nulemissionslastbiler (lastbiler uden CO₂-udledninger fra udstødningsrøret) og lavemissionslastbiler (lastbiler der ved udstødningen udleder under 50 pct. af gennemsnittet for køretøjsgruppen). Dette gøres gennem et krav om, at minimum 2 pct. af de markedsførte lastbiler skal være nul- og lavemissionslastbiler i 2025. Producenterne har desuden mulighed for at opnå en rabat på CO₂-kravet afhængig af deres salg af nul- og lavemissionslastbiler. Lever producenterne ikke op til CO₂-kravene, sanktioneres de økonomisk. Kravene skal revideres i 2022, hvor blandt andet 2030-kravet på 30 pct. skal genbesøges, og der skal drøftes bindende reduktionskrav for 2035 og 2040.

Dispensation til fremme af energieffektivitet og nye teknologier

I 1996 vedtog EU fælles normer for blandt andet dimensioner og vægt for lastbiler for at fremme kørsel på tværs af medlemslande.¹²⁴ De er blevet revideret flere gange siden og senest for at nedbringe emissioner og energiforbrug.¹²⁵ For at sidestille de forskellige alternative drivmidler og drivlinjer i forhold til dimensioner og vægt er der vedtaget dispensationsmuligheder fra de gældende EU-krav.¹²⁶ Derfor er det nu muligt for lastbiler på alternative brændstoffer at få dispensation for den øgede vægt, som et eventuelt batteri vil medføre, så det ikke tælles med i den samlede tilladte vægt. Dispensationsmulighederne er underlagt visse begrænsninger og hensyn og må blandt andet ikke øge køretøjets lasteevne og skal tage hensyn til trafiksikkerhed.

Infrastruktur til alternative drivmidler

I 2014 blev direktivet for infrastruktur for alternative drivmidler vedtaget.¹²⁷ Formålet er at fremme den nødvendige udbygning af infrastruktur til alternative brændstoffer som brint, naturgas og el primært for at mindske afhængigheden af olieimport. Direktivet har fremmet politik- og strategiudviklingen for medlemslandenes infrastrukturudbygning til alternative drivmidler.¹²⁸ Aftalen vurderes at have haft en positiv effekt på udbygning af lade- og tankinfrastruktur til alternative drivmidler, på trods af at aftalen endte med ikke-bindende mål for medlemslandene.¹²⁹

Direktivet for vedvarende energi

I 2030 skal andelen af vedvarende energi i transporten i hvert EU-medlemsland være mindst 7 pct., eller 14 pct. hvis 1.-generationsbiobrændstoffer tælles med. Ud over den overordnede forpligtelse er der også en delforpligtelse for brugen af avancerede biobrændstoffer. Avancerede biobrændstoffer skal udgøre 0,2 pct., 1 pct. og 3,5 pct. af vej- og banetransportens energiforbrug i henholdsvis 2022, 2025 og 2030.

EU-Kommissionens Fit for 55-udspil

EU-Kommissionen fremlagde den 14. juli sit forslag til revision af den klimarelaterede lovgivning med henblik på at indfri EU's 2030-mål om at reducere drivhusgasudledningerne med 55 pct. i forhold til 1990. Der er tale om et udspil, og det skal først forhandles med Europa-Parlamentet og Ministerrådet, før det med sikkerhed kan siges, hvordan lovgivningen udformes.

Kvotesystem

Et af hovedpunkterne i Kommissionens udspil er oprettelsen af et separat kvotesystem for vejtransporten og bygningsopvarmning, der efter planen skal træde i kraft i 2026. Det vil betyde, at diesel fordyres med omkostningen til kvoter. I Kommissionens konsekvensanalyser vurderes det, at prisen i det nye kvotesystem vil blive cirka 50 pct. højere end i det eksisterende kvotesystem, såfremt man ikke supplerer indførelsen af det nye kvotesystem med anden regulering i vejtransport og bygningsopvarmning. Konkret forventes en kvotepris på 52 euro pr. ton CO₂e i det eksisterende kvotesystem og 80 euro i det nye kvotesystem i 2030. I et scenarie, hvor der indføres supplerende regulering i bygningsopvarmning og vejtransport, som Kommissionens forslag også lægger

op til, når Kommissionen frem til, at man kan opnå en ens kvotepris på tværs af sektorer. Kommissionen tager forbehold for, at estimaterne er meget usikre.

Effektiviseringsforpligtelser og forpligtelser for vedvarende energi

Derudover indeholder udspillet konkrete effektiviseringsmål for både person- og varebiler, men ikke for den tunge vejtransport. Her fremsættes der først forslag til revision af den gældende forordning ultimo 2022.

Yderligere er der en målsætning om, at andelen af brændsler anvendt i transportsektoren skal bestå af 2,6 procent grøn brint eller syntetiske brændstoffer samt 2,2 procent avancerede biobrændstoffer senest i 2030.¹³⁰

Infrastruktur til drivmidler

Udspillet indeholder også korte og langsigtede mål for udbygningen af lade- og tankinfrastruktur for el og brint målrettet den tunge vejtransport på TEN-T-vejnettet (Transeuropæiske Transportnetværk). Det udvidede TEN-T vejnet består af 136.700 km motor- og landeveje i Europa, hvoraf hovednettet udgør 49.700 km, blandt andet motorvejene E20, E47 og E45 i Danmark.¹³¹ Udspillet indebærer en ophævelse af direktivet *Infrastruktur til alternative drivmidler*, som erstattes af en ny forordning. Dette udspil til en forordning indeholder mål for en minimumsudbygning af lade- og fyldeinfrastruktur målrettet den tunge vejgodstransport. For ladeinfrastruktur til batterilastbiler gælder blandt andet, at der i 2030 skal være ladefaciliteter hver 60 km på minimum 1400 kW, og i 2035 skal de være på 3500 kW. Derudover stiller udspillet krav til minimumseffekten på ladestanderne. Der skal både i 2030 og 2035 være mindst én ladestation på mindst 350 kW. Der er ydermere fastsat mål for det udvidede TEN-T-vejnet i 2030 og 2035. I tillæg hertil er der fastsat mål for udbygningen af fyldestationer til brint, hvor der i 2030 minimum skal være et tankanlæg til komprimeret brint hver 150 km og et til flydende brint hver 450 km for både kerne- og det udvidede TEN-T-vejnet. Modsat målene for person- og varebiler, som er relateret til antal køretøjer, er minimumskravene ikke relateret til antallet af el- eller brintdrevne, tunge køretøjer. Udspillet til udbygningen af infrastruktur til flydende gas er ikke bindende, men er i stedet formuleret således, at der skal være et passende antal tanke, men kun hvis de økonomiske omkostninger afspejler de positive effekter.¹³²

KLAUS
14. OKTOBER 2021

Referencer

- ¹ CONCITO, *Dekarbonisering af byens logistik*, 2021.
- ² CONCITO, *Dekarbonisering af vejgodstransport*, 2020; ALICE-ETP, *Roadmap towards Zero Emissions Logistics 2050*, 2019.
- ³ Regeringen, *Klimaprogram 2021*, 2021.
- ⁴ Se fx CONCITO, *Klimaafgifter til et grønt foregangsland – CONCITO's anbefalinger til akutpakke*, 2021.
- ⁵ Skatteministeriet, *Endeligt svar på spørgsmål nr. 252 af 22. januar 2021 (alm. del)*, 2021.
- ⁶ Energistyrelsen, *Klimastatus og – fremskrivning 2021*, 2021.
- ⁷ Energistyrelsen, *Klimastatus og – fremskrivning 2021*, 2021.
- ⁸ Energistyrelsen, *Klimastatus og – fremskrivning 2021*, 2021.
- ⁹ Energistyrelsen, *Klimastatus og – fremskrivning 2021*, 2021.
- ¹⁰ Öko Institute, *Decarbonization of on-road freight transport and the role of LNG from a German perspective*, 2020; IEA, *The Future of Trucks - Implications for Energy and the Environment*, 2017; Spiers et al., *Natural gas fuel and greenhouse gas emissions in trucks and ships*, 2020.
- ¹¹ Jeswani, Chilvers og Azapagic, *Environmental sustainability of biofuels: a review*, 2020; Prussi et al., *JEC Well-To-Wheels report v5*, 2020; Holmgren et al., *KNOGA Fossilfri framdrift för tunga långväga transporter på väg - Kostnadsfördelning och risker för olika aktörer*, 2021; Valin et al., *The land use change impact of biofuels consumed in the EU - Quantification of area and greenhouse gas impacts*, 2015.
- ¹² EU-Kommissionen, *In-depth analysis in support of the Commission Communication Com(2018) 773*, 2018; EU-Kommissionen, *State of the Art on Alternative Fuels Transport Systems in the European Union*, 2020; CONCITO, *Dekarbonisering af vejgodstransport*, 2020.
- ¹³ IEA Bioenergy, *From 1st- to 2nd-Generation Biofuel Technologies*, 2008.
- ¹⁴ Klimarådet, *Status for Danmarks klimamålsætninger og –forpligtelser 2018*, 2018.
- ¹⁵ Energistyrelsen og Energinet, *Technology Data Renewable Fuels*, 2021.
- ¹⁶ IEA, *The Future of Trucks - Implications for Energy and the Environment*, 2017; Holmgren et al., *KNOGA Fossilfri framdrift för tunga långväga transporter på väg - Kostnadsfördelning och risker för olika aktörer*, 2021; Gustavsson et al., *Overview of ERS concepts and complementary technologies*, 2019; EU-Kommissionen, *Alternative Fuels Expert Group report*, 2017; IEA, *Survey on Advanced Fuels for Advanced Engines*, 2018; IRENA og Methanol Institute, *Innovation Outlook Renewable Methanol*, 2021; Energistyrelsen og Energinet, *Technology Data Renewable Fuels*, 2021.
- ¹⁷ IRENA og Methanol Institute, *Innovation Outlook Renewable Methanol*, 2021.
- ¹⁸ Grinsven et al., *Research for TRAN Committee - Alternative fuel infrastructure for heavy-duty vehicles*, 2021.
- ¹⁹ Grinsven et al., *Research for TRAN Committee - Alternative fuel infrastructure for heavy-duty vehicles*, 2021.
- ²⁰ Holmgren et al., *KNOGA Fossilfri framdrift för tunga långväga transporter på väg - Kostnadsfördelning och risker för olika aktörer*, 2021.
- ²¹ Energinet, *Biogas via gasnettet*, 2021, <https://energinet.dk/Gas/Biogas>.
- ²² Energistyrelsen, *Klimastatus og – fremskrivning*, 2021.
- ²³ Klimarådet, *Kendte veje og nye spor til 70 procents reduktion*, 2020.
- ²⁴ EurObserv'ER, *Biogas barometer 2020*, 2020, <https://www.eurobserv-er.org/category/all-biogas-barometers/>; Eurostat, *Supply, transformation and consumption of gas*, 2021.
- ²⁵ ENTSG og ENTSO-E, *Download data*, 2020, <https://2020.entsoe-tyndp-scenarios.eu/download-data/>; EU-Kommissionen, *In-depth analysis in support of the Commission Communication Com(2018) 773*, 2018.
- ²⁶ Transport & Environment, *LNG Trucks: a dead end bridge. Emissions testing of a diesel- and a gas powered long-haul truck*, 2021.
- ²⁷ Klimarådet, *Kendte veje og nye spor til 70 procents reduktion*, 2020; Klimarådet, *Baggrundsnotat om sektorvurderinger*, 2021.
- ²⁸ Transport & Environment, *Electrofuels? Yes, we can ... if we're efficient*, 2020.
- ²⁹ Energistyrelsen, *Klimastatus og – fremskrivning*, 2021.
- ³⁰ Energistyrelsen, *Høringsudgave: Analyseforudsætninger til Energinet 2021 – Vindmøller på havet*, 2021; Vattenfall, *Alle vindmøller er nu installeret på Kriegers Flak havmøllepark*, 2021, <https://group.vattenfall.com/dk/nyheder-og-presse/nyheder/2021/alle-vindmoller-er-nu-installeret-pa-kriegers-flak-havmolepark>.
- ³¹ Energinet og Dansk Energi, *Gamechangere for PtX og PtX-infrastruktur i Danmark*, 2020.
- ³² Transport & Environment, *From dirty oil to clean batteries*, 2021.
- ³³ Energistyrelsen, *Klimastatus og – fremskrivning*, 2021.
- ³⁴ IEA, *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*, 2021.
- ³⁵ Transport & Environment, *From dirty oil to clean batteries*, 2021; Bloomberg, *Electric Vehicle Outlook 2021*, 2021; Union of Concerned Scientists, *Electric Vehicle Batteries Addressing Questions about Critical Materials and Recycling*, 2021. IEA, *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*, 2021.
- ³⁶ Rystad Energy, *Millions of electric vehicles may face production delays from 2027 as lithium mining capacity lags*, 2021, <https://www.rystadenergy.com/newsevents/news/press-releases/millions-of-electric-vehicles-may-face-production-delays-from-2027-as-lithium-mining-capacity-lags>.
- ³⁷ IEA, *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*, 2021.
- ³⁸ McKinsey, *Why the automotive future is electric*, 2021, <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/why-the-automotive-future-is-electric>.
- ³⁹ Bloomberg, *Electric Vehicle Outlook 2021*, 2021.
- ⁴⁰ Transport & Environment, *Weak climate rules put Europe's battery boom at risk*, 2021.
- ⁴¹ Transport & Environment, *From dirty oil to clean batteries*, 2021.
- ⁴² IEA, *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*, 2021.
- ⁴³ EU-Kommissionen, *Green Deal: Sustainable batteries for a circular and climate neutral economy*, 2020, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_2312.
- ⁴⁴ Transport & Environment, *From dirty oil to clean batteries*, 2021.
- ⁴⁵ Taljegard et al., *Spatial and dynamic energy demand of the E39 highway - Implications on electrification options*, 2017; Gustavsson et al., *Overview of ERS concepts and complementary technologies*, 2019.

- 46 Holmgren et al., *KNOGA Fossolfri framdrift för tunga långväga transporter på väg - Kostnadsfördelning och risker för olika aktörer*, 2021; Gustavsson et al., *Overview of ERS concepts and complementary technologies*, 2019.
- 47 Gustavsson et al., *Overview of ERS concepts and complementary technologies*, 2019
- 48 Siemens, *eHighway – Electrification of road freight transport*, 2021, <https://press.siemens.com/global/en/feature/ehighway-solutions-electrified-road-freight-transport>.
- 49 Trafikverket, *Program elektrifiering av det statliga vägnätet*, 2020, <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/forskning-och-innovation/aktuell-forskning/transport-pa-vag/program-elektrifiering-av-det-statliga-vagnatet/>.
- 50 Trafikverket, *Regeringsuppdrag - Analysera förutsättningar och planera för en utbyggnad av elvägar*, 2021.
- 51 EU-Kommissionen, *State of the Art on Alternative Fuels Transport Systems in the European Union*, 2020; Prussi et al., *JEC Well-To-Wheels report v5*, 2020.
- 52 Cunanan et al., *A Review of Heavy-Duty Vehicle Powertrain Technologies: Diesel Engine Vehicles, Battery Electric Vehicles, and Hydrogen Fuel Cell Electric Vehicles*, 2021; EU-Kommissionen, *State of the Art on Alternative Fuels Transport Systems in the European Union*, 2020.
- 53 Holmgren et al., *KNOGA Fossolfri framdrift för tunga långväga transporter på väg - Kostnadsfördelning och risker för olika aktörer*, 2021.
- 54 Holmgren et al., *KNOGA Fossolfri framdrift för tunga långväga transporter på väg - Kostnadsfördelning och risker för olika aktörer*, 2021.
- 55 Færdselsstyrelsen, *Regler og vejledning om køre- og hviletid*, 2020, <https://www.fstyr.dk/da/Erhvervstransport/Koere-og-hviletid/Regler-og-vejledning-om-koere-og-hviletid#>.
- 56 EU-Kommissionen, *State of the Art on Alternative Fuels Transport Systems in the European Union*, 2020
- 57 Financial Times, *Volvo, Daimler and Traton plan European electric charging network*, 2021.
- 58 Transport & Environment, *Unlocking Electric Trucking in the EU: long-haul trucks*, 2021
- 59 Röck et al., *JEC Tank-To-Wheels report v5: Heavy duty vehicles*, 2020
- 60 Tesla, *Semi*, 2021, <https://www.tesla.com/semi>.
- 61 Holmgren et al., *KNOGA Fossolfri framdrift för tunga långväga transporter på väg - Kostnadsfördelning och risker för olika aktörer*, 2021.
- 62 Röck et al., *JEC Tank-To-Wheels report v5: Heavy duty vehicles*, 2020.
- 63 Transport & Environment, *Electrofuels? Yes, we can ... if we're efficient*, 2020.
- 64 Tesla, *Semi*, 2021, <https://www.tesla.com/semi>.
- 65 Röck et al., *JEC Tank-To-Wheels report v5: Heavy duty vehicles*, 2020.
- 66 Verbruggen et al., *Evaluation of the state-of-the-art of full-electric medium and heavy-duty trucks*, 2018.
- 67 Transport & Environment, *Comparison of hydrogen and battery electric trucks*, 2020.
- 68 Harvey et al., *Effects of Increased Weights of Alternative Fuel Trucks on Pavement and Bridges*, 2020.
- 69 Mareev et al., *Battery Dimensioning and Life Cycle Costs Analysis for a Heavy-Duty Truck Considering the Requirements of Long-Haul Transportation*, 2017.
- 70 EnergiWatch, *Nu bliver også lastbilerne elektriske - og det kan gå hurtigere, end du tror*, 2020.
- 71 Röck et al., *JEC Tank-To-Wheels report v5: Heavy duty vehicles*, 2020.
- 72 Electrek, *VW subsidiary MAN announces transition from diesel to all-electric trucks and buses starting in 2024*, 2021
- 73 Oilprice, *Europe's Top Truck Makers Vow To Stop Diesel Vehicle Sales By 2040*, 2020, <https://oilprice.com/Latest-Energy-News/World-News/Europes-Top-Truck-Makers-Vow-To-Stop-Diesel-Vehicle-Sales-By-2040.html>.
- 74 Traton, *TRATON GROUP boosts investment in electric mobility*, 2021, https://traton.com/en/newsroom/press_releases/press_release_22032021.html.
- 75 Scania, *Scania's commitment to battery electric vehicles*, 2021, <https://www.scania.com/group/en/home/newsroom/news/2021/Scantias-commitment-to-battery-electric-vehicles.html>.
- 76 Transport & Environment, *World's biggest truckmaker rules out gas trucks in pursuing carbon neutrality*, 2019, <https://www.transportenvironment.org/news/world-s-biggest-truckmaker-rules-out-gas-trucks-pursuing-carbon-neutrality>.
- 77 Daimler, *Daimler Truck sets out ambitions as an independent company*, 2021, <https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Daimler-Truck-sets-out-ambitions-as-an-independent-company.xhtml?oid=50017847>.
- 78 Traton, *TRATON GROUP boosts investment in electric mobility*, 2021, https://traton.com/en/newsroom/press_releases/press_release_22032021.html.
- 79 Danmarks statistik, *Statistikbanken – NVG1*, 2021
- 80 Concito, *De karbonisering af vejgodstransport*, 2020; International Transport Forum, *Towards Road Freight Decarbonisation*, 2018; Transport and Environment, *Comparison Hydrogen Battery Electric Trucks Methodology*, 2020.
- 81 Holmgren, K., et. al., *KNOGA. Fossolfri framdrift för tunga långväga transporter på väg – Kostnadsfördelning och risker för olika aktörer*, 2021.
- 82 EA Energianalyse, *Fuel costs – Production, distribution and infrastructure costs used in the Economic Analysis in Grøn Roadmap 2030*, 2015; Fremsyn (udarbejdet for: E.ON, HMN Naturgas, NGF Nature Energy og DGD), *Avancerede biobrændstoffer til tung transport*, 2017; Holmgren, K., et. al., *KNOGA. Fossolfri framdrift för tunga långväga transporter på väg – Kostnadsfördelning och risker för olika aktörer*, 2021.
- 83 Nordic Energy Research, *Nordic P2X for Sustainable Road Transport*, 2020.
- 84 Holmgren, K., et. al., *KNOGA. Fossolfri framdrift för tunga långväga transporter på väg – Kostnadsfördelning och risker för olika aktörer*, 2021.
- 85 Holmgren, K., et. al., *KNOGA. Fossolfri framdrift för tunga långväga transporter på väg – Kostnadsfördelning och risker för olika aktörer*, 2021.
- 86 ICCT, *Transitioning to Zero-emission Heavy-duty Freight Vehicles*, 2017.
- 87 Transport and Environment, *How to Decarbonise the UK's Freight Sector by 2050*, 2020; Transport and Environment, *Comparison of hydrogen and battery electric trucks*, 2020.
- 88 ICCT, *Transitioning to Zero-emission Heavy-duty Freight Vehicles*, 2017.
- 89 Nordic Energy Research, *Nordic P2X for Sustainable Road Transport*, 2020.
- 90 COWI, *Grøn omstilling af danske indenrigsfærger*, 2021.

- ⁹¹ ICCT, *Estimating the Infrastructure Needs and Costs for the Launch of Zero-emission Trucks*, 2019; Transport and Environment, *How to Decarbonise the UK's Freight Sector by 2050*, 2020; Trafikverket, *Analysera förudsättningar och planera för en utbyggnad av elvägar*, 2021.
- ⁹² Finansministeriet, *Dokumentationsnotat – den samfundsøkonomiske diskonteringsrente*, 2021.
- ⁹³ ICCT, *Transitioning to Zero-emission Heavy-duty Freight Vehicles*, 2017.
- ⁹⁴ Transport DTU, *Transportøkonomiske Enhedspriser 1.96*, 2020.
- ⁹⁵ Klimarådet, *Kendte veje og nye spor til 70 procents reduktion*, 2020.
- ⁹⁶ Harvey et al., *Effects of Increased Weights of Alternative Fuel Trucks on Pavement and Bridges*, 2020; Transport & Environment, *Comparison of hydrogen and battery electric trucks*, 2020.
- ⁹⁷ Concito, *Dekarbonisering af vejgodstransport*, 2020.
- ⁹⁸ Transport and Environment, *How to decarbonize long-haul trucking in Germany*, 2021.
- ⁹⁹ Transport and Environment, *How to Decarbonise the UK's Freight Sector by 2050*, 2020; Kühnel, Hacker og Görz, *Oberleitungs-Lkw im Kontext weiterer Antriebs- und Energieversorgungsoptionen für den Strassengüterfernverkehr*, 2018.
- ¹⁰⁰ Holmgren, K., et. al., KNOGA. *Fossilfri framdrift för tunga långväga transporter på väg – Kostnadsfördelning och risker för olika aktörer*, 2021; Nordic Energy Research, *Nordic P2X for Sustainable Road Transport*, 2020.
- ¹⁰¹ Holmgren, K., et. al., KNOGA. *Fossilfri framdrift för tunga långväga transporter på väg – Kostnadsfördelning och risker för olika aktörer*, 2021.
- ¹⁰² Holmgren, K., et. al., KNOGA. *Fossilfri framdrift för tunga långväga transporter på väg – Kostnadsfördelning och risker för olika aktörer*, 2021; Transport and Environment, *How to Decarbonise the UK's Freight Sector by 2050*, 2020.
- ¹⁰³ EA Energianalyse, *Analyse af beskatningsmodeller for lastbiler til understøttelse af Grøn Roadmap 2030*, 2015.
- ¹⁰⁴ COWI (udarbejdet for Vejdirektoratet), *GNSS baserede kørselsafgifter*, 2019.
- ¹⁰⁵ Transport DTU, *Transportøkonomiske Enhedspriser 1.96*, 2020.
- ¹⁰⁶ Det Miljøøkonomiske Råd, *Økonomi og Miljø*, 2013.
- ¹⁰⁷ PWC, *Afgiftsvejledning 2021 – bilag*, 2021.
- ¹⁰⁸ Skatteministeriet, *Mineralolieafgiftsloven*, 2021.
- ¹⁰⁹ Energistyrelsen, *Støtte til vedvarende energi – Pristillæg biogas*, 2020.
- ¹¹⁰ Skatteministeriet, *Vægtafgiftsloven*, 2021.
- ¹¹¹ Europaparlamentet, *Eurovignette: provisional deal on new road haulage charging rules*, 2021, <https://www.europarl.europa.eu/news/da/press-room/20210614IPRO6103/eurovignette-provisional-deal-on-new-road-haulage-charging-rules>.
- ¹¹² EU-Kommissionen, *Transport taxes and charges in Europe*, 2019.
- ¹¹³ Transport DTU, *Transportøkonomiske Enhedspriser 1.96*, 2020.
- ¹¹⁴ Skatteministeriet, *Mineralolieafgiftsloven*, 2021; Skatteministeriet, *CO₂-afgiftsloven*, 2021; Skatteministeriet, *Vægtafgiftsloven*, 2021; Skatteministeriet, *Vejbenyttelsesafgiftsloven*, 2021.
- ¹¹⁵ Klimarådet, *Flere elbiler på de danske veje*, 2018.
- ¹¹⁶ Transport & Logistik, *Er el bedre end gas?*, 2019.
- ¹¹⁷ Skatteministeriet, *Mineralolieafgiftsloven*, 2021; Skatteministeriet, *CO₂-afgiftsloven*, 2021.
- ¹¹⁸ Clean Energy Wire, *Germany's carbon pricing system for transport and buildings*, 2021.
- ¹¹⁹ Skatteministeriet, *KEF Alm. del – endeligt svar på spørgsmål 149*, 2021.
- ¹²⁰ EU-Kommissionen, *Weekly Oil Bulletin*, 2021; Skatteministeriet, *SAU Alm. del – endeligt svar på spørgsmål 252*, 2021; Kommissionen for grøn omstilling af personbiler, *Grænsehandel med benzin og diesel – proportioner og potentiale*, 2020.
- ¹²¹ Energistyrelsen, *Klimastatus- og fremskrivning 2021 (KE21) – Biobrændstoffer - Forudsætningsnotat nr. 5B*, 2020.
- ¹²² ICCT, *CO₂ Standards For Heavy-Duty Vehicles In The European Union*, 2019.
- ¹²³ Regulation (EU) 2019/1242 Of The European Parliament And Of The Council, *setting CO₂ emission performance standards for new heavy-duty vehicles and amending Regulations (EC) No 595/2009 and (EU) 2018/956 of the European Parliament and of the Council and Council Directive 96/53/EC*, 2019.
- ¹²⁴ Council Directive 96/53/EC, *laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic*, 1996.
- ¹²⁵ Decision (EU) 2019/984 Of The European Parliament And Of The Council, *amending Council Directive 96/53/EC as regards the time limit for the implementation of the special rules regarding maximum length for cabs delivering improved aerodynamic performance, energy efficiency and safety performance*, 2019.
- ¹²⁶ Directive (EU) 2015/719 Of The European Parliament And Of The Council, *amending Council Directive 96/53/EC laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorised dimensions in national and international traffic and the maximum authorised weights in international traffic*, 2015; Decision (EU) 2019/984 Of The European Parliament And Of The Council, *amending Council Directive 96/53/EC as regards the time limit for the implementation of the special rules regarding maximum length for cabs delivering improved aerodynamic performance, energy efficiency and safety performance*, 2019.
- ¹²⁷ Directive 2014/94/EU Of The European Parliament And Of The Council, *on the deployment of alternative fuels infrastructure*, 2014.
- ¹²⁸ EU-Kommissionen, *Report on EU-wide alternative fuels infrastructure deployment – increased level of ambition, but still no comprehensive and complete network across EU*, 2021.
- ¹²⁹ EU-Kommissionen, *Report on EU-wide alternative fuels infrastructure deployment – increased level of ambition, but still no comprehensive and complete network across EU*, 2021.
- ¹³⁰ EU-Kommissionen, *Ændringsforslag til direktiv om fremme af anvendelsen af energi fra vedvarende energikilder*, 2021.
- ¹³¹ European Court of Auditors, *Special report - The EU core road network: shorter travel times but network not yet fully functional*, 2020.
- ¹³² EU-Kommissionen, *Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council*, 2021.

I arbejdet med analysen har Klimarådet og Klimarådets sekretariat desuden haft mundtlige drøftelser med en række organisationer og eksperter, herunder: Biogas Danmark, Brintbranchen, CONCITO, Copenhagen Electric, Dansk Elbil Alliance, Dansk Energi, Dansk Erhverv, Dansk Industri, Danske Regioner, Drivkraft Danmark, DSV, DTL, Danmarks Tekniske Universitet, Ea Energianalyse, Emmelev A/S, ITD, Rådet for Grøn Omstilling, The Pathways Coalition, Transport & Environment, Vejdirektoratet m.fl.

