



**Teknologiutvikling og incentiver for
klimavennlig næringstransport
– med CO₂-fond som virkemiddel**

På oppdrag for NHO
juni, 2018

THEMA Rapport 2018- 7

Om prosjektet		Om rapporten	
Prosjektnummer:	NHO-18-02	Rapportnavn:	Teknologeutvikling og incentiver for klimavennlig næringstransport
Prosjektnavn:	Teknologeutvikling og incentiver CO ₂ -fond	Rapportnummer:	2018-7
Oppdragsgiver:	NHO	ISBN-nummer	978-82-8368-029-4
Prosjektleder:	Eivind Magnus	Tilgjengelighet:	Offentlig
Prosjektdeltakere:	Therese Lossius, Malin Wikum, Kristine Fiksen, Berit Tennbakk (KS)	Ferdigstilt:	7 juni 2018

Brief summary in English

Norwegian business associations and Norwegian Authorities are in a process to carve out the conditions for a so-called CO₂-fond aiming at stimulating businesses to reduce CO₂-emissions from transportation. The idea is that a CO₂-fond, in which members get an exemption from the CO₂-tax against a collective commitment to cut emissions, gives businesses incentives to invest in more emission friendly transportations technologies and at the same time reduce the overall financial burden on the companies. This report gives a status assessment on the different technology options and the maturity and prospects of introducing new technologies in different transportation segments in the period up to 2030. The technology development, availability of models and associated cost differences vs technologies based on fossil fuels are important input factors to the ongoing discussion. Technologies covered include, biofuel, biogas/LNG, batteries and hydrogen. The maturity of the technology and the market introduction in the various segments vary a lot and the barriers to overcome for business to choose new climate friendly alternatives differs between transportation segments. The report addresses why and when a CO₂-fond could be an efficient and interesting supplement to other measures to spur emission reduction in the transportation sector.

Om THEMA Consulting Group

Øvre Vollgate 6
0158 Oslo, Norway
Foretaksnummer: NO 895 144 932
www.thema.no

THEMA Consulting Group tilbyr rådgivning og analyser for omstillingen av energisystemet basert på dybdekunnskap om energimarkedene, bred samfunnsforståelse, lang rådgivningserfaring, og solid faglig kompetanse innen samfunns- og bedriftsøkonomi, teknologi og juss.

Disclaimer

Hvis ikke beskrevet ellers, er informasjon og anbefalinger i denne rapporten basert på offentlig tilgjengelig informasjon. Visse uttalelser i rapporten kan være uttalelser om fremtidige forventninger og andre fremtidsrettede uttalelser som er basert på THEMA Consulting Group AS (THEMA) sitt nåværende syn, modellering og antagelser og involverer kjente og ukjente risikoer og usikkerheter som kan forårsake at faktiske resultater, ytelser eller hendelser kan avvike vesentlig fra de som er uttrykt eller antydning i slike uttalelser. Enhver handling som gjennomføres på bakgrunn av vår rapport foretas på eget ansvar. Kunden har rett til å benytte informasjonen i denne rapporten i sin virksomhet, i samsvar med forretningsvilkårene i vårt engasjementsbrev. Rapporten og/eller informasjon fra rapporten skal ikke benyttes for andre formål eller distribueres til andre uten skriftlig samtykke fra THEMA. THEMA påtar seg ikke ansvar for eventuelle tap for Kunden eller en tredjepart som følge av rapporten eller noe utkast til rapport, distribueres, reproduseres eller brukes i strid med bestemmelsene i vårt

engasjementsbrev med Kunden. THEMA beholder opphavsrett og alle andre immaterielle rettigheter til ideer, konsepter, modeller, informasjon og "know-how" som er utviklet i forbindelse med vårt arbeid.

INNHold

1	BAKGRUNN OG PROBLEMSTILLING	15
2	BIODRIVSTOFF	17
2.1	Oppsummering av status og framtidsutsikter	17
2.2	Egenskaper og tilgang	18
2.3	Modenhet for ulike produksjonsprosesser	20
2.4	Kostnader	23
2.5	Barrierer	25
3	BIOGASS OG LNG.....	27
3.1	Oppsummering av status og framtidsutsikter	27
3.2	Tilgang på biogass.....	29
3.3	Infrastruktur og tilgang på biogass og naturgass.....	30
3.4	Kostnader til biogass og LNG	31
3.5	Kjøretøy.....	32
3.6	Fartøy	37
3.7	Anleggs- og jordbruksmaskiner.....	39
4	BATTERIER.....	41
4.1	Oppsummering av status og framtidsutsikter	41
4.2	Batterityper og kostnadsutvikling	43
4.3	Tilgang på infrastruktur	46
4.4	Elvarebiler.....	48
4.5	Elbusser	50
4.6	Elektriske lastebiler.....	52
4.7	Fartøy	53
4.8	Anleggs- og landbruksmaskiner.....	55
4.9	Fly.....	59
5	HYDROGEN.....	61
5.1	Oppsummering av status og framtidsutsikter	61
5.2	Kjøretøy.....	65
5.3	Fartøy	66
5.4	Anleggs- og landbruksmaskiner.....	68
6	INCENTIVVIRKNINGER AV ET CO ₂ -FOND	70
6.1	Innledning	70
6.2	Utformingen av NO _x -fondet har vært i endring.....	70
6.3	Incentivstyrken av et CO ₂ -fond avhenger av miljøavtalen.....	71
6.4	Overordnede egenskaper ved et CO ₂ -fond	71
6.5	Kartlegging av incentivene i et CO ₂ -fond.....	73

7	CO ₂ -FONDETS EGENSKAPER MHT Å OVERKOMME BARRIERER.....	78
7.1	Høyere kostnader i innkjøp og/eller drift.....	78
7.2	Operasjonelle begrensninger	79
7.3	Manglende betalingsvilje i sluttmarkedet.....	79
7.4	Politiske barrierer	80
8	FORHOLDET TIL ANDRE STØTTEORDNINGER.....	81
8.1	Innledning	81
8.2	Samordning med andre offentlige støtte ordninger	81
8.3	Forholdet til offentlige innkjøp	83
9	HENSYNET TL SMÅ AKTØRER	86
10	ERFARINGER FRA NOX-FONDET	87
10.1	NOx-fondet støtter tiltak hvor utslippseffekten enkelt kan beregnes	87
10.2	Søknadsprosessen er lite tidkrevende, men også forbundet med risiko	87
10.3	Variierende grunner til at virksomhetene ble med i NOx-fondet	87
10.4	Medlemmene i NOx-fondet ser at et CO ₂ -fond kan få støtte utfordringer ..	87
	REFERANSELISTE	88
	INTERVJUER	90
	VEDLEGG 1 – OVERSIKT OVER FYLLESTASJONER FOR GASS I NORGE.....	91
	VEDLEGG 2 – LNG-ANLEGG LANGS NORSKEKYSTEN	93
	VEDLEGG 3 - KOSTNADER FOR BIOGASS	94
	VEDLEGG 4 – TILGJENGELIGE GASSKJØRETØY	95
	VEDLEGG 5 – ELEKTRISKE KJØRETØY.....	96
	VEDLEGG 6 – ELEKTRISKE FARTØY	97
	VEDLEGG 7- ELEKTRISKE ANLEGG- OG JORDBRUKSMASKINER.....	98
	VEDLEGG 8 – HYDROGENELEKTRISKE KJØRETØY	100

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Skal CO₂-utslippene i sektorer som ikke omfattes av kvotemarkedet reduseres, er næringslivets transport en nøkkelfaktor. For næringslivet er det viktig at det utvikles virkemidler som stimulerer til en raskere introduksjon av ny klimavennlig teknologi og løsninger, samtidig som det tas hensyn til næringslivets behov for å opprettholde konkurranseevnen. Et CO₂-fond basert på en miljøavtale mellom norske næringslivsorganisasjoner og Klima- og miljødepartementet er et virkemiddel som kan bidra til det. For at et CO₂-fond for næringslivets transport skal lykkes, er det viktig at den underliggende miljøavtalen bygger på en realistisk, men samtidig ambisiøs vurdering av de mulighetene den pågående teknologeutviklingen representerer. Vår gjennomgang viser stor variasjon i teknologienes modenhet, kostnader, funksjonalitet og anvendelsesmuligheter i ulike transportsegmenter. Teknologigjennombrudd kan forsinke utviklingen, men samtidig skal man ikke undervurdere tiden fra teknologien er tilgjengelig og til en bred introduksjon, særlig siden kostnadene avhenger av skala i utbredelsen og utbredelse krever infrastruktur i tillegg til transportmidlene i seg selv.

Et CO₂-fond har en del positive incentivvirkninger som gjør det til et interessant virkemiddel i bestrebelsene på å realisere Norges utslippsforpliktelser. Det kan bli et viktig supplement til de statlige ordningene som er rettet mot å fremme utvikling og utrulling av ny teknologi på transportområdet. Det er viktig at miljøavtalen som legges til grunn for et CO₂-fond utformes slik at det blir en god balanse mellom de forpliktelsene som fondet tar på seg og de fordelene som medlemskap innebærer for den enkelte bedrift og for næringslivet som helhet.

Formålet med denne rapporten er å kartlegge muligheter og barrierer for å redusere utslipp i transportsektoren gjennom tiltak som trenger støtte, og å drøfte hvordan et CO₂-fond kan bidra og hvorfor det kan være mer effektivt enn eksisterende støtteordninger. Rapporten gir ingen anbefalinger med hensyn tallfesting av potensielle utslippsreduksjoner.

Denne rapporten presenterer i Del 1 teknologi- og markedsstatus for bruk av biodrivstoff, biogass, LNG, batteriteknologi og hydrogen og sentrale utviklingstrekk for anvendelsen av disse teknologiene i tungtransport, busser og varebiler, anleggs- og jordbruksmaskiner, ulike segmenter innen marine operasjoner og fly. Det vil være langt flere tiltak som kan bidra til å redusere klimagassutslipp i næringslivets transport enn det vi går igjennom i denne rapporten. Det kan være hybrid-løsninger og andre former for energieffektiviseringstiltak og i tillegg tiltak for å redusere transporten gjennom bedre logistikk-løsninger. Løsninger med såkalt e-fuel kan også være en mulighet å se nærmere på.

I Del 2 drøfter vi incentiveegenskaper til et CO₂-fond, samspillet med andre ordninger innenfor det offentlige virkemiddelapparatet og noen utvalgte problemstillinger knyttet til utformingen av et slikt fond.

Del 1. Status og perspektiver for anvendelser av klimavennlig transportteknologi

Det er en omfattende internasjonal forsknings- og innovasjonsaktivitet på teknologier som kan erstatte fossilt drivstoff. Ulike teknologiske løsninger har forskjellig modenhetsgrad, og tidsperspektivet for når de ulike alternativene kan bli konkurransedyktige, varierer mye. Det er også høyst ulike barrierer og utfordringer for teknologene og deres anvendelser i de ulike transportsegmentene.

I gjennomgangen av status for de ulike teknologiene vurderer vi funksjonskrav, kostnad, tilgjengelighet og infrastruktur innenfor hver av de ulike kjøretøykategoriene. Vi drøfter også perspektivene for teknologeutvikling og anvendelse i de ulike transportsegmentene fram til 2030.

Det er viktig å understreke at vi i denne rapporten ikke har analysert hybridløsninger spesifikt. Det er grunn til å forvente at hybridløsninger er interessante alternativer siden de vil gi utslippsreduksjoner samtidig med at man unngår mange av de barrierene som de rene alternativene møter.

Tabellen under viser teknologimål som er vedtatt i forbindelse med behandlingen av NTP. Det gir ambisiøse mål om å ta i bruk ny, nullutslippsteknologi i veitransport, dvs. med el eller hydrogen som drivstoff. For ferger og skip er det null- eller lavutslipp som er målet, dvs. bruk av biodrivstoff, biogass og andre lavutslippsløsninger. Om man tolker disse målene, tilsier de at biodrivstoff skal prioriteres til skip og fly, mens ny kjøretøytologi skal tas i bruk i veitransport.

Det er påfallende at det er teknologimål og ikke utslippsmål er som oppgitt. Særlig er dette krevende for biogass som potensielt kan gi store utslippskutt ved bruk i transportsektoren, lettere oppfyller funksjonskravene til transportmidlene og heller ikke er særlig kostbart sammenlignet med noen av alternativene. Slik vi ser det, vil kravene til lastebiler og langdistansebusser fra 2030 være særlig krevende, og for å oppnå målene som er satt her, må man starte tidlig på 2020-tallet med å fase inn teknologi som kanskje ikke er tilgjengelig i stor skala (tilstrekkelig antall) før etter 2025.

Teknologimål vedtatt i forbindelse med behandlingen av NTP

	2019	2025	2030
Varebiler		Nye, lette varebiler skal være nullutslipp	Alle tyngre varebiler er nullutslipp (el, H ₂)
Busser		Nye bybusser skal være nullutslipp	75 % av alle nye langdistansebusser er nullutslipp (el, H ₂)
Lastebiler			50% av nye lastebiler skal være nullutslipp (el, H ₂)
Nærtransportskip			40 % av alle skip skal bruke biodrivstoff eller være lav- eller nullutslipp
Ferger			Alle nye riksferger er lav- eller nullutslipp, bidra til det samme på fylkesferger og hurtigbåter
Fly	1 % innblanding av biojetfuel		30 % innblanding av biojetfuel

Kilde: NTP 2018-2028

Reduserte klimagassutslipp vil kreve bruk av flere teknologier

Dersom man skal oppnå en kraftig reduksjon i klimagassutslippene, vil man ha behov for å ta i bruk flere teknologier og velge de teknologiene innen de ulike transportformene som best kan oppfylle transportbehovene og funksjonskravene til en lavest mulig kostnad.

Illustrasjonene under viser en helhetlig oppsummering av hvilke teknologier som vi mener er aktuelle for CO₂-fondet for hver av transportformene per nå og innen 2030. Fargekodene reflekterer vår vurdering av hvorvidt teknologien kan tas i bruk. Grønt viser at det i relativt stor grad er mulig å ta teknologien i bruk, gult viser at det er mulig under gitte forutsetninger eller i noen grad, mens rødt illustrerer at bruk ikke er aktuelt (foruten i pilotprosjekter). Kategoriseringen er basert på teknologiens modenhet, tilgang på transportmidler i markedet, tilgang eller mulighet til å etablere infrastruktur, tilgang på drivstoffet, kostnader osv. Sort indikerer stor usikkerhet som ikke har med utvikling av teknologi å gjøre, men bare hvordan leverandørene av transportmidlene velger å agere. Det er f.eks. ikke noen prinsipielle teknisk/praktiske årsaker til at anleggsmaskiner med el, biogass/LNG kan utvikles innen 2030, men det er likevel usikkert om etterspørselen er tilstrekkelig til at produsentene vil tilby dette. Hvis ikke, vil det kun være aktuelt med ombygde modeller med høye kostnader.

Vi har skilt mellom lokal transport med mellomstore transportmidler og langdistansetransport fordi forskjellene i transportlengde, hvorvidt transportrutene er forutsigbare og størrelse/tyngde på transportmiddelet har betydning for hvilke teknologier som er og kan bli aktuelle.

Status og utvikling for teknologi til lokal transport

	2018	Viktigste barrierer	2030	Forutsetninger
HVO		<ul style="list-style-type: none"> Økende kostnad? Separat infrastruktur 		<ul style="list-style-type: none"> Bærekraftig tilgang blir mer utfordrende ved økt volum Kortdistanse-transport prioriteres ikke
Biodrivstoff fra trevirke		<ul style="list-style-type: none"> Umoden produksjonsteknologi Høy kostnad 		<ul style="list-style-type: none"> Usikker tilgang Høy kostnad
Biogass		<ul style="list-style-type: none"> Infrastruktur og tilgang på biogass til få kjøretøy Tilgang på transportmidler 		<ul style="list-style-type: none"> Forutsetter økt tilgang på biogass Flere modeller tilgjengelig
LNG		<ul style="list-style-type: none"> Infrastruktur Tilgang på transportmidler 		<ul style="list-style-type: none"> Forventer økt fokus internasjonalt på skip Flere modeller tilgjengelig
Batteri-elektrisk		<ul style="list-style-type: none"> Rekkevidde Kostnad Infrastruktur 		<ul style="list-style-type: none"> Redusert kostnad, økt energitetthet og energieffektivisering
Hydrogen		<ul style="list-style-type: none"> Umoden teknologi Høy kostnad Skala for å redusere kostnad 		<ul style="list-style-type: none"> Teknologeutvikling Økt skala Antall kjøretøy tilgjengelig

Status og utvikling for teknologi til langdistanse-transport

	2018	Viktigste barrierer	2030	Forutsetninger
HVO		<ul style="list-style-type: none"> Økende kostnad? Begrenset tilgang på bensinstasjoner 		<ul style="list-style-type: none"> Bærekraftig tilgang blir mer utfordrende ved økt volum Bruk til tungtransport prioriteres
Biodrivstoff fra trevirke		<ul style="list-style-type: none"> Umoden produksjonsteknologi Høy kostnad 		<ul style="list-style-type: none"> Usikker tilgang Høy kostnad
Biogass		<ul style="list-style-type: none"> Infrastruktur og tilgang på biogass på transportrutene Tilgang på transportmidler 		<ul style="list-style-type: none"> Krever LBG og tankanlegg underveis Flere modeller på LBG
LNG		<ul style="list-style-type: none"> Infrastruktur langs transportrutene Tilgang på transportmidler 		<ul style="list-style-type: none"> Økt fokus internasjonalt på skip Flere modeller på LNG Infrastruktur i transportkorridorer
Batteri-elektrisk		<ul style="list-style-type: none"> Rekkevidde Kostnad Infrastruktur og høy effekt 		<ul style="list-style-type: none"> Redusert kostnad, økt energitetthet og energieffektivisering Infrastruktur i transportkorridorer
Hydrogen		<ul style="list-style-type: none"> Umoden teknologi, høye kostnader Skala for å redusere kostnad 		<ul style="list-style-type: none"> Teknologeutvikling Økt skala Antall kjøretøy i produksjon

- Økt bruk av biodrivstoff er den enkleste og rimeligste løsningen for å redusere klimagassutslipp i næringslivets transporter, særlig for lang- og tungtransport på vei, langtransport for skip. For fly er biodrivstoff den eneste mulige klimaløsningen i perioden fram til 2030. Utfordringen er at råstoff til produksjon av biodrivstoff er begrenset, slik at bærekraftig bruk krever en prioritering av bruksområdene. I tillegg er produksjonsteknologier basert på trevirke som råstoff umodne teknologier som først kan tas i bruk om noen år. Kostnaden for trevirkebasert drivstoff vil dessuten være relativt høy.

- Biogass er også en mulig løsning, særlig for distribusjonslastebiler og skip. Tilgangen på biogass er begrenset, men økende, og man kan ta i bruk flere typer råstoff for å øke produksjonen. Kostnaden ved produksjon fra andre råstoff enn kommunalt bioavfall vil trolig være høyere. Bruk av biogass krever også ny infrastruktur. Naturgass (LNG) er et fossilt drivstoff, men kan likevel bidra til å redusere klimagassene fra skip. Den internasjonale bruken av LNG er økende, drevet fram av behovet for å redusere utslipp av svovel og NOx.
- Potensialet for bruk av batteri i transportmidler er særlig stort i mindre enheter og/eller for korte og faste ruter. Særlig aktuelt er det for varebiler, bybusser, distribusjonslastebiler, ferger og små passasjerskip. Investeringskostnaden er høy, men energikostnaden ved bruk er lavere enn for fossilt drivstoff. Etter hvert som batterikostnaden faller og energitettheten øker, kan batteri brukes i større enheter og over lengre avstander, men for tung langtransport vil andre alternativer trolig være bedre egnet i perioden fram til 2030.
- Hydrogendrevne transportmidler er i dag på demonstrasjonsstadiet, og vil trolig ha begrenset utbredelse til etter 2025. Kostnadene vil reduseres ved storskala produksjon og økt levetid på brenselceller, så det er en litt «høna og egget» problemstilling. I tillegg til høy investeringskostnad, vil man ikke få store kostnadsbesparelser ved bruk i og med at hydrogen vil ha omtrent samme kostnad pr. km som fossilt drivstoff. Ferger, nærtransportskip, distribusjonslastebiler og busser kan være tidlige anvendelsesområder for hydrogen.

I et CO₂-fond vil det være nyttig å vurdere hvilket drivstoff som gir høyest klimanytte til en lavest mulig kostnad for hver transportkategori. Som oppsummeringen viser, er det klimareduserende teknologi tilgjengelig for alle transportformene, men alle teknologiene vil ikke egne seg for alle områdene. I tillegg vil det være viktig å prioritere bruken av biodrivstoff mellom sektorene. For anleggs- og jordbruksmaskiner er det flere teknologier som kan være mulig (biogass, LNG, batterier), men begrensningen er tilgang på maskiner i markedet, særlig for store anleggsmaskiner.

Biodrivstoff

Biodrivstoff har mange fordeler, men også noen tydelige utfordringer. Avansert biodrivstoff kan brukes som innblanding i fossile drivstoff uten endringer i transportmidlene. Man kan også benytte eksisterende infrastruktur ved en overgang fra fossilt til biodrivstoff. Utfordringene er i første rekke knyttet til tilgang på råstoff, for lav skår på bærekraftkriteriene for enkelte råstoff og til kostnadene ved selve drivstoffet. For å oppfylle EUs krav til bærekraft må biodiesel være sertifisert i henhold til gitte kriterier. EUs bærekraftkriterier krever en klimagevinst på minst 60 prosent sammenlignet med bruk av fossil diesel for å bli sertifisert.

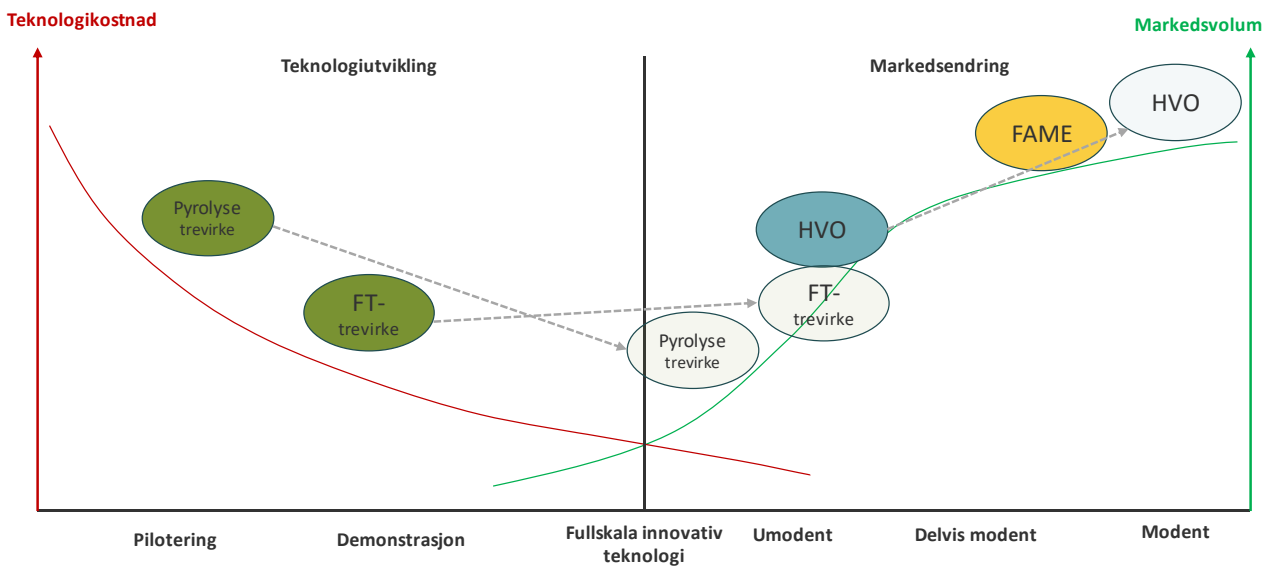
Figurene under oppsummerer henholdsvis status og utviklingsperspektiver for biodrivstoff. Sirklene gir en kvalitativ vurdering av hvordan de ulike teknologiene skårer på de ulike kriteriene. Svart farge indikerer høy skår. I figuren som viser teknologialternativenes modenhet, representerer plasseringen status i dag, mens pilene angir vår oppsummering av forventet utvikling fram til 2030.

Status for biodrivstoff

	FAME	HVO (fra planteolje)	Fischer-Tropsch (fra trevirke)	Pyrolyse (fra trevirke)	Kommentar
FUNKSJONSKRAV					<ul style="list-style-type: none"> Avansert biodiesel kan brukes 100 % i kjøretøy, fartøy og maskiner Maks innblanding i fly er 50 %
KOSTNAD					<ul style="list-style-type: none"> Usikker kostnad på HVO når krav til bærekraft øker Avansert drivstoff fra cellulose har høye kostnader
TILGJENGELIGHET					<ul style="list-style-type: none"> Tilgang på bærekraftig planteolje er begrenset Avansert drivstoff fra cellulose er ikke tilgjengelig
INFRASTRUKTUR					<ul style="list-style-type: none"> FAME tilgjengelig innblandet, men få separate anlegg HVO-tanking kan etableres særskilt, men lite offentlig anlegg

En overgang fra planteoljer til trevirke øker tilgangen på bærekraftig råstoff, men kostnaden til produksjon vil øke. Teknologien til produksjon av biodrivstoff fra trevirke, f.eks. Fischer-Tropsch og pyrolyse, er fortsatt umoden og man forventer en kommersialisering først i 2021-2027.

Modning av biodieselproduksjon fram til 2030



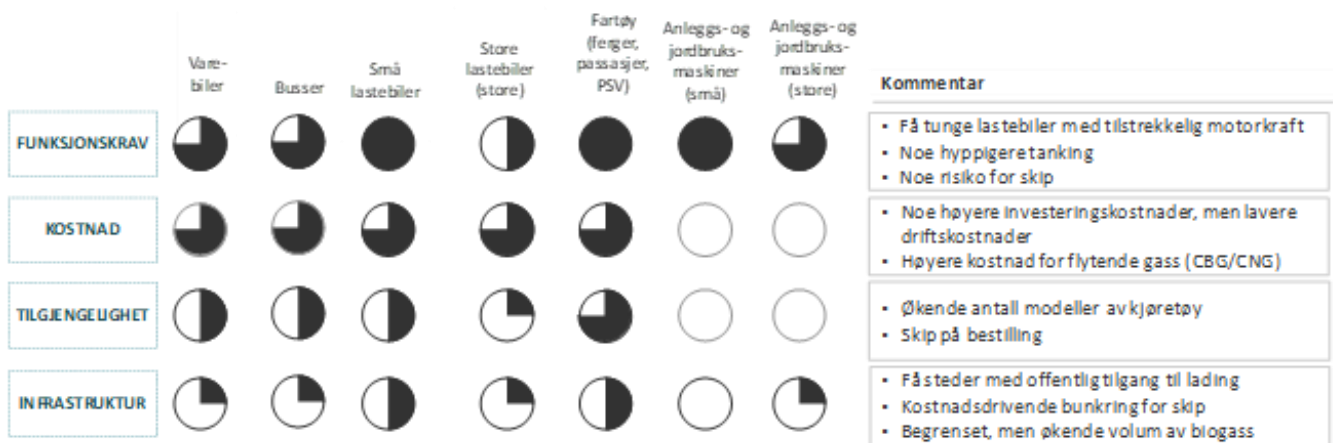
Biogass og LNG

Vi har valgt å behandle biogass og LNG samlet fordi biogass har samme kjemiske sammensetningen som naturgass. Den viktigste forskjellen er at biogass er produsert fra fornybart råstoff, mens naturgassen er fossil. Det betyr at produksjonsprosessen er forskjellig, men mange av de teknologiske problemstillingene rundt anvendelsen av naturgass og biogass er sammenfallende. LNG er med fordi bruken gir lavere utslipp både av svovel og CO₂ sammenlignet med alternativene.

I Norge er det vanligst å produsere biogass ved anaerobisk nedbrytning av slam, organisk avfall og husdyrgjødsel. Bruk av biogass til transport krever en oppgradering av gassen, noe som i praksis innebærer å fjerne komponenter som ikke er metan slik at innholdet blir renere. Potensialet for produksjon av norsk biogass er i størrelsesorden 6-8 GWh basert på dagens råstoff. Bruk av andre råstoff, som f.eks. biologisk avfall fra oppdrett og landbruk, vil øke potensialet. Tilgjengeligheten av naturgass er for alle praktiske formål ubegrenset.

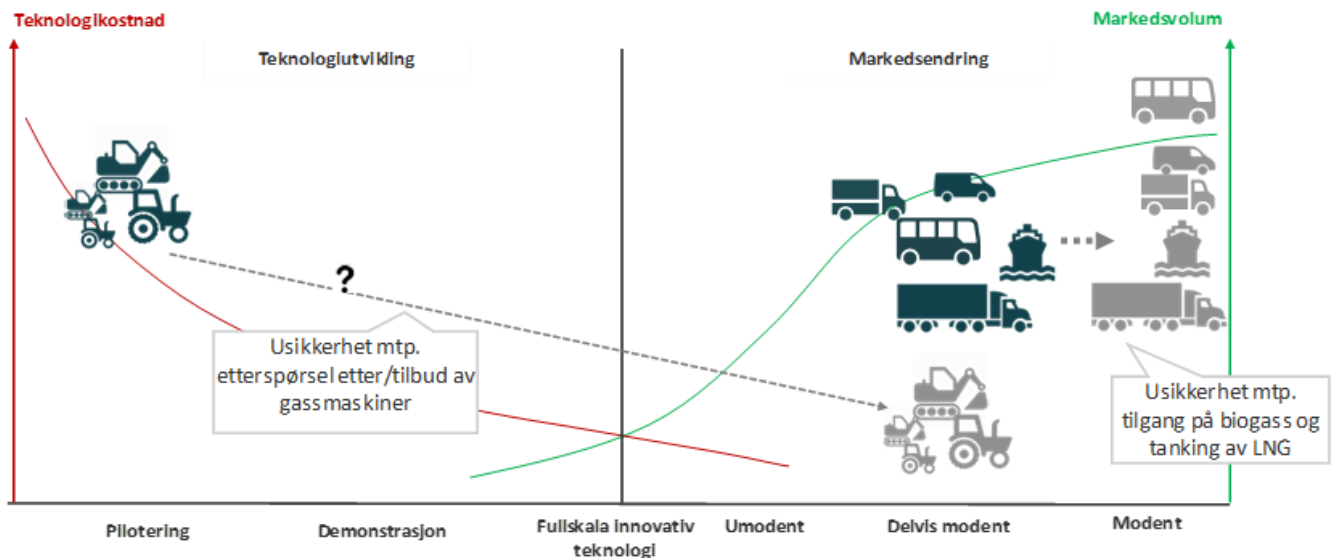
Figurene nedenfor gir en oversikt over henholdsvis status og perspektiver for teknologit utviklingen for transportmidler som drives av biogass eller naturgass. Transportmidler som bygges med sikte på bruk av biogass/ naturgass, skårer gjennomgående høyt på funksjonskrav og er tatt i bruk både i busser, lastebiler, varebiler og skip. For tyngre lastebiler og skip er det behov for flytende gass for å oppnå tilstrekkelig energitetthet. Investeringskostnadene er i de fleste tilfeller noe høyere enn for bruk av diesel, men driftsøkonomiske total kostnader er ikke nødvendigvis mye høyere, særlig ikke for bruk i bybusser, distribusjonslastebiler og noen typer skip. For både lastebiler, busser og skip i langtransport kan aktørene ikke etablere egen infrastruktur for tanking, noe som gjør at det ikke er mulig å ta i bruk biogass/LNG der det ikke finnes landsdekkende og i mange tilfeller internasjonal infrastruktur.

Status biogass/LNG



Det forventes at LNG får økende markedsandeler i skipsfart både i Norge og internasjonalt og vil da erstatte tung bunkersolje, noe som i tillegg til lavere klimautslipp, gir vesentlig mindre utslipp av svovel. Tilgjengeligheten av tunge lastebiler som går på flytende gass forventes å øke. Anleggs- og landbruksmaskiner med gassmotorer er ikke tilgjengelig, men det er ikke noe som tilsier at teknologien ikke vil fungere også i dette segmentet. Tilgangen på maskiner og andre transportmidler sammen med tilgang på biogass og utbygging av infrastruktur har betydning for markedsutviklingen av biogass fram til 2030. Om dette løses, kan gass være et rimelig og godt alternativ for alle deler av næringslivets transporter.

Modning av biogass og naturgass til næringslivets transporter fram til 2030



Batteriteknologi

Batteriteknologien har vært gjennom en rivende teknologisk utvikling de siste årene, men det er viktig å være klar over at det finnes mange ulike typer batterier med forskjellige egenskaper og anvendelsesområder.

Det finnes små varebiler og lastebiler på markedet i dag, men i et begrenset antall modeller. Det er tre fullelektriske ferger i drift i Norge i dag, og en stor andel vil trolig være elektriske innen 2030. En rekke norske byer gjennomfører piloter og gradvis innføring av elektriske bybusser. Linjer som egner seg godt for elektrifisering, er i ferd med å bli kostnadseffektive sammenlignet med dieselbusser på grunn av lavere energikostnader. Løsninger for lading må i all hovedsak etableres særskilt for hvert transportområde i og med at behovet for ladehastighet, plassering og areal varierer. Infrastruktur vil være særlig utfordrende for tung langtransport, busser utenom byene og maritim transport uten kjent rute. Figurene under oppsummerer vår statusvurdering og perspektivene fram til 2030 for batteridrevne transportmidler

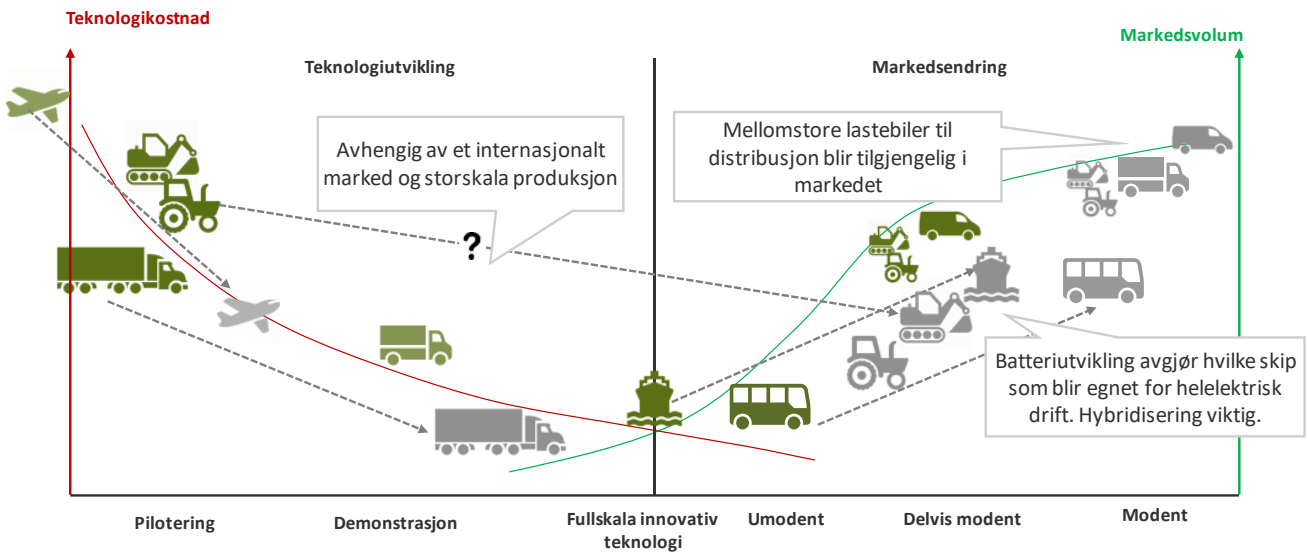
Status batterielektriske transportmidler

	Varebiler	Busser	Små lastebiler	Store lastebiler	Fartøy (ferger, passasjer, PSV)	Anleggs- og jordbruksmaskiner (små)	Anleggs- og jordbruksmaskiner (store)	Kommentar
FUNKSJONSKRAV								<ul style="list-style-type: none"> Små kjøretøy/fartøy innenfor rekkevidde er OK Store kjøretøy/fartøy og lange avst. fungerer ikke
KOSTNAD								<ul style="list-style-type: none"> Lave driftskostnader, høyere investeringskostnad Store batterier og lav brukstid er krevende
TILGJENGELIGHET								<ul style="list-style-type: none"> Økende antall modeller, men fortsatt begrenset antall å velge i
INFRASTRUKTUR								<ul style="list-style-type: none"> Infrastruktur finnes for personbiler, enkeltferger og depot Ingen ladeanlegg for tungtransport og maskiner

Den forventede kostnadsreduksjonen på batterier vil både redusere kostnadene og bidra til å øke rekkevidden og dermed legge til rette for at større kjøretøy, fartøy og maskiner kan elektrifiseres. På grunn av batterienes tyngde vil også økt energitetthet (vekt) være positivt for elektrifiseringen av transportsektoren. Økt energieffektivitet som gir økt rekkevidde med samme batteristørrelse, vil også bidra positivt. Videre vil økt levetid på batteriene få stor betydning for kostnadsbildet.

Viktige drivkrefter for den videre kostnadsutviklingen for batterier er fortsatt teknologiutvikling og økende produksjonsvolumer etter hvert som etterspørselen tar seg opp. Det skjer mye forskning og utvikling på batterier. Hvor raskt utviklingen går er usikkert. Høyere produksjonsvolumer gir fallende kostnader på grunn av skalaeffekter, men det kan oppstå utfordringer ved manglende tilgang på viktige råvarer, noe som kan drive kostnadene oppover om man ikke klarer å utvikle gode alternativer. Hvilke modeller som tilbys i markedet, avhengiger av den internasjonale etterspørselen og de ulike produsentens satsing på elektriske framkomstmidler.

Modning av batteridrevne transportmidler



Hydrogen

Hydrogen kan produseres basert på elektrolyse eller dampreformering av metan. Skal hydrogen gi positiv klimanytte, må kraften som brukes i elektrolyseprosessen være basert på fornybare energikilder, mens dampreformering av fossilt basert metan må kombineres med karbonfangst (CCS). Det norske selskapet NEL oppgir at kostnaden for hydrogen fra elektrolyse, inkludert hydrogenfyllestasjoner og med et tilstrekkelig kundegrunnlag, ligger på rundt regnet 10 kr/kg hydrogen. Med en slik pris blir drivstoffkostnaden for hydrogen omtrent den samme som for diesel.

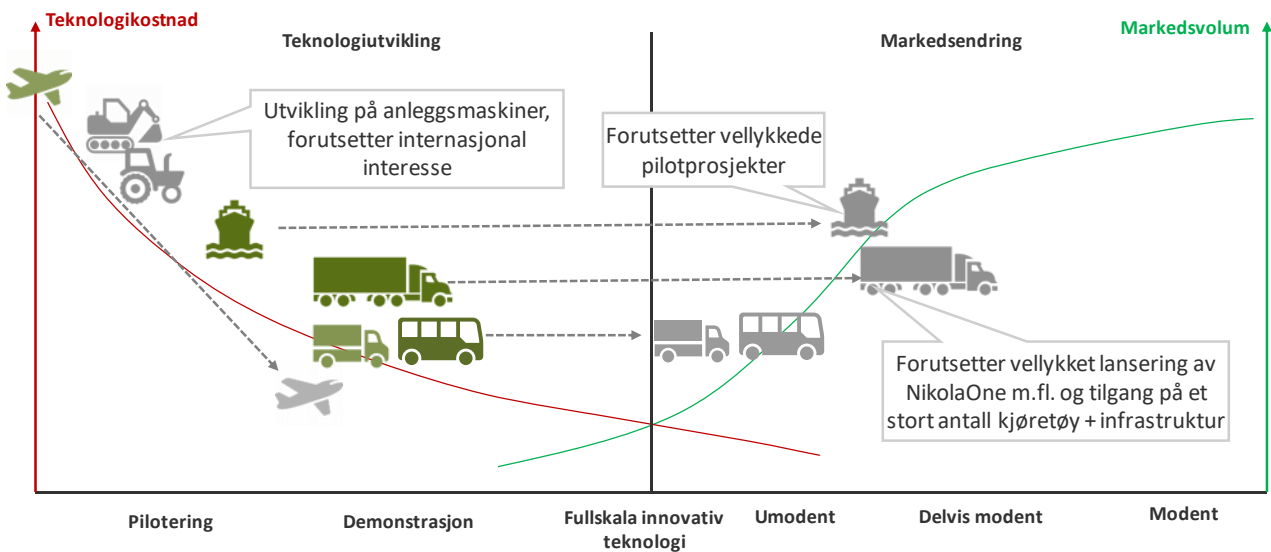
Tilgangen på modeller innen de ulike transportsegmentene for næringslivet er i dag begrenset. Om lag 70 hydrogenbusser har gjennom perioden 2010 til 2016 blitt testet i ulike demonstrasjonsflåter i Europa, og en kan forvente en utvikling mot kommersialisering de neste årene. En hydrogenferge skal piloteres i Rogaland, mens flere lastebilprodusenter arbeider med å utvikle hydrogenelektriske lastebiler. Nikola One har annonsert at de vil lansere en hydrogenlastebil i 2021, men et antall på 100 første året og 35.000 i 2028. Det i dag ingen tilgjengelige modeller for hydrogendrift av varebiler eller landbruks- og anleggsmaskiner. Figurene under gir en oppsummering av henholdsvis status og fremtidsperspektivene for hydrogen som drivstoff

Status for hydrogen som drivstoff

	Varebiler	Busser	Små lastebiler	Store lastebiler	Fartøy (ferger, passasjer, PSV)	Anleggs- og jordbruksmaskiner (små)	Anleggs- og jordbruksmaskiner (store)	Kommentar
FUNKSJONSKRAV	●	●	●	●	●	●	●	<ul style="list-style-type: none"> Vil ha kortere rekkevidde enn diesel Sikkerhetskrav for skip
KOSTNAD	○	○	○	○	●	○	○	<ul style="list-style-type: none"> Umoden for bruk i transport Høye kostnader til brenselcelle og H2
TILGJENGELIGHET	○	○	○	○	○	○	○	<ul style="list-style-type: none"> NikolaOne er annonsert lansert 2021 Hydrogenferge skal piloteres i Rogaland
INFRASTRUKTUR	●	●	●	○	●	○	●	<ul style="list-style-type: none"> Noen fyllestasjoner er etabler i største byer H2 kan leveres på tank

Barrierene for økt bruk av hydrogen i stor skala er fortsatt høye kostnader, tilgang på infrastruktur og modeller. Det er grunn til å forvente en omfattende teknologiutvikling og innovasjonsarbeid fram til 2030, men omfattende tilgang på modeller (antall) vil tidligst skje når vi nærmer oss 2030-tallet.

Modning av hydrogendrevne transportmidler



Del 2. Incentivvirkninger av et CO₂-fond

Hovedstrukturen i et CO₂-fond

Formålet med en miljøavtale som bygger på en fondsløsning, er å stimulere næringslivet til å bidra til at de overordnede nasjonale utslippsmålene nås. Fondet skal stimulere til at næringslivet iverksetter utslippsreducerende tiltak samtidig som hensynet til næringslivets konkurranseevne ivaretas.

Vi kjenner ikke i dag den endelige utformingen av et CO₂-fond, så våre vurderinger bygger på noen forutsetninger om innholdet i en eventuell fremforhandlet avtale. Antagelsene bygger på erfaringene fra NO_x-fondet, men er tilpasset forskjellene mellom hvordan CO₂-avgift og NO_x avgift innkreves. Ett av hovedelementene i en avtale vil være fritak for CO₂-avgift gjennom avtaleperioden mot at fondet forplikter seg til en viss utslippsreduksjon. Hvis ikke utslippsforpliktelsen nås, vil en straffemekanisme tre i kraft. Fondet finansieres gjennom en medlemsavgift som antas å være lavere enn CO₂-avgiften. Fondets inntekter brukes til å støtte utslippsreducerende tiltak blant medlemsbedriftene.

Disse prinsippene danner utgangspunkt for vår analyse av et CO₂-fonds incentivvirkninger. Det må understrekes at incentivvirkningene av et CO₂-fond langt på vei vil være avhengig av hvordan fondet til slutt blir utformet, samt styrken og innretningen på de ulike parameterne.

Incentivene

I gjennomgangen av incentivmekanismene har referansen vært en statlig støtteordning der CO₂-avgiften brukes til å finansiere tilsvarende prosjekter gjennom det eksisterende statlige virkemiddelapparatet.

Kollektiv juridisk forpliktelse om utslippskutt

Medlemmene i et CO₂-fond forplikter seg kollektivt og juridisk til å oppnå en viss reduksjon i CO₂-utslippene gjennom en avtale. Det er ikke tilfellet med en CO₂-avgift i kombinasjon med en statlig støtteordning. Enova har for eksempel et mål, men ikke en juridisk forpliktelse til at målet nås. Med en CO₂-avgift vet man ikke på forhånd hvor store utslippskutt som vil bli gjennomført. Nå er det ikke gitt at utslippsreduksjonsforpliktelsen i et CO₂-fond heller blir realisert fullt ut, men nivået på utslippsreduksjonen er sikrere enn uten en slik utslippsforpliktelse.

Individuelle incentivmekanismer

De individuelle incentivmekanismene er knyttet til om og i hvilken grad hver enkelt bedrift motiveres til å melde seg inn, søke og gjennomføre utslippsreducerende tiltak.

Bedriftene må vurdere minst fire forhold

- *Rabatt:* En miljøavtale gir bedriftene fritak for CO₂-avgiften så lenge avtalen gjelder. For å finansiere fondet må bedriftene betale en medlemsavgift i stedet. Dersom medlemsavgiften settes lavere enn CO₂-avgiften, vil bedriften oppnå en midlertidig rabatt.
- *Muligheter for støtte.* Ved å være medlem kan bedriftene få støtte av fondet til å gjennomføre utslippsreducerende tiltak.
- *Straffemekanismen.* Utformingen av straffemekanismen og hvordan bedriften rammes dersom den kollektive utslippsreduksjonsforpliktelsen ikke blir realisert.
- *Administrative byrder.* Medlemskap vil kunne innebære noen administrative byrder som for eksempel rapportering av utslipp m.m.

Bedriftene vil vurdere disse fire forholdene opp mot hverandre. Jo større rabatten er og jo større sannsynlighet den enkelte bedriften har for å få støtte til utslippsreducerende tiltak, desto større utslippsforpliktelse kan de være med på å ta på seg.

Økt oppmerksomhet og kunnskaper om utslippsreducerende tiltak

For å studere incentivmekanismene for medlemmene i et CO₂-fond nærmere, tar vi utgangspunkt i bedriftenes beslutningsprosess knyttet til å delta i fondet, søke om støtte og gjennomføre tiltak. Et sentralt spørsmål blir da hvordan medlemskap i et CO₂-fond vil påvirke de ulike trinnene i beslutningsprosessen.

Trinnene i bedriftenes beslutningsprosess kan inndeles i

1. Melde seg inn i fondet, eller betale CO₂-avgift?
2. Gjennomgå egne utslipp og kartlegge mulige tiltak og støttebehov
3. Sende søknad til fondet om støtte
4. Beslutte om å iverksette tiltak

Etter en gjennomgang av de fire trinnene i beslutningsprosessen, og med bakgrunn i erfaringene fra NOx-fondet har vi formulert følgende tre hypoteser. Hypotesene er ikke testet formelt, men er en måte å formulere noen troverdige antagelser om betydningen av den økte oppmerksomheten, kunnskapen og nettverkseffektene som et CO₂-fond kan bidra med.

Den første delhypotesen er at et CO₂-fond vil øke bedriftsledelsenes fokus på investeringer i utslippsreducerende tiltak sammenlignet med en CO₂-avgift.

Den andre delhypotesen er at et CO₂-fond vil øke selskapenes oppmerksomhet og kunnskaper om kostnader, nytte og risiko knyttet til egne tiltak.

Den tredje delhypotesen er at et CO₂-fond vil øke informasjon og kunnskap om de mulighetene som ny teknologi kan gi, med sikte på å redusere utslippene både for det enkelte medlemmet og på bransjenivå.

CO₂-fondets egenskaper for å overkomme sentrale barrierer

For å øke attraktiviteten av utslippsreducerende tiltak, må barrierer overkommes. Som vi har avdekket i del 1, finnes det et bredt spekter av barrierer som inkluderer kostnader, operasjonelle begrensninger, manglende betalingsvilje i sluttbrukermarkedet og politiske barrierer. Spørsmålet er hvilke barrierer et CO₂-fond bør rettes inn mot.

De barrierene som bedriftene møter, varierer på tvers av teknologiområdene, og betydningen vil også være forskjellig. I denne studien deler vi barrierene inn i fire forskjellige kategorier;

Høyere kostnader i innkjøp og/eller drift

For et CO₂-fond vil det være aktuelt å gå inn med støtte så lenge TCO (totale kostnader) for lavutslippsalternativene er høyere enn for de fossile alternativene. I de fleste tilfellene vil alternativene værere dyrere i innkjøp, men ikke alltid. I enkelte segmenter utgjør drivstoffkostnadene de største forskjellene, mens selve kjøretøyet kan være rimeligere i innkjøp. Fondet må derfor ta stilling til hvordan støtten skal gis, som et engangsbetrag eller som et årlig driftstilskudd.

Operasjonelle begrensninger

Typiske operasjonelle begrensninger er faktorer som rekkevidde, tilgang på velegnede modeller og tilgang på infrastruktur.

Et CO₂-fond må vurdere i hvilken grad og på hvilke områder støtte til bygging av infrastruktur er et hensiktsmessig fokusområde. Det vil blant annet komme an på om andre støtteordninger administrert av det offentlige er rettet inn mot å støtte slike prosjekter. Det er også en utfordring at det kan være vanskelig å måle utslippsreduksjoner som følge av infrastruktur.

Et CO₂-fond kan imidlertid også bidra indirekte til å redusere operasjonelle barrierer gjennom såkalte skalaeffekter: Etter hvert som flere kjøper nye typer transportmidler, øker volumet, noe som gir positive skalaeffekter både i produksjonen og bruken av infrastruktur. Det vil i neste omgang bidra til å redusere de operasjonelle barrierene ved at flere og rimeligere modeller kommer på markedet og at det blir mer lønnsomt å bygge ut infrastrukturen.

Manglende betalingsvilje i sluttmarkedet

En viktig barriere for næringslivsaktører er at betalingsviljen for bærekraftige transportalternativer ikke alltid er til stede hos kundene. Kundene er ofte primært opptatt av konkurransedyktige priser på sluttproduktene og legger ikke vekt på verdien av at leverandøren bidrar til bærekraftige transportløsninger. Næringslivsaktørene vil dermed ikke kunne velte økte kostnader knyttet til bærekraftige løsninger over på kundene. Manglende betalingsvilje i sluttmarkedet er en av grunnene til at det er nødvendig med støtteordninger. Vi vil tro at direkte påvirkning av betalingsvilje i sluttmarkedet ikke bør være et prioritert område for et CO₂-fond.

Politiske barrierer

En type politisk usikkerhet er hvordan reglene om statsstøtte påvirker premisene for hvordan støtte kan gis til kommersielle aktører.

Et CO₂-fond må godkjennes av ESA, men de kravene som ESA eventuelt vil stille for å godkjenne ordningen kan være mindre strenge enn dem som stilles til en støtteordning forvaltet av et statlig organ. En fondsløsning kan med andre ord være mer fleksibel enn en statlig støtteordning.

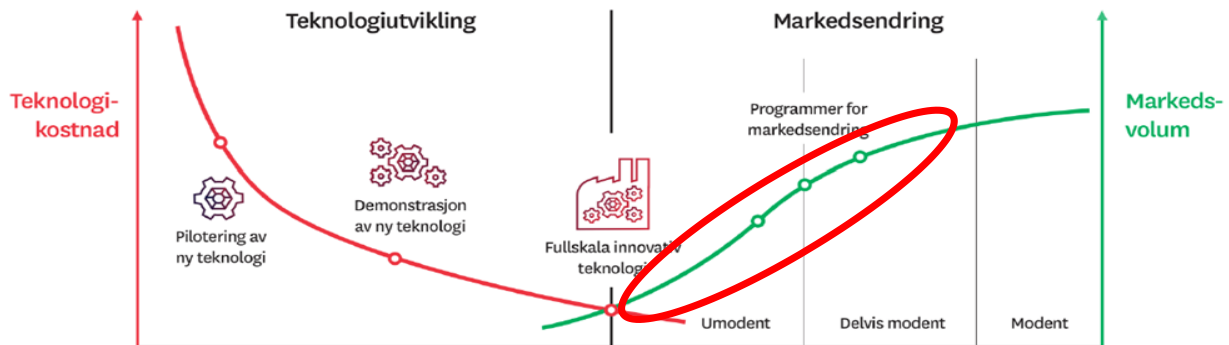
Forholdet til andre støtteordninger

Som illustrert i figuren på neste side vil et CO₂-fond fortrinnsvis støtte prosjekter som benytter teknologialternativer som er i markedsendringsfasen.

Et godt samspill mellom et CO₂-fond og andre støtteordninger er viktig for fondets evne til å levere på sine forpliktelser. Fondet må finne sin plass blant andre virkemidler og støtteordninger for utslippskutt i transportsektoren. For det første må det sikres at det ikke blir overlapp mellom støtte fra fondet og fra andre ordninger. Fondet bør hovedsakelig støtte teknologi som er kommet forbi stadiet med fullskala pilotering. Støtte til bygging av infrastruktur bør som hovedregel dekkes av andre støtteordninger dersom implikasjonene for medlemmene er vanskelig å måle. Her blir det viktig å finne en god samarbeidsform. I hvilken grad det kan være aktuelt for et CO₂-fond å støtte bedrifter som deltar i offentlige anskaffelsesprosesser, er avhengig av at prosjektene bidrar til at utslippsreduksjonsforpliktelsen nås. Innovative offentlige anskaffelser er i utgangspunktet rettet mot leverandørbedrifter som utvikler ny teknologi. Innovative anskaffelsesprosesser kan for øvrig være et konsept som større næringslivsaktører kan ta i bruk i forhold til sine underleverandører av

transporttjenester. En kan da tenke seg at fondet støtter en innovativ samarbeidsprosess mellom bedriften og deres underleverandører.

Hovedfokus for et CO₂ fond sett i forhold til modenheten av teknologialternativene



Kilde: Enova, THEMA Consulting Group AS

Hvordan sikre at fondet også kan komme små aktører til gode?

Sammenlignet med i NO_x-fondet kan et CO₂-fond potensielt få mange mindre medlemmer. Selv om aktørene er små, utgjør deres samlede utslipp en betydelig andel av utslippene fra næringslivets transport. Det er derfor viktig å få dem med. Det er også grunn til å tro at mange av disse aktørene kan ha lave tiltakskostnader. For å sikre at små aktører melder seg inn og søker om prosjektstøtte, er det viktig med standardisering og forenkling av søknadsprosess og dokumentasjonskrav. Standardisering vil være mulig fordi tiltakene vil være like for mange av de små aktørene. Det er også et spørsmål om differensiering av medlemsbetingelsene må til for at de små aktørene finner grunn til å delta i et CO₂-fond.

1 BAKGRUNN OG PROBLEMSTILLING

Realiseringen av norske klimamål for 2030 innebærer at CO₂-utslippene fra transportsektoren må halveres innen 2030. Det er ambisiøst, ikke minst for næringslivets transporter som bidrar til ca. 2/3 av transportutslippene i Norge.

Politiske mål er definert gjennom Nasjonal transportplan i 2017

Norske myndighetenes ambisjoner om klimakutt og overgang fra fossilt drivstoff til fornybare kilder i transportsektoren er demonstrert i oppdateringen av Nasjonal transportplan (NTP) som ble politisk behandlet våren 2017. Noen sentrale momenter i NTP er:

- Nye personbiler og lette varebiler skal være nullutslippskjøretøy (dvs. batterielektriske eller hydrogenkjøretøy) fra 2025
- Nye bybusser skal være nullutslippskjøretøy fra 2025
- Innen 2030 skal tyngre varebiler, 75 prosent av nye langdistansebusser og 50 prosent av nye lastebiler være nullutslippskjøretøy
- Ambisjon om at 40 prosent av alle skip i nærskipfart skal bruke biodrivstoff eller være lav- eller nullutslippsferger innen 2030
- Sikre at alle nye riksvegferger er lav- eller nullutslippsferger, og bidra til det samme for alle fylkeskommunale ferger og hurtigbåter
- Innføre et omsetningskrav på 1 prosent bærekraftig biodrivstoff i luftfart fra 2019, med mål om 30 prosent innblanding fra 2030
- Nullutslipp på nye tog i den grad teknologitvikingen tillater det
- All vekst i persontransport i byområdene skal skje med kollektivtransport, sykkel og gange, og legge til rette for dette også utenfor byområdene
- Tilrettelegge for økt godstransport på sjø og bane, særlig på de lange distansene.
- Bidra til å redusere klimagassutslippene fra godstransport ved å stimulere aktørene til å ta i bruk miljøvennlig transportmiddelteknologi, alternative drivstoff og effektivisere transport og logistikk

I perioden fram til 2030 forventes det samtidig en økning på 20 prosent i transportmengden på vei sammenlignet med 2015 og en økning i totalt antall kjøretøy.

Rollen til et CO₂-fond

For næringslivet er det viktig at det utvikles virkemidler som stimulerer til en raskere introduksjon av ny teknologi og nye løsninger, samtidig som det tas hensyn til næringslivets behov for å opprettholde konkurranseevnen.

Et CO₂-fond for næringslivets transporter, etter modell av NO_x-fondet, kan være et slikt virkemiddel. Flere næringsorganisasjoner arbeider nå sammen med Klima- og miljødepartementet og Miljødirektoratet for å utrede potensial og innretting av et slikt fond. Fondet skal dekke vei- og sjøtransport, luftfart og anleggs-/landbruksmaskiner og drivstoffene el, hydrogen, biogass, biodrivstoff og LNG, inkludert behovet for infrastruktur.

Et viktig formål med et CO₂-fond er å mobilisere næringslivet gjennom en frivillig ordning som har tydelige incentivmekanismer for å fremme utslippsreducerende tiltak i næringslivet.

Det pågår nå forhandlinger mellom norske næringslivsorganisasjoner og Klima- og miljødepartementet om å betingelsene for et CO₂-fond for næringslivet.

Et CO₂-fond forutsetter at det inngås en miljøavtale mellom næringslivsorganisasjoner og myndighetene. Fondet kan utformes på ulike måter, men forventes å bygge på følgende generelle prinsipper:

- Fondets medlemmer får fritak for CO₂-avgift, men må i stedet betale inn en medlemsavgift til fondet som er knyttet til selskapets utslipp.
- Medlemsavgiften er lavere enn CO₂-avgiften, noe som bidrar til å redusere den økonomiske belastningen for medlemmene.
- Medlemmene i fondet forplikter seg samlet til å realisere et forhåndsbestemt utslippsmål.
- Medlemmene kan søke fondet om støtte til å realisere utslippsreducerende tiltak. Tildelingskriteriene kan f.eks. knyttes til tiltakets betydning for å fremme innovasjon og utrulling av nye løsninger. På den måten kan en fondsløsning stimulere til innovasjon og raskere implementering av ny teknologi.
- Fondets medlemmer vil normalt ha en forpliktelse til å lage en plan for reduksjon i egne utslipp.

Virkemiddelet har ennå ikke fått sin endelige form, og det forventes at de særtrekkene som gjelder for næringslivets transport, gjør at et CO₂-fond må utformes og struktureres litt annerledes enn NO_x-fondet. Likevel er det et mål at man kan bygge på mange av de gode erfaringene med NO_x-fondet, både når det gjelder utforming og drift, i den endelige utformingen av CO₂-fondet.

Utformingen og implementeringen av et CO₂-fond vil skje i en tidsperiode med høy endringstakt og betydelig usikkerhet når det gjelder framtidig teknologi, markedssituasjon og rammebetingelser.

Formål og inndeling av rapporten

Viktige formål med denne rapporten er å kartlegge muligheter og barrierer for å redusere utslipp i transportsektoren gjennom tiltak som trenger støtte og drøfte hvordan et CO₂-fond kan bidra til det og hvorfor det kan være et effektivt supplement til de tradisjonelle støtteordningene.

Rapporten gir ingen anbefalinger med hensyn tallfesting av potensielle utslippsreduksjoner. Oppdraget dekker heller ikke teknologialternativer basert på hybridløsninger.

Oppdraget er delt inn i to deler:

1. Del 1 gir en beskrivelse av teknologistatus for ulike deler av næringslivets transport i dag og perspektivene for teknologiutvikling og anvendelse av teknologiene i de ulike transportsegmentene fram til 2030. Del 1 dekkes av kapitlene 2-5
2. Del 2 Incentivegenskaper ved et CO₂-fond, herunder hvordan et CO₂-fond kan bidra til å overkomme de barrierene som er avdekket under del 1. Del 2 dekkes av kapitlene 6-10

2 BIODRIVSTOFF

Økt bruk av biodrivstoff er den enkleste og rimeligste løsningen for å redusere klimagassutslipp i næringslivets transport, særlig for lang- og tungtransport på vei og nærtransport for skip. For fly er biodrivstoff den eneste mulige klimaløsningen i perioden fram til 2030. Utfordringen er at råstoff til produksjon av biodrivstoff er begrenset, slik at bærekraftig bruk krever en prioritering mellom bruksområder. I tillegg er produksjonsteknologier basert på trevirke som råstoff umodent, og kan først tas i bruk tidlig på 20-tallet. Kostnaden for trevirkebasert drivstoff vil dessuten være relativt høy og produksjonsvolumet er usikkert.

2.1 Oppsummering av status og framtidsutsikter

I dette kapitlet ser vi på status og mulighetene for økt bruk av biodiesel og biojetfuel frem til 2030. Biobaserte drivstoff som kan erstatte bruk av bensin er også relevante, særlig for innblanding i henhold til innblandingskravet. Men det kan også være aktuelt for bruk i andre transportmidler dersom det kommer transportmidler som er relevant for bruk av bioetanol sett i lys av planer om norskprodusert bioetanol. Bensin benyttes imidlertid i mindre grad i store motorer som hovedtyngden av næringslivets transport betjenes av.

Status for biodiesel er oppsummert i henhold til følgende fire egenskaper:

- **Funksjonskrav:** En sammenligning av hvor godt teknologien fungerer i forhold til dagens alternativ (diesel).
- **Kostnad:** Hvor langt unna kostnaden er dagens kostnad.
- **Tilgjengelighet:** I hvilken grad man kan få tak i biodrivstoff.
- **Infrastruktur:** I hvilken grad infrastrukturen er på plass for å ta i bruk biodiesel.

Biodiesel kan i stor grad tas i bruk i dagens motorer. Utfordringen er i særlig grad knyttet til kostnaden og tilgangen på biodiesel som oppfyller EUs krav til bærekraft. Biodiesel fra planteolje og avfallsoljer finnes på markedet i dag, men potensialet for økt produksjon er noe begrenset. Biodiesel fra trevirke har en høy bærekraft skår, kan produseres i et høyere volum enn dagens plantebaserte biodiesel, men finnes ikke på markedet i dag. Kostnaden forventes å bli høy. Biodiesel blandes inn i dagens diesel, men det finnes i liten grad offentlig tilgjengelige pumper for 100 prosent biodiesel.

	FAME	HVO (fra planteolje)	Fischer-Tropsch (fra trevirke)	Pyrolyse (fra trevirke)	Kommentar
FUNKSJONSKRAV					<ul style="list-style-type: none"> • Avansert biodiesel kan brukes 100 % i kjøretøy, fartøy og maskiner • Maks innblanding i fly er 50 %
KOSTNAD					<ul style="list-style-type: none"> • Usikker kostnad på HVO når krav til bærekraft øker • Avansert drivstoff fra cellulose har høye kostnader
TILGJENGELIGHET					<ul style="list-style-type: none"> • Tilgang på bærekraftig planteolje er begrenset • Avansert drivstoff fra cellulose er ikke tilgjengelig
INFRASTRUKTUR					<ul style="list-style-type: none"> • FAME tilgjengelig innblandet, men få separate anlegg • HVO-tanking kan etableres særskilt, men lite offentlig anlegg

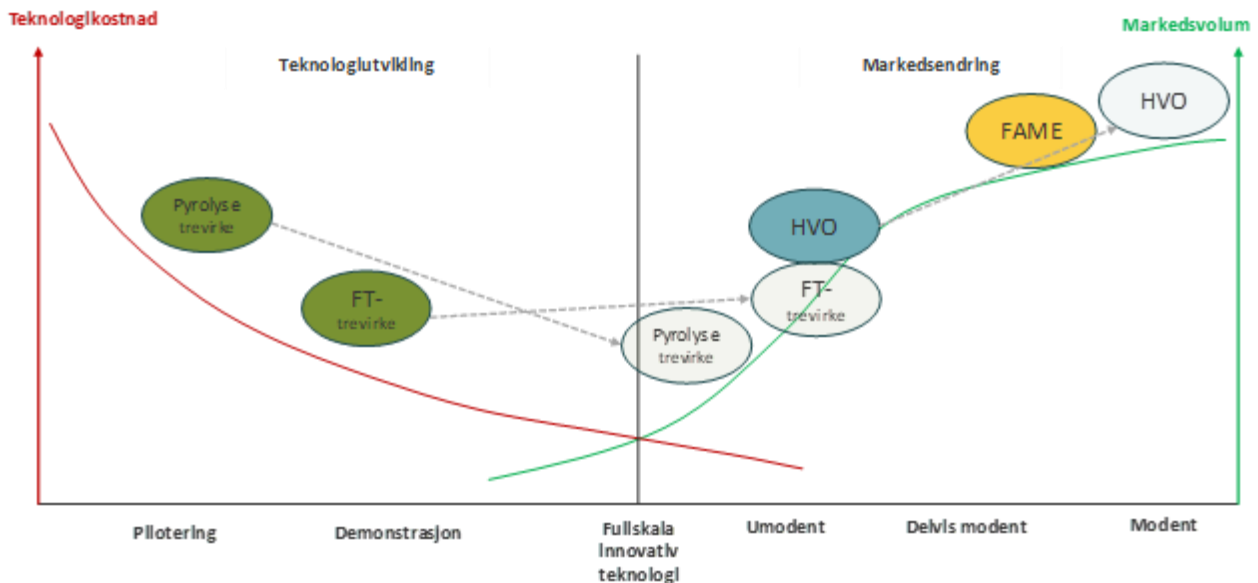
Under oppsummerer vi hva som skal til for at biodiesel og biojetfuel kan tas i bruk i større skala i perioden fram til 2030. Sertifisering for skip er viktig for bruken av biodiesel til sjøs, men det viktigste vil være å sikre økt tilgang på biodiesel produsert fra trevirke. Det vil kreve modning av teknologien

og en sikker avsetning for produsert drivstoff for aktører som ønsker å etablere storskala produksjon i Norge eller i andre land.

	Hva skal til for økt bruk?	Forventet status i 2030
FUNKSJONSKRAV	<ul style="list-style-type: none"> Økt produksjon av avansert biodiesel Sertifisering for skip og fly 	●
KOSTNAD	Kostnaden til biodiesel vil øke og støtte/krav må til for økt bruk: <ul style="list-style-type: none"> Kostnaden drives opp av krav til bærekraft Trebasert drivstoff vil være betydelig mer kostbart enn diesel 	◐
TILGJENGELIGHET	<ul style="list-style-type: none"> Tilgangen på HVO vil begrenses av bærekraft Sikker avsetning og stabil politikk, inkl. støtte for å få etablert produksjonsanlegg basert på trevirke. Time-to-market: 3-7 år 	◐
INFRASTRUKTUR	<ul style="list-style-type: none"> Egne tankanlegg må etableres, gjerne i samarbeid mellom flere aktører 	◐

Basert på informasjon om modenhet og «time-to-market» er det sannsynlig at avansert biodiesel blir tilgjengelig i perioden fram til 2030 som vist i Figur 1 under. I hvor stor grad avansert biodrivstoff fra trevirke blir tatt i bruk vil ha en sammenheng med kostnader og/eller krav som møter transportaktørene.

Figur 1: Modning av biodieselproduksjon fram til 2030



2.2 Egenskaper og tilgang

Det finnes biodrivstoff av mange ulike typer, der egenskapene avhenger av hvilket råstoff som er brukt og hvordan det er fremstilt. Diesel er mest aktuelt for bruk i store motorer og i Norge, vi har derfor fokusert mest på biodiesel i denne rapporten, selv om biodrivstoff også inkluderer biobasert bensinprodukter.

2.2.1 Biodrivstoff er i varierende grad kompatibelt med dagens diesel

FAME er biodiesel som er basert på oljeholdige plantevekster (raps, solsikke, soya, palmeolje) eller avfallsoljer (animalske eller vegetabiliske, f.eks. brukt fritureolje). RME som produseres på basis av raps er mest vanlig i Europa (TØI, 2017). Biodiesel av denne typen kan ikke erstatte fossil diesel

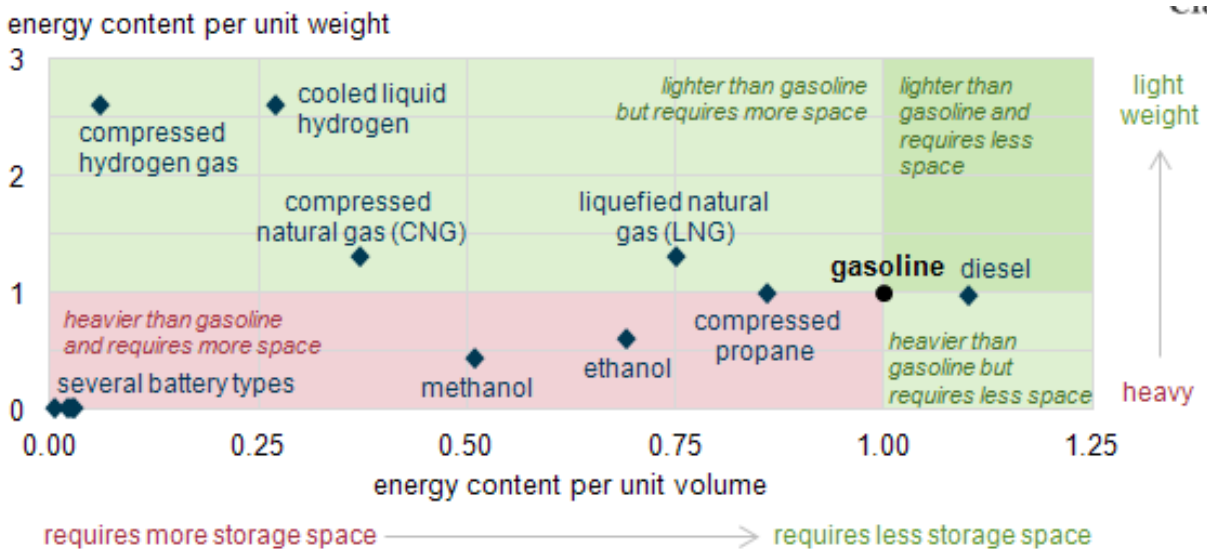
uten økt vedlikehold og risiko, men kan som hovedregel blandes inn 5-20 prosent uten at det påvirker driften og egenskapene ved bruk.

Såkalte avansert biodiesel er helt kompatibel med fossil diesel og er en fullgod teknisk erstatning for alle typer kjøretøy, fartøy og maskiner. HVO er et avansert drivstoff basert på plante- eller avfallsoljer. Det er likevel noen begrensninger på innblandingsandel biojetfuel.

2.2.2 Biodrivstoff har høy energitetthet

Det er en direkte sammenheng mellom rekkevidden til et kjøretøy og energitettheten til drivstoffet. Konvensjonelle diesel- og bensindrevne kjøretøy har en stor praktisk fordel på grunn av svært høy energitetthet på drivstoffet. Høy energitetthet gjør at man kan kjøre langt mellom hver gang man må fylle tanken. Biodiesel har omtrent samme energitetthet som fossil diesel, noe som er en stor fordel sammenlignet med andre fornybare drivstoff, se Figur 2. Teknologier i området som er merket med rødt, krever både mer plass og er tyngre enn dagens bensin/diesel. Det lysegrønne området over det røde feltet viser teknologier som er lettere, men som krever mer plass og større drivstofftanker enn dagens løsninger.

Figur 2: Sammenligning av tetthet for ulike drivstoff (bensin er indeksert til 1)



Kilde: U.S. Energy Information Administration (2014)

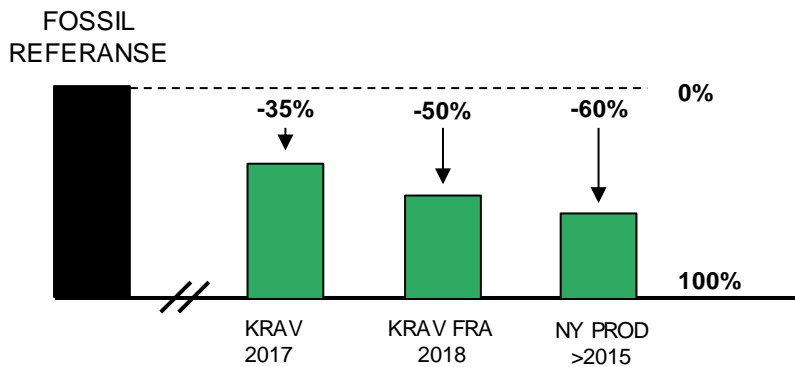
2.2.3 Tilgangen på bærekraftige råstoff er begrenset

For å sikre at EUs mål om fornybarandeler bidrar til bærekraftig utvikling i et globalt perspektiv, er det utviklet et omfattende regelverk for å definere bærekraftskriterier for biodrivstoff og flytende bio-brenslere. Regelverket, referert til som «EUs bærekraftskriterier», er implementert i Fornybardirektivet (EU RED) og Drivstoffkvalitetsdirektivet (EU FQD)¹. «EUs bærekraftskriterier» setter krav til råstoff og verdikjeder for produksjon og distribusjon av biodrivstoff. Disse kravene er primært relatert til arealbruk for fremstilling av råstoff og til minimum netto klimanytte som kan oppnås i et livssyklus-perspektiv. Det er i tillegg krav til rapportering på bærekraftskriteriene, som bla. omfatter samfunns-messige konsekvenser i produsentland og andre generelle utviklings spørsmål. Norge har gjort EUs bærekraftskriterier gjeldende gjennom Produktforskriften, som også inneholder krav til omsetning av biodrivstoff.

¹ 30. november 2016 presenterte EU kommisjonen et forslag til revidert Fornybardirektiv for perioden 2021 til 2030 (EU RED II).

Kravet til klimagevinst ved bruk av biodrivstoff har blitt skjerpet over tid. Fra 2018 må biodrivstoff redusere klimagassutslippene med 50 prosent sammenlignet med bruk av fossilt drivstoff. For nye anlegg er kravet at klimagassreduksjonene skal være minst 60 prosent, jfr. Figur 3 Skjerpede krav til bærekraft vil trolig redusere tilgangen eller øke kostnaden til biodiesel som oppfyller kravene til bærekraft.

Figur 3: Krav til klimagassreduksjoner for å oppnå EUs bærekraftighetskriterier



Carbon Limits, f3 og THEMA (2017)

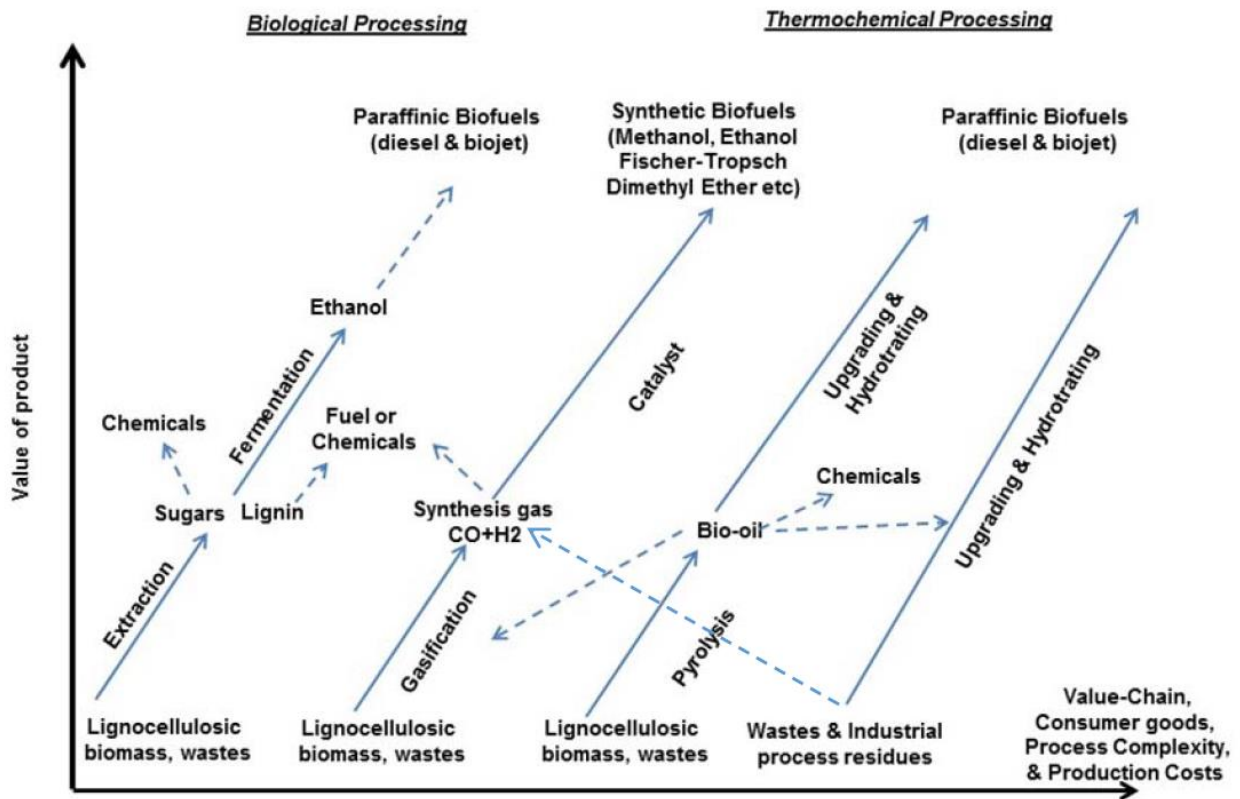
EU Kommisjonen har fått utarbeidet en ekspertrapport som oppgir at det innen 2030 vil være mulig å dekke 13-16 prosent av energien til transportarbeid fra biodrivstoff, fordelt på 6 prosentpoeng fra første generasjons biodrivstoff, 3 prosentpoeng fra HVO og 3 prosentpoeng fra avansert biodrivstoff fra trevirke. Ekspertgruppen mener det vil være tilstrekkelig råstoff i Europa som oppfyller EUs bærekraftighetskrav for den oppgitte andelen av energien til transport, dersom andelen fra andre biodrivstoff fra trevirke er på minst 3 prosentpoeng.

Hvordan begrensningen i europeisk tilgang på bærekraftig biodrivstoff betyr for bruk av biodrivstoff er uklart. På den ene siden kan en høyere andel i Norge legge for høyt press på etterspørselen etter råstoff og føre til at andre land i Europa med lavere betalingsevne tar i bruk mindre biodrivstoff. Samtidig er det viktig at noen land viser en sterk vilje til å benytte biodrivstoff slik at drivstoffprodusentene får en sikker avsetning på produsert drivstoff. En sikker avsetning vil være nødvendig for å bygge opp tilstrekkelig produksjonskapasitet, noe som er særlig viktig for produksjon av avansert drivstoff fra nye typer råstoff som trevirke der produksjonsteknologien ikke er moden.

2.3 Modenhet for ulike produksjonsprosesser

2.3.1 Biodrivstoff

Innen avansert biodrivstoff er det mange ulike produksjonsmetoder og verdikjeder som kan levere ulike biodrivstofftyper og -kvaliteter. Verdien av produktene øker med økt prosessering (vertikal akse i figuren under). Produksjonsanlegg for biodrivstoff er komplekse systemer med komplisert logistikk og operasjoner (EU-Kommisjonen, 2017). Figur 4 viser litt av denne kompleksiteten i ulike verdikjeder og sammenhengen mellom dem for produksjon av biodrivstoff fra trevirke og avfall.

Figur 4: Oversikt over noen produksjonsløp for biodrivstoff

Det er etablert en skala for å kategorisere modenhet ved ulike teknologier. Trinnene, som kalles TRL starter når de grunnleggende prinsipper ved teknologien er etablert og ender når teknologien har vist seg å fungere bra i operativ drift, jfr. Tabell 1.

Tabell 1: Oversikt over modenhetsnivåer for teknologi

TRL	Beskrivelse
1	Grunnleggende prinsipper er observer
2	Teknologisk konsept er etablert
3	Eksperimentelt "proof-of-consept"
4	Teknologien er validert i test
5	Teknologien er validert i omgivelser som er relevante for bruk av teknologien
6	Teknologien er demonstrert omgivelser som er relevante for bruk av teknologien
7	Prototype av system er demonstrert i drift
8	Systemet er komplett og kvalifisert
9	Ferdig system testet/bevsiit i operativ drift

Kilde: EU Kommisjonen (2014)

Tabell 2 gir en oversikt over ulike biodrivstoff, inklusive bruksområde, råstoff, produksjonsprosess og modenhet der TRL-trinnene er benyttet. Dagens kommersielt tilgjengelige drivstoff er basert på ulike typer plante- eller avfallsoljer. Det vil ta 4-12 år før man kan i bruk biodiesel fra andre råstoff (EU-Kommisjonen, 2017).

Tabell 2: Modenhet og «time to market» for ulike typer biodrivstoff (kjøretøy)

Market	Application	Type of Biofuel	Category	Technology	Status	Time to market	Raw material
Petrol	Gasoline blend, E10, E85, E95	Ethanol	Convictional	Fermentation	Commercial	0	Sugar, starch
			Advanced	Enzymatic hydrolysis + fermentation	TRL 8-9	0-3	Lignocellulosics, MSW ² , solid industrial waste streams or residues ³
				Gasification + fermentation	TRL 5-6	4-8	
				Gasification + catalytic synthesis	TRL 6-7	4-8	Lignocellulosics, MSW ² , liquid industrial waste streams & effluents ⁵ or intermediates ⁶
	Gasoline blend, M3, M10, M56*	Methanol	Advanced	Gasification + catalytic synthesis	TRL 6-7	4-8	Lignocellulosics, MSW ² , liquid industrial waste streams & effluents ⁵ or intermediates ⁶
Gasoline drop-in	All drop-in fuels routes for diesel produce a parallel gasoline fraction	NOTE: For clarity the processing routes are not repeated here.					
Diesel	Diesel blend, B7, B10, B30, 100%	FAME/Biodiesel	Convictional	Esterification or transesterification	Commercial	0	Vegetable oils**, used cooking oils, fats.
	Diesel drop-in or 100%	Hydrogenated	Advanced	Hydrotreatment	Commercial	0	Vegetable oils**, fats, used cooking oils, liquid waste streams & effluents ⁷
		Fisher Tropsch	Advanced	Gasification + catalytic synthesis	TRL 6-7	4-8	Lignocellulosics, MSW, liquid industrial waste streams & effluents ⁵ or intermediates ⁶
		Hydrotreated	Advanced	Hydrotreatment	TRL 5-6	5-10	Pyrolysis oils from lignocellulosics, MSW, waste streams
				Co-processing in existing petroleum refineries ⁹	TRL 5-6	4-8	
		Hydrogenated	Advanced	Hydrotreatment	TRL 5-6	6-12	Algal oils ⁴ and other non-food oils
FAME/Biodiesel	Advanced	Esterification	TRL 5-6	5-10			

Kilde: EU-Kommisjonen (2017)

2.3.2 Biojetfuel

Siden biodrivstoff ble sertifisert for bruk i sivil luftfart i 2009, har det blitt gjennomført flere tusen sivile ruteflygninger med biodrivstoff (Aune, 2017). I 2016 ble Oslo lufthavn den første internasjonale lufthavnen i verden som kunne levere biodrivstoff til alle flyselskap som tanket der. Milepælen ble oppnådd gjennom et samarbeidsprosjekt med AirBP, SkyNRG, Lufthansa Group, KLM og SAS. Avinor skal kun bruke biodrivstoff som tilfredsstillende gjeldende bærekraftskriterier. Det innebærer at produksjonen ikke må fortrenger matproduksjon og drivstoffet må ikke inneholder palmeolje. I følge Avinor blir innfasing av biodrivstoff i luftfarten ansett, både av flybransjen og FNs luftfartsorganisasjon ICAO, som et svært viktig tiltak for å redusere klimagassutslippene fra luftfarten (Aune, 2017). Prosjektet er også det første i verden der biojetfuel blir distribuert gjennom det sentrale tankanlegget på en lufthavn (hydrantsystem).

I 2016 ble det levert 1,25 millioner liter biojetfuel, basert på Camelina-olje fra Spania og brukt matolje. Prosjektet er støttet av Avinor og drivstoffet leveres av AirBP/SkyNRG, mens Lufthansa Group (Lufthansa, SWISS, Austrian Airlines, Germanwings, Eurowings og Brussels Airlines), SAS og KLM har inngått avtale om kjøp av biodrivstoff.

Tabell 3: Modenhet og «time to market» for ulike typer biojetfuel (kerosene)

Market	Application	Type of Biofuel	Category	Technology	Status	Time to market	Raw material
Kerosene	Kerosene Drop-in up to 50%	Hydrogenated	Advanced	Hydrotreatment	TRL 9	1-3	Vegetable oils**, fats, used cooking oils, liquid waste streams & effluents ⁷
		Fisher Tropsch	Advanced	Gasification + catalytic synthesis	TRL 6-7	4-8	Lignocellulosics, MSW, liquid industrial waste streams & effluents ⁵ or intermediates ⁶
		Alcohol to Jet	Advanced		TRL 5-6	6-12	Lignocellulosics, MSW, liquid or gaseous industrial waste streams & effluents ⁵ or intermediates ⁶
	Kerosene Drop-in up to 10%	Farnesene	Advanced	Microbial fermentation	TRL 9	1-3	Cellulosic sugars (at present under operation with crop sugars)

Kilde: EU-Kommisjonen (2017)

Målet til Avinor er at 30 prosent av all jetfuel de omsetter skal være biojetfuel innen 2030. Rambøll har utarbeidet en rapport for Avinor om tilgangen på og bruken av biojetfuel generelt, og om råstofftilgangen for produksjon i Norge spesielt. Noen typer biojetfuel kan produseres fra trevirke (cellulose) som vist i Tabell 3. Norskprodusert biojetfuel vil ikke være aktuelt før de blir produsert via Fischer-Tropsch eller Alcohol-to-Jet prosessene blir tatt i bruk, noe som ligger noen år fram i tid.

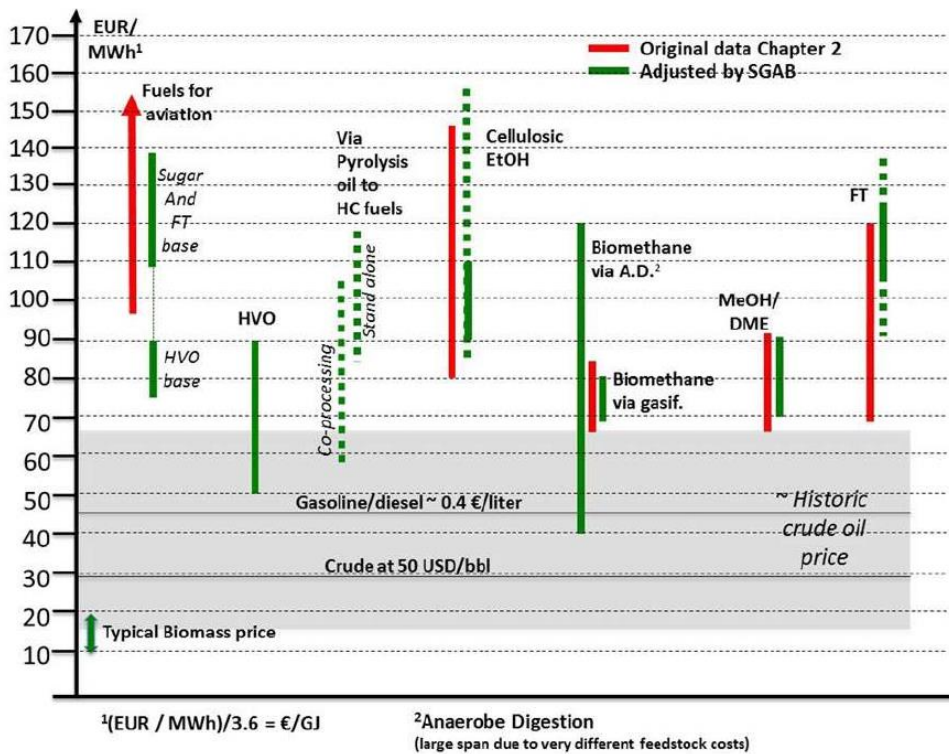
2.4 Kostnader

2.4.1 Biodiesel

Kostnaden for biodrivstoff avhenger av prisen på råstoffet og kapitalkostnadene knyttet til produksjonsprosessen som benyttes. Krav til bærekraft vil påvirke valg av råstoff og dermed kostnaden på drivstoffet. I tillegg er det begrenset tilgang på råstoffene, slik at økt etterspørsel også kan bidra til å øke prisen på biodrivstoff.

Produksjonskostnaden for biodrivstoff vil forbli høyere enn konvensjonelt drivstoff med noen få unntak der råstoffet er avfallsstoffer. Figur 5 viser at produksjonskostnaden for biodiesel produsert fra trevirke (FT og Pyrolyse) antas å ligge høyere enn kostnaden til produksjon av konvensjonell diesel. Høye dieselpriiser vil naturlig nok bidra til å redusere gapet.

Figur 5: Kostnader for ulike produksjonsprosesser



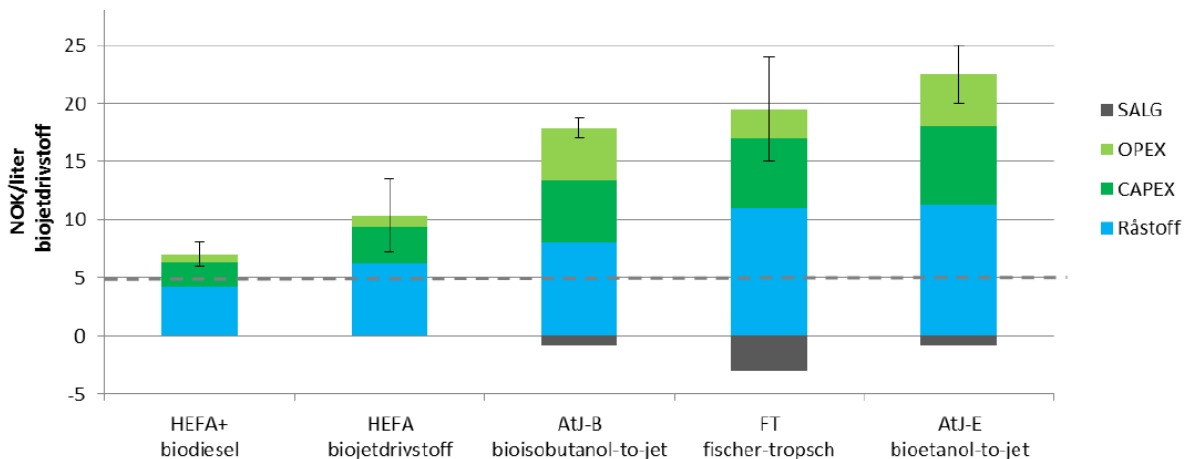
Kilde: EU-Kommisjonen (2017)

2.4.2 Biojetfuel

Kostnaden til biojetfuel som brukes i dagens innblanding (HEFA som er en type HVO for luftfart), er mellom 7 og 14 kroner pr. liter. Til sammenligning kan konvensjonell jetfuel produseres med en kostnad på rundt 5 kroner pr. liter (vist som stiplet linje for SALG se Figur 6). Innblanding av biojetfuel øker dermed kostnaden til jetfuel, noe som er en utfordring for konkurranseutsatt, internasjonal luftfart. De andre aktuelle biojetfuel-typene er basert på både råstoff og produksjonsteknologier som koster betydelig mer enn dette, mellom 15 og 25 kroner pr. liter (for produksjon via Alcohol-to-Jet og Fisher- Tropsch).

Unntaket er HEFA+ biojetfuel som ikke ligger mye over dagens kostnad for fossilt jetfuel. Denne teknologien er ikke sertifisert og vil konkurrere med HVO om råstoff. Tilgangen på råstoff til denne teknologien vil derfor trolig være begrensende og konkurrere direkte med HVO til landtransport.

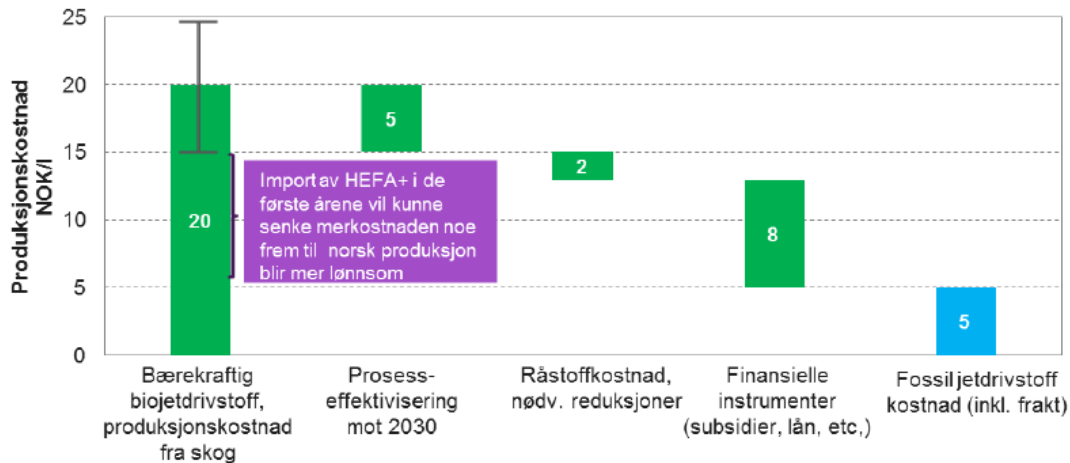
Figur 6: Dagens kostnader for produksjon av biojetfuel



Kilde: Rambøll (2017)

Rambøll (2017) presenterer noen perspektiver for hvordan kostnadene til produksjon av biojetfuel kan reduseres innen 2030, se Figur 7. Med utgangspunkt i en forventet læringskurve, anslår Rambøll at kostnadene blir redusert med 8 prosent for hver gang produksjonen doubles, noe som vil redusere kostnadene med 5 kroner pr. liter gitt antatt vekst i forbruk i perioden frem til 2030. Råstoffkostnaden kan reduseres med 10 prosent ved økt samordning og bedre logistikk, noe som utgjør ytterligere 2 kroner pr. liter. Selv med disse forbedringene, vil biojetfuel være 2-3 ganger dyrere enn dagens drivstoff. For at biojetfuel skal kunne tas i bruk i stor skala på norske flyplasser, trengs det ytterligere kostnadsreduksjoner eller støtteordninger tilsvarende 8 kroner pr. liter (avhengig av kostnadsutvikling på konvensjonelt jetfuel).

Figur 7: reduksjon av kostnad for bærekraftig biojetfuel fram til 2030.



Kilde: Rambøll (2017)

2.5 Barrierer

2.5.1 Tilgang på bærekraftig råstoff

Den største barrieren for bruk av biodrivstoff er tilgangen på drivstoff som oppfyller bærekraftighetskriteriene.

2.5.2 Krever egne tanker og pumper

Innblanding av biodrivstoff i normal bensin og diesel trenger ingen ny infrastruktur. Biodrivstoff i høy innblanding (som HVO) må derimot ha egne tanker og fyllstasjoner. Et nettverk av tanker og pumper med HVO er nødvendig for at næringslivets transport skal ta i bruk HVO i stor skala. Aktører som benytter HVO har i stor grad investert i egne tanker og fyllanlegg til bruk for egne og underleverandørers kjøretøy. Eksempler på selskap som har gjort dette er ASKO, Tine og Boreal (i Finnmark). Utbygging av infrastruktur i egen regi gjøres for å sikre tilgang på HVO med riktige sertifiseringer og for å kunne tanke biodrivstoff. Et slikt tankanlegg koster i størrelsesorden 1,5 MNOK. For små aktører som ikke har egne drivstoffpumper, vil dette utgjøre en barriere for bruk.

2.5.3 Kostnader

Første generasjons biodiesel gir høyere service- og vedlikeholdskostnader sammenlignet med konvensjonell diesel og HVO.

Kostnaden for HVO er usikker, men økt volum og skjerpede krav til bærekraft vil bidra til å øke kostnadene. Biodiesel basert på trevirke vil være betydelig mer kostbart enn dagens diesel.

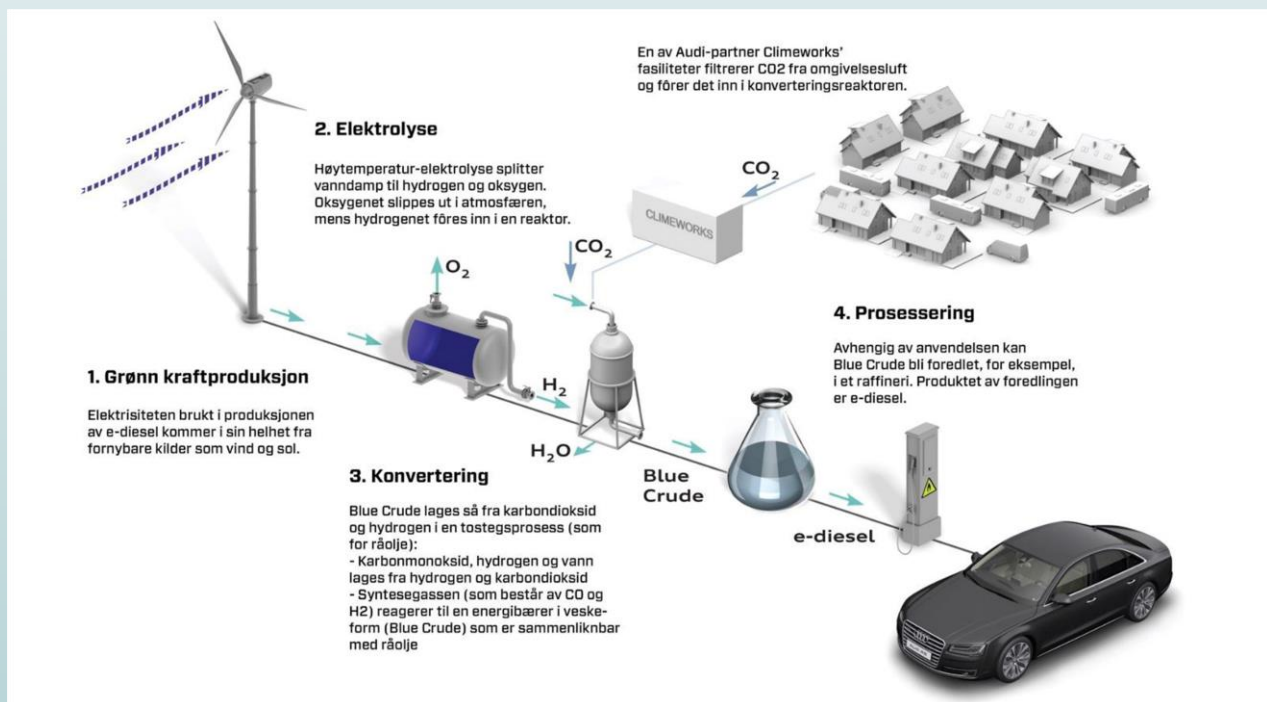
2.5.4 Sertifiseringer og garantier

Det er heller ikke alle produsenter som opprettholder garantien ved høy innblanding av FAME/RME.

Marine drivstoff leveres etter ISO 8217 (Spesification for Marine Fuels) som ikke tillater innblanding av biodrivstoff (DNV GL, 2016).

E-fuel som mulig alternativ til biodrivstoff

Nordic Blue Crude vil starte verdens første fabrikk for produksjon av kraft-til-drivstoff (e-fuel) i kommersiell skala på Herøya basert på teknologi fra tyske Sunfire. Etter planen vil produksjonen starte opp i 2020 og produsere 100 millioner liter e-fuel. Gitt at kraften som benyttes er fornybar, vil dette drivstoffet redusere klimagassutslippene med 85 prosent sammenlignet med fossilt drivstoff. På lik linje med avansert biodiesel er e-fuel kompatibelt med dagens diesel. E-fuel vil imidlertid eliminere utslipp av SO₂ og NO_x fra forbrenningen. Illustrasjonen under viser stegene i produksjonsprosessen. CO₂ som benyttes i produksjonsprosessen vil slippes ut under forbrenningen, slik at bruken blir klimanøytral.



Kilde: www.nordicbluecrude.no

3 BIOGASS OG LNG

Biogass og naturgass er begge metangass med den samme kjemiske oppbygning og kan derfor brukes i samme infrastruktur og kjøretøy/fartøy. En viktig forskjell er at biogass er produsert fra fornybart råstoff, mens naturgass er fossilt. Det forventes at LNG får økende markedsandeler i skipsfart både i Norge og internasjonalt og vil da erstatte tung bunkersolje, noe som i tillegg til lavere klimautslipp, gir vesentlig mindre utslipp av svovel. Tilgjengeligheten av tunge lastebiler som går på flytende gass, er forventet å øke. Anleggs- og jordbruksmaskiner med gassmotorer er ikke tilgjengelig, men det er ikke noe som tilsier at teknologien ikke vil fungere også i dette segmentet. Tilgangen på maskiner og andre transportmidler sammen med tilgang på biogass og utbygging av infrastruktur har betydning for markedsutviklingen av biogass fram til 2030. Om dette løses, kan gass være et rimelig og godt alternativ for alle deler av næringslivets transporter.

Siden det ikke er tekniske forskjeller på biogass og naturgass, vil vi behandle dem samlet i dette kapittelet. Vi gjør det klart når det er hensyn som ikke gjelder for begge typene gass. Biogass og naturgass finnes i to typer: flytende gass (LBG og LNG) og komprimert gass (CBG og CNG). Begge disse er i bruk, men krever forskjellig infrastruktur.

3.1 Oppsummering av status og framtidsutsikter

CNG/CBG har lav energitetthet (volum), og tanking må skje hyppigere enn for diesel og tar lengre tid, mens (LNG/LBG) fylles like raskt.

LNG/LBG har lavere energitetthet enn diesel, men høyere enn komprimert gass. En gassmotor kan erstatte en dieselmotor og har i stor grad de samme egenskapene. Tunge kjøretøy/skip har som hovedregel behov for flytende gass for å få tilstrekkelig energitetthet.





Investeringskostnadene for gasskjøretøy/-fartøy er til dels betydelig høyere enn dieselmotorer/-fartøy, men totalkostnadene kan være akseptable i en del sammenhenger. Foruten anleggs- og jordbruksmaskiner er gassalternativer tilgjengelig i markedet og antall modeller og bruken øker. Tilgangen på biogass går også opp, men ligger fortsatt på et relativt lavt nivå. Nødvendig infrastruktur for tanking/bunkring er kostnadsdrivende og er derfor en barriere for bruk av gass i dag, selv om egne anlegg kan etableres til flåtedrift.

	Varebiler	Busser	Små lastebiler	Store lastebiler (store)	Fartøy (ferger, passasjer, PSV)	Anleggs- og jordbruksmaskiner (små)	Anleggs- og jordbruksmaskiner (store)	Kommentar
FUNKSJONSKRAV								<ul style="list-style-type: none"> Få tunge lastebiler med tilstrekkelig motorkraft Noe hyppigere tanking Noe risiko for skip
KOSTNAD								<ul style="list-style-type: none"> Noe høyere investeringskostnader, men lavere driftskostnader Høyere kostnad for flytende gass (CBG/CNG)
TILGJENGELIGHET								<ul style="list-style-type: none"> Økende antall modeller av kjøretøy Skip på bestilling
INFRASTRUKTUR								<ul style="list-style-type: none"> Få steder med offentlig tilgang til lading Kostnadsdrivende bunkring for skip Begrenset, men økende volum av biogass

På kjøretøysiden er det kun et begrenset antall modeller tilgjengelig. Tunge lastebiler (>50 tonn totalvekt) har ennå ikke kommet på markedet. Volvo har lansert en modell for flytende gass som trolig oppfyller behovet for motorkraft for de fleste brukere. Flere modeller og fallende investeringskostnader forventes å øke etterspørselen etter gasskjøretøy. Innen maritim sektor forventer vi at bruken av LNG vil øke på verdensbasis for å redusere utslipp av NO_x og svovel, slik vi også har sett

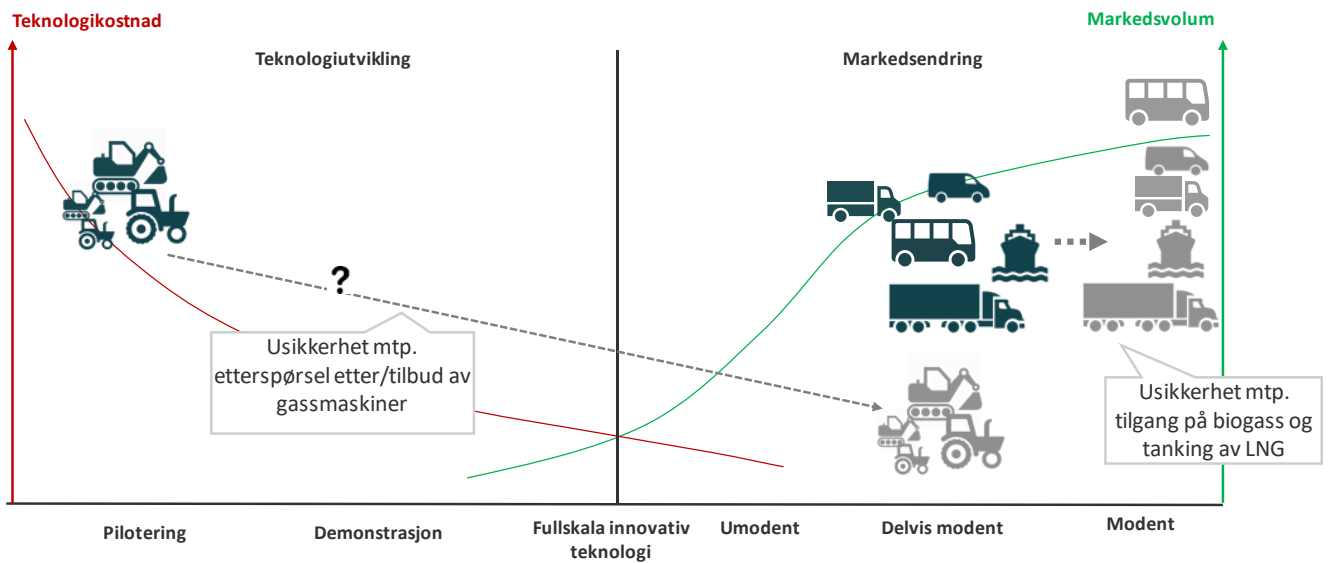
i Norge. Brukerne oppgir at det fortsatt er noe teknologirisiko knyttet til bruk av LNG-skip. Slike utfordringer bør reduseres for at utbredelsen skal fortsette å vokse. Det er svært usikker om anleggs- og jordbruksmaskiner med gassmotorer vil tilbys på markedet. Det krever at etterspørselen øker internasjonalt. Ombygde maskiner er et alternativ, men kostnadene vil da være høye.

Infrastruktur for bunkring av LNG er en forutsetning for økt bruk av LNG i skipsfarten, og tilgangen på både tank- og bunkringsanlegg har steget de siste årene. En fortsettelse av denne utviklingen vil gjøre bruk av LNG-skip enklere. For kjøretøy er det få tankanlegg for gass, og infrastruktur blir som regel etablert spesifikt til kjøretøyflåter. Behovet for gassinfrastruktur gjør det krevende å ta i bruk gassmaskiner i jordbruket der det er få maskiner på hver gård. For anleggsplasser kan man tenke seg at gass kan fraktes til anleggsplassen dersom flere av maskinene har gassmotor. Biogass er i dag produsert fra kommunalt organisk avfall og i noen grad fra husdyrgjødsel. Produksjon av biogass skjer i store anlegg. Slike anlegg finnes derfor pr. i dag bare i Sør-Norge. Det kan produseres fra annet biologisk avfall, f.eks. fiske- og slakteavfall. Tilgangen kan derfor økes, både ved at en større andel av det biologiske, kommunale avfallet blir brukt som råstoff og ved at flere typer avfall, husdyrgjødsel og ev. alger tas i bruk. For transportører med krav til 100 prosent fornybarandel i drivstoffet, er innblanding av naturgass vanskelig å akseptere. Samtidig er tilgangen på biogass varierende over året og man er avhengig av å bruke naturgass som back-up for sikker forsyning av gass. Anlegg for flytendegjøring av biogass vil også måtte bygges ut for at tunge lastebiler skal ta dette drivstoffet i bruk i stor skala

	Hva skal til for økt bruk?	Forventet status i 2030
FUNKSJONSKRAV	<ul style="list-style-type: none"> Tunge kjøretøy med tilstrekkelig trekraft må komme på markedet (Volvo sin modell oppfyller nesten kravene) Risiko/usikkerhet på LNG-teknologi i skip må reduseres 	
KOSTNAD	<ul style="list-style-type: none"> Kostnaden ved bruk av gass er høyere for å hindre lekkasjer Kostnad kan reduseres ved økt skala og modenhet, bedre innkjøp Forventes økt bruk av LNG-skip internasjonalt 	
TILGJENGELIGHET	<ul style="list-style-type: none"> Anleggs-/jordbruksmaskiner krever økt internasjonal etterspørsel for at modeller skal komme på markedet Økt konkurranse på kjøretøy? 	
INFRASTRUKTUR	<ul style="list-style-type: none"> Utbygging av LNG-fyllanlegg langs kysten, reduserte kostnader Økt tilgang på biogass – også flytende, redusert CNG-innblanding 	

Som illustrert i Figur 8 kan økt bruk av biogass og LNG være kostnadseffektive og viktig tiltak for å redusere klimagassutslippene fra næringslivets transport i perioden fram til 2030. Markedet for LNG og særlig biogass som drivstoff er enda ikke modent. Det skyldes mangel på gasskjøretøy/maskiner, høye kostnader og risiko og sist, men ikke minst mangel på biogass og infrastruktur for tanking/lading. Virkemidler, f.eks. gjennom et CO₂-fond for næringslivet kan spille en rolle i å etablere og modne dette markedet.

Figur 8: Modning av biogass og naturgass til næringslivets transporter fram til 2030

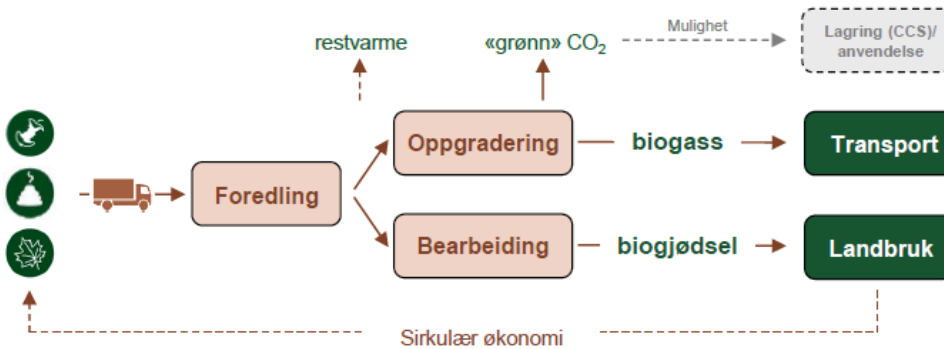


3.2 Tilgang på biogass

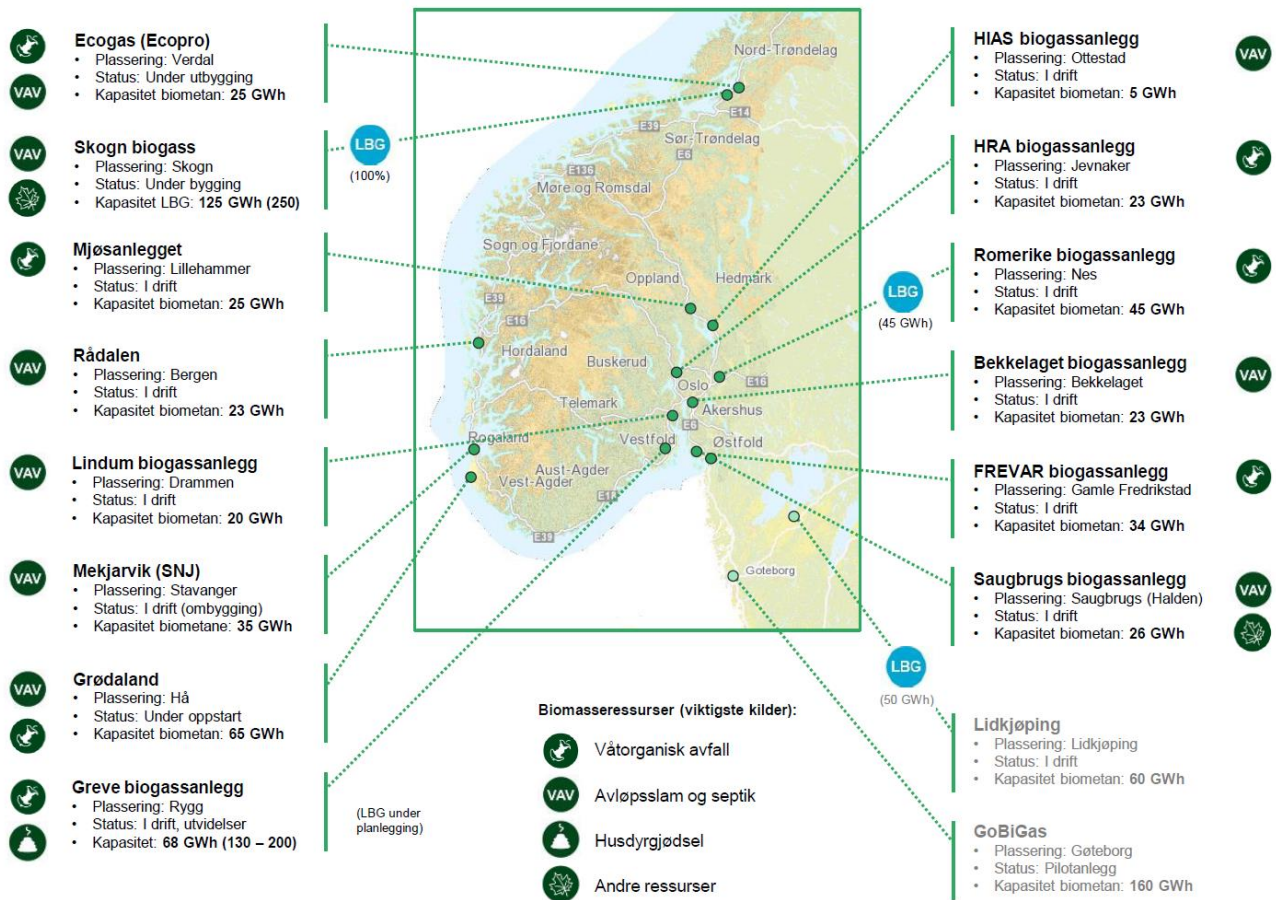
3.2.1 Produksjon i Norge

I Norge produseres biogass hovedsakelig ved anaerobisk nedbrytning av slam, organisk avfall og husdyrgjødsel. Bruk til transport krever at gassen oppgraderes ved at komponenter som ikke er metan fjernes, slik at innholdet blir renere. Figur 9 illustrerer verdikjeden for biogass. Biogass produseres i hovedsak i Sør-Norge. Ved utgangen av 2017 var norsk produksjon av biogass på ca. 1 TWh, der bare en liten andel ble benyttet i transportsektoren. Figur 10 viser norske biogassanlegg.

Figur 9: Produksjon av biogass



Kilde: Carbon Limits, f3 og THEMA (2017)

Figur 10: Norske produksjonsanlegg som kan levere CBG/LBG med drivstoffkvalitet

Kilde: CarbonLimits, f3 og THEMA (2017)

3.3 Infrastruktur og tilgang på biogass og naturgass

Tankanlegg for biogass til landtransport er som hovedregel bygget for å betjene enkeltkunder som har tatt i bruk biogass, f.eks. på bussdepot. AGA eller Skagerak er leverandører av gass og setter opp slike tankanlegg. Ved leveranser av gass til kjøretøyflåter kan kostnadene for infrastrukturen for tanking i noen tilfeller inngå i gassprisen. Det er litt usikkert akkurat hvor grensen for antall kjøretøy går, men 10-15 kjøretøy har vært nevnt i intervjuer. Det finnes få offentlige tankanlegg. I Østfold (Fredrikstad og Sarpsborg) har det vært et krav at også andre, private aktører skal kunne bruke tankanlegg (Sund Energy, 2017). Det er 28 CBG fyllestasjoner i Norge, hvorav 18 er allment tilgjengelige. Av fire CNG fyllestasjoner er to allment tilgjengelige. Flere anlegg er under planlegging (Biogassoslofjord.no, 2018). Fullstendig oversikt over fyllestasjoner finnes i vedlegg 1.

Tanking av komprimert gass tar lang tid. En lastebil buker eksempelvis ca. 20-30 minutter for å fylle opp tanken. Flytende gass kan imidlertid tankes like raskt som diesel. Tidsbruken for tanking av komprimert gass kan være en utfordring for noen kjøretøy. Det er derfor viktig at tanking skjer på tidspunkt når kjøretøyet uansett vil stå i ro, dvs. om natten og i pauser i løpet av dagen. Tankingsfrekvensen vil være høyere for gass enn for flytende drivstoff fordi energitettheten pr. volum er lavere. På grunn av langvarig og hyppig tanking må mange kjøretøy tanke samtidig. Et kjøretøydepot trenger derfor flere tankingsanlegg slik at flere kjøretøy kan stå parkert og tanke gass samtidig. Dette øker infrastrukturkostnaden.

Tilgang til bunkringsinfrastruktur er også en viktig begrensning for bruk av LNG (og LBG) i fartøy. Det er tre alternativer for LNG-forsyning til skip (Energigass Norge, 2015):

- Direkte fra tankanlegg på land

- Fra tankbil
- Fra lekter eller bunkringsbåt

Frakt og lager av LNG/LBG er kostnadsdrivende av flere årsaker. Den ene er at gassen må lagres og transporteres med en temperatur på -160°C i vakuumisolerte trykketanker med doble vegger. Marin gassolje lagres i utetemperatur i trykkløse tanker (Energigass Norge, 2015). Det er også store kostnader knyttet til hver levering fordi infrastrukturen i stor grad er bygget opp for å forsyne enkeltskip eller -samband. Det reduserer mulighetene for å utnytte skalafordeler ved at mange skip bruker samme terminal. Energigass Norge (2015) anslår at transport og lagring utgjør 50 prosent av totalkostnaden for LNG.

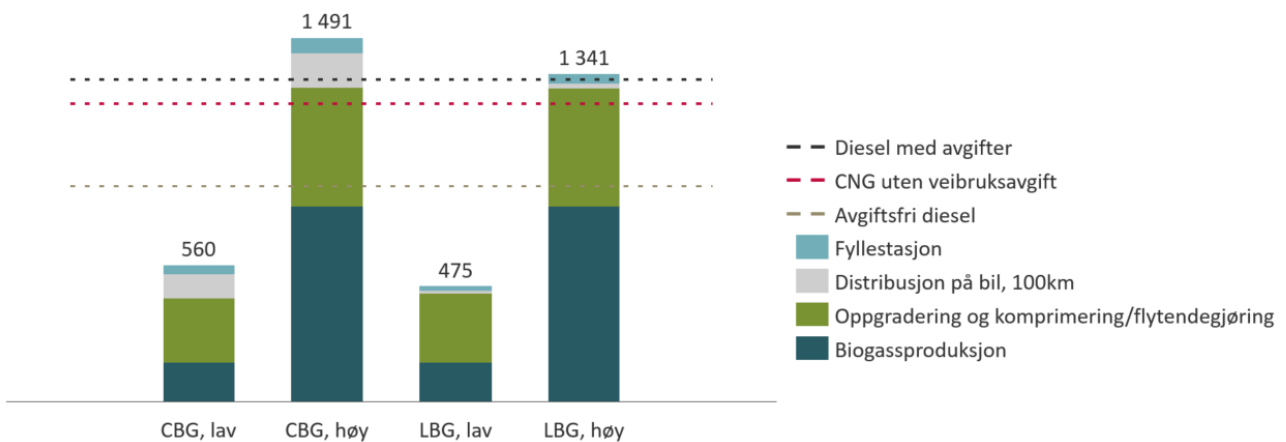
I tillegg til bunkring må havner ha et system for å tømme gasstankene dersom skipet blir liggende lenge. Uten et slikt tømningssystem risikerer man at gassen i tankene «burns off», noe som kan gi store metanutslipp til atmosfæren (DNV GL, 2016a).

Norge er et av landene med størst utbredelse av LNG-infrastruktur for sjøtransport, og det er foreløpig etablert 10 LNG-terminaler langs norskekysten. Et kart med oversikt over alle etablerte og planlagte LNG-terminaler i Norge finnes i vedlegg 2. Det er behov for ytterligere utbygging av infrastruktur i Norge. Internasjonalt er LNG-infrastruktur under oppbygging, men det er et stykke igjen før en komplett global infrastruktur er etablert (DNV GL, 2016b).

3.4 Kostnader til biogass og LNG

Kostnadene for komprimert og flytende biogass sammenlignet med prisen på diesel, med og uten avgift, og CBG er vist i Figur 11 under. Som det fremgår kan biogass være konkurransedyktig på pris. Det er store forskjeller i kostnadene som blant annet skyldes variasjoner i anleggstype, -størrelse og råstoff-kostand. Øvre og nedre kostnadsanslag er angitt med «høy» og «lav» i figuren. En fullstendig oversikt over alle kostnadskomponenter for biogass finnes i vedlegg 3.

Figur 11: Kostnader for biogass sammenlignet med pumpepris på diesel og CNG (NOK/MWh)



Kilde: Sund Energy (2017) Muligheter og barrierer for økt bruk av biogass til transport i Norge

I Norge har markedet for LNG vært preget av få tilbydere og lav konkurranse. Rederiene forteller at de har vært avhengig av ukentlige fyllinger av LNG, og har derfor måttet benytte tilbyderer som er tilstede i det aktuelle geografiske området. Med nyere skip har fyllingsfrekvensen sunket til en gang pr. fjortende dag, noe som gjør at rederiene kan benytte seg av flere tilbydere og konkurranseutsette innkjøpet i større grad enn tidligere.

Prisen på biogass vil trolig være høyere enn både naturgass og diesel (DNV GL, 2017a), som følge av kostbar produksjonsprosess. Historiske og forventede priser på ulike drivstoff presenteres i Tabell 4, som viser at biogassprisen ligger betydelig over prisene for tungolje og marin gassolje.

Tabell 4: Historiske og forventede priser for marine drivstoff

Drivstoff	Forventet prisområde (EUR/MWh)
Tungolje	17-43
Marin gassolje	32-68
RME (Rapeseed methyl ester)	90-140
Fischer-Tropsch biodiesel ^a	50-97
Flytende naturgass (LNG)	11-43
Flytende biogass (LBG)	40-180
Metanol fra naturgass	18-54
Hydrogen (fra elektrolyse) ^{a,b}	75-90

a Representerer forventede produksjonskostnader, ikke pris

b Lav verdi er for et optimistisk scenario for produksjonskostnader og virkningsgrader ved produksjon av metanol fra elektrisitet. Høy verdi representerer estimer fra basisscenarioet som antar investeringskostnader og virkningsgrader for produksjonsprosessen som i dag. I begge estimatene er det antatt en kapasitetsfaktor på 70 prosent.

Kilde: DNV GL 2017a, Navigating a low-carbon future

3.5 Kjøretøy

3.5.1 Markedsstatus

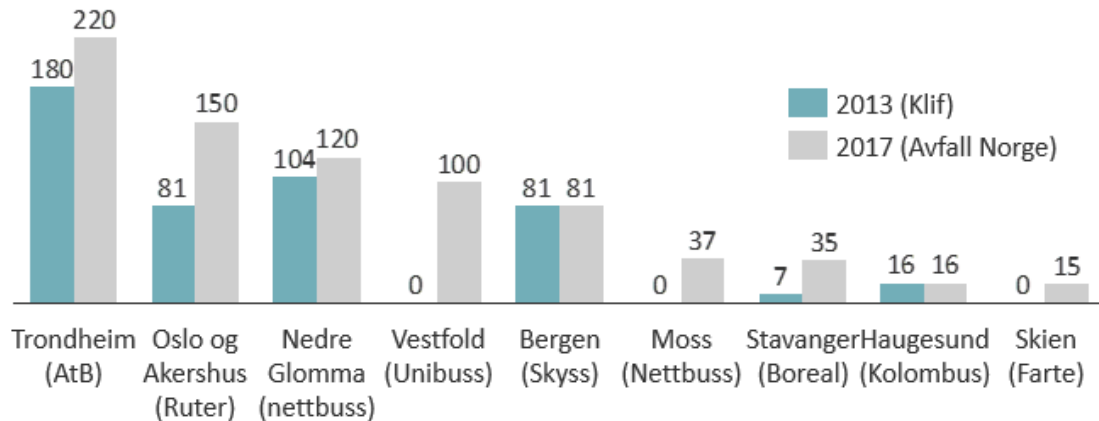
Samlet sett var det ca. 1500 registrerte gasskjøretøy i 2016. De fleste gasskjøretøyene i Norge er busser og lastebiler/renovasjonsbiler, se Tabell 5. Alle er såkalte flåtekjøretøy.

Tabell 5: Gasskjøretøy i Norge

Kjøretøysegment	Gasskjøretøy 2016	Andel av total flåte
Personbil	116	0,00%
Busser (totalt)	701	4,31%
Bybusser	553	11,69%
Varebil	394	0,09%
Lastebiler	253	0,34%
Motorredskaper	1	0,01%
Kombinerte biler	3	0,00%
Traktorer	4	0,01%
Totalt	1 472	0,04%

Kilde: Sund Energy (2017) Muligheter og barrierer for økt bruk av biogass til transport i Norge

Gassbusser er i bruk i flere norske byer, se Figur 12. Samlet sett utgjorde gassbusser 12 prosent av alle bybusser i Norge i 2016. Totalt antall gassbusser i 2016 var 700. Antallet økte til 775 i løpet av første halvår i 2017 (Sund Energy, 2017). Bussene i Trondheim og Bergen har i hovedsak blitt drevet på naturgass, men biogass vil fases inn etter hvert som planlagte anlegg for biogassproduksjon blir satt i drift (Sund Energy, 2017).

Figur 12: Antall gassbusser i drift pr. område og selskap

Kilde: Sund Energy (2017) Muligheter og barrierer for økt bruk av biogass til transport i Norge

Det er biogasslastebiler til salgs i markedet, mange av dem fra svenske produsenter. De fleste tilgjengelige kjøretøyene går på komprimert gass (CBG), men det er også noen som bruker flytende biogass (LBG). Som nevnt er det ingen forskjell på biogass og naturgass (bortsett fra produksjonsmåten), slik at kjøretøy som går på LNG også kan benytte flytende biogass.

Størsteparten av kjøretøyene som tilbys i dag har 20-30 tonn totallast og kjører på komprimert biogass. De største kjøretøyene på opptil 50 tonn går på flytende biogass. Det har blitt lansert flere gasskjøretøy de siste årene, og de fleste kommer fra svenske leverandører. Flere kjøretøyprodusenter har varslet at flere modeller vil bli lansert fremover. En oversikt over tilgjengelige gasslastebiler finnes i vedlegg 4.

Noen eksempler på aktører som satser på biogasskjøretøy:

- Østfold fylke har satset på biogass i sine offentlige anbud med utgangspunkt i biogass produsert av AGA/FREVAR og Skagerak Energi/Vestfold biogass (Greve). I offentlig transport finnes det biogassbusser i kommunene Sarpsborg, Fredrikstad, Hvaler, Råde og Moss (ca. 136 biogassbusser til sammen) (Sund Energy, 2017).
- ASKO har pr. 2016 åtte biogassdrevne distribusjonsbiler i drift (Sund Energy, 2017). De har i tillegg startet en pilot der de ser på muligheten til å bruke matavfall fra NorgesGruppen som råstoff i biogassproduksjon (Sund Energy, 2017)
- Norsk Gjenvinning satser på biogass i sine renovasjonsbiler (der anbud gjør det mulig) og 21 prosent av deres kjøretøyflåte er på biogass (21 kjøretøy). Inkludert i dette kjører de renovasjonskjøretøy for Sarpsborg kommune på biogass.
- TINE SA, Smart Green Region Mid-Scandinavia, gasselskapet AGA AS og biogassprodusenten Biokraft AS har inngått et skandinavisk samarbeidsprosjekt som har som formål å få de første 100 lastebilene på flytende biogass på veien i Norge (Biokraft, 2017). TINE SA er i ferd med å rulle ut 30 tungtransportkjøretøy som kjører på flytende biogass laget av avfall fra skogen og sjømatnæring under begrepet «Kukraft».

Som Tabell 5 viser, utgjør varebiler en betydelig del av gasskjøretøyene i Norge. Posten og Østfold Fylkeskommune er blant aktørene som har tatt i bruk gassvarebiler, skjønt en liten andel av varebiler samlet. Det finnes flere ulike modeller på markedet, og en oversikt over disse finnes i vedlegg 4.

Kort forklaring om klimanytten ved biogass

Naturgass gir 25 prosent lavere klimagassutslipp ved forbrenning enn en tilsvarende mengde energi fra bensin og diesel. Energiforbruket i en gassbuss (moderne, EURO IV-motor) vil imidlertid være 20 prosent høyere enn i en dieselbuss, slik at det ikke er noen klimanytte ved å bytte dieselbusser med gassbusser basert på naturgass.

En forutsetning for at bruk av *biogass* skal ha klimanytte, er at man sikrer at lekkasjer av gassen ikke forekommer, i og med at metan er en betydelig sterkere klimagass enn CO₂. En mengde metangass i atmosfæren gir 34 ganger sterkere klimaeffekter enn samme mengde CO₂ om man ser over en periode på 100 år, og hele 86 ganger sterkere klimaeffekt over en periode på 20 år. Selv små lekkasjer av naturgass eller biogass vil dermed fjerne all klimanytte ved valg av dette drivstoffet.

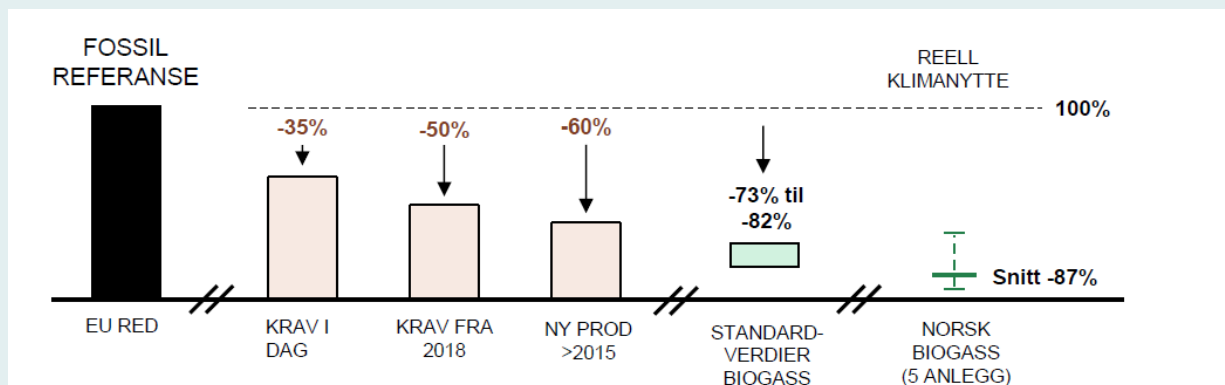
Med innføring av Euro VI-standard på tunge kjøretøy er det liten eller ingen forskjell i lokale utslipp mellom diesel- og gasskjøretøy (Sund Energy, 2017).

LBG er ansett som et av de mest CO₂-vennlige drivstoffene som finnes, og kan erstatte naturgass. Tilgangen på biogass er relativt begrenset for bunkring av skip både i Norge og Europa, og det er behov for utvikling av både teknologi for produksjon av biogass, og av regelverket (EU-Kommisjonen, 2016).

Bruk av LNG i fartøy reduserer utslipp av NO_x, svovel og partikler med 80-90 prosent og kan redusere klimagassutslippene med 15-20 prosent gitt at det ikke forekommer metanlekkasjer. (Energi21, 2017; innsatsgruppe maritim transport). Risikoen for metanlekkasjer er nesten eliminert i moderne totaktsmotorer og vil også bli ytterligere for firetaktsmotorer (EU Commission 2016).

Klimanytten av biogass avhenger, på samme måte som for biodiesel, av hvilket råstoff den er produsert fra. I tillegg har den spesifikke prosessen for hvert biogassanlegg betydning for klimanytten og ikke minst hvilken energitype som er benyttet i produksjonen. For norskprodusert biogass er det ikke etablert en praksis for hvordan klimanytten for hvert anlegg skal beregnes. Carbon Limits, f3 og THEMA gjennomførte i 2017 et prosjekt for Avfall Norge der klimanytten av noen spesifikke anlegg ble beregnet basert på metodikken i Produktforskriften. Analysen viser at norskprodusert klimagass overoppyller EU-kravene til klimanytte med en reduksjon av klimagasser på 87 prosent (gjennomsnitt av 5 norske anlegg).

Reell klimanytte for norsk biogass, beregnet ihht. metodikk i Produktforskriften



Kilde: CarbonLimits, f3 og THEMA (2017)

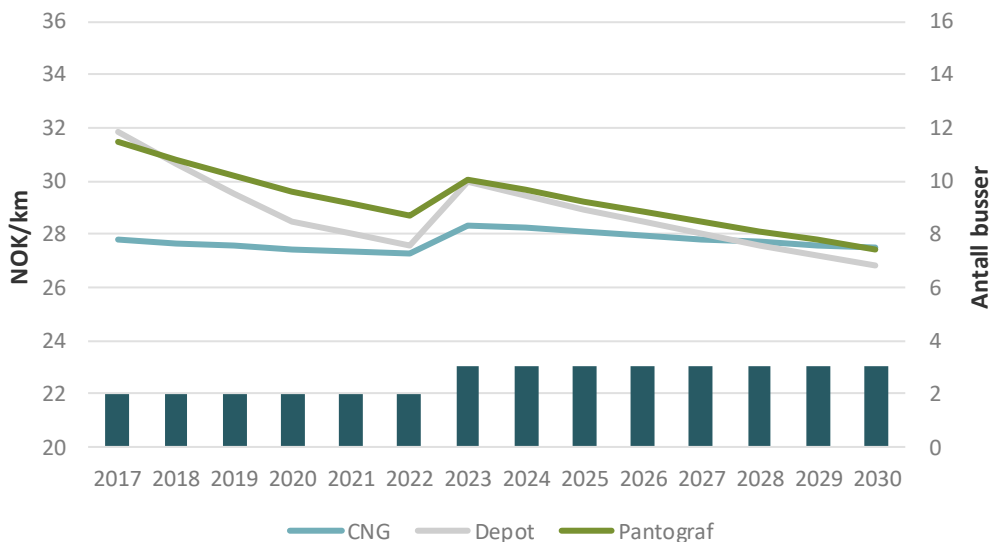
3.5.2 Teknisk egnethet

Energitettheten til gass er lavere enn for flytende drivstoff, dermed vil det ta 20-30 minutter å tanke en lastebil (20-30 tonn). Det er begrenset hvor stor motor og hvor stort energibehov som kan dekkes med en gassmotor. For langdistanse- og tyngre gasskjøretøy vil det bli mer aktuelt å ta i bruk LBG/LNG. For å få tilstrekkelig kraft uten altfor hyppige tankinger eller en uforholdsmessig stor drivstofftank, vil de største lastebilene (totalvekt 50 tonn) være basert på ottomotorer og flytende biogass.

3.5.3 Konkurransedyktighet

Gassbusser har en investeringskostnad som ligger 10 prosent høyere enn for dieselbusser. Denne kostnadsforskjellen vil ifølge TØI (2017) opprettholdes til etter 2025. Illustrasjonen i Figur 13 viser totalkostnadene for en eksempelrute der hver buss kjører ca. 280 km hver dag. Dette er kostbart for en elbuss fordi batteriet må være stort. En biogassbuss (CNG i figuren) er da et konkurransedyktig fornybart alternativ ved en investering de nærmeste årene. Når batterikostnadene faller, blir det mer attraktivt å investere i elbusser enn i dag. Med våre anslag for fall i batterikostnaden, må man vente til 2028 med å investere for at elbusser skal være rimeligere enn bruk av biogass. Kostnaden for bruk av biogass i dette eksemplet tilsvarer kostnaden for diesel ved en gasspris på litt under 14 kr/kg. Dermed kan biogass være et kostnadseffektivt alternativ utover på 2020-tallet for en del busslinjer, og særlig der rekkevidden på batterier ikke er tilstrekkelig for å betjene linjen.

Figur 13: Totalkostnad for el vs. biogassbuss for en eksempelrute



Beregninger ved bruk av THEMAs modell for totalkostnader for bybusser

Gasslastebiler (CBL) i klassen 20-30 tonn vil ha en innkjøpskostnad som ligger 20-25 prosent høyere enn for en tilsvarende dieselbil. Kostnadsforskjellen for en LBG-lastebil gir en innkjøpspris som ligger 40-60 prosent over innkjøpsprisen for en tilsvarende dieselbil.

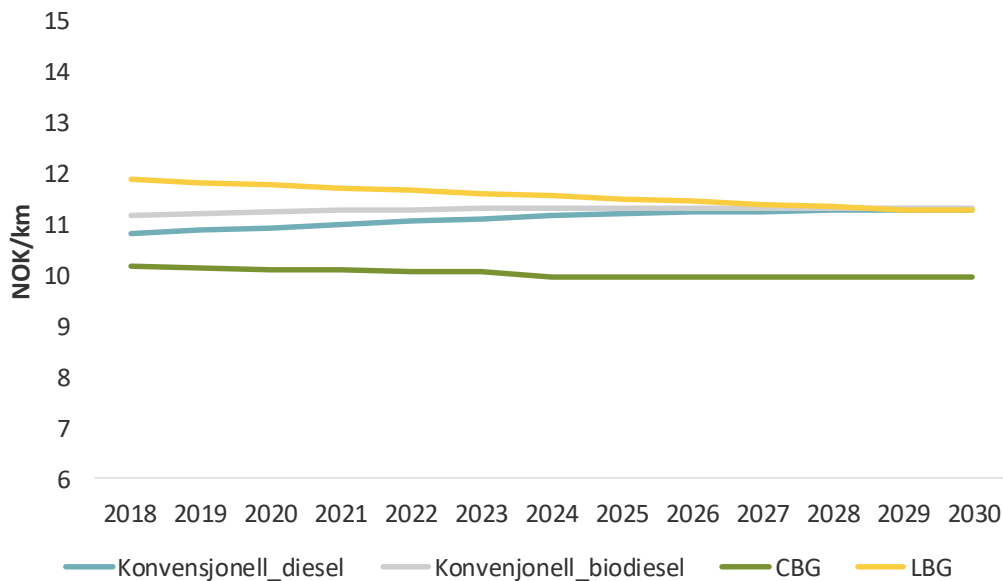
I følge Sund Energy (2017) skyldes en del av kostnadsforskjellen liten skala i produksjon og service. Kostnadsforskjellen forventes å bli kraftig redusert når etterspørselen etter kjøretøyene øker. Selv med storskalaproduksjon av gasskjøretøy forventer leverandørene likevel ikke at kostnadene skal bli den samme som for dieselkjøretøy. Det skyldes ifølge rapporten at systemene for fylling, lagring og forsyning av gass til motoren gir høyere underliggende kostnader enn for diesel, særlig siden systemene må designes for å unngå lekkasjer av metan.

For å vurdere konkurranseevnen til biogass sammenlignet med diesel og andre fornybare alternativer som HVO og el, har vi beregnet totalkostnaden for bruk av kjøretøyene, dvs. inkludert både investeringskostnaden, drivstoffkostnaden og andre kostnader ved en lastebil. Resultatene vil være

avhengig av flere forhold som kjørelengde, faktisk drivstoffkostnad og kjøremønster inn og ut av bomstasjoner i fylket.

Illustrasjonen i Figur 14 viser totalkostnaden pr. km for en lastebil som kjører 50.000 km pr. år. Vi har lagt til grunn at dagens forskjeller i investeringskostnad reduseres til et nivå der en CBG-lastebil koster 10 prosent mer ved innkjøp enn en diesellastebil innen 2025. Dette er det samme som dagens kostnadsforskjell mellom CBG- og dieselbusser. Som figuren viser, er det små forskjeller i totalkostnad mellom HVO og CBG, og kostnadsforskjellen mellom diesellastebiler og CBG-lastebiler vil trolig være utjevnet innen 2023.

Figur 14: TCO beregninger for lastebiler 20-30 tonn, 50.000 km/år



Kilde: THEMA basert på egen modell for totalkostnader

3.5.4 Barrierer

Tilgjengelighet på kjøretøy med riktige egenskaper

Vi har fått opplyst i intervjuene at mange av bedriftene krever en trekraft på minst 500 hk for sine lastebiler. Dagens gasslastebiler oppfyller ikke dette, men Volvos siste modell er nært dette kravet med sine 460 hk.

Kostnader

Kostnadene er også høyere enn for dagens diesellaster, og konkurranseutsatt virksomhet kan ikke forventes å ta i bruk gasskjøretøy uten at oppdragsgivere betaler ekstra for at transportørene tar i bruk ny teknologi.

Gassinfrastruktur og tilgjengelighet på gass

Transportører med eget depot kan sette opp eget anlegg for tanking, slik at tilgang på infrastruktur kan tilpasses behovet. For alle som er avhengig av offentlig tilgjengelig infrastruktur, vil manglende tilgang på gassinfrastruktur hindre bruk av biogass.

Naturgass har de samme egenskapene som biogass og kan derfor benyttes som back-up dersom leveransen av biogass er ustabil eller usikker. Det bidrar til en sikker tilgang på drivstoff. Samtidig er det viktig at andelen naturgass ikke blir så høy at klimagevinsten blir lavere enn lovet. Det er eksempler på kollektivselskap som oppgir at de ikke lenger kan benytte biogass fordi ambisjonen om null klimautslipp da ikke kan oppnås.

Manglende dokumentasjon og synliggjøring av positive klima- og miljøeffekter

I konkurransen med andre miljøvennlige teknologier kan mangelfull dokumentasjon og synliggjøring av biogassens positive klima- og miljøeffekter være en barriere for økt bruk. Det er behov for økt tydelighet om utslippsberegninger (Sund Energy, 2017). Dette underbygges også av Carbon Limits, f3 og THEMA (2017) som viser at norsk biogass har svært gode klimaegenskaper.

Tilgang på bærekraftig biogass

Det også behov for dokumentasjon av at gassen som leveres faktisk er biogass (og ikke naturgass). For andre transportmidler (busser, lastebiler) har vi gjennom intervjuer avdekket at brukerne av biogasskjøretøy opplever en uakseptabel høy innblanding av naturgass i biogassen.

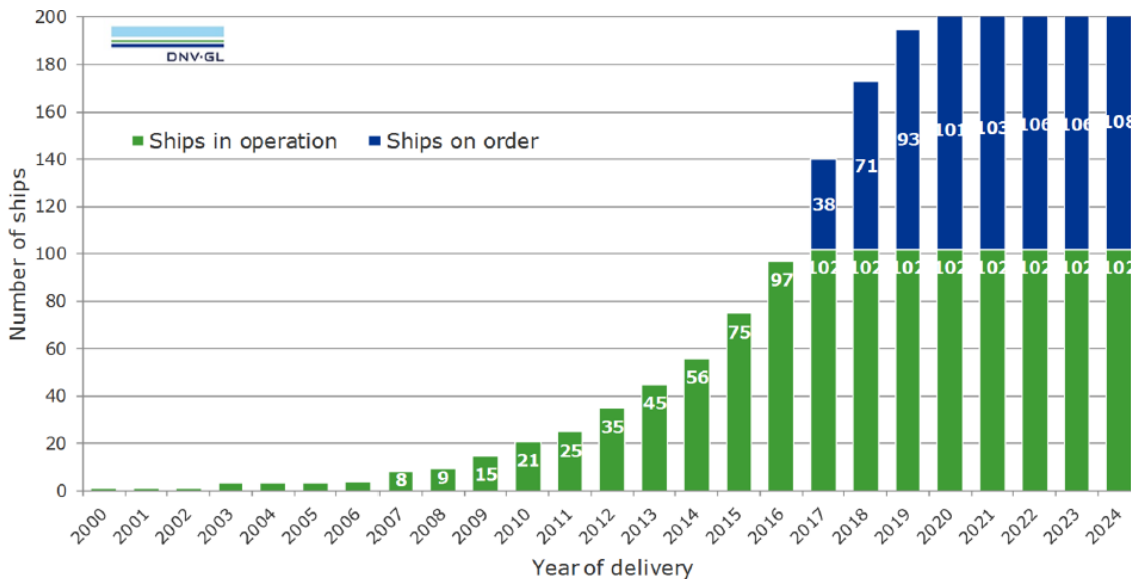
3.6 Fartøy

3.6.1 Markedsstatus

LNG har vært i bruk i fartøy siden rundt år 2000. De fleste LNG-fartøyene er mindre fartøy for short-sea. LNG er også et teknisk mulig alternativ for større skip. Drivstofftanken er den viktigste kostnadsdriveren (Tronstad, 2017). LNG-drift har derfor vært mer økonomisk attraktivt for små skip fordi drivstofftankene er mindre.

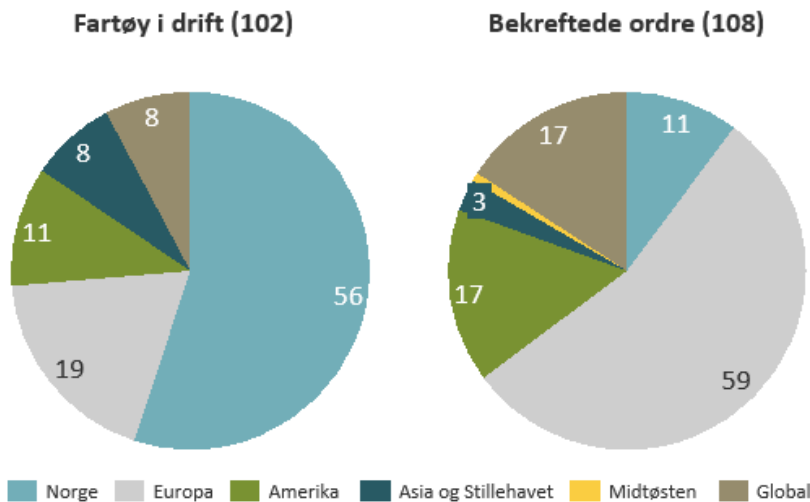
I mars 2017 var det 102 LNG-skip i drift på verdensbasis og 108 bekreftet i ordre, som skal bygges i løpet av de neste fem årene, se en oversikt i Figur 15 over LNG-skip i drift og i bestilling fram til 2024.

Figur 15: Idriftsatte og bestilte LNG-fartøy



Kilde: DNV GL (2017), *Navigating in a low-carbon future*

Norge har vært ledende på innfasing av LNG som drivstoff i fartøyer, og har i dag en stor andel av verdens LNG-fartøyer (Energi21, 2017). Figur 16 viser geografisk fordeling av idriftsatte LNG-fartøy og bekreftede ordre pr. mars 2017. Norge har over halvparten av LNG-fartøyene som er i drift, men en mindre andel av de bekreftede ordrene.

Figur 16: Idriftsatte og bekreftede ordre for LNG-fartøy etter geografisk område

Kilde: Tomas Tronstad, 2017, DNV GL, presentasjon for Energi21s innsatsgruppe for maritim transport

Det forventes sterk global vekst i LNG-fartøy de neste 5-10 årene (EU-Kommisjonen, 2016). Økt utbredelse drives frem av strengere utslippsrestriksjoner for NO_x og SO_x, samt mer konkurranse-dyktige LNG-priser (DNV GL, 2017a). Det forventes økt anvendelse av LNG i både små fartøy og større fartøy for deep-sea (DNV GL, 2015a).

3.6.2 Teknisk egnethet

For de fleste størrelser er det få tekniske begrensninger for hvilke fartøy som kan anvende LNG, gitt at det er mulig å inkludere LNG-tank i designet (DNV GL, 2016b). Energitettheten til LNG er 60 prosent av energitettheten til diesel, hvilket betyr større plassbehov for LNG. Det går på bekostning av nyttelasten til fartøyet (EU-Kommisjonen, 2016).

3.6.3 Konkurransedyktighet

Investeringskostnaden for et LNG-fartøy er 10-30 prosent høyere enn for et tilsvarende diesel-fartøy, og er en av de største barrierene mot anskaffelse av LNG-fartøy. Aktører vi har intervjuet i dette prosjektet, understreker at støtte fra NO_x-fondet har vært avgjørende for at Norge har den største flåten av LNG-fartøy i verden i dag. Fritaket fra CO₂-avgiften har også vært svært viktig, og fjerning av fritaket har stor betydning for konkurranseevnen til LNG-fartøy i Norge.

Tabell 6 viser eksempler på investeringskostnader for et LNG-lasteskip. De laveste investerings-tallene representerer et «enkelt» fartøy uten mye ekstrautstyr, mens de høyeste tallene representer skip med mer utstyr som batterier, DC-tavle og frysetanker.

Tabell 6: Eksempler på kostnader for LNG-fartøy (MNOK)

Lasteskip, lengde 80m, lasteevne 3600 tonn	Diesel	LNG	Merkostnad
Investeringskostnad	250 – 270	300-350	50-80

De viktigste kostnadsdriverne for LNG-fartøy er:

- **LNG-tank:** Tankene til LNG-skip er ikke masseprodusert og utgjør en stor del av merkostnaden. For diesel-fartøy er tanken «en del av skroget» og utgjør ingen kostnad i seg selv.

- *Motor:* Motoren er også dyrere enn for diesel-fartøy. Det skyldes mindre erfaring med slike motorer og få produserte enheter (ikke masseproduksjon). I Norge produseres det én til to motorer for LNG-fartøy årlig.
- *Regelverksendringer:* Stadig strengere regelverk driver opp kostnadene for LNG-fartøy. For eksempel har strengere regler for fyllingsgraden til LNG-tanker drevet opp kostnadene på fartøyene ved at det gir behov for større og mer kostbare tanker.

Noe av merkostnaden ved investering i LNG-fartøy skyldes mindre erfaring og manglende skala i produksjon, og rederiene opplever at det fortsatt er en del «nybrottsarbeid». LNG-fartøy vil imidlertid trolig fortsette å være dyrere enn diesel-fartøy som følge av kostnader knyttet til strengere regelverk, mer sikkerhetsutstyr og håndtering av høyt trykk og lave temperaturer også i framtiden.

Hvorvidt merkostnaden ved investering kompenseres av lavere driftskostnader, avhenger av prisene på gass og diesel. Sjøkart for grønn kystfart (Grønt Kystfartsprogram, 2016) skriver at merkostnaden ved investering i mange tilfeller vil betale seg tilbake over skipets levetid. Gjennom intervjuer har vi derimot fått oppgitt at dagens avgiftsregime gjør LNG-fartøy «vanskelig å regne hjem» for rederiene.

3.6.4 Barrierer

Kostnadsrisiko

Som beskrevet over, er merkostnadene ved investering en sentral barriere mot økt utbredelse av LNG-fartøy. Noe av merkostnaden kan bli redusert som følge av erfaring og skala, men LNG-fartøy vil trolig fortsette å være dyrere enn diesel-fartøy som følge av teknologispesifikke kostnader. Hvorvidt lavere driftskostnader kan kompensere for de høye investeringskostnadene er usikkert.

Infrastruktur

Manglende bunkringsinfrastruktur er en sentral barriere for bruk av LNG-fartøy. Selv om det etterlyses ytterligere utbygging av infrastruktur, er Norge et av landene med størst utbredelse av LNG-infrastruktur. Inntrykket fra intervjuene er at det er «*liten og spredt infrastruktur, først og fremst i det store havnene som Oslo og Risavika. Mindre havner har ikke gassinfrastruktur*». For eksempel forteller Ulvan Rederi at det ikke finnes infrastruktur på noen av havnene deres lasteskip besøker.

Ellers i Europa er LNG-infrastruktur kun tilgjengelig i et fåtall land, som Belgia (1), Nederland (1), Storbritannia (4), Danmark (1) og Sverige (1). Utenfor Europa er det LNG-infrastruktur i Korea og Argentina (EU-Kommisjonen, 2016). Det forventes økt utbredelse av LNG-infrastruktur, men DNV GL (2016b) skriver at det er «*langt igjen til en fullverdig, global infrastruktur på linje med diesel er på plass*».

Teknologirisiko

Teknologirisikoen ved investering i LNG-fartøy er høyere enn for dieselfartøy. Risiko for nedetid er større for LNG-fartøy og representerer en økonomisk risiko for rederiene. For eksempel er det erfart problemer med trykkfall ved dårlig vær. Lasteskipene Kvitnos og Kvitbjørn opplevde nedetid på 50-60 uker som følge av trykkfallproblemer.

Teknologirisikoen er større ved anskaffelse av store enn av små LNG-fartøy, hvilket skyldes vanskeligere driftsforhold i åpent sjø, mer omfattende sikkerhetssystemer m.m.

3.7 Anleggs- og jordbruksmaskiner

3.7.1 Markedsstatus

Det er foreløpig ikke, etter det THEMA kjenner til, gassdrevne anleggsmaskiner tilgjengelig i markedet. I følge Sund Energy (2017) skyldes ikke dette at gass er uegnet som drivstoff for anleggsmaskiner, men at produsentene opplever manglende etterspørsel etter slike maskiner.

I landbruket finnes det enkelte traktorer med dual-fuel motor², produsert i begrenset opplag av traktorprodusenten Valtra. Det er uvisst om det finnes noen slike traktorer i bruk i Norge (Rambøll, 2016). Rambøll (2016) antar at slike traktorer vil være tilgjengelige i det norske markedet i 2021. Traktorer med ren gassdrift finnes kun som en prototyp, levert av New Holland (Biogass Oslofjord, 2017).

3.7.2 Teknisk egnethet

Biogass (oppgradert til biometan) og naturgass er teknisk egnet til bruk i anleggs- og landbruksmaskiner. Energitettheten for både flytende og komprimert gass er vesentlig høyere enn for batterier og hydrogen, og man unngår i stor grad utfordringer knyttet til driftstid på maskinene. Sund Energy (2017) vurderer biogass som et godt egnet drivstoff til anleggsmaskiner, fordi biogass kan passe godt til bruksmønsteret til maskinene. Rambøll (2016) vurderer biogass til traktorer som godt teknisk egnet.

Biogass kan lagres stasjonært i tanker, samt at det er behov for utstyr for fylling av gass på maskinene. Lagring og håndtering av trykksatt gass kan medføre sikkerhetsrisiko, men Rambøll (2016) vurderer at trykkforholdene og lagringsbehovet er mindre omstendelig enn for hydrogen.

3.7.3 Konkurransedyktighet

Så lenge det ikke er noen tilbud av gassdrevne anleggs- og jordbruksmaskiner gir det liten mening å vurdere konkurransedyktigheten ved slik bruk.

3.7.4 Barrierer

Barrierene som er oppgitt for kjøretøy, gjelder også for anleggs- og jordbruksmaskiner, og inkluderer manglende dokumentasjon og synliggjøring av positive klima- og miljøeffekter, tilgang på bærekraftig biogass og tilgjengelighet på gassinfrastruktur. Anleggs- og landbruksmaskiner har i tillegg noen spesifikke barrierer som omtales i påfølgende avsnitt.

Tilgjengelighet og etterspørsel etter gassmaskiner

Mangelen på gassdrevne traktorer og anleggsmaskiner er en avgjørende barriere for anvendelse av biogass på anleggs- og byggeplasser og i landbruket. Mangelen på slike maskiner skyldes hovedsakelig manglende etterspørsel i markedet (Sund Energy, 2017).

Det er flere faktorer som hindrer etterspørsel etter gassmaskiner. Framtidig produksjon og tilgang på bærekraftig biogass er en viktig usikkerhetsfaktor. Videre er brukerne usikre på, og mangler kunnskap om gass/biogass vil være et godt og bærekraftig alternativ i fremtiden (Sund Energy, 2017). Usikkerheten på etterspørselssiden gir tilsvarende usikkerhet for maskinprodusentene som ikke produserer maskiner som ikke etterspørres i markedet.

Metanlekkasjer fra gassmaskiner

Metanlekkasjer fra gassmaskiner reduserer klimagevinsten, og i verste fall øker klimagassutslippene, hvilket kan bli en utfordring. Metanlekkasjer har vært en utfordring ved drift av dual-fuel traktorer i Sverige (Rambøll 2016).

Gassinfrastruktur for anleggs- og landbruksmaskiner

Anleggsmaskiner har behov for tilkjøring av gass til maskinene og kan bruke midlertidige fyllestasjoner. For landbruksmaskiner bør det ifølge Rambøll (2016) være offentlig tilgjengelige fyllestasjoner i nærområdet til gården for å unngå investeringer i spesialtilpasset fylleutstyr og tanker på gården.

² Motor som kan drives med kombinasjon av diesel og gass, eller kun diesel

4 BATTERIER

Batterienes egenskaper har betydning for hva de kan brukes til, valg av batteri er derfor tilpasset bruksområdet. Kostnadene til batterier faller, men kostnadsutviklingen varierer for ulike typer batteri. Også levetiden til batteriene har stor betydning for kostnadene. Det er en positiv utvikling for batterier både når det gjelder energitetthet, kostnader og levetid. Hvor raskt og hvor sterkt utviklingen går, vil ha betydning for bruk av batterielektrisk framdrift i alle de aktuelle transportområdene i framtiden. Utviklingen av materialteknologi til bruk i batterier vil påvirke bruksmulighetene, mens kostnadsutviklingen påvirker konkurranseevnen til batterier.

4.1 Oppsummering av status og framtidsutsikter

Hvorvidt batterielektriske kjøretøy, fartøy og maskiner kan oppfylle de viktigste funksjonskravene, avhenger i stor grad av størrelse og nødvendig rekkevidde eller brukstid. Små kjøretøy, fartøy og maskiner med et fast kjøremønster, som er innenfor rekkevidden til batteriene, kan oppfylle dagens funksjonskrav. Det samme gjelder ikke for store kjøretøy, fartøy eller maskiner med lang daglig kjørelengde/ brukstid. Bruk av batterielektriske kjøretøy og fartøy, der transportmønsteret ikke er forhåndsdefinert, kan være utfordrende siden det krever en utbredt tilgjengelig ladeinfrastruktur. Batteriene er kostbare, ikke minst for transportmidler som har behov for store batterier.

Det finnes små varebiler og lastebiler på markedet i dag, men i et begrenset antall modeller. Det er for tiden tre fullelektriske ferger i drift i Norge, og en stor andel vil trolig være elektriske innen 2030. En rekke norske byer gjennomfører piloter og gradvis innføring av elektriske bybusser. Linjer som egner seg godt for elektrifisering, er i ferd med å bli kostnadseffektive sammenlignet med dieselbusser på grunn av lavere energikostnader. Løsninger for lading må i all hovedsak etableres særskilt for hvert transportområde i og med at behovet for ladehastighet, plassering og areal varierer. Infrastruktur vil være særlig utfordrende for tung langtransport.

	Varebiler	Busser	Små lastebiler	Store lastebiler	Fartøy (ferger, passasjer, PSV)	Anleggs- og jordbruksmaskiner (små)	Anleggs- og jordbruksmaskiner (store)	Kommentar
FUNKSJONSKRAV								<ul style="list-style-type: none"> Små kjøretøy/fartøy innenfor rekkevidde er OK Store kjøretøy/fartøy og lange avst. fungerer ikke
KOSTNAD								<ul style="list-style-type: none"> Lave driftskostnader, høyere investeringskostnad Store batterier og lav brukstid er krevende
TILGJENGELIGHET								<ul style="list-style-type: none"> Økende antall modeller, men fortsatt begrenset antall å velge i
INFRASTRUKTUR								<ul style="list-style-type: none"> Infrastruktur finnes for personbiler, enkeltferger og depot Ingen ladeanlegg for tungtransport og maskiner

Den forventede kostnadsreduksjonen på batterier vil bidra til å øke rekkevidden og dermed legge til rette for at større kjøretøy, fartøy og maskiner kan elektrifiseres. På grunn av batterienes tyngde vil også høyere energitetthet (vekt) være positivt for elektrifiseringen av transportsektoren. Økt energieffektivitet som gir lengre rekkevidde med samme batteristørrelse, vil også bidra positivt.

Viktige drivkrefter for den videre kostnadsutviklingen for batterier er fortsatt teknologiutvikling og økende produksjonsvolumer etter hvert som etterspørselen tar seg opp. Det skjer mye forskning og utvikling på batterier. Hvor raskt utviklingen går er usikkert. Høyere produksjonsvolumer gir fallende kostnader på grunn av skalaeffekter.

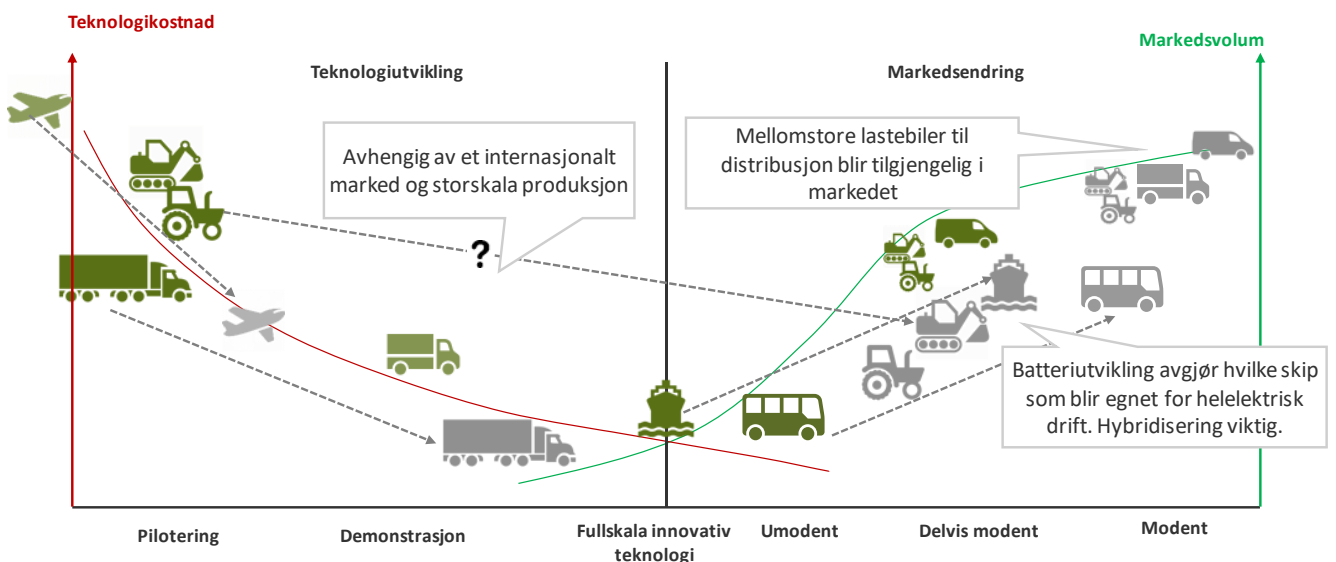
Det er ikke tilstrekkelig at det finnes modeller i markedet, det må også produseres et tilstrekkelig antall av hver modell for at enhetskostnadene skal falle tilstrekkelig. Særlig stor usikkerhet er det for

anleggs- og jordbruksmaskiner som ikke tilbys i markedet i dag. En absolutt forutsetning for at tung langtransport kan elektrifiseres, er at det bygges ladeinfrastruktur tilpasset behovet for denne transporten langs alle viktige transportkorridorer.

Hva skal til for økt bruk?		Små/kort avstand	Stor/lang avstand
FUNKSJONSKRAV	<ul style="list-style-type: none"> Økt rekkevidde Raskere lading Flere modeller for å dekke ulike krav 		
KOSTNAD	<ul style="list-style-type: none"> Skala i produksjon av batteri og kjøretøy/maskiner Unngå knapphet på produksjon og råvarer Økt energieffektivitet og økt levetid på batteri 		
TILGJENGELIGHET	<ul style="list-style-type: none"> Anleggs-/jordbruksmaskiner krever økt internasjonal etterspørsel for at modeller skal komme på markedet Flere modeller på varebiler, lastebiler og busser 		
INFRASTRUKTUR	<ul style="list-style-type: none"> Økt tilgjengelighet av hurtiglading, men depot trolig mest viktig Etablere markedsmodeller for lading 		

Som Figur 17 viser, er det stor usikkerhet om utviklingen i flere transportsegmenter blant annet fordi sentrale drivkrefter er hvor hurtig batteriene forbedres i ytelse og kostnad og hvor raskt og hvor mange kjøretøy og maskiner som blir tilgjengelig i markedet. For skip som bestilles spesifikt til bruk, vil batteriutviklingen og utvikling av standarder ha størst betydning. Erfaringene man gjør seg i tidlig innfasing av bybusser under norske forhold, påvirker hvor raskt elektriske bybusser kan bli en standard løsning. Elektriske fly er også under utvikling og Norge vil trolig bli det første landet som kan fase inn elektriske fly i kommersiell trafikk på grunn av at en stor andel av flytrafikken her i landet skjer på korte avstander og korte rullebaner. Likevel forventes det at kommersiell trafikk med elektriske fly først vil skje etter 2030.

Figur 17. Modning av batterielektriske kjøretøy til næringslivets transporter fram til 2030



4.2 Batterityper og kostnadsutvikling

4.2.1 Batterier har ulike egenskaper og må tilpasses bruk

Det er mye fokus på den rivende utviklingen innen batteriteknologi, særlig når det gjelder kostnader. Det er stor variasjonsbredde mellom ulike batterier, noe som illustreres når en sammenligner blybatterier med dagens Li-Ion batterier som brukes i PC-er, mobiler og annet. Dermed vil bruksområdet være avgjørende for hvilket batteri det er aktuelt å bruke.

Batterier har ulik kjemisk sammensetning og bygger på ulike systemer som sammen bestemmer egenskaper knyttet til:

- Energitetthet: Energi lagret i batteriet – bestemmer rekkevidde
- Effekt: Hvor mye effekt det kan levere – store motorer krever høy effekt
- Ladetid: Hvor raskt det kan lades – må tåle høye strømnivåer uten varmgang
- Levetid: Hvor raskt batteriet blir utradert (mister ca. 20 prosent av lagringsevnen). Ulike batterier degraderes ulikt av hyppig lading/utlading
- Sikkerhet: Risiko for ukontrollert varmgang som kan føre til brann
- Kostnader: Skala, materialbruk og «systemene rundt» påvirker kostnaden

Batterier kan optimaliseres for energikapasitet (rekkevidde), noe som er en viktig faktor for alle transporttyper. I hybride løsninger er det ofte behov for høyt effektuttak for å dekke topper og jevne ut motorkraften. En del transporttyper, f.eks. ferger, har behov for både høy energikapasitet og høyt effektuttak. Hurtiglading krever at batteriene kan ta imot mye strøm uten varmegang i batteriet, noe som krever et godt kjølesystem (DVN, 2015b).

LTO³- og LFP⁴-batterier benyttes ofte i elbusser. LTO-batterier kan lades raskt og kan dermed benyttes til hurtiglading underveis i løpet av dagen. LFP-batterier må lades med lavere strømstyrke for å unngå varmgang og fare for brann, og egner seg derfor best til lading på nattestid. Anleggsmaskiner og marine fartøy stiller krav om at batteriene tåler vibrasjoner, her brukes ofte NMC-batterier som har en høyere energitetthet enn de andre to. Marine batterier har en del likheter med batterier som brukes til nettførmål (størrelse, spenning og effekt). Batterier brukt i hybride kjøretøy/fartøy vil ha behov for høy effekt, mens energitettheten har mindre betydning siden energibruken er lav.

Utviklingen av batterier er sterkt drevet av etterspørselen etter personbiler og bruk i kraftnettet. Skala er viktig for å redusere kostnadene. Utvikling og bruk av nye materialer i batteriene kan imidlertid ha stor betydning for batterienes egenskaper. Silisium er nevnt som et svært interessant materiale for å bedre egenskapene til batteriene, inkludert økt energitetthet.

4.2.2 Batterikostnadene har falt og fortsetter å falle

Læringseffekter og masseproduksjon har ført til kostnadsreduksjoner de siste årene, samtidig som ytelsen til batterier har økt. Batterikostnaden for Litium-Ion har falt med over 70 prosent fra 2008 til 2017, dvs. fra 1000 til 200 USD/kWh, jfr. Figur 18. Bloomberg New Energy Finance (2018) forventer at prisen på lithium-ion batterier skal reduseres til litt over en tredjedel av dagens batteripris. Systemer rundt (kjøling og sikkerhetssystemer) kommer i tillegg.

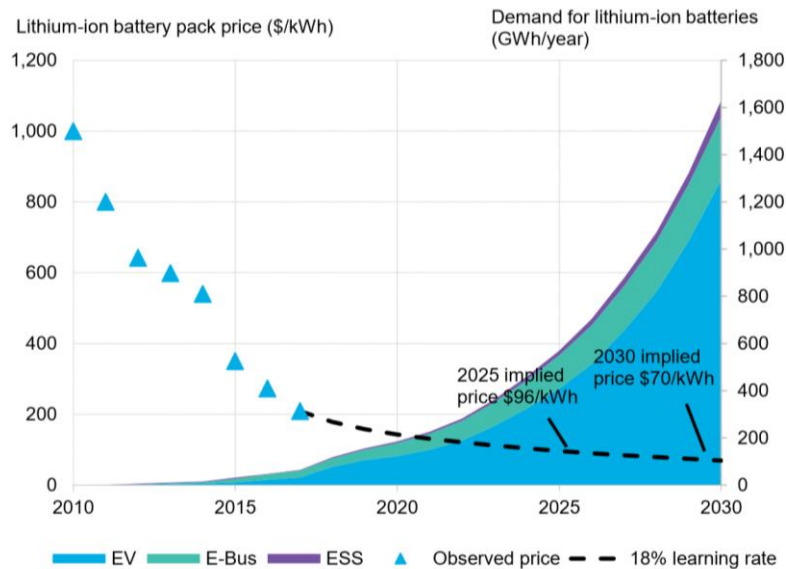
Det er verd å merke seg at Li-ion batterier er en klasse av mange ulike typer batterier, slik at man må velge type basert på hva man skal bruke dem til, og de kan ha ulike kostnader. Både LTO- og LFP-batterier er eksempler på batterier som har en høyere kostnad, og et LFP-batteri har en kostnad

³ Litium-titanat batterier

⁴ Litium-jernforsfat-batterier

for et totalt batterisystem på ca. 900 USD (Sintef, 2017), noe som er betydelig høyere enn vist i figuren under. Et LTO-batteri vil ha enda høyere kostnad.

Figur 18: Historisk og forventet kostnadsutvikling for Lithium-ion batterier



Kilde: Bloomberg New Energy Finance (2018)

Læringskurven vil trolig ikke være like bratt framover som den har vært, men her er det stor usikkerhet. Det er verd å merke seg at råstoffkostnaden utgjør 60 prosent av kostnaden (Sintef, 2017). Prisen på de ulike typene av batterier kan følge ulike kostnadskurver framover, avhengig av produksjonskapasitet, etterspørsel og tilgangen på de enkelte materialene som inngår i de ulike batteritypene. Som Figur 19 under viser, har produksjonskapasiteten økt mer enn etterspørselen etter batterier, noe som kan bidra til å forklare at kostnadsfallet har vært stort de siste par årene. Nye materialer og mer effektiv produksjon er andre forklaringsvariabler på reduksjonen i batterikostnadene.

Figur 19: Forholdet mellom produksjonskapasitet og etterspørsel etter batterier



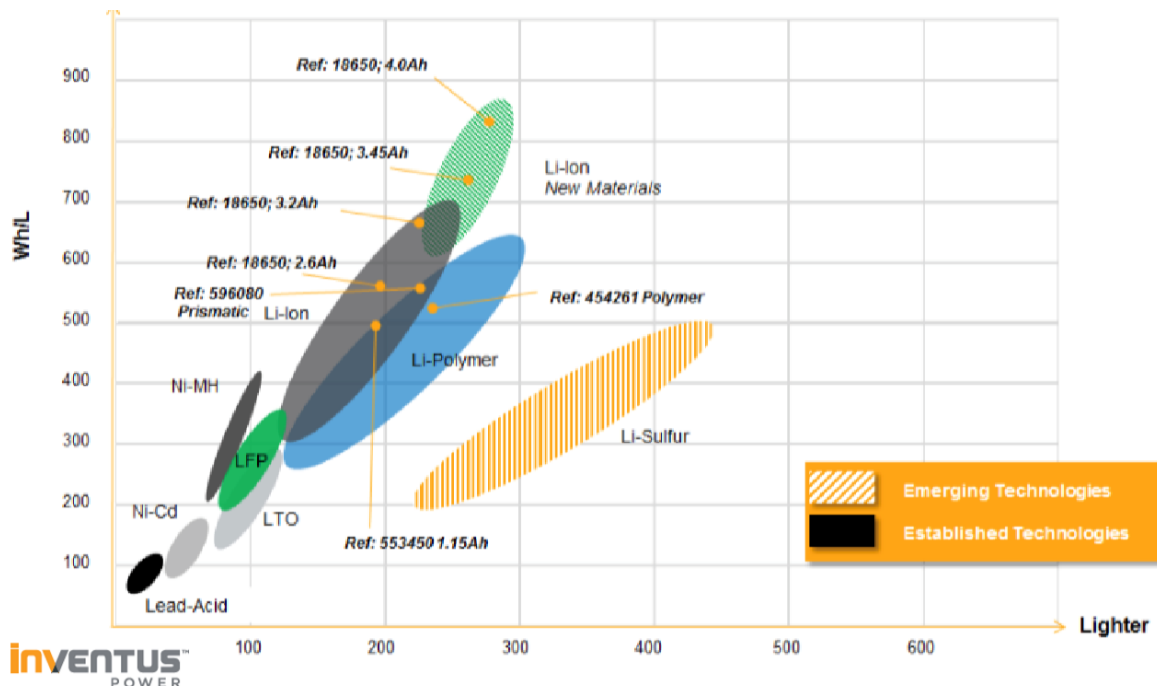
Kilde: Bloomberg New Energy Finance (2018)

4.2.3 Energitettheten øker, men det er stor usikkerhet i hvor mye

Det pågår mye forskning på batterier og ikke minst på hvilke materialer som kan bidra til å øke energitettheten. Hvor mye energitettheten til batterier kan øke innen 2030 er usikkert, men energitettheten har mer enn doblet seg mellom 2013 og 2016 (IEA, 2017). Figuren under indikerer muligheten for å øke energitettheten 3-4 ganger sammenlignet med dagens teknologi (Li-ion), men tidsperspektivet er usikkert. Det vil si at batteriene er antatt å bli inntil 25 prosent av dagens vekt eller volum for samme energimengde. Silisium skal også være et lovende materiale for å øke energitettheten i batterier, og norske Elkem er et av selskapene som forsker på dette.

Figur 20 illustrerer en mulig utvikling. Den viser energitettheten til dagens Li-Ion batterier (mørkt, grått felt). Sammenlignet med blybatterier (lead-acid) ser vi at energimengden er betydelig høyere i Li-Ion, både når det gjelder vekt og volum. Batterier som brukes i dagens elbusser er LFP (mørkt, grønt felt) og LFO (lyst, grått felt). Teknologier som er under utvikling («emerging») er vist som skravert grønt og skravert oransje felter, indikerer en energitetthet som er 3-4 ganger så høy som dagens bussbatterier.

Figur 20: energitettheten kan økes vha. nye materialer

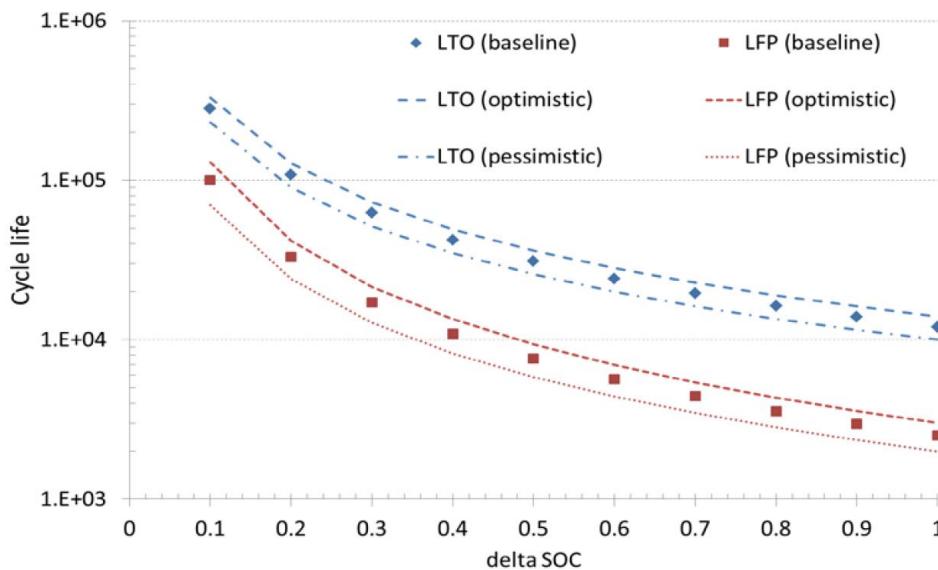


Kilde: Cenate (2018)

4.2.4 Bruken av batteriet har betydning for levetiden

Levetiden på batterier har stor betydning for kostnaden. Hvor raskt og ofte utlading skjer påvirker levetiden ulikt for ulike typer batterier. Valg av batterier må derfor tilpasses til forventet ladesyklus av batteriet.

Figur 21 viser hvor ulikt hyppig lading og utlading påvirker de to batteritypene LTO og LFP. Dersom 20 prosent av batterikapasiteten normalt brukes før neste opplading (vertikal akse), vil et LFP-batteri tåle ca. 12.000 ladesykluser, men dersom 90 prosent av kapasiteten benyttes før neste lading vil det kun tåle ca. 2000 ladesykluser. Et LTO-batteri er bedre egnet for hyppige lading og har vil tåle ca. 100.000 og 10.500 ladesykluser ved bruk av hhv. 20 og 90 prosent av kapasiteten mellom hver lading.

Figur 21: Ladesykluser og ladetid for LTO og LPF-batterier

Kilde: TØI (2017)

4.3 Tilgang på infrastruktur

4.3.1 Busser og lastebiler

Det framtidige behovet for ladeinfrastruktur avhenger av hvordan batteriteknologien utvikler seg. Dersom energitettheten økes kraftig og batteriene blir store, vil mulighetene til å lade sjeldnere (f.eks. på natt) bedres. Dermed forbedres funksjonaliteten for kjøretøy/fartøy som går over lengre strekninger. Batterier som lades om natten, vil redusere behovet for infrastruktur langs veien, mens bruk av batterier i tungtransport vil øke behovet for hurtiglading underveis.

Kjøretøy kan lades over natt eller hurtiglades underveis i løpet av dagen. Slike funksjonalitetskrav har betydning for batterienes egenskaper:

- *Lading med pantograf/hurtiglading underveis:* Batteriene er mindre (100 kWh) og man kan kjøre 20-40 km mellom hver lading (gitt nødvendig sikkerhetsmargin). Normalt skjer lading på endestopp (ca. 10 min) og batteristørrelsen tilpasses dette. Det må etableres ladestasjoner underveis på kjøreruter.
- *Nattlading:* Batteriene må være tilstrekkelig store til at bussen/lastebilen kan kjøre som normalt en hel dag. Batterikapasiteten er typisk 300 kWh og rekkevidden 100-250 km. Lading skjer på depot på nattetid og tar typisk 4-5 timer.

For å velge riktig løsning må man vurdere batterikostnaden for store batterier som kan lagres om natten, opp mot kostnaden til mindre batterier som har en høyere kostnad pr. kWh og kostnaden ved å etablere hurtigladerer til bruk i løpet av dagen.

Det forskes også på induktiv lading der det ikke er kontakt mellom batteriet og laderen, noe som gjør det mulig å lade mens man kjører eller ved alle korte stopp. I tillegg er det forskningsprosjekter som jobber med å utvikle løsninger for skinner i veibanen eller trolley-løsninger der man kan koble seg på for å lade mens man kjører. Denne teknologien er ikke moden ennå, og det er for tidlig å si noe om potensial og kostnader.

Tabell 7 gir en oversikt over ulike type ladepunkter som er i bruk, og deres respektive ladeeffekter, ladetider, kontaktyper og pris for montering (Miljødirektoratet, 2016).

Tabell 7: Ulike type ladepunkter, inkl. investeringskostnader

Type ladepunkt	Effekt	Hvor foregår ladingen?	Standard for ladekontakt	Ladetid	Kostnader, inkl. montering
Normallading	3-4 kW	Mens bilen uansett ville stått parkert.	Type 2-kontakt er vedtatt standard i EU	6-7 timer	>10 000 NOK 60.000 NOK i Oslo sentrum
Fleksilading	11-22 kW	Ved destinasjon der man oppholder seg noen timer.	Type 2-kontakt er vedtatt standard i EU	2-4 timer	> 40 000 kr 80.000 NOK i Oslo
Hurtiglading	Over 50 kW	Langs hovedfartsårer og knutepunkt	Tre standarder: Combined Charging System (CCS/Combo) EU standard Japanske CHAdeMO Tesla sin egen løsning og nettverk Supercharger	-	300 000 kr og oppover 2 MNOK for ladestasjon med 3*50 kW ladepunkt i Oslo
Pantograf	150-450 kW	På endeholdeplass	Under etablering	5-10 min	Pantograf: 2,5-4,5 MNOK Anleggsbidrag: 0,5-1 MNOK Grunnarbeid: ca. 0,25 MNOK Vårt estimat er 4,5 MNOK
Depot	50 kW	På depot over natt	Under etablering	3-8 timer	400.000 kr
Fergelader	1-4 MW	På kaien			

Kilde: THEMA (2016), Norconsult og THEMA (2017), NVE (2017)

4.3.2 Fartøy

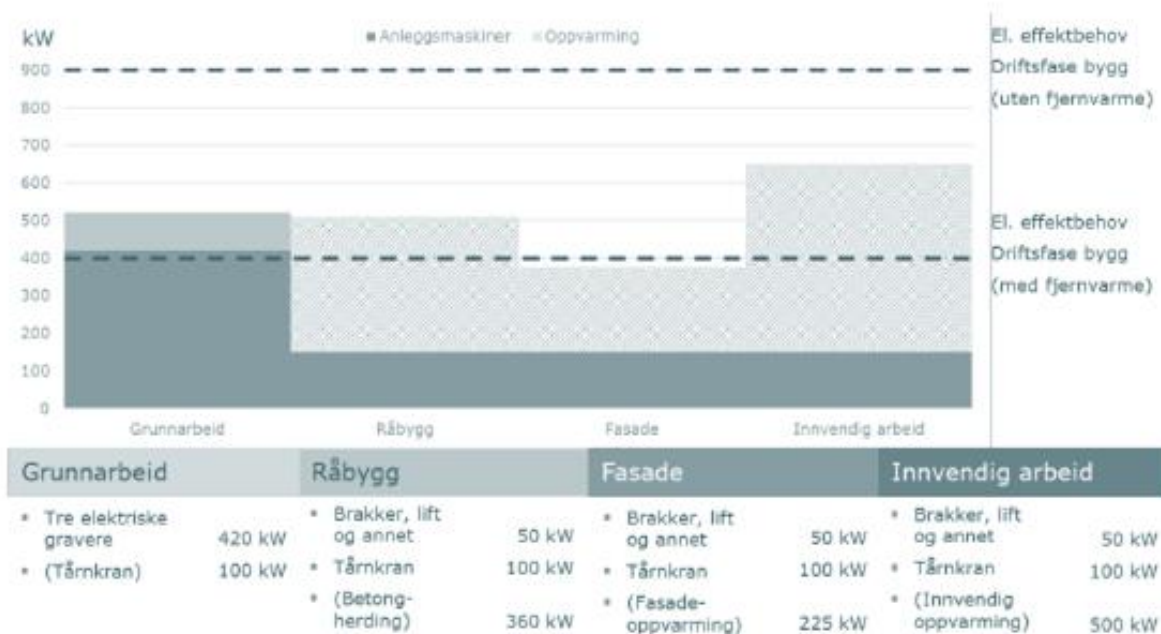
Batterielektriske fartøy krever utbygging av infrastruktur på land, både ladeinfrastruktur og utbygging av strømmettet. Utbygging av strømmettet er i de fleste tilfeller nødvendig på grunn av høyt effektuttak ved lading av fartøy, anslagsvis 1 til 4 MW pr. fergesamband (NVE, 2017). Nettoppgraderinger for elektriske ferger ligger mellom 1 og 5 millioner kroner (DNV GL, 2016a), men for ferger som har behov for høy effekt ytterst i et svakt nett kan kostnadene til nettførsterkninger bli svært høye. Alternativt kan behovet for nettinvesteringer reduseres ved at det bygges batteripakker på kaien som fungerer som buffere mot strømmettet. Slike batteripakker ble installert for den batterielektriske fergen Ampere der alternativet var en nettførsterkning på ca. 50 MNOK.

4.3.3 Anleggsplasser

Tilgang til elektrisk infrastruktur med tilstrekkelig kapasitet er en barriere for bruk av elektriske anleggs- og landbruksmaskiner.

På byggeplasser vil elektrisk infrastruktur også kunne benyttes av det ferdige bygget i driftsfasen, og en eventuell merkostnad oppstår hvis effektbehovet er større i byggefasen enn i driftsfasen. DNV GL (2017b) gjorde en analyse av effektbehovet for en «typisk» byggeplass⁵, og fant at effektbehovet til byggeplassen stort sett ligger under effektbehovet til det ferdige bygget, se Figur 22.

⁵ Boligblokk på 10 000m²

Figur 22 Elektrisk infrastruktur byggeplass

DNV GL (2017b) skriver at tidlig fremføring av kabel og nettoppgraderinger som sikrer nødvendig kapasitet til den ferdige bygningen også sikrer tilstrekkelig effekt på byggeplassen. Likevel antyder intervjuer vi har gjennomført i dette prosjektet, at elektrisk infrastruktur kan være en utfordring. Særlig vil hurtiglading av batterier til større anleggsmaskiner ha et høyt effektbehov. Det kan bli aktuelt å vurdere mobile batterier og nettstasjoner. Anleggsmaskiner er ikke bygget for å kjøre store avstander, så det er nødvendig med tilstrekkelig strømtilførsel på bygge- og anleggsplassen.

4.4 Elvarebiler

4.4.1 Markedsstatus

Antallet elvarebiler i Norge er lavt og utgjør under en prosent av varebilparken. I 2017 var 2,1 prosent av solgte varebiler elektriske (Zero, 2018)⁶.

Det tilbys og planlegges mange nye modeller av elvarebiler i markedet, men de fleste av dem er små. Varebiler produseres i et mindre antall enn personbiler, og det er derfor ikke lønnsomt for produsentene å tilby mange modeller og/eller avansert teknologi i dette segmentet. De minste varebilene er som regel basert på en modifisert personbilramme. I slike tilfeller kan varebilene tilbys med samme drivlinje som personbilmodellen de er basert på.

Det er annonsert flere lanseringer av noe større elvarebiler, f.eks. Iveco Daily Electric, Volkswagen e-Crafter med flere. Oversikt over tilgjengelige og planlagte elvarebilmodeller finnes i vedlegg 5.

4.4.2 Teknisk egnethet

Elvarebiler oppfyller ikke alle transportørens krav til størrelse, rekkevidde, firehjulstrekk og tilhengerfeste. Få aktører velger en elvarebil til tross for at det framstår som et økonomisk attraktivt valg, noe som tilsier at det finnes ulempekostnader som ikke inngår i et rent økonomisk regnestykke.

Det vil være store forskjeller i funksjonalitetsnivået mellom kjøretøyflåter som kjører faste ruter og for f.eks. en håndverker som har en bil, uforutsigbart kjøremønster og usikker tilgang på lading ved parkering i løpet av dagen. Den tekniske egnetheten vil derfor varierer mye mellom ulike

⁶ Zeronotat 2018

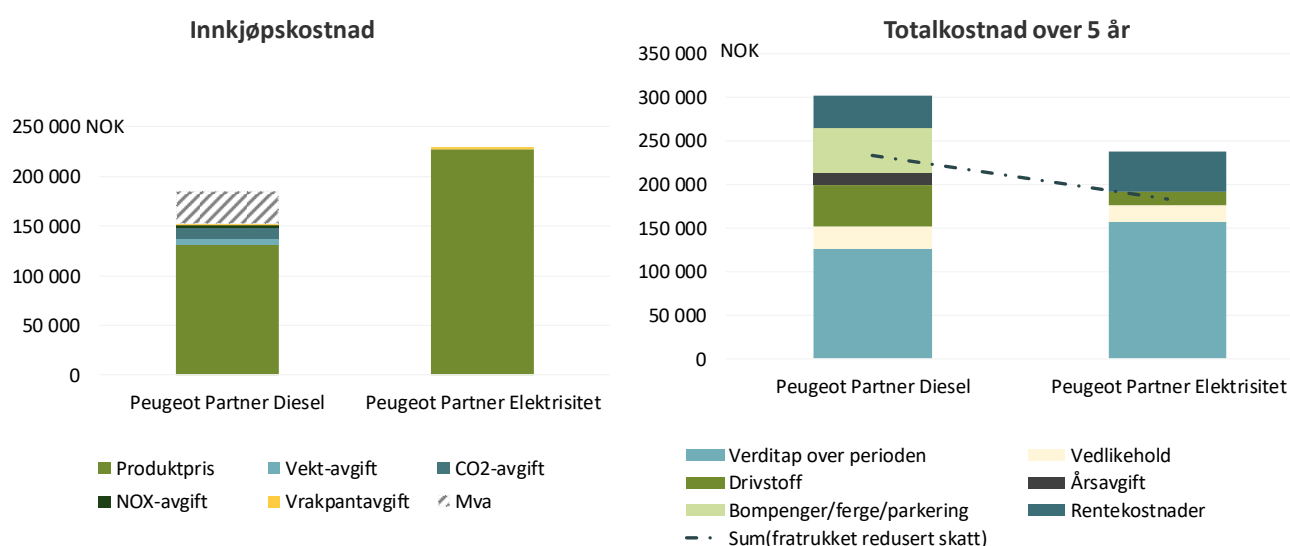
brukergrupper (THEMA, 2014). Lengre rekkevidde vil øke andelen av transportører som kan ta i bruk elvarebiler uten at det utgjør en praktisk ulempe.

4.4.3 Konkurransedyktighet

En elvarebil koster mer i innkjøp enn en diesebil, men totalkostnaden over 5 år kan bli lavere med dagens incentiver (ingen bompenger, gratis parkering og ferge der det er relevant). Dagens incentiver er derfor avgjørende for elvarebilens konkurranseevne. De økonomiske incentivene til å kjøpe elvarebiler er svakere enn for elbiler i personbilmarkedet siden fritaket for mva ikke har noen virkning for innkjøp i næringslivet.

Elvarebilene vil bli rimeligere i innkjøp utover i perioden og rekkevidden vil øke. Elvarebil kan være økonomisk gunstig for aktører med lange årlige kjørelengder og tilgang til ladeinfrastruktur allerede i dag, men våre beregninger viser at den gjennomsnittlige elvarebilen ikke vil være konkurransedyktig uten offentlige incentiver.

Figur 23: BEVs konkurransedyktighet sammenlignet med diesebil i varebilsegment



4.4.4 Barrierer

Vi har vurdert barrierer for økt bruk av elvarebiler i et prosjekt for Klima- og miljødepartementet (THEMA, 2014), og Zero gjennomførte en workshop med næringslivsaktører høsten 2017. Barrierene kan oppsummeres til:

- *Tilgang på modeller* som oppfyller funksjonskravene til varebilene når det gjelder størrelse og rekkevidde er begrenset. I tillegg mangler bilene tilhengerfeste og firhjulstrekk.
- *Kostnadene* for elvarebiler oppleves som høyere enn for konvensjonelle varebiler, delvis på grunn av høye investeringskostnader, men også på grunn av usikkerhet om hvorvidt varebilen kan dekke behovet (ulempekostnad), om restverdi og om hvor lenge fordelene med bruk av elvarebil vil vare. Noen aktører vil ha behov for å øke antallet varebiler dersom de skal satse på el for å sikre at transportbehovet dekkes, noe som gir ekstrakostnader
- *Infrastruktur*: Varebiler med fast kjøremønster som kan lade på depot, har færre barrierer knyttet til infrastruktur enn varebiler med ukjent kjøremønster og som ikke har sikker tilgang til lademulighet i løpet av dagen.

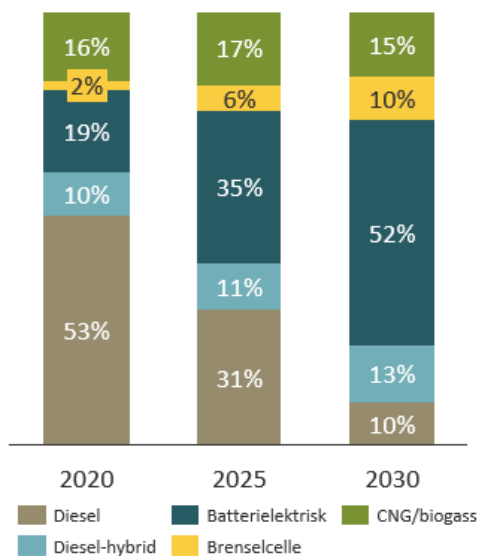
4.5 Elbusser

4.5.1 Markedsstatus

Elbusser er tilgjengelig i markedet og er tatt i bruk i stor skala i Kina. Allerede i 2016 var det nesten 350.000 elektriske busser i drift på verdensbasis (ZeEUS, 2017). De fleste bussprodusenter tilbyr nå elektriske busser. I Norge har kollektivselskapene i flere byer (Stavanger, Drammen, Oslo, Kristiansand) startet uttesting av elbusser med sikte på storskala utrulling når de teknisk-økonomiske mulighetene tilsier det. I Trondheim vil AtB starte 5 ruter med 40 busser (tilsvarende 14 prosent av den samlede ruteproduksjonen) kun basert på elbusser fra 2019.

Et stort antall byer i Europa tester ut elbusser, blant dem London, Paris og Amsterdam, disse byene har ifølge ZeBUS (2017) størst ambisjoner på kort sikt. ZeBUS har også undersøkt hvilke teknologier myndigheter og bussoperatører har mest tro på framover, og har laget en et scenario for teknologisammensetningen av bybussene i Europa fram til 2030. Som Figur 24 viser, kan over 50 prosent av bybussene i Europa ifølge ZeBUS være elbusser i 2030.

Figur 24: Scenario for utviklingen av bybusser i Europa



Kilde: ZeEUS (2017)

4.5.2 Teknisk egnethet

Elbusser er mest aktuelle for bruk i byer så lenge rekkevidden og/eller ladetid begrenser bruk i langdistanse bussruter. Men etter hvert som kostnaden på batterier reduseres og energitettheten økes, vil bruksområdet for elbusser kunne utvides.

4.5.3 Konkurransedyktighet

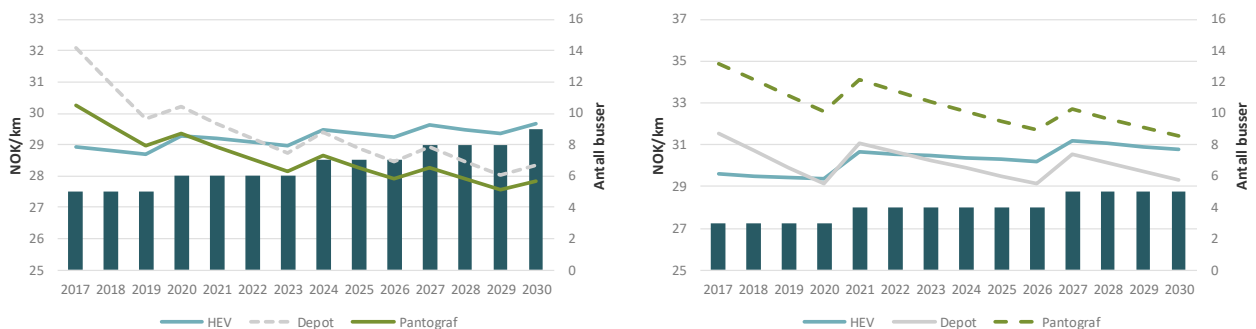
Høsten 2017 gjennomførte vi en analyse av de teknisk-økonomiske mulighetene for å ta i bruk elbusser på busslinjer i Kristiansand og Arendal (THEMA og Norconsult, 2017). På grunn av reduserte kostnader for batterier og økt energieffektivitet i bussene, vil ca. 80 prosent av linjene og 80 prosent av kjørte km for bybusser kunne elektrifiseres innen 2030. Bussene som kjører mer enn 25 km pr. avgang eller over 180 km pr. dag, vil ikke kunne elektrifiseres med dagens batterikapasitet og de sikkerhetsmarginer⁷ vi la inn i beregningene.

⁷ Bussene skal klare vanskelige/energikrevende kjøreforhold og likevel stå over en lading på endeholdeplass

For lokale busser, da særlig bybusser, er helelektrisk framdrift et alternativ som er mulig i tidsperspektivet fram til 2030 og som testes ut mange steder. Bussruten er forhåndsdefinert, og tilgang på lading kan dermed tilpasses kollektivselskapets behov og prioriteringer.

Figur 25 viser vi hva kostnaden pr. km blir for to ulike bylinjer med henholdsvis depotlading og endestoppplading, sammenlignet med referansealternativet som er hybridbuss med HVO. Figuren viser kostnadene med ulike år for oppstart og antall busser som vil betjene linjen. Figuren til venstre viser en linje der elbusser med lading på endestoppene blir konkurransedyktig i 2020 med våre forutsetninger. Linjen har høy ruteproduksjon pr. buss på hverdager, og hver buss går over 180 km pr. dag. Linjen er derfor ikke egnet for nattlading på depot (stiplet linje). Men hver avgang er på 19 km og linjen egner seg for lading på endestopp (pantograf). I tillegg er det relativt mange busser på linjen, noe som gjør at mange busser deler på kostnaden for pantograf på hvert endestopp. Figuren til høyre viser en linje der elbusser blir konkurransedyktig i 2023. Linjen har relativt få busser og avstanden pr. avgang er 34 km. En løsning med lading på endestoppene er derfor både teknisk og økonomisk lite egnet. Derimot er linjen godt egnet til elbusser som lades på natten og går hele dagen i og med at hver buss går mindre enn 180 km pr. dag.

Figur 25: Elbussers konkurransedyktighet for bybusslinjer av ulik lengde og rutefrekvens



Kilde: THEMA og Norconsult (2017)

4.5.4 Barrierer

Selv om elbusser er tatt i bruk i stor skala i Kina og er til uttesting mange steder i Europa og Norge, vil det fortsatt være barrierer for å ta teknologien i bruk:

- *Bussens konkurranseevne* i forhold til andre transportmidler blir redusert dersom bussene ikke holder rutetiden eller uteblir. Klimaeffekten fra busser kommer ved at reisende lar bilen stå og heller velger kollektivtransport. Risiko knyttet til oppetid og regularitet må derfor håndteres med dieselbusser i back-up eller andre risikoreduserende tiltak.
- *Risiko for kø på ladepunktet*: Dersom bussene blir forsinket, vil man ha kortere ladetid på endeholdeplassen, og det kan også danne seg en kø for lading. Batterier som er dimensjonert for å stå over en lading er fordyrende, men bør inkluderes for å håndtere slike utfordringer.
- Kostnaden, særlig for endepunktslading, er usikker: Kostnaden til selve pantografen er kjent, men i tillegg kommer kostnaden til eventuelle nettforsterkninger som må dekkes av busseier, og andre kostnader og prosesser for å etablere et ladepunkt.
- *Risiko for økte personellkostnader pga. lading underveis*: Rutetidene har normalt lite buffertid på endeholdeplassen, men ved bruk av pantografer kan det sikres tilstrekkelig tid til lading. Personellkostnaden utgjør 50-60 prosent av den totale kostnaden ved busstdrift, og små økninger her kan få store konsekvenser for totalkostnaden.
- *Ny driftsrisiko*: Det er forskjell på tester i begrenset omfang og fullskala bruk av elbusser. Det er usikkerhet knyttet til hvilke driftsforhold som vil være utfordrende, men norske vintre

er en av dem. Man må derfor få tilstrekkelig erfaring med drift under utfordrende vinterforhold før denne risikoen er avklart, og det vil være stort behov for å utveksle erfaringer mellom ulike kollektivselskap og operatører.

- *Usikkerhet om levetid og driftskostnader for elbusser.* Ved innføring av en ny teknologi er det usikkerhet om forhold med stor betydning for det totale og langsiktige kostnadsbildet. Dersom batteriene må byttes ut tidligere enn antatt, vil det ha stor betydning for kostnadsbildet.
- *Kontrakter, roller, oppgaver og ansvar må justeres.* Kostnadsstrukturen er svært ulik for elbusser og dieselbusser og i tillegg må det etableres infrastruktur for lading. Dette fører til at kontraktsutforming må endres, nye aktører/roller må på plass og vedlikeholdsplaner og ruteplaner må justeres. Dette vil gi risiko og økte kostnader fram til alle forhold er avklart.

4.6 Elektriske lastebiler

4.6.1 Markedsstatus

I segmentet for små lastebiler finnes noen få modeller som er kommersielt tilgjengelige. En av dem er IVECO som leverer et chassis som kan benyttes i ulike utforminger, se eksempler på bildene under. Denne bilen er også levert som stor varebil beskrevet tidligere.

Figur 33: Eksempler på Iveco mini-lastebiler til ulike formål



Kilde: iveco.com/norway

Flere kjøretøyprodusenter har annonsert produksjon av små elektriske lastebiler de kommende årene.

Så vidt vi kjenner til, er det kun tre ellastebiler i bruk i Norge i klassen 16-30 tonn totalvekt. ASKO har kjøpt en ellastebil (18 tonn, EMOSS), med opsjon på å kjøpe flere, men har så langt ikke gått til innkjøp av mer enn denne ene som følge av mange tekniske utfordringer.⁸

Framover forventes produksjon av flere elektriske lastebiler i mellomklassen, men for flere av de annonserte modellene er tidspunkt for markedsintroduksjon usikkert. En oversikt over kjente planer for lansering av elektriske lastebiler finnes i vedlegg 5.

4.6.2 Teknisk egnethet

Den største utfordringen med eldre lastebiler er rekkevidden. Bilene er allerede tunge og har ofte tung last og er dermed energikrevende i bruk. Rekkevidden er kjent for selve lastebilen uten last, men rekkevidden med last og variasjoner i føre og terreng er usikkert. Dette krever store sikkerhetsmarginer og dermed et stort batteri, noe som igjen øker vekten på lastebiler.

⁸ <https://www.tu.no/artikler/norges-forste-el-lastebil-har-sa-mange-tekniske-utfordringer-at-asko-ikke-vil-ha-flere/426669>

Batterielektriske tunge kjøretøy i langtransport er lite sannsynlig innen 2030. En batteriutvikling med økt energitetthet (vekt) vil imidlertid øke mulighetene for bruk av batterielektriske lastebiler.

Det pågår en del utviklingsaktivitet for å elektrifisere tyngre lastebiler. Blant annet er det satt i gang et Pilot-E-prosjekt som skal teste utslippsfri varetransport mellom ASKOs lagre på Vestby i Akershus og Sande i Vestfold. Prosjektet skal etablere en intermodal løsning for bil-skip-bil, der elektriske lastebiler på 50 tonn skal kjøre strekningene på land. Disse lastebilene finnes foreløpig ikke på markedet og må utvikles.

4.6.3 Konkurransedyktighet

Den planlagte ellastebiler til MAN vil trolig lanseres til en pris på ca. 3,5 MNOK og har dermed en investeringskostnad som er rundt fire ganger så høy som en tilsvarende diesellastebil.

4.6.4 Barrierer

Teknisk egnethet

Den største barrieren for bruk av ellastebiler er naturlig nok tilgangen på modeller som oppfyller kravene. Små lastebiler til lokal distribusjonskjøring kan i mange tilfeller være egnet for elektrisk drift, men barrieren er betydelig for langtransport.

Tilgang på infrastruktur

Når flere ellastebiler blir tilgjengelig, vil tilgangen på infrastruktur bli en større utfordring enn for annen teknologi, særlig for kjøretøy som ikke går i fast rute. Lastebiler kan ikke enkelt bruke samme infrastruktur som personbiler, det kommer både av plassbehovet til en lastebil og av at de vil ha større batterier og behov for høyere ladeeffekt enn mindre biler.

4.7 Fartøy

4.7.1 Markedsstatus

Det er foreløpig bygget et fåtall elektriske fartøy i verden. Det er imidlertid bygget et par elektriske ferger, og i 2017 ble verdens første helelektriske lasteskip lansert i Guangzhou i Kina. En oversikt over idriftsatte elektriske fartøy finnes i vedlegg 6.

Flere fergestrekninger i Norge vil få elektriske fartøy de kommende årene, og innen 2021 skal 60 ferger være elektriske. Det utgjør omtrent en tredel av den norske fergeflåten (tu.no, 2018). Mye av utviklingen innen elektriske fartøy foregår i Norge, men det er også aktivitet for å utvikle elektriske fartøy i flere andre land.

I Sverige skal to store passasjerbåter med elektrisk fremdrift settes i drift innen kort tid og vil da være de største elektriske fartøyene i verden (electrek.co, 2017). Fartøyene har en lengde på 111 m og kan frakte 240 biler og 1100-1250 passasjerer. Fartøyene vil lades i løpet av 5-9 minutter ved havnen. Fartøyene gikk tidligere med dieselmotor og har blitt bygget om for elektrisk fremdrift.

Flere elektriske lasteskip planlegges også, blant annet to elektriske lasteskip som skal gå på kanaler i Nederland. Skipene har en lastekapasitet på 280 containere (electrek.co, 2018).

Tekniske begrensninger knyttet til batterikapasitet medfører at det ikke finnes eller planlegges batterielektrisk fremdrift for større fartøyer med lengre overfarter.

4.7.2 Teknisk egnethet

Foreløpig er batterielektrisk fremdrift kun tilgjengelig for ferger, passasjerskip og lasteskip med begrenset lastekapasitet. De går i faste ruter med relativt korte overfarter som gir mulighet for hyppig lading (DNV GL, 2016b). Det er først og fremst begrensninger i batterikapasitet, som følge av energitettheten til batteriet, som gjør at batterielektrisk fremdrift ikke er tilgjengelig for større fartøy og for skip som går over lengre avstander. Slike fartøy har et energibehov som ikke kan dekkes av

batterier foreløpig. Et fartøys størrelse, lastebenhov, bruksmønster/rute, hastighet og farvann (indre fjord vs. åpent hav) påvirker energibehovet, og avgjør om fartøyet er egnet for batterielektrisk fremdrift. For eksisterende skip som allerede har dieselelektrisk framdrift, kan ombygging være mulig. I følge DNV (2015b) er det stadig mer vanlig at skip, særlig for offshore supply skip og cruiseskip har dieselelektrisk framdrift, noe som kan gi muligheter for elektrifisering senere.

Økt energitetthet vil gjøre batterielektrisk fremdrift teknisk mulig for større fartøy og lengre overfarter enn tilfellet er i dag. Likevel, gitt den forventede utviklingen i energitetthet for eksisterende batteriteknologier, vil det i 2030 fortsatt være begrenset hvilke fartøystyper som egner seg for batterielektrisk fremdrift. I følge DNV GL (2015a) vil elektrisk drift være aktuelt for lokal, short-sea shipping i et 2030-perspektiv, det vil si en videreføring og -utvikling av fartøystypene som nå begynner å få elektrisk fremdrift.

Det forventes ikke at deep-sea shipping vil kunne anvende batterielektrisk fremdrift, verken i et 2030-perspektiv eller 2050-perspektiv (se for eksempel IEA ETP, 2017).

4.7.3 Konkurransedyktighet

Investeringskostnader

Investeringskostnaden ved anskaffelse av elektriske fartøy er betydelig høyere enn for konvensjonelle fartøy. Ved investering i en batterielektrisk ferge vil merkostnaden typisk ligge mellom 10 og 30 millioner (DNV GL, 2016a). Batterier, drivlinje og power management-system er vesentlige kostnadsdrivere.

Fremover forventes investeringskostnaden for batterielektriske fartøy å synke betydelig som følge av økt volum og læringseffekter, utvikling av nye løsninger og nedgang i batteripriser. Batterier utgjør en stor andel av merkostnaden til elektriske fartøy, og en nedgang i batteriprisene vil ha stor betydning for konkurranseevnen til fartøyene. DNV GL (2016a) forventer at det ikke vil være særlige merkostnader ved investering i batterielektriske ferger noe frem i tid.

Driftskostnader

Lavere driftskostnader kan kompensere for merkostnader ved å investere i et elektrisk fartøy og nødvendig infrastruktur, og kan potensielt gi lavere totalkostnader for batterielektriske fartøy sammenlignet med konvensjonelle.⁹ Både drivstoffkostnader og vedlikeholdskostnader er forventet å være lavere for elektriske ferger.

Erfaringer fra den batterielektriske fergen Ampere viser at energikostnadene reduseres med 60 prosent sammenlignet med en vanlig dieselferge (tu.no, 2016). Basert på disse erfaringene, utførte Bellona og Siemens i 2015 en mulighetsstudie for lønnsomheten ved batterielektrisk fremdrift for norske ferger. Resultatene fra mulighetsstudien viser at batterielektrisk fremdrift er lønnsomt for 84 ferger på 61 fergestrekninger, av totalt 180 ferger og 11 fergesamband (Bellona og Siemens, 2015). Likevel er DNV GLs (2016a) erfaring at elektriske ferger foreløpig har høyere totalkostnader.

Erfaringsgrunnlaget for elektriske fartøy er foreløpig tynt. Når flere av de elektriske fergene som er planlagt i løpet av få år kommer i drift, vil man få bedre kunnskap om kostnadsbildet.

4.7.4 Barrierer

Teknologi – energitetthet og rekkevidde

Den viktigste tekniske barrieren for anvendelse av batterielektrisk fremdrift i skip er batterikapasiteten, som beskrevet over. Batterielektrisk fremdrift er et teknisk mulig alternativ for ferger, passasjerskip og lasteskip, men energibehovet til det enkelte fartøyet avgjør hvorvidt det er egnet for batterielektrisk fremdrift. Fartøy med lange og/eller værutsatte ruter og høy hastighet vil kunne være uegnet, hvilket er tilfelle for flere norske fergesamband (DNV GL, 2016a).

⁹ Marin gassolje

Kostnader

Kostnadene til elektriske ferger er høyere enn for alternativene.

Infrastruktur – tilgang og eierskap

Elektriske fartøy medfører et behov for utbygging av ladeinfrastruktur på kaien og utbygging av kraftnettet, men det er ikke klart hvem som skal ta kostnaden og eie den nødvendige infrastrukturen (DNV GL 2016a). Det kan medføre problemer ved anbudskonkurranser av fergesamband.

Oppgraderinger av kraftnettet utføres og eies av nettselskapet, men hvorvidt det er rederi eller innkjøper som skal stå som kunde, er ikke klart. DNV GL (2016a) anbefaler at innkjøper står som kunde fordi nettoppgraderingene ofte gjøres for et lengre tidsperspektiv enn for kontraktsperioden for samband og for å unngå ytterligere press på rederienes kapitalbehov. Det presiseres imidlertid at behovet for nettoppgraderinger vil påvirke totalkostnadene mellom ulike tilbydere i anbudsprosesser, og at dette må hensyntas.

DNV GL (2016a) anbefaler at fylkeskommunen eier ladeinfrastruktur, både for å avlaste rederienes kapitalbehov og fordi fylkeskommunene har mulighet til å søke om Enova-støtte. Det blir viktig at kontrakter mellom fylkeskommunen og rederiene har en tydelig ansvarsfordeling, der rederiene under kontraktsperioden har ansvar for drift, vedlikehold, kjøp og installasjon av ladeinfrastruktur på kaien.

Manglende etterspørsel etter og betalingsvilje for miljøvennlige alternativer

Miljøvennlige teknologier til maritim transport koster mer enn konvensjonelle teknologier. Rederiene opplever, med unntak av offentlige innkjøpere, lav betalingsvilje for miljøvennlige alternativer hos sine kunder i henhold til intervjuer gjennomført i dette prosjektet.

4.8 Anleggs- og landbruksmaskiner

Batterielektrisk drift er teknisk mulig for mange anleggs- og landbruksmaskiner, men utfordres av funksjonalitetsbegrensninger knyttet til driftstid og ladetid, samt tilgang til ladeinfrastruktur. Mindre elektriske maskiner er tilgjengelig i markedet og serieproduseres, men er foreløpig kun delvis modent og lite utbredt. Mindre elektriske maskiner vil trolig fortsette utviklingen de kommende årene og bli kommersielt modent. Større maskiner er foreløpig ikke kommersielt tilgjengelig, men det finnes et fåtall prototyper som er dieselmaskiner bygget om til elektrisk drift.

4.8.1 Markedsstatus

Batterielektriske teknologier til anleggs- og landbruksmaskiner har foreløpig relativt lav teknologisk modenhet. Det finnes enkelte små maskiner tilgjengelig i markedet som serieproduseres, men disse maskinene er på et tidlig kommersielt nivå og er lite utbredt. Større maskiner har lavere teknologisk modenhet enn de små maskinene, og det finnes kun et fåtall maskiner på demonstrasjons- og prototypnivå.

Rambøll (2016) vurderer at batterielektriske teknologier til mindre traktorer har «middels» teknologisk modenhet¹⁰, basert på en vurdering av at batterielektrisk fremdrift er utprøvd og kommersielt tilgjengelig for busser og biler. Basert på intervjuer vi har gjennomført i dette prosjektet, virker større anleggsmaskiner å ha andre tekniske krav til batterier enn det kjøretøy i veitransport har. De tekniske kravene til batterier til bruk i anleggsmaskiner har mer til felles med batterier som anvendes i maritim transport. Batteriene har høyere krav til sikkerhet i forhold til å motstå slag og vibrasjoner, og koster 600 EUR/kWh, det vil si omtrent tre ganger mer enn batterier for personbiler (anleggsmaskinen.no, 2018).

¹⁰ På en skala som består av «lav», «middels» og «høy» teknologisk modenhet

Tilgjengelige modeller i markedet: mindre maskiner

Små elektriske anleggs- og landbruksmaskiner er tilgjengelig på markedet, men er på et tidlig kommersielt nivå. Gjennom intervjuer har vi bl.a. fått oppgitt at det er lang leveringstid på de elektriske maskinene. Vedlegg 7 gir en oversikt over tilgjengelige elektriske maskiner.

Tilgjengelige modeller i markedet: større maskiner

Norge har tatt en tidlig posisjon i markedet for utslippsfrie, større anleggsmaskiner, drevet frem av krav i offentlige anskaffelser. To norske grossister, Pon Equipment og Nasta, bygger om dieselgravemaskiner med elektrisk drift.

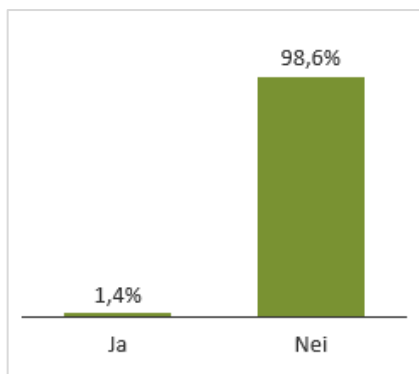
De større batterielektriske maskinene som er tilgjengelig på markedet, er ombygde dieselmaskiner som har en høy investeringskostnad. Leveringstiden på maskinene avhenger av leveringstiden på batterier, som ifølge SUNCAR er omtrent seks måneder på nåværende tidspunkt. SUNCAR oppgir at de vil kunne produsere 10 TB1140E-maskiner med samlet leveringstid på ni måneder.

I Sveits er det et pågående prosjekt for batterielektrisk drift av en Komatsu dumper. Dumperen veier 45 tonn, har en lastekapasitet på 65 tonn og skal få en batteripakke på 700kWh som veier 4,5 tonn. Dumperen skal brukes i et kalksteinuttak; dumperen kjører med last fra toppen av uttaket og regenererer 40 kWh på vei ned, energi som kan brukes på vei opp igjen uten last. Prosjektet er svært kostbart, og dumperen skal ifølge Ciments Vigier SA, som finansierer prosjektet, koste noen titalls millioner kroner (tu.no, 2017a).

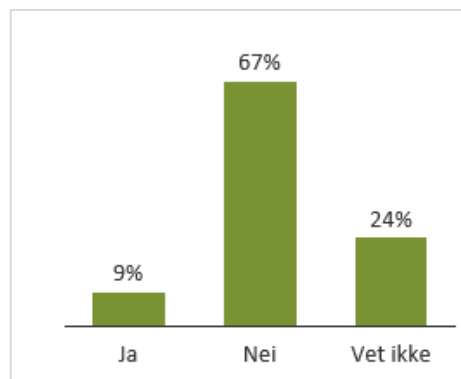
Utbredelse av elektriske anleggs- og landbruksmaskiner

MEF har gjort en uformell undersøkelse blant sine medlemmer om bruk av elektriske anleggsmaskiner. 826 av deres 2060 medlemmer besvarte undersøkelsen. Kun 1,4 prosent har benyttet elektriske anleggsmaskiner i 2017, og kun 9 prosent ser for seg å ta i bruk elektriske anleggsmaskiner innen 3 år. Svarene er gitt pr. medlemsbedrift, og som andel av total maskinpark ville prosentandelene vært enda lavere. Resultatene fra undersøkelsen tyder på at det kan være et stykke igjen før elektriske anleggsmaskiner oppnår betydelig utbredelse, se Figur 26 og Figur 27

Figur 26: MEF-bedrifter som har benyttet elektriske anleggsmaskiner i 2017 (gravemaskin, hjullaster eller dumper)



Figur 27: MEF-bedrifter som ser for seg å ta i bruk elektriske anleggsmaskiner innen 3 år



4.8.2 Teknisk egnethet

Batterielektrisk fremdrift er teknisk mulig for mange anleggs- og landbruksmaskiner, men utfordres av funksjonalitetsbegrensninger knyttet til driftstid og ladetid.

Små anleggsmaskiner og små landbruksmaskiner

Små elektriske anleggsmaskiner (<5 tonn) bygges med samme funksjonalitet som tilsvarende dieselmaskiner, med unntak av driftstiden som begrenses av batterikapasiteten. Små maskiner under 5 tonn er best egnet for byggeplasser, brukes ofte innendørs og for mindre oppgaver. Disse maskinene er mindre egnet for større anleggsprosjekter.

En liten elektrisk hjullaster har for eksempel rundt 5 timer driftstid, mens arbeidstiden på en byggeplass typisk kan være 11 timer. Små maskiner brukes ofte til oppgaver som ikke krever uavbrutt anvendelse av maskinene, men lavere driftstid gir lavere fleksibilitet hvis maskinen må lades i løpet av arbeidsdagen.

Mindre landbruksmaskiner, som traktorer på 3-4 tonn og motorstørrelse mellom 19 og 56 kW, vil ifølge Rambøll (2016) være godt egnet til elektrisk drift. Batterier til slike traktorer vil veie mellom 400 og 800 kg og oppta et volum på 200-400 liter. I likhet med små anleggsmaskiner, vil den største tekniske barrieren være knyttet til driftstid mellom hver lading.

Større anleggs- og landbruksmaskiner

Store elektriske anleggsmaskiner er et teknisk mulig alternativ, og det finnes et fåtall prototyper og demonstrasjonsmaskiner i verden. Disse maskinene er dieselmaskiner som er bygget om til elektrisk drift. De elektriske maskinene bygges for samme type tekniske krav som tilsvarende dieselmaskiner, men har lavere driftstid som følge av batterikapasiteten. Driftstiden er den største tekniske barrieren knyttet til store elektriske maskiner.

For eksempel har Pon Equipment pågående testing av sin første elektriske gravemaskin (25 tonn). Maskinen kan brukes i 5-7 timer mellom hver lading, mens en typisk arbeidsdag varer 11 timer med to halvtimes pauser. Store gravemaskiner må kunne gå omtrent uavbrutt utenom pauser i arbeidet.

Anleggsplasser har en stor andel maskiner i størrelsen 30-90 tonn. Det finnes et utviklingsprosjekt for en batterielektrisk dumper på 45 tonn til gruvedrift. Denne har et noe særegent driftsmønster som muliggjør hyppig og regelmessig regenerering av energi. Til bygge- og anleggsplasser vil de største maskinene ha et effektbehov på rundt 400 kW, og størrelsen på batteriet kan bli utfordrende i forhold til plassbehov og tilføring av nok strøm til lading av de store batteriene.

Store elektriske landbruksmaskiner, som traktorer med motorstørrelse på 56 til 300kW, er mindre egnet til elektrisk drift ifølge Rambøll (2016). Batteriene til disse traktorene vil ta for stor plass, og ha utfordringer knyttet til effekt og driftstid. Utvikling i batteriteknologier kan endre dette bildet.

4.8.3 Konkurransedyktighet

Investeringskostnaden for elektriske anleggsmaskiner er høyere enn for fossile maskiner. Merkostnaden varierer mellom ulike anleggsmaskiner avhengig av teknologisk modenhet, høyere modenhet og kommersialisering medfører lavere merkostnad. Høyere investeringskostnad kompenseres ved lavere drifts- og vedlikeholdskostnader over levetiden til maskinene. Under følger noen kostnadseksempler for elektriske anleggsmaskiner av ulike størrelse.

Mindre maskiner

Eksempel: Kramer 5055e, 4t hjullaster

Kramer har storskala produksjon av den 4 tonn tunge elektriske hjullasteren 5055e (Kramer,2017). Gjennom intervjuer har vi fått oppgitt at merkostnaden ved å investere i den elektriske hjullasteren sammenlignet med en tilsvarende dieseldrevet maskin er omtrent 20 prosent.

En stor andel av merkostnaden skyldes trolig batteriet, og forventede reduksjoner i batteripriser fremover vil bidra til økt konkurransedyktighet. Videre kompenseres lavere drifts- og vedlikeholdskostnader for høyere investeringskostnad. Kramer skriver på sine hjemmesider at de forventer en total kostnad for elektriske anleggsmaskiner som er konkurransedyktig med dieselmaskiner innen kort tid (kramer-online.com, 2018).

Større maskiner

Eksempel: Pon Cat 323F Z-Line, 25t beltegraver

Pon Equipment bygger om Catepillars 25 tonn tunge beltegraver 323F til helelektrisk drift i Norge, under det nye navnet 323F Z-Line. Foreløpig er det kun produsert en pilot, og den er nå under testing. Veidekke har kjøpt pilotmaskinen, med forventet levering i tredje kvartal 2018. Pon har ambisjoner om å produsere rundt ti 323 F Z-Line maskiner i løpet av 2018 (bygg.no, 2018).

Den elektriske gravemaskinen er omtrent tre ganger dyrere enn en tilsvarende dieselmaskin. Den høye prisen skyldes at Pon Equipment betaler for en vanlig dieselmaskin, en el-motor og et kostbart batteri. I tillegg er det prosjekt- og utviklingskostnader knyttet til pilotmaskinen. Batteriet utgjør 60 prosent av merkostnaden.

Kostnaden for elektriske anleggsmaskiner som bygges om fra dieseldrift av norske grossister (som for eksempel Pon Equipment) i Norge, vil trolig fortsette å være høy også fremover, selv om noen kostnadselementer kan forventes å synke:

- Batterikostnaden forventes å synke fremover
- Prosjektkostnadene kan antas å synke noe som følge av økt erfaring, selv om det fortsatt vil være merkostnader ved å bygge om til elektrisk drift i Norge i liten skala sammenlignet med storskala produksjon av maskiner hos produsentene

4.8.4 Barrierer

De viktigste barrierene for økt utbredelse av elektriske anleggs- og landbruksmaskiner er:

- Tilgjengelighet i markedet
- Kostnader
- For lite marked for storskala produksjon (større maskiner)
- Driftstid
- Infrastruktur

Tilgjengelighet i markedet

Tilgjengeligheten av elektriske anleggs- og landbruksmaskiner er en barriere mot anvendelse av slike maskiner, som beskrevet over. Mindre maskiner er kommersielt tilgjengelig, men i et begrenset antall og med relativt lang leveringstid. Større elektriske maskiner serieproduseres foreløpig ikke, men et fåtall aktører bygger om dieselmaskiner til elektrisk drift enkeltvis.

Kostnader

Dagens ombygde maskiner er betydelig mer kostbare enn dagens maskiner, og kostnadene drives opp av at modellene er ombygde maskiner og ikke serieproduserte.

For lite marked for storskala produksjon av større elektriske anleggsmaskiner

Norge har ingen produsenter av anleggsmaskiner, og internasjonale maskinprodusenter har foreløpig ikke storskala produksjon av større, elektriske anleggsmaskiner. Maskinprodusentene signaliserer at markedet foreløpig er for lite for storskala produksjon. Selv om Norge er tidlig ute med miljøkrav på bygge- og anleggsplasser og etterspør elektriske maskiner, er ikke det norske markedet stort nok. Større markeder må etterspørre elektriske maskiner for at produsentene skal komme på banen.

Etterspørselen etter elektriske anleggsmaskiner får dermed stor betydning for når man kan forvente storskala produksjon av maskinene. Storskala produksjon vil være avgjørende for konkurranse-dyktige priser på maskinene.

Driftstid og fleksibilitet i bruk

Driftstiden til elektriske anleggsmaskiner er en sentral teknisk barriere for anvendelse av elektriske maskiner, som beskrevet over. Forventet økning i energitettheten til batterier vil bidra til å redusere denne barrieren. Videre kan nye måter å planlegge arbeid og logistikk ved bygge- og anleggsplasser på, dempe noe av ulempen ved lavere driftstid.

Infrastruktur

På anleggsplasser er elektrisk infrastruktur en vesentlig barriere. Effektbehovet under driftsfasen av en veistreking er trolig lavere enn effektbehovet til elektriske maskiner under byggefasen. I tillegg bygges veier i områder hvor det ikke nødvendigvis er stor nettkapasitet, og tilførsel av strøm til maskinene blir utfordrende. Videre vil de største maskinene på rundt 90 tonn ha effektbehov pr. maskin på rundt 400 kW, noe som er betydelig høyere enn effektbehovet i eksempelet til DNV GL (2017b). Mobil infrastruktur er en mulig løsning, men det kan bli kostbart og logistikkmessig utfordrende.

Ved anvendelse av elektriske landbruksmaskiner vil det kunne bli nødvendig med oppgradering av elektrisk infrastruktur på gården. Hurtiglading vil kreve høyere effektuttak, og vil trolig være hensiktsmessig for driftstiden og ladetiden til traktorene. Rambøll (2016) skriver at ved 50 kW lading av elektriske traktorer vil det kunne oppstå behov for å oppgradere den elektriske infrastrukturen på gården.

4.9 Fly

EU satte i 2011 et mål om å redusere klimagassutslipp fra nye fly med 75 prosent i 2050 sammenlignet med et typisk fly fra år 2000. I tillegg skal NO_x-utslippene reduseres med 90 prosent og støy med 65 prosent.

4.9.1 Teknologiske muligheter og utfordringer

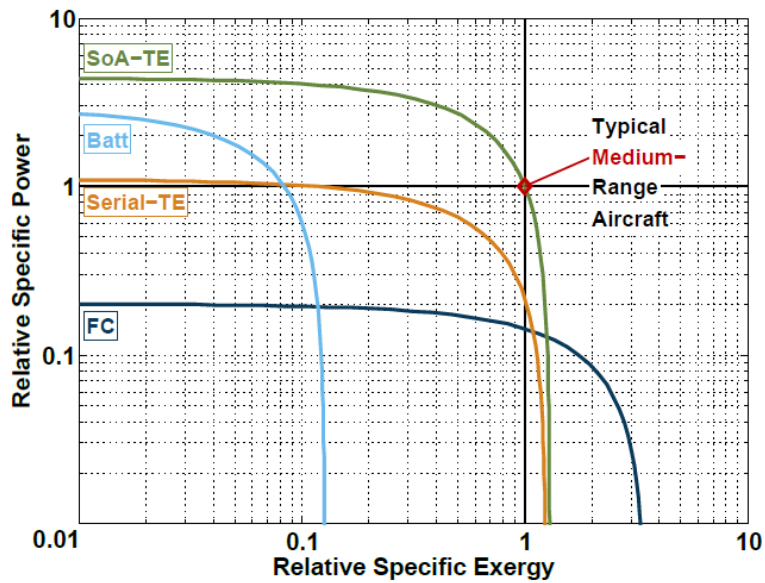
Batterielektriske fly

Energieffektiviteten ved bruk av batterier i fly kan overstige 90 prosent. Dagens jetmotorer har en energieffektivitet på 20-25 prosent på 30 minutters flyturer og kan komme opp i 35 prosent på lengre turer. Batterier har lav energitetthet sammenlignet med biojetfuel, men til gjengjeld trenger man bare å frakte mindre enn en tredjedel av energimengden.

Kostnaden til batteri vil være en utfordring. På grunn av hyppig lading og utlading vil levetiden på batteriet være kort, noe som gir en estimert kostnad pr. flytime på 250 USD (basert på en kostnad på 100 USD/kWh) i tillegg til selve energikostnaden.

Green Future (2018) gjør vurderinger av kostnader for batterielektriske fly med utgangspunkt i batterier for i biler. Bauhaus (2012) oppgir imidlertid at det er noen særskilte utfordringer knyttet til batteri i elfly. I tillegg til utfordringen med energitetthet, vil det også være en utfordring å finne batterityper som gir en god kombinasjon av tilstrekkelig energi til å dekke hele flyturen og tilstrekkelig effektivitet ved take-off og stigning. Den grønne kurven i Figur 28 viser det typiske området for et normalt fly og den blå viser forholdet mellom energitetthet og mulig effektuttak for et batteri. Som figuren viser, må energitettheten i batteriet økes mange ganger for å kunne dekke behovene for et fly.

Bauhaus' ulike studier viser også at det finnes muligheter for å endre det tekniske designet for et fly slik at muligheten for å ta i bruk batteriteknologi øker, men batteriegenskapene må fortsatt forbedres.

Figur 28: Forholdet mellom energi og effekt i et batteri sammenlignet med behovet i et fly

Kilde: Kuhn, et. Al (2012): *Fundamental prerequisites for electric flying*

Hybridelektriske fly

Bruker man batterier som et supplement til jetmotoren, er man ikke lenger avhengig av at batteriet skal dekke hele effekt- og energibehovet til et fly. Dermed kan hybridelektriske fly lanseres uten en like omfattende batteriutvikling som for helelektriske fly.

4.9.2 Når kan elektriske fly komme på markedet?

Green Future (2018) konkluderer i sin rapport med at det ikke er noen store tekniske hinder mot at hybridelektriske fly med 20-70 seter kan bli kommersielt tilgjengelig innen 10 år, mens tidshorisonten for større regionale fly er 15-20 år. For langdistanseruter vil hybridløsninger trolig bidra til energi-effektivisering av jetmotorer inntil videre.

Mer enn 20 flyruter i Norge har en lengde på 38-170 km, noe som kan gjøre dem egnet for tidlig elektrifisering/hybridisering.

5 HYDROGEN

Tilgangen på modeller med hydrogenelektrisk drivlinje er i dag begrenset. Om lag 70 hydrogenbusser har gjennom perioden 2010 til 2016 blitt testet i ulike demonstrasjonsflåter i Europa, og en kan forvente en utvikling mot kommersialisering de neste årene. En hydrogenferge skal piloteres i Rogaland, mens flere lastebilprodusenter arbeider med å utvikle hydrogenelektriske lastebiler. Nikola One har annonsert at de vil lansere en hydrogenlastebil i 2021, men et antall på 100 første året og 35.000 i 2028. Det i dag ingen tilgjengelige modeller for hydrogendrift av varebiler eller landbruks- og anleggsmaskiner. Barrierene for økt bruk av hydrogen i stor skala er fortsatt høye kostnader, tilgang på infrastruktur og modeller. Det er grunn til å forvente en omfattende teknologitviking og innovasjonsarbeid innen hydrogenelektriske transportmidler fram til 2030, men omfattende tilgang på modeller vil tidligst skje når det nærmer seg 2030-tallet.

5.1 Oppsummering av status og framtidsutsikter

Hydrogen kan i utgangspunktet brukes i alle transportmidler og dekke de fleste funksjonskrav. Energitettheten er lav (volum) slik at det vil være behov for store drivstofftanker og/eller hyppigere tanking enn ved bruk av fossilt drivstoff. Teknologien er i seg selv moden, men bruk av hydrogen til transportformål er ny. All bruk av hydrogen i kjøretøy skjer i piloter og demonstrasjonsprosjekter. Erfaringene fra uttesting av hydrogenbusser i Oslo viser at verdikjeden er for umoden og kan gi operative problemer selv om hydrogenbussene fungerer fint. Dersom en feil oppstår, kan det ta flere uker før en del kan skiftes ut, noe som får store konsekvenser i operativ drift.

Bortsett fra personbilsegmentet er det ikke kjøretøy, fartøy eller maskiner tilgjengelig i markedet. Det norske selskapet NEL har startet leveranser av hydrogentankestasjoner der hydrogenet produseres på plassen ved elektrolyse, men det er kun et fåtall tankestasjoner som er etablert i Oslo-området og i Bergen.

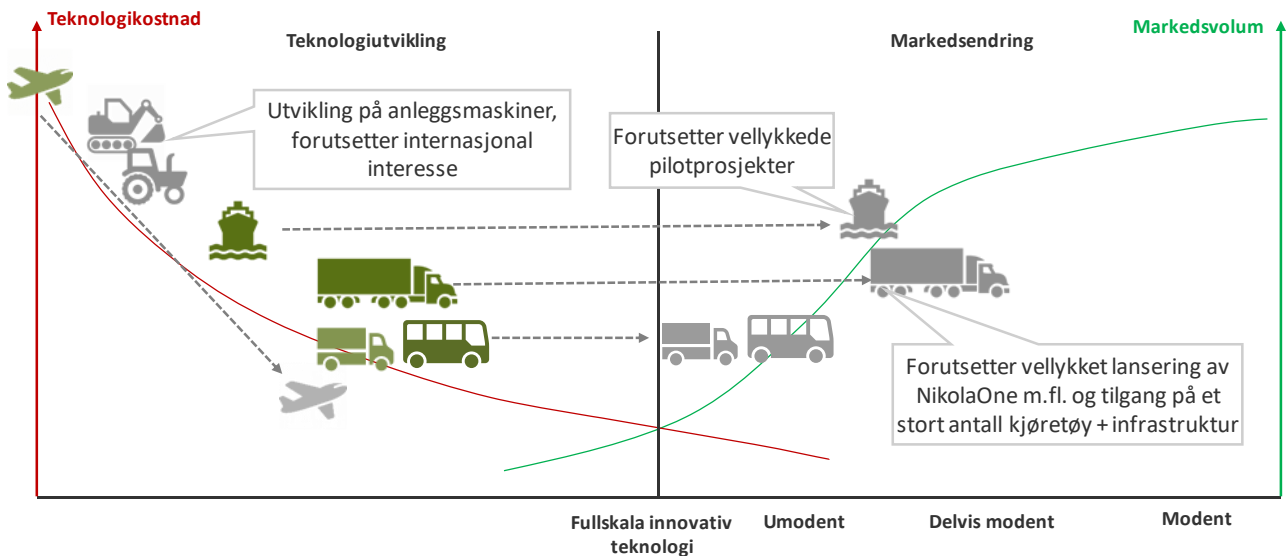
	Varebiler	Busser	Små lastebiler	Store lastebiler	Fartøy (ferger, passasjer, PSV)	Anleggs- og jordbruksmaskiner (små)	Anleggs- og jordbruksmaskiner (store)	Kommentar
FUNKSJONSKRAV								<ul style="list-style-type: none"> Vil ha kortere rekkevidde enn diesel Sikkerhetskrav for skip
KOSTNAD								<ul style="list-style-type: none"> Umoden for bruk i transport Høye kostnader til brenselcelle og H2
TILGJENGELIGHET								<ul style="list-style-type: none"> NikolaOne er annonsert lansert 2021 Hydrogenferge skal piloteres i Rogaland
INFRASTRUKTUR								<ul style="list-style-type: none"> Noen fyllestasjoner er etablert i største byer H2 kan leveres på tank

Kostnadene er pr. i dag svært høye, men kostnadene vil falle som følge av skala i produksjon og økt levetid på brenselcellene. Det er annonsert lansering av en hydrogenlastebil i 2021, men kun i et antall på 100 det første året og en gradvis økning til 35.000 i 2028. Det er også annonsert at det skal piloteres en hydrogenferge i Rogaland i 2021. Gode erfaringer fra bruk av Nikola One og en hydrogenferge forventes å stimulere innfasingen av hydrogen i transportsektoren. I motsetning til batterier, ser det ut til at hydrogenkjøretøy/fartøy kan fases raskere inn i store kjøretøy/fartøy framfor små, selv om det også finnes hydrogenbiler tilgjengelig i begrenset antall i personbilsegmentet. For skip er det særskilte sikkerhetskrav som må oppfylles før hydrogen kan tas i bruk i stor skala.

Hva skal til for økt bruk?		Små/kort avstan	Stor/lang avstand
FUNKSJONSKRAV	<ul style="list-style-type: none"> Demonstrert i fullskala og i fungerende verdikjeder Hypigere tanking enn diesel 		
KOSTNAD	<ul style="list-style-type: none"> Brenselcellen: Skala på produksjon, økt energieffektivitet og økt levetid Distribuert produksjon av H2: Skala og høy brukstid 		
TILGJENGELIGHET	<ul style="list-style-type: none"> Sikkerhetsgodkjennelse på skip Tilgang på modeller i et tilstrekkelig antall, f.eks. NikolaOne (lastebiler) 		
INFRASTRUKTUR	<ul style="list-style-type: none"> Støtteordninger til etablering av fornybar produksjon av H2 		

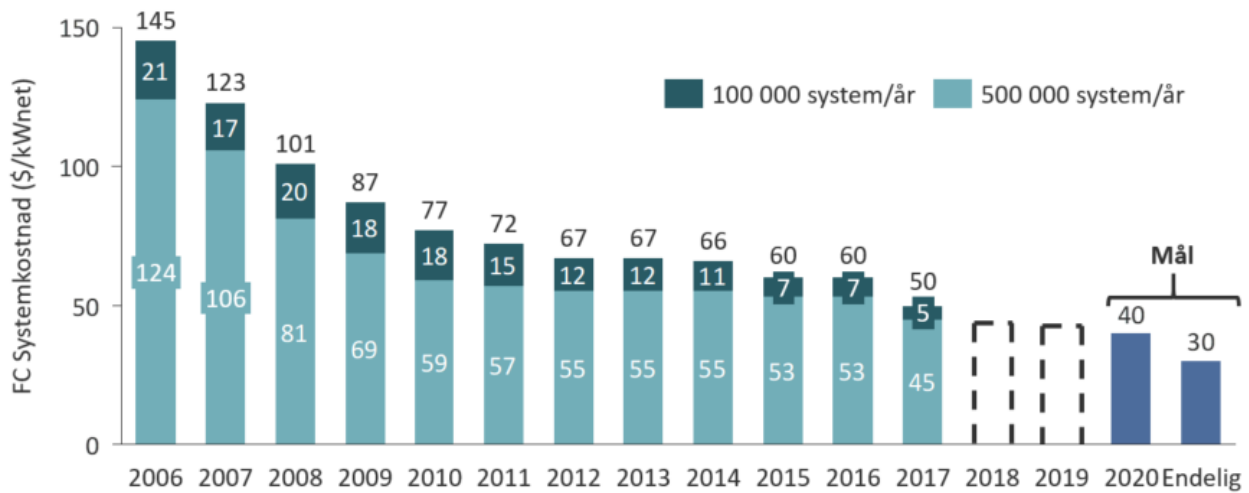
Illustrasjonen i Figur 29 viser mulig utvikling av hydrogenkjøretøy under forutsetning av at det kommer kjøretøy på markedet i et tilstrekkelig antall og at piloter på ferger/skip er vellykket.

Figur 29: Modning av batterielektriske kjøretøy til næringslivets transporter fram til 2030



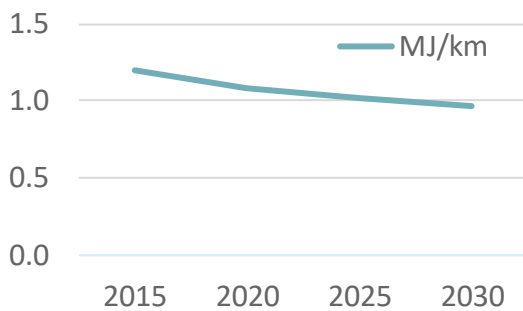
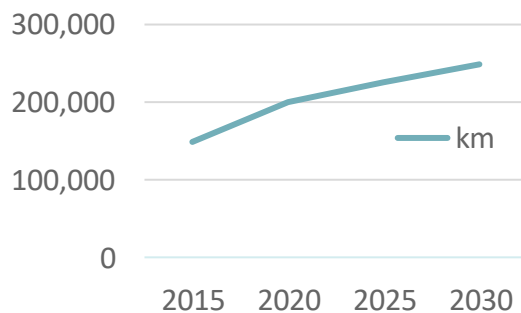
5.1.1 Produksjonskostnader og skalafordeler på hydrogenkjøretøy/fartøy

Brenselceller har pr. i dag høye kapitalkostnader og koster ca. 250 USD/kW. Kostnaden vil imidlertid synke betraktelig som følge av skalafordeler ved høyere produksjonsvolumer. US DOE (2017) forventer at kostnaden faller til ca. 50 USD/kW dersom brenselceller produseres i et volum på 100.000 enheter, og til 45 USD/kW ved et volum på 500.000 enheter, se Figur 30 under.

Figur 30: produksjon på 100.000 og 500.000 brenselceller årlig

US DOE (2017)

Reduserte kostnader i produksjon av brenselcellene, lengre levetid og høyere energieffektivitet i hydrogenkjøretøy, gjør at kostnadene for et hydrogenkjøretøy forventes å falle betydelig i perioden fram til 2030, se Figur 31 og Figur 32 under. Produksjonskostnadene for hydrogenbiler vil falle kraftig fram mot 2025 på grunn av økt skala i produksjon av og lengre levetid på brenselcellene, men fortsatt ligge noe over kostnadene for en bensin- eller dieselbil.

Figur 31: Energibruk pr. km reduseres med 15 % til 2030**Figur 32: Levetiden på brenselcellene øker betydelig**

Kilde: VTT (2016)

5.1.2 Fyllestasjoner for hydrogen

Produksjonstyper

Det finnes flere ulike produksjonsmåter for hydrogen som oppsummert i Tabell 8. Den vanligste metoden i storskala produksjon på verdensbasis er fra naturgass. For at hydrogenet skal være fornybart, må det enten være produsert fra biogass (både naturgass og biogass er metangass) eller fra elektrolyse basert på fornybar strøm. Produksjon av hydrogen basert på naturgass i kombinasjon med karbonfangst vil også gi lavet utslipp.

Hydrogen kan produseres fra naturgass uten klimagassutslipp dersom man inkluderer karbonfangst og lagring. Det skjer også forskning på nye måter å produsere fornybart hydrogen på, de fleste basert på bioenergi. I Norge har vi god tilgang til fornybar strøm til en lav pris sammenlignet med de fleste andre land. Dermed kan hydrogen produseres fornybart og til en relativt lav pris.

Tabell 8: Oversikt over produksjonsmetoder for hydrogen

Produksjonsmåte	Beskrivelse
Elektrolyse fra fornybar strøm	Splitting av vannmolekyler ved å tilføre elektrisitet Krever 50 kWh pr. kg hydrogen produsert Energitap på nesten 30 prosent
Dampreforming fra metan	Metan og vanddamp utsettes for høy temperatur Energitap på omtrent 25 prosent Vanligste produksjonsmetode på verdensbasis – naturgass er utgangspunktet Kan også produseres fra biogass Kombinert med CCS gir lave utslipp
Flere metoder på forskningsstadiet	Nye typer elektrolyse Pyrolyse og gassifisering av biomasse Fermentering Vannsplitting ved hjelp av solenergi eller mikro-organismer (f.eks. alger)

Kostnader til hydrogenproduksjon og fyllestasjoner

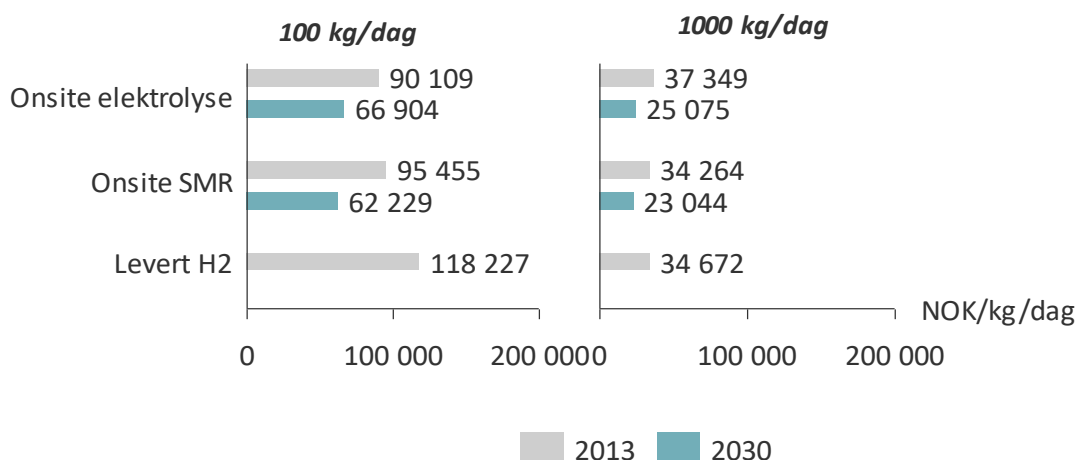
Det er særlig tre forhold som påvirker kostnaden ved hydrogenproduksjon

- Prisen for elektrisitet levert til produksjonsanlegget (elektrolyse)
- Størrelsen på produksjonsanlegget
- Brukstiden for produksjonsanlegget

Figur 33 viser kostnaden ved å etablere hydrogenfyllestasjoner av ulike typer og størrelser (dvs. uten produksjonskostnader). Tallene er oppgitt i kroner pr. produksjonskapasitet (som er kg/dag). Tallene forutsetter storskala produksjon av slike løsninger.

Tallene viser også at småskala stasjoner ikke blir rimeligere ved at hydrogen tilkjøres/leveres. Tilkjørt hydrogen er heller ikke definert som fornybart hydrogen, men representerer ulike typer produksjonsteknologier.

Figur 33: Kostnad for produksjonskapasitet (kr pr. kg/dag) for to ulike produksjonsvolumer og produksjonstyper for hydrogen



Kilde: NREL (2015)

Til sammenligning har NEL i et intervju oppgitt 80.000 kroner i installasjonskostnader pr. kg/dag på kort sikt i Norge (20 millioner kroner for en elektrolysestasjon som produserer 250 kg/dag), dvs. litt

lavere kostnad enn en fyllstasjon med lokal elektrolyse og med kapasitet på 100 kg/kg som vist i Figur 33.

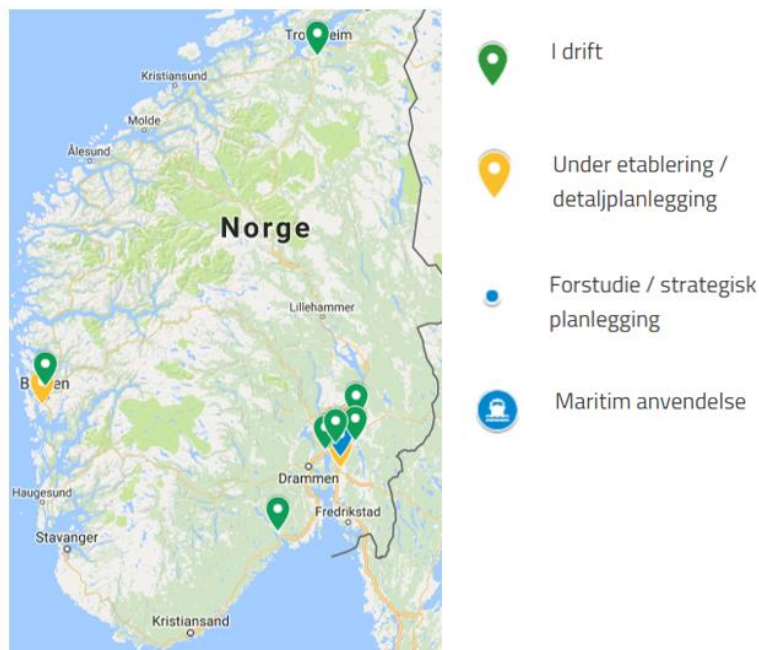
I tillegg til skalafordelene knyttet til størrelsen på hydrogenproduksjon og fyllstasjoner, vil brukstiden ha stor betydning for kostnaden pr. produserte kg hydrogen. Som nevnt er strømprisen lavere i Norge enn i de fleste andre land, men på samme måte som for hurtiglading, vil størrelsen på anleggsbidraget og nettleien for det spesifikke anlegget bidra til at den samlede kostnaden ved bruk av elektrisitet varierer noe mellom ulike anlegg. Høy brukstid vil gi lavere nettleie pr. enhet, så det er skalafordeler også her. IEA (2015) oppgir at kostnaden pr. enhet produsert hydrogen halveres dersom brukstiden øker fra 10 til 50 prosent. Dermed blir det ikke riktig å si at hydrogen kan produseres kun når strømprisen er ekstra lav. Hydrogenproduksjon bør skje minst halvparten av tiden for å unngå at produksjonen blir for kostbar.

NEL har oppgitt et estimat på kostnaden for hydrogen fra hydrogenfyllstasjoner fra elektrolyse, gitt tilstrekkelig kundegrunnlag, i et område rundt 10 kr/kg hydrogen. Med en slik pris vil drivstoffkostnaden for hydrogen bli omtrent den samme som for diesel.

Fyllstasjoner i Norge

Pr. 22. desember 2017 var det ni hydrogenfyllstasjoner i drift i Norge, og det er tre nye stasjoner under etablering i 2018-2019. Norsk hydrogenforum forventer maritime hydrogenstasjoner fra 2020.

Figur 34: Hydrogenfyllstasjoner i Norge



Kilde: Norsk Hydrogenforum, hydrogen.no

5.2 Kjøretøy

5.2.1 Markedsstatus

Busser

Hydrogenbusser har gjennom perioden 2010 til 2016 blitt testet i ulike demonstrasjonsflåter i Europa, og omtrent 70 busser har vært testet hittil. Norsk Hydrogenforum forventer en rask utvikling mot kommersialisering og masseproduksjon framover (hydrogen.no, 2018). Over 500 hydrogenbusser

er bestilt for levering de kommende årene. En oversikt over hydrogenbusser som er demonstrert i bruk finnes i vedlegg 8.

Varebiler

Hydrogen varebiler har foreløpig begrenset tilgjengelighet i markedet. Det er noen planlagte modeller, men etter det THEMA kjenner til, er det foreløpig kun SymbioFCCell som leverer hydrogen varebiler i markedet. SymbioFCCell bygger om eksisterende modeller fra ulike bilprodusenter. Vedlegg 8 gir en oversikt over tilgjengelige og planlagte hydrogen varebiler.

Lastebiler

Utviklingen av hydrogenbusser gjennom ulike FoU- og demonstrasjonsprosjekter har ifølge Norsk Hydrogenforum bidratt til at teknologien nå er modnet tilstrekkelig for anvendelse også i lastebiler. Det finnes noen planlagte hydrogenlastebiler, men foreløpig er disse ikke kommersielt tilgjengelig:

- Nikola skal starte serieproduksjon av hydrogenlastebiler i 2021. Målet til Nikola er å øke produksjonen fra 100 lastebiler det første året til 35.000 lastebiler årlig fra det syvende året (Wardrum, 2017). I Norge har Tine, Tenden Transport og VT-gruppen forhåndsbestilt lastebiler fra Nikola.
- Scania skal levere en første pilotlastebil på hydrogen til ASKO i løpet av 2018. Denne lastebilen har høye prosjektkostnader, og har fått støtte fra Enova.
- Toyota jobber med å utvikle en 36-tonns hydrogenlastebil med 670 hk. Den første prototyp-lastebilen ble høsten 2017 satt til testing i Los Angeles.
- Esoro og Emoss har samarbeidet om å utvikle en 34 tons hydrogenlastebil for den sveitsiske logistikkoperatøren Coop. Prototypen ble satt i drift i 2017.

5.2.2 Teknisk egnethet/ konkurransedyktighet

Hydrogenkjøretøy kan i prinsippet dekke de fleste transportbehov dersom kjøretøy blir tilgjengelig i markedet. Den eneste ulempen er at tanking må skje hyppigere enn med dieseldrevne kjøretøy.

Kostnaden er pr. i dag svært høy for hydrogenkjøretøy, delvis fordi de ikke er tilgjengelig i markedet på kommersiell basis. Det er dermed ikke relevant å snakke om konkurransedyktighet i dagens bilde.

5.3 Fartøy

5.3.1 Markedsstatus

En håndfull demonstrasjonsprosjekter med brenselceller om bord i fartøy har vært gjennomført i løpet av det siste tiåret (DNV GL 2017), men det er foreløpig, etter det THEMA kjenner til, ingen hydrogenelektriske fartøy i drift. I Norge er det gryende aktivitet innen forskning og utvikling av hydrogenfartøy (Energi21, 2017), og tre pågående prosjekter for utvikling av hydrogenelektriske ferger og passasjerskip. Statens Vegvesen har lyst ut et utviklingsprosjekt for hydrogenferge på fergesambandet Hjelmeland-Nesvik-Skipavik i Rogaland med planlagt idriftsettelse i 2021 (Vegvesen.no, 2017). Samtidig er det et pågående PILOT-E-prosjekt som utvikler en hydrogenferge med planlagt idriftsettelse innen utgangen av 2020 (sdir.no, 2017). Grønt kystfartsprogram skal utvikle en hurtiggående passasjerbåt med hydrogendrift med planlagt idriftsettelse i 2021 (dnvgl.no, 2018).

Norske aktører er tidlig ute innen utvikling av hydrogenfartøy, men utviklingen er fortsatt på et tidlig stadium. Kommersialisering av hydrogenteknologier for sjøtransport ligger trolig et stykke fram i tid og vies i dag vesentlig mindre oppmerksomhet enn batterielektriske løsninger (Energi21, 2017). Det finnes likevel noen eksempler på begynnende aktivitet og oppmerksomhet rundt hydrogen til maritim transport også internasjonalt. Viking Cruises har annonsert planer om å bruke flytende hydrogen og brenselceller i et cruiseskip, men tidsperspektivet for levering av skipet er uklart.

Det produseres årlig omtrent 50 tonn hydrogen på verdensbasis med industrien som den viktigste forbrukeren. For anvendelse i maritim transport mangler det nødvendig infrastruktur. DNV GL (2017a) forventer økt tilgjengelighet for hydrogen mot 2050.

5.3.2 Teknisk egnethet

Det tekniske mulighetsrommet for anvendelse av hydrogen i fartøy begrenses av energitettheten til hydrogen (per volumenhet). Komprimert hydrogen trenger 10-15 ganger større lagringsplass enn diesel (avhengig av trykket), hvilket går på bekostning av rekkevidde og lasteevne (EU-Kommisjonen, 2016). Hydrogen er teknisk mulig for passasjerskip, offshore-skip og short-sea (DNV GL 2017a), og gir lengre rekkevidde enn batterielektrisk. Hydrogen muliggjør dermed nullutslippsfartøy for lengre overfarter enn det som er mulig med batterielektrisk drift. Teknologier for anvendelse av hydrogen til sjøtransport er imidlertid umodne sammenlignet med andre miljøvennlige teknologier, og det er flere barrierer som må bygges ned.

På lengre sikt vil det kunne bli mulig med hydrogen for lengre overfarter og tyngre skip ved anvendelse av flytende hydrogen. Statoil og Wärtsilä har innledet et samarbeid for å utvikle et forsyningsfartøy drevet på flytende hydrogen. På sikt skal det være mulig å operere fartøyet i åtte døgn på hydrogen. Det er flere tekniske utfordringer som må løses før skipet kan realiseres. Flytende hydrogen krever spesialtanker, koblinger, materialer og bunkrings- og sikkerhetssystemer som håndterer hydrogenets lave temperatur (-253°C) og lavt trykk. Videre må utstyret være sikret mot lekkasjer av hydrogen for å unngå brann- og eksplosjonsfare. I første omgang vil forsyningsskipet sannsynligvis bygges med hybrid drift med dieseltanker og –motorer i tillegg til hydrogen (Sjøfartsdirektoratet, 2018).

5.3.3 Konkurransedyktighet

Kostnadene for hydrogenfartøy er vanskelig å anslå, men de er foreløpig høye sammenlignet med andre miljøvennlige teknologier. Utvikling av pilotfartøy medfører høye kostnader knyttet til prosjektgjennomføring og pionerarbeid, utvikling av standarder og godkjenninger. Dessuten er brenselceller og elektrolyser foreløpig relativt kostbare, og det er begrenset tilgang på billig hydrogen (Energi21 (2017)). Selfa (2016) rapporterer om pumpepriser for hydrogen på 90kr/kg, men antar at den fremtidige prisen blir betydelig lavere som følge av større volumer. Selfa (2016) legger til grunn en pumpepris på hydrogen på 25 kr/kg.

DNG GL (2016a) vurderer at hydrogen foreløpig ikke er konkurransedyktig med batterier for ferger, og at hydrogenferger ikke vil vinne fram i fergeanbud med mindre anbudet spesielt etterspør hydrogenløsninger (utviklingskontrakter).

5.3.4 Barrierer

Kostnader

Ved en bestilling av et hydrogenfartøy, vil kostnadene være betydelig høyere enn for dagens ferger. I motsetning til for batteriferger, vil heller ikke energikostnaden i bruk være lav. Det er vanskelig å si hvor konkurransedyktig hydrogen til bruk i skip vil være når løsningen er mer moden i framtiden.

Teknologisk modenhet

Anvendelse av hydrogen i fartøy er foreløpig en teknologisk umoden løsning med et fåtall hydrogenfartøy under utvikling. Utviklingsarbeid er både tidkrevende og kostbart, og de nevnte hydrogenfergene har planlagt idriftsettelse flere år frem i tid. Selv om hydrogen og brenselceller er kjente teknologier, er de ikke anvendt i større skala i maritim transport. Manglende praktisk utprøving gir flere ubesvarte spørsmål knyttet til bruk av hydrogen i maritim transport. For eksempel er det usikkerhet knyttet til om forskjellige salter i luften kan ha påvirkning på brenselcellen, i tillegg til at fylletid og andre faktorer ved bruk av hydrogen i maritim transport har behov for forskning og praktisk utprøving (Selfa 2016).

Sikkerhet

Hydrogen er svært brennbart og eksplosivt, og sikring mot hydrogenlekkasjer er en viktig del av sikkerhetskravene ved anvendelse av hydrogen i maritim transport. Sikkerhetsstandarder og -regelverk er foreløpig ikke på plass og må utvikles før hydrogen kan tas i bruk i maritim transport. I Statens Vegvesens utviklingskontrakt for hydrogenferge inngår utvikling av regelverk som en viktig del av arbeidet (Sintef og Greensight, 2017).

Standarder og regelverk

Lav teknologisk modenhet og manglende erfaringer med hydrogenteknologier til maritim transport medfører også at en mangler standarder og regelverk for anvendelse av hydrogen i maritim transport. International Maritime Organisation (IMO) forventer at regelverket for anvendelse av brenselceller i skip er klart i 2018, og at det vil kunne tre i kraft i 2024. Dette internasjonale regelverket vil også gjelde Norge (Sjøfartsdirektoratet, 2018).

Infrastruktur

Manglende infrastruktur for hydrogen til maritim transport er en utfordring. Hydrogenfartøy vil kreve store mengder hydrogen som må lagres og bunkres. Det medfører en del nybrottsarbeid, og det er foreløpig ikke klart om hydrogenet bør produseres lokalt eller transporteres til lagring på kaien. Det vil også være aktuelt å samarbeide med andre brukere av hydrogenet i landtransporten, hvis det først skal investeres i et bunkringsanlegg (tu.no, 2017b).

5.4 Anleggs- og landbruksmaskiner

5.4.1 Markedsstatus

Hydrogenelektrisk drift av anleggs- og landbruksmaskiner har foreløpig lavere teknologisk modenhet enn batterielektrisk drift. Etter det THEMA kjenner til, finnes det ingen kommersielt tilgjengelige maskiner som drives på hydrogen, kun et fåtall pilotprosjekter.

Pilot-E er i ferd med å utvikle en 32 tonn tung gravemaskin med både batteri og brenselcelle (Sintef.no, 2017). For landbruksmaskiner har New Holand lansert en prototype-hydrogenelektrisk traktor.

5.4.2 Teknisk egnethet

Hydrogenelektrisk drift er teknisk mulig for ulike anleggs- og landbruksmaskiner. Sammenlignet med batterielektrisk drift er fordelene med hydrogenelektrisk drift høyere energitetthet pr. vektenhet. Både driftstid, rekkevidde (for relevante maskiner) og effekt kan økes ved hydrogenelektrisk drift (Rambøll, 2016). Videre er det en fordel at fylletiden for hydrogen er lavere enn ladetiden for batterier, og at hydrogen gir større fleksibilitet ved energitilførsel til maskinene ved at hydrogen både kan produseres lokalt, tilkjøres samt lagres. Hydrogen har også bedre kuldeegenskaper enn batterier.

For bygge- og anleggsplasser som bruker maskiner med stort effektbehov, kan batterielektrisk drift av maskinene medføre store kostnader til nettoppgraderinger og/eller mobile batterier. Ved hydrogenelektrisk drift kan man unngå kostnadene knyttet til denne infrastrukturen ved at hydrogen kan produseres et annet sted og fraktes til anleggs- eller byggeplassen. De sparte kostnadene ved mindre behov for nettoppgraderinger og annen elektrisk infrastruktur må veies opp mot kostnaden ved produksjon og distribusjon av hydrogenet. PILOT-E-prosjektet, som utvikler en 30 tonn tung gravemaskin, har valgt hydrogen i tillegg til batterier for å ha fleksibilitet med hensyn til energikilde og infrastrukturbehov.

Hydrogenelektrisk drift har ulemper knyttet til tilgang på hydrogen og hydrogeninfrastruktur. Hydrogen er lite utbredt i transport, og det finnes kun et fåtall hydrogenstasjoner i Norge. Videre medfører hydrogen sikkerhetsrisikoer ved lagring og anvendelse fordi hydrogen er svært lettantennelig.

En utfordring ved bruk av hydrogen til landbruksmaskiner er at det vil være komplisert å lagre hydrogen på gårdene. I tillegg vil drift og vedlikehold kunne bli komplisert, og det kan bli behov for spesialkompetanse for eksempel ved motorhavari (Rambøll, 2016).

5.4.3 Konkurransedyktighet

Det er per nå ikke relevant å beskrive konkurransedyktigheten til hydrogen i anleggs- og jordbruksmaskiner siden teknologien ikke er tilgjengelig.

5.4.4 Barrierer

Tilgjengelighet i markedet

Det finnes ingen kommersielt tilgjengelige anleggs- eller landbruksmaskiner på markedet i dag, og Rambøll (2016) rapporterer at produsenter av landbruksmaskiner vier liten oppmerksomhet til hydrogen foreløpig. Teknologien er kjent og tilgjengelig for passasjerbiler, og Rambøll (2016) vurderer at hydrogenelektrisk drift på sikt vil bli tilgjengelig for traktorer.

Det er stor usikkerhet knyttet til tilgangen på hydrogenelektriske anleggs- og landbruksmaskiner fremover, men vi anser hydrogenmaskiner som umodent og forventer at batterielektriske maskiner blir kommersielt tilgjengelig på et tidligere tidspunkt enn hydrogenelektriske. Basert på intervjuene vi har gjennomført i dette prosjektet har vi inntrykk av at hydrogen vies vesentlig mindre oppmerksomhet enn batterier i dag, selv om flere av intervjuobjektene peker på de tekniske fordelene ved hydrogen kontra batterier, og vurderer hydrogen som et godt alternativ på lengre sikt.

Infrastruktur for hydrogen

Økt tilgang på og utbredelse av hydrogenmaskiner forutsetter økt utbredelse av hydrogeninfrastruktur og økt tilgang på hydrogen.

Flere typer anleggsmaskiner er ikke bygget for transport over lengre avstander og vil ha behov for å få hydrogenet tilkjørt. Det er behov for tankbiler, tanker og andre løsninger for å få hydrogenet ut til bygge- og anleggsplasser.

For landbruksmaskiner vil det trolig være behov for hydrogeninfrastruktur i nærheten av gården. Stasjonær lagring av hydrogen på gårdene krever investeringer i spesielt tilpasset fyllerutstyr samt lagringstanker, og Rambøll (2016) vurderer at det er nødvendig med kommersielle fyllestasjoner i nærheten av gårdene.

6 INCENTIVVIRKNINGER AV ET CO₂-FOND

Et CO₂-fond må utformes på en måte som gjøre det interessant for aktørene og melde seg inn i fondet, kartlegge sine egne muligheter for utslippskutt, søke om prosjektstøtte og iverksette tiltak. Et CO₂-fond har incentiveegenskaper som ikke like lett kan kopieres av statlige ordninger. Incentivene kan knyttes til den kollektive juridiske forpliktelsen for utslippskutt, kunnskapsdeling mellom medlemsbedriftene og fokuset som skapes hos bedriftens organisasjon og ledelse.

6.1 Innledning

I denne delen av prosjektet skal vi vurdere et utvalg spørsmål knyttet til hvilke incentiver et CO₂-fond vil gi næringslivet til å gjennomføre utslippsreducerende tiltak, og hvordan fondet kan samspille med andre virkemidler.

For de ulike transportsegmentene er formålet å:

- gjøre en vurdering av incentivstrukturen i CO₂-fondet og hvordan det samspiller med andre virkemidler i tidsperioden 2018-2030;
- gjøre en vurdering av hvilke egenskaper et CO₂-fond har med hensyn til risikohåndtering, læring og effektiv utrulling/skalering av ny teknologi; og
- illustrere hvordan man kan sikre at virkemidlene som blir etablert, dvs. hvordan fondet blir satt opp, også kommer alle de mindre aktørene til gode.

Vi kjenner ikke til at det finnes tilsvarende CO₂-fond internasjonalt å hente erfaringer fra. Det nærmeste man kommer er norsk næringslivs NO_x-fond, som vi gir en beskrivelse av under.

For å fremskaffe informasjon om hvordan NO_x-fondet har fungert, har THEMA intervjuet tre medlemsbedrifter i fondet, i tillegg til ledelsen av NO_x-fondet. Vi har også intervjuet Enova om samspillet mellom deres programmer og NO_x-fondet.¹¹

6.2 Utformingen av NO_x-fondet har vært i endring

I Norge har NO_x-avgiftspliktige virksomheter hatt mulighet til å bli fritatt for avgift på utslipp av nitrogenoksider (NO_x) gjennom NO_x-fondet siden 2007. NO_x-fondet er ikke opprettet av myndighetene, men gjennom en frivillig avtale mellom myndighetene, ved Klima- og miljødepartementet, og næringslivet, ved diverse næringsorganisasjoner, som et virkemiddel for å oppnå utslippsforpliktelser. Utover de avtalte utslippsreduksjonene legger avtalen ingen andre føringer. Hvor store utslippskuttene skal være, beregnes ut fra Norges internasjonale forpliktelser (Gøteborgprotokollen og EUs TAK-direktiv).

Bedrifter har to grunner til å melde seg inn i et slikt fond. Den første grunnen er at medlemsavgiften er lavere enn NO_x-avgiften. Det er altså snakk om en avgiftsrabatt. Videre brukes fondets inntekter gjennom medlemsavgiften til å støtte utslippsreducerende tiltak hos medlemsbedriftene. NO_x-fondet har tilnærmet full oppslutning. NO_x-fondet skal ikke være en varig ordning, men har en spesifisert sluttdato. Bedriftene må betale NO_x-avgift på sine utslipp når ordningen er over. Å unngå framtidige utslippsforpliktelser blir dermed en viktig del av fondets incentivmekanismer.

En straffemekanisme følger dersom den kollektive utslippsforpliktelsen ikke overholdes. Straffemekanismen tar ikke hensyn til hvem som har gjennomført utslippsreducerende prosjekter. Virksomheter som har gjennomført tiltak, blir altså like mye straffet som bedrifter som ikke har gjennomført tiltak, sett bort fra at bedrifter som har gjennomført tiltak nødvendigvis har lavere utslipp enn før. Basert på tall bedriftene sender inn om egne utslipp, beregner Skattedirektoratet og Miljødirektoratet om forpliktelsene i miljøavtalen er opprettholdt.

¹¹ En oversikt over intervjuobjektene finnes i vedlegg 1.

Den første avtalen hadde en varighet på tre år, og 14 næringsorganisasjoner var involvert. Disse forpliktet seg kollektivt til tallfestede reduksjoner i årlige NO_x-utslipp. Til gjengjeld ble de fritatt fra NO_x-avgift i samme periode. Den neste miljøavtalen hadde lenger varighet, fra 2011–2017, og hadde da 15 organisasjoner involvert.

NO_x-fondet har hatt stor oppslutning og hele tiden oppfylt sine krav om utslippskutt, men på grunn av økende aktivitetsnivå har utslippene ikke gått noe særlig ned. Årsaken er at fondets utforming ikke tar hensyn til volumvekst hos medlemmene. Derfor har den nyeste miljøavtalen fra 2018 endret utforming. Den kollektive forpliktelsen handler nå ikke om å oppnå tallfestede utslippskutt. I stedet er det satt et tak på samlede utslipp. Taket på utslipp går over toårsperioder og blir strengere for hver periode (Finansdepartementet, 2017).

Fondet har gitt støtte til ulike utviklingsprosjekter også i forbindelse med offentlige anbud.

6.3 Incentivstyrken av et CO₂-fond avhenger av miljøavtalen.

Formålet med en miljøavtale som bygger på en fondsløsning, er å stimulere næringslivet til å bidra til at de overordnede nasjonale utslippsmålene nås. Fondet skal stimulere til at næringslivet iverksetter utslippsreducerende tiltak samtidig som hensynet til næringslivets konkurranseevne ivaretas.

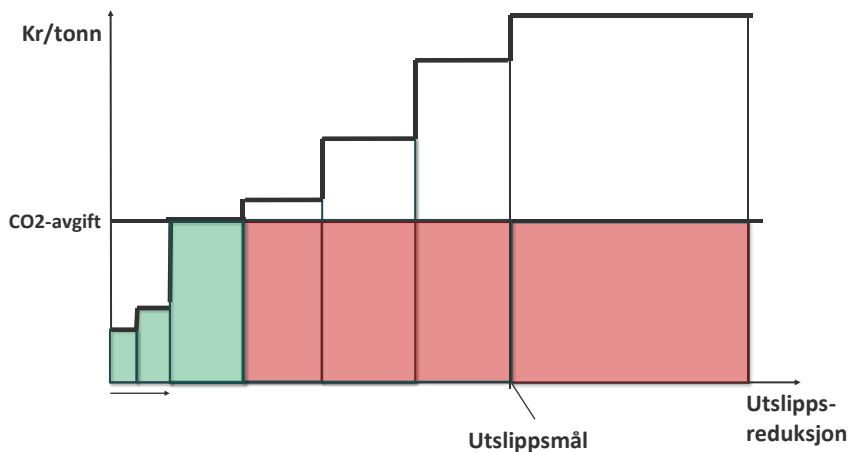
Vi kjenner ikke i dag den endelige utformingen av et CO₂-fond, så våre vurderinger bygger på noen forutsetninger om innholdet i en eventuell fremforhandlet avtale. Forutsetningene bygger erfaringene fra NO_x-fondet, men tilpasset forskjellene mellom hvordan CO₂-avgift og NO_x avgift innkreves.

- Medlemmene vil få fritak for betaling av CO₂-avgift gjennom avtaleperioden.
- Fondet forplikter seg til å redusere utslippene fra transportaktivitet med et visst antall tonn CO₂ i løpet av avtaleperioden.
- Hvert medlem har plikt til å utarbeide en plan for hvordan egne utslipp fra transportvirksomheten kan reduseres.
- Medlemmer kan søke fondet om økonomisk støtte til å gjennomføre utslippsreducerende tiltak.
- Dersom fondets utslippsforpliktelse ikke nås, blir en kollektiv straffemekanisme utløst. Vi antar at størrelsen på den økonomiske straffen er knyttet til avviket mellom realisert og avtalt utslippsreduksjon. Vi antar videre at fondet vil ha fleksibilitet med hensyn til hvordan en eventuell økonomisk straff blir fordelt mellom de ulike medlemmene.
- Medlemmene betaler en medlemsavgift. Grunnlaget for betaling av medlemsavgiften er selskapenes rapporterte kjøp av drivstoff. Størrelsen på medlemsavgiften bestemmes av CO₂-fondet og er ikke en del av avtalen, men medlemsavgiften utgjør fondets inntekter og er dermed en viktig del av den totale incentivpakken. Vi antar at medlemsavgiften settes noe lavere enn CO₂-avgiften for å gjøre det attraktivt å melde seg inn i fondet.

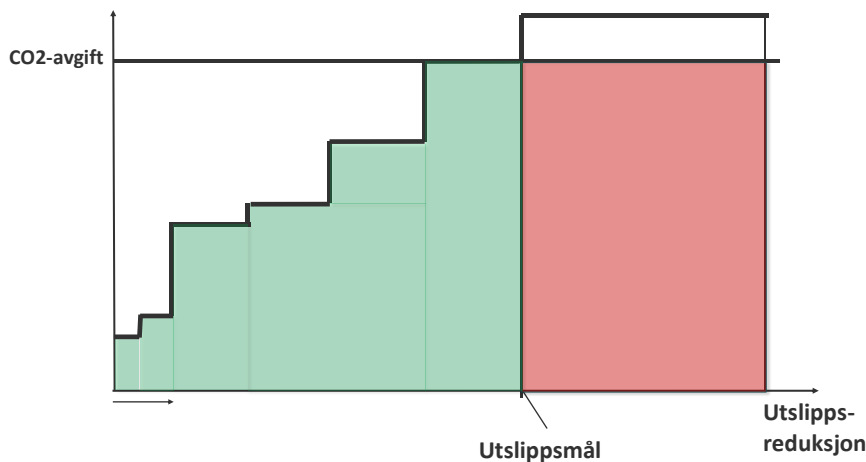
Disse prinsippene danner utgangspunkt for vår analyse av et CO₂-fonds incentivvirkninger. Det må understrekes at incentivvirkningene av et CO₂-fond langt på vei vil være avhengig av hvordan fondet til slutt blir utformet, samt styrken og innretningen på de ulike parameterne.

6.4 Overordnede egenskaper ved et CO₂-fond

La oss først se på en situasjon der staten benytter seg av en CO₂-avgift som det eneste virkemiddelet for å redusere utslippene fra næringslivets transport. Figur 35 viser en slik situasjon.

Figur 35: Utslippsreduksjoner og skatteinntekter ved CO₂-avgift (prinsippfigur)

Den fete svarte trappetrinnskurven viser tiltakskostnadene ved å redusere utslippene i transportsektoren som en funksjon av utslippsreduksjonsvolumet. Bare de tiltakene som har en tiltakskostnad under CO₂-avgiften, blir i teorien realisert, jfr. den delen av kurven som har et grønt areal under seg.¹² I figuren har vi også antatt at utslippsmålet er langt høyere. Det rødfargede arealet viser statens skatteinntekter når lønnsomme tiltak er gjennomført. Summen av det røde og det grønne arealet tilsvarer den finansielle belastningen for næringslivet. Vi ser at den største effekten, slik tiltakskostnadskurven er tegnet, er økt skattebelastning for næringslivet. I dette tilfellet bærer CO₂-avgiften preg av å være en fiskal avgift noe som svekker næringslivets konkurransevne.

Figur 36: Økt CO₂-avgift som realiserer utslippsmålet

25

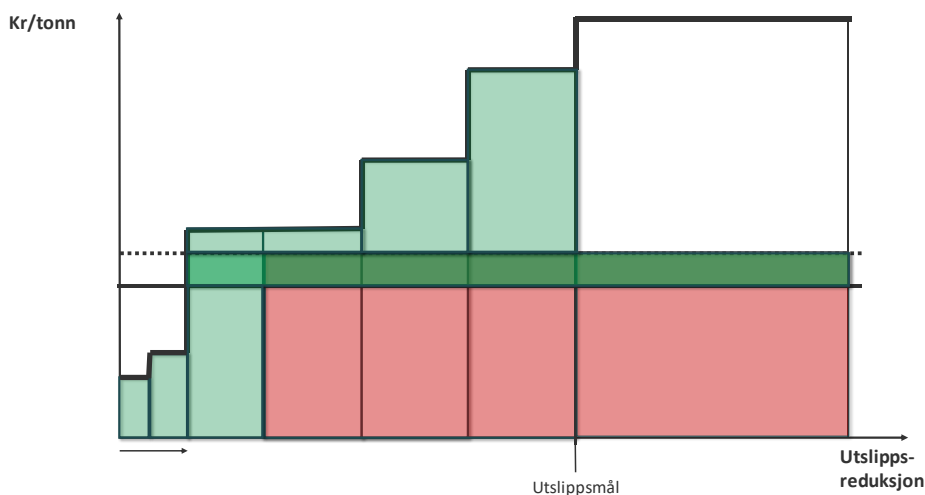
Hvis vi antar at utslippsmålet skal nås ved bruk av en CO₂-avgift som det eneste virkemiddelet, må avgiften settes betydelig opp. En slik situasjon er illustrert i Figur 36. Vi ser at den finansielle belastningen for næringslivet øker, særlig for den delen av næringslivet som har høye tiltakskostnader. Det er også grunn til å tro at ikke alle tiltak med en tiltakskostnad under CO₂-avgiften blir realisert, blant annet grunnet manglende oppmerksomhet og fokus blant aktørene.

¹² Figuren er en illustrasjon. Miljødirektoratet laget i 2015 en rapport der de anslo potensialet for reduksjon av CO₂-utslipp i transportsektoren og tilhørende utslippskostnader. Det fremkom i denne rapporten at ca. 25 prosent av tiltak i transportsektorer som hovedsakelig ligger innenfor næringslivets transport, teoretisk sett kan gjennomføres med en tiltakskostnad under 500 kroner pr tonn. Dagens CO₂-avgift ligger på 500 krone pr tonn CO₂-ekvivalenter. (Finansdepartementet 2017)

Figur 37 viser en situasjon med et CO₂-fond, der vi har forutsatt at medlemsavgiften brukes til å finansiere tiltak blant medlemmene. Medlemsavgiften settes lavere enn CO₂-avgiften. Vi antar full oppslutning i fondet slik at fondets inntekter tilsvarer det røde arealet i figuren. Det mørkegrønne arealet mellom linjen for CO₂-avgiften og medlemsavgiften viser reduksjonen i den finansielle belastningen for medlemmene av fondet. Netto finansieringsmuligheter er lik fondets inntekter minus kostnadene ved å administrere fondet.

Slik kurvene er tegnet, vil en oppnå en langt høyere utslippsreduksjon sammenlignet med den opprinnelige CO₂-avgiften. Hvor stor reduksjon det er mulig å realisere i praksis, avhenger av formen på tiltakskostnadskurven. Som vi skal komme tilbake til nedenfor, vil en fondsløsning der næringslivet engasjeres mer aktivt, føre til at flere tiltak gjennomføres sammenlignet med en modell med bruk av CO₂-avgift alene.

Figur 37. Situasjonen med et CO₂-fond



28

Et alternativ til et CO₂-fond er å beholde CO₂-avgiften og bruke inntektene til å finansiere støtteordninger gjennom det eksisterende virkemiddelapparatet. Det kunne for eksempel skje gjennom Enova, Forskningsrådet eller Innovasjon Norge. Siden vi har antatt at CO₂-avgiften er høyere enn medlemsavgiften, vil staten i prinsippet ha større inntekter til å finansiere støtteordninger. Staten har gjennom det eksisterende virkemiddelapparatet kompetansemiljøer med erfaring fra å prioritere, vurdere og allokere støtte til utslippsreducerende tiltak og trenger ikke bruke ressurser på å bygge opp en ny administrasjon.

Hovedspørsmålet blir da hvilke egenskaper et CO₂-fond kan ha, som eventuelt gjør det til et mer effektivt tiltak enn å bruke allerede eksisterende institusjoner og virkemidler. De vurderingene vi gjør i det følgende, bygger på en gjennomgang av erfaringene fra NOx-fondet og et utvalg intervjuer med brukere.

6.5 Kartlegging av incentivene i et CO₂-fond

6.5.1 Kollektiv juridisk forpliktelse om utslippskutt

Medlemmene i et CO₂-fond forplikter seg juridisk til å oppnå en viss reduksjon i CO₂-utslippene gjennom en avtale. Det er ikke tilfellet med en CO₂-avgift i kombinasjon med en statlig støtteordning. Enova har for eksempel et mål, men ikke en juridisk forpliktelse til å at målet når. Med en CO₂-avgift vet man ikke på forhånd hvor store utslippskutt som vil bli gjennomført. Nå er det ikke gitt at utslippsreduksjonsforpliktelsen blir realisert fullt ut, men nivået på utslippsreduksjonen er sikrere enn uten en slik utslippsforpliktelse.

Incentivstyrken er avhengig av hvor krevende det er å møte forpliktelsen i kombinasjon med hva hvert enkelt medlem i fondet risikerer dersom utslippsmålet ikke blir realisert. Jo større risiko fondet tar på seg, desto sterkere incentivvirkninger må en anta at den kollektive forpliktelsen vil ha, men samtidig vil incentivene til å melde seg inn i fondet bli svekket.

En fordel som en fondsløsning kan ha, er at den skaper langsiktighet og stabilitet i rammebetingelsene rundt klimamotiverte investeringsprosjekter. Det forutsetter selvsagt at fondets retningslinjer og medlemsbetingelser er stabile og godt kjent for de aktørene som vurderer å melde seg inn i fondet. Som medlem av fondet er en dermed i mindre grad eksponert for politiske vedtak om endringer i klimabegrunnede avgifter, så lenge fondet varer.

6.5.2 Individuelle økonomiske incentivmekanismer

Den essensielle incentiveegenskapen til et CO₂-fond er hvilken motivasjon hvert enkelt selskap har til å melde seg inn og til å søke om støtte til utslippsreducerende tiltak.

Vi må anta at kommersielle bedrifter som selger transporttjenester eller driver transport for egne formål, vil vurdere deltagelse i fondet, søknad om støtte til tiltak og gjennomføring av tiltak hvis støtten godkjennes utfra en bedriftsøkonomisk vurdering.

Bedriftene må vurdere minst fire forhold

- *Rabatt:* En miljøavtale gir bedriftene fritak for CO₂-avgiften så lenge avtalen gjelder. For å finansiere fondet må bedriftene betale en medlemsavgift i stedet. Dersom medlemsavgiften settes lavere enn CO₂-avgiften, vil bedriften oppnå en midlertidig rabatt.
- *Muligheter for støtte.* Ved å være medlem kan bedriftene få støtte av fondet til å gjennomføre utslippsreducerende tiltak. Et utslippsreducerende tiltak vil redusere medlemsavgiften gjennom den resterende delen av avtaleperioden for fondet og redusere utgiftene til CO₂-avgift etter at fondet er avsluttet. Hvor attraktivt det er for en bedrift å søke støtte, er avhengig av hvor dyrt tiltaket er, og hvor stor del av avviket bedriften må betale selv. Hvis avviket blir for stort, vil bedriftens incentiver til å gjennomføre et tiltak falle bort. Mulighetene påvirkes av hva slags type prosjekter fondet kan forventes å støtte. Bedriftene må vurdere om de aktuelle tiltakene ligger innenfor eller utenfor det en kan forvente at fondet vil støtte. I NOx-fondet søker man om støtte pr. enhet utslipp som kuttes. Dyre tiltak vil ha mindre sannsynlighet for å få støtte
- *Straffemekanismen.* Utformingen av straffemekanismen dersom den kollektive utslippsreduksjonsforpliktelsen ikke blir realisert.
- *Administrative byrder.* Medlemskap vil kunne innebære noen administrative byrder som for eksempel rapportering av utslipp m.m.

Bedriftene vil vurdere disse fire forholdene opp mot hverandre. Jo større rabatten er og jo større sannsynlighet den enkelte bedriften har for å få støtte til utslippsreducerende tiltak, desto større utslippsforpliktelse kan de være med på å ta på seg.

Risikoen bedriftene løper ved et medlemskap er hovedsakelig knyttet til om fondet makter å realisere utslippsmålet i avtalen og om de prosjektene en søker støtte til, blir prioritert av fondets administrasjon. I verste fall vil bedriftene oppleve ikke å få støtte til prosjekter og måtte være med på å betale den kollektive straffen dersom fondet ikke realiserer målet.

6.5.3 CO₂-fondets inntektsgrunnlag, prioritering av tiltak og bidrag til teknologiutvikling

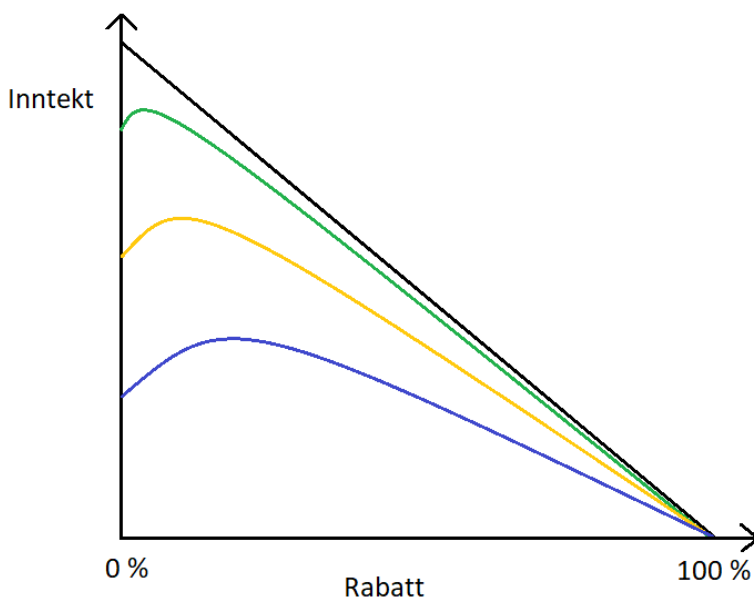
CO₂-fondets inntektsgrunnlag bestemmes av medlemsavgiften og hvor store utslipp medlemsmassen har i utgangspunktet og gjennom avtaleperioden. Hvor mange medlemmer fondet vil få, påvirkes av flere forhold. Erfaringen fra NOx-fondet tilsier at medlemsavgiften er en viktig parameter ved siden av muligheten for å få støtte til å gjennomføre utslippsreducerende tiltak. Det ligger også en incentivmekanisme i at selskaper som ikke gjennomfører utslippsreducerende tiltak på kort sikt, kan risikere enda høyere kostnader på lengre sikt dersom den fremtidige CO₂-avgiften settes opp.

Figur 38 viser en tenkt sammenheng mellom medlemsavgiften og den totale årlige inntekten til fondet. Lang x-aksen måler vi hvor stor rabatt medlemsavgiften gir sammenlignet med CO₂-avgiften. Ved 0 prosent rabatt kan en få en del innmeldinger på grunn av øvrige fordeler medlemskap innebærer. Ved 100 prosent er medlemskap gratis og følgelig får fondet ingen inntekter. Hva grenseinntekten er ved økende rabatt kjenner vi ikke, men det er grunn til å tro at en må legge seg på et visst rabattnivå for å oppnå maksimal inntekt. Formen på inntektskurven vil også bli påvirket av de andre incentivmekanismene.

Jo mer byrdefull straffemekanisme som innføres i avtalen, desto større rabatt vil en måtte ha for å få bedriftene til å melde seg inn. I figuren representerer den sorte linjen situasjonen dersom det ikke finnes noen nedsider med å melde seg inn i fondet. Her antar vi at selv 0 prosent rabatt vil gi full oppslutning, og dermed maksimale inntekter, ettersom virksomhetene fremdeles har mulighet til å motta støtte til å gjennomføre tiltak. De fargede kurvene under denne linjen representerer situasjoner med stadig høyere risiko ved å bli medlem av fondet. Jo høyere risikoen er, desto lavere vil oppslutningen bli uten noe rabatt.

Samtidig er det en sammenheng mellom utslippsreduksjonsforpliktelsen og merkostnadene for aktuelle tiltak og behovet for inntekter i fondet.

Figur 38. Tenkt sammenheng mellom fondets inntekter og medlemsrabatt i prosent av CO₂-avgiften



En annen svært viktig avveining for fondet, som vil få betydning for fondets bidrag til innovasjon og utrulling av ny teknologi, er hva slags portefølje av prosjekter fondet legger opp til, herunder hvordan det prioriteres mellom ulike tiltak. Her er det mange hensyn å ta.

For det første er det viktig at fondet støtter tiltak som er på rett stadium i innovasjonssyklusen, dvs. prosjekter som bygger på tilgjengelig teknolog, men som er tidlig ute i markedspenetreringen. For det andre er det viktig å prioritere prosjekter som kan gi store utslippskutt. For det tredje er det et hensyn for fondet at det støtter prosjekter i ulike segmenter. (Her er det viktig med referanser til del 1)

6.5.4 Økt oppmerksomhet og kunnskaper om utslippsreducerende tiltak

Med utgangspunkt i erfaringene med NO_x-fondet (jfr. avsnitt 6.2) er det grunn til å tro at medlemmene i et CO₂-fond ansføres til en mer aktiv holdning til å fokusere på egne utslipp og vurdere utslippsreduksjonsmuligheter. Det skyldes blant annet at en fondsløsning fører til at ledelsens fokus på mulighetene for å gjennomføre utslippsreducerende tiltak øker, en mer grundig

gjennomgang av kostnader og nytteeffekter ved tiltakene og positive nettverkseffekter som gir kunnskapsspredning.

For å studere incentivmekanismene for medlemmene i et CO₂-fond nærmere, tar vi utgangspunkt i bedriftenes beslutningsprosess knyttet til å delta i fondet, søke om støtte og gjennomføre tiltak. Et sentralt spørsmål blir da hvordan medlemskap i et CO₂-fond vil påvirke de ulike trinnene i beslutningsprosessen. Vi legger til grunn de generelle prinsippene som et CO₂-fond kan forventes å oppfylle (jfr. kapittel 6.1).

Trinnene i bedriftenes beslutningsprosess kan inndeles i

1. Melde seg inn i fondet, eller betale CO₂-avgift?
2. Gjennomgå egne utslipp og kartlegge mulige tiltak og støttebehov
3. Sende søknad til fondet om støtte
4. Beslutte om å iverksette tiltak

Den sammenhengen vi ønsker å studere, er hvordan et CO₂-fond påvirker incentivene til å gjennomføre utslippsreducerende tiltak gjennom den innflytelsen den har på bedriftenes beslutningsprosess. Vi kommenterer de ulike elementene i Tabell 9.

Tabell 9. Hvordan CO₂-fond kan styrke incentivene gjennom fondets krav til aktiviteter og beslutninger

Beslutningsprosess og aktiviteter i bedriftene	Ledelsesfokus	Økonomi risikovurdering og	Informasjon, kunnskap og nettverkseffekter
Delta i fond?	Beslutning om deltagelse fattes av ledelsen	Vurdere fordeler og ulemper av medlemskap. Økt oppmerksomhet om nytte og kostnader av egne tiltak	Deltagelse gir tilgang på informasjon.
Utarbeide plan for egne utslippsreduksjoner og støttebehov	Planen vil normalt bli behandlet av ledelsen	Selskapet vil aktivt kartlegge muligheter og veie kostnader og nytte	Planarbeid kan gi kunnskapsspredning og erfaringsutveksling
Dokumentere og sende inn søknad om støtte	Søknadene skal godkjennes av ledelsen	Administrative kostnader kan være en hemsko. Fondsløsning kan bidra til å effektivisere søknadsprosessen	Informasjon om søknader og prosjekter kan inspirere på tvers av bransjer og selskaper
Beslutte om å iverksette tiltak	Fattes av ledelsen	Langsiktige strategiske vurderinger kan også tillegges vekt	Samme som over

6.5.5 Betydning for ledelsesfokus

Et CO₂-fond innebærer at ledelsen må ta stilling til en rekke beslutninger.

Den første beslutningen gjelder om bedriften skal melde seg inn i fondet. Innmelding i fondet medfører noen fordeler, men også noen forpliktelser som bedriftene må ta stilling til. Mulighetene som fondet gir bedriftene, betyr at spørsmålet om bærekraftige løsninger kommer høyere opp på dagsordenen enn det de ellers ville ha gjort. Ved å melde seg inn i fondet påtar bedriften seg noen administrative oppgaver, hovedsakelig knyttet til å dokumentere og rapportere drivstofforbruk. Bedriften må veie fordeler og ulemper opp mot hverandre og må aktivt søke informasjon om hva CO₂-fondet kan tilby dersom bedriften slutter seg til fondet.

Hvis bedriften melder seg inn, må den utarbeide en tiltaksplan for reduksjon av egne utslipp. Ved utarbeidelsen av denne planen antar vi at selskapet må gå dypere inn i de mulighetene for utslippskutt som det har, og gjøre mer grundige vurderinger av fordeler og eventuelle ulemper som nye teknologiske løsninger representerer. Det er naturlig at ledelsen styrer dette arbeidet og ta stilling til planen når den foreligger.

Neste trinn vil være å ta stilling til om bedriften skal sende inn en søknad om støtte til konkrete tiltak. Bedriften må da gå ytterligere inn og søke informasjon om investeringer og framtidige driftskostnader og søke om økonomisk støtte. Selve utformingen av søknaden vil også normalt bli fremlagt for ledelsen.

Til slutt må ledelsen ta stilling om tiltaket skal iverksettes, dersom søknaden om prosjektstøtten bli godkjent av fondets administrasjon.

Den første delhypotesen er at et CO₂-fond vil øke bedriftsledelsenes fokus på investeringer i utslippsreducerende tiltak sammenlignet med en CO₂-avgift. Det skyldes at fondet sannsynligvis vil aktivisere ledelsen mer gjennom hele beslutningsprosessen fra spørsmålet om bedriften skal delta i et fond, godkjenningen av plan for egne utslippsreducerende tiltak, gjennomgang og godkjenning av søknad og endelig beslutning om at tiltak skal gjennomføres.

6.5.6 Økonomi og risikovurderinger.

Deltagelse i fondet gjør at bedriftene aktivt må søke informasjon om økonomiske forhold, både når det gjelder investering og drift knyttet til tiltak. Det er grunn til tro at mer aktiv søking etter økonomisk og teknologiske forhold ved nye løsninger, vil bidra til at en del barrierer knyttet til usikkerhet om faktiske forhold bygges ned, samtidig som reelle økonomiske og tekniske barrierer blir mer avklart. I enkelte segmenter vil det føre til at det utvikles ideer til prosjekter med et innovativt innhold.

Et CO₂-fond kan legge til rette for effektive og standardiserte søknadsprosedyrer, noe som i seg selv kan redusere terskelen for å søke støtte om tiltak.

Mer kompetanse og innsikt i økonomiske forhold knyttet til tiltak vil fjerne den delen av usikkerheten som er knyttet til manglende kunnskap om de underliggende kostnadsforholdene.

Den andre delhypotesen er at et CO₂-fond vil øke selskapenes oppmerksomhet og kunnskaper om kostnader, nytte og risiko knyttet til egne tiltak. Det skyldes blant annet forpliktelsen til å utarbeide en plan og kartlegge støttebehovet knyttet til egne tiltak. Gjennom standardiserte og forenklede søknadsprosedyrer kan et CO₂-fond også redusere de administrative kostnadene i forbindelse med søknadsprosedyrer, særlig for små aktører. Effektivisering av selve søknadsprosessen er i seg selv et viktig bidrag til å fremme tiltak.

6.5.7 Kunnskapsspredning gjennom nettverkseffekter

Et CO₂-fond kan bidra til økt kunnskap og innsikt i utslippsreducerende tiltak gjennom kunnskapsdeling i nettverket av bedrifter som medlemsmassen representerer. Denne kunnskapsdelingen kan gi ringvirkninger også utover selve fondets medlemmer.

Den tredje delhypotesen er at et CO₂-fond vil øke informasjon og kunnskap om de mulighetene som ny teknologi kan gi, med sikte på å redusere utslippene både for det enkelte medlemmet og på bransjenivå. CO₂-fond vil forsterke positive nettverkseffekter ved at flere gjennomfører tilsvarende tiltak. Man kan lære og få ideer av hverandre osv. Her er det snakk om en selvforsterkende mekanisme – jo flere som deltar i nettverket, desto mer interessant vil det være å være en del av nettverket, og jo større kapasitet vil fondet ha til å betjene nettverket på ulike måter.

7 CO₂-FONDETS EGENSKAPER MHT Å OVERKOMME BARRIERER

CO₂-fondets suksess er knyttet til hvor store utslippskutt som fondet kan bidra til å realisere og i hvilken utstrekning prosjektene som gjennomføres kan føre til utrulling av ny teknologi. Fondet må sette sammen en portefølje av prosjekter som bidrar til at utslippsmålene nås samtidig med at tilbudssiden stimuleres til innovasjon og økt skala. Barrierene har et bredt spekter og inkluderer kostnader, operasjonelle begrensninger, manglende betalingsvilje i sluttbrukermarkedet og politiske barrierer. Det ligger vel til rette for et fond å støtte prosjekter der høyere kostnader til transportmidler og drivstoff er den viktigste barrieren. Støtte til prosjekter som bidrar til å forbedre funksjonskrav og operasjonelle begrensninger er i mindre grad aktuelle støtteprosjekter for et CO₂-fond

For at en bedrift skal finne det attraktivt å iverksette tiltak med sikte på å få ned egne klimautslipp, må en del barrierer overkommes. Beslutningen vil være preget av usikkerhet knyttet til blant annet økonomi og operasjonell risiko. De teknologiske, økonomiske og operasjonelle risikofaktorene vil variere mellom de ulike transportformene og teknologialternativene.

Hvor viktig bidragsyter et CO₂-fond vil bli med sikte på å redusere CO₂-utslipp, vil delvis bli bestemt gjennom de forpliktelsene fondet tar på seg. Forpliktelsene må avstemmes med hva som kan forventes av inntekter og hvilke prioriteringer som må til for at fondet skal kunne oppfylle forpliktelsene. Støttebehovet pr. enhet utslippsreduksjon vil være avhengig tiltakskostnadene for de ulike tiltakene. Tiltakskostnadene vil delvis være avhengig av teknologienes modenhetsgrad, og delvis av om teknologiene er satt i produksjon og tilpasset de kravene som gjelder i de ulike segmentene.

Mye av teknologitvikingen innen transportområdet skjer internasjonalt, men i enkelte nisjer, blant annet innen skipstransport, skjer interessante teknologiframskritt i Norge. *Hvor mye et CO₂-fond skal prioritere støtte til prosjekter med et interessant norsk FoU-perspektiv, er kanskje først og fremst påvirket av hva som er en hensiktsmessig arbeidsdeling mellom de ulike virkemidlene, jfr diskusjonen i kapittel 8.*

De barrierene som bedriftene møter, vil variere på tvers av teknologiområdene, og betydningen vil også være forskjellig. I denne studien deler vi barrierene inn i fire forskjellige kategorier:

- Høyere kostnader i innkjøp og/eller drift
- Operasjonelle begrensninger
- Manglende betalingsvilje i sluttmarkedet
- Politiske barrierer

La oss se på de ulike kategoriene, hva som karakteriserer dem, og hvilke barrierer et CO₂-fond er relativt sett best til å håndtere.

7.1 Høyere kostnader i innkjøp og/eller drift

Nye teknologiske alternativer på transportområdet vil ofte være dyrere enn de tradisjonelle alternativene. Hvis ikke, er det ingen grunn til å etablere et CO₂-fond eller andre virkemidler for den del, for å støtte dem. Noen alternativer kan være dyrere i innkjøp, men på den annen side ha lavere driftskostnader. Noen alternativer har både høyere investeringskostnader og høyere driftskostnader.

I vurderingen av når det er økonomisk interessant for en aktør å erstatte et fossilt basert transportmiddel med et alternativ med lave eller ingen utslipp av CO₂, er det vanlig å beregne forskjeller i de totale kostnadene pr. km kjørt distanse, på engelsk Total Cost of Ownership (TCO). En legger da inn alle relevante kostnader og beregner en årskostnad som påvirkes både av investeringskostnadene og de ulike driftskostnadskomponentene. Årskostnaden deles på antall kjørte kilometer. Drivstoffutgifter og vedlikeholdskostnader er som regel de viktigste kostnadskomponentene på driftssiden, investeringene utgjøres hovedsakelig av innkjøpskostnaden for de aktuelle kjøretøyene. For næringslivsaktører vil også operasjonelle begrensninger, som vi

kommentere nærmere nedenfor, være faktorer som blir tillagt vekt i det økonomiske regnestykket. Så lenge slike begrensninger foreligger, bør de i prinsippet inkluderes i TCO-beregningene.

Det vanlig å anta at lavutslippsalternativene velges når TCO faller under TCO for de fossile alternativene.

For et CO₂-fond vil det være aktuelt å gå inn med støtte så lenge TCO for lavutslippsalternativene er høyere enn for de fossile alternativene. I de fleste tilfellene vil alternativene værere dyrere i innkjøp, men ikke alltid. I enkelte segmenter vil drivstoffkostnadene utgjøre de største forskjellene, mens selve kjøretøyet kan være rimeligere i innkjøp. Fondet må derfor ta stilling til hvordan støtten skal gis, som et engangsbetrag eller som et årlig driftstilskudd.

Generelt kan en si at høyere TCO for lavutslippsalternativene er en barrierekategori som det ligger vel til rette for et CO₂-fond å håndtere.

7.2 Operasjonelle begrensninger

Operasjonelle begrensninger vil typisk være faktorer som rekkevidde, tilgang på velegnede modeller og tilgang på infrastruktur. Operasjonelle begrensninger representerer, som påpekt ovenfor, en ekstrakostnad for bedriftene i det bedriftsøkonomiske regnestykket. I beregningen av nødvendig støttenivå bør de økonomiske konsekvensene av de operasjonelle begrensningene tas hensyn til. Utfordringene er at slike operasjonelle begrensninger kan være subjektive, og vil kunne variere mellom de ulike kjøretøyalternativene. Å få et eksakt mål på den økonomiske verdien av de operasjonelle begrensningene vil derfor være krevende.

Et annet spørsmål er i hvilken utstrekning et CO₂-fond er egnet til å støtte prosjekter som er rettet direkte mot å bygge ned de operasjonelle begrensningene, som for eksempel støtte til utbygging av nødvendig infrastruktur. Et CO₂-fond må vurdere i hvilken grad og på hvilke områder støtte til bygging av infrastruktur er en hensiktsmessig målgruppe. Det vil i stor grad påvirkes av i hvilken grad andre støtteordninger administrert av det offentlige er rettet inn mot å støtte slike prosjekter. Det kan også være utfordrende å henføre utslippsreduksjoner til slike tiltak.

CO₂-fondet kan imidlertid også bidra indirekte til å redusere operasjonelle barrierer gjennom såkalte skalaeffekter: Etter hvert som flere kjøper en nye typer transportmidler, øker volumet, noe som bidrar til å redusere enhetskostnadene i produksjonsleddet ved at etterspørselen etter infrastruktur og andre tjenesteområder, som for eksempel servicevirksomhet, øker. Det medfører at lønnsomheten av å investere i infrastruktur øker.

Under dette punktet er det også et spørsmål om et fond kan samordne innkjøp for bedrifter som har de samme behovene, og dermed styrke de mindre næringslivsaktørenes kjøpermakt og gi bedre betingelser enn hva hver enkelt aktør kan oppnå hver for seg.

7.3 Manglende betalingsvilje i sluttmarkedet

En viktig barriere for næringslivsaktører kan være at betalingsviljen for bærekraftige transportalternativer ikke alltid er til stede hos kundene. Kundene vil ofte primært være opptatt av konkurransedyktige priser på sluttproduktene og legger ikke vekt på verdien av at leverandøren bidrar til bærekraftige transportløsninger. Næringslivsaktørene vil dermed ikke kunne velte over økte kostnader knyttet til bærekraftige løsninger på kundene.

Et viktig unntak er offentlige innkjøpere som av og til kan legge bærekraftkriterier inn ikke minst i forbindelse med innovative offentlige anskaffelser, jfr. 8.3. Vi har også sett eksempler på at større selskaper med egen transportvirksomhet og stor kundebase, legger vekt på å fremstå som miljøbevisste ved å satse på null- eller lavutslippsteknologi i sine kjøretøy.

Et spørsmål er om CO₂-fondet vil prioritere prosjekter der prosjekteier kan kapitalisere på betalingsvilje hos sine kunder igjen, det være seg en offentlig innkjøper eller et selskap der bærekraftprofil er en viktig konkurranseparameter.

Generelt er det vår vurdering at CO₂-fond kanskje ikke vil kunne prioritere virkemidler som direkte retter seg mot manglende betalingsvilje hos sluttkundene.

7.4 Politiske barrierer

Usikkerhet knyttet til politiske rammebetingelser kan også være et område som kan virke som en barriere. For eksempel kan usikkerhet med hensyn til fremtidig støtte til infrastruktur være en slik barriere.

En type politisk usikkerhet knyttet til utforming av ulike former for støtteordninger er hvordan reglene om statsstøtte påvirker premissene for hvordan støtte kan gis til kommersielle aktører.

Et CO₂-fond må godkjennes av ESA, men de kravene som ESA eventuelt vil stille for å godkjenne ordningen kan være mindre strenge enn dem som stilles til en statsstøtteordning forvaltet av et statlig organ. En fondsløsning kan med andre ord være mer fleksibel enn en statlig støtteordning.

8 FORHOLDET TIL ANDRE STØTTEORDNINGER

Et godt samspill mellom et CO₂-fond og andre støtteordninger er viktig for fondets evne til å levere på sine forpliktelser. Fondet må finne sin plass blant andre virkemidler og støtteordninger for utslippskutt i transportsektoren. For det første må det sikres at det ikke blir overlapp mellom støtte fra fondet og fra andre ordninger. Fondet bør hovedsakelig støtte teknologi som er kommet forbi stadiet med fullskala pilotering. Støtte til bygging av infrastruktur bør som hovedregel dekkes av andre støtteordninger. Her blir det viktig å finne en god samarbeidsform. I hvilken grad det kan være aktuelt for et CO₂-fond å støtte bedrifter som deltar i offentlige anskaffelsesprosesser, er avhengig av at prosjektene bidrar til at utslippsreduksjonsforpliktelsen nås.

8.1 Innledning

Et CO₂-fond vil ikke være det eneste virkemidlet eller den eneste støtteordningen for utslippskutt i transportsektoren. Enova, Innovasjon Norge, Kystverket og Miljødirektoratet forvalter også ulike støtteordninger med samme formål.

Et viktig spørsmål er hvordan et CO₂-fond vil virke sammen med det øvrige virkemiddelapparatet, herunder om det vil kunne utløse andre eller større utslippskutt enn det som oppnås med andre, eksisterende støtteordninger.

8.2 Samordning med andre offentlige støtte ordninger

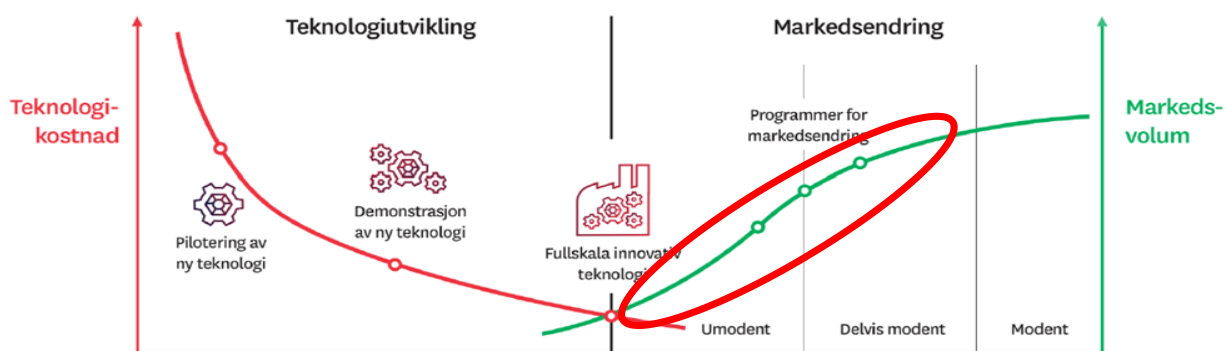
Transportbedriftene representerer etterspørsel etter transportmidler og drivstoff og derigjennom etterspørsel etter nødvendig infrastruktur for å ta alternative transportmidler og drivstoffet i bruk. Støttebehovet for kjøp av transportmidler, kjøp av alternativt drivstoff og utbygging av infrastruktur vil variere mellom teknologialternativene. For elektriske kjøretøy vil for eksempel utbygging av ladeinfrastruktur være en viktig barriere slik at støtte til infrastruktur kan være et effektivt virkemiddel for å få aktørene til å velge elektriske alternativer. For biodrivstoff vil selve kostnaden for drivstoffet være høyere og den viktigste barrieren sett fra etterspørselssiden. Da vil støtte til kjøp av drivstoff være aktuelt.

Spørsmålet her er hva som er den mest naturlige arbeidsdelingen mellom et CO₂-fond og andre støtteordninger. Vi antar i tråd med argumentasjonen over at CO₂-fondet i mindre grad vil støtte infrastruktur, som ladestasjoner og landstrømanlegg. Støttebehovet til utbygging av nødvendig infrastruktur kan dermed i de fleste tilfeller dekkes av andre virkemidler. Den viktigste grunnen er at bedriftene i fondet hovedsakelig blir målt ut fra utslippsreduksjoner som skjer hos brukerne. Når det gjelder utbygging av infrastruktur, er det en helt annen type virksomhet som krever større grad av koordinering og planlegging mellom mange aktører. Endelig vil en klar avgrensning mot infrastrukturprosjekter innebære at risikoen for dobbelttelling av utslippskutt reduseres. Utslippskutt knyttet til ladestasjoner vil f.eks. avhenge av hvilke og hvor mange kjøretøy som bruker dem. CO₂-fondet bør etter vår vurdering hovedsakelig fokusere på utslippsreduksjoner som kommer av at fossilt drevne transportmidler byttes ut med annen teknologi som har null eller lavere utslipp. Samtidig er det et klart samspill mellom tilgang til infrastruktur og lavutslipps drivstoff; potensialet for utslippskutt gjennom investeringer i lavutslipps transportmidler er avhengig av utbredelsen av infrastrukturen, og infrastrukturutbyggingen er avhengig av potensialet for at infrastrukturen blir brukt.

Et annet aspekt er at fondet må finne sin plass i det vi kan kalle teknologitvings- og innovasjonsskjeden. Det er ikke naturlig å tenke seg at fondet skal støtte utvikling av teknologi som er forholdsvis umoden. Hovedpoenget med fondet bør være å bidra til økt etterspørsel etter lavutslippsteknologi som er teknologisk moden for å bli tatt i bruk kommersielt i de aktuelle transportsegmentene. Figur 39 som er hentet fra Enova, illustrerer hva vi mener med dette. Den røde ellipsen antyder hvor i innovasjonsskjeden prosjekter som CO₂-fondet primært større bør befinne seg.

I venstre ende av figuren er teknologien på et ide- og forskningsstadium. Kostnader, potensialer og utforming er fremdeles usikkert. Dersom man lykkes i å komme fram til en lovende prototype, går man så over i en piloteringsfase der teknologien kan prøves ut i mindre skala og i kontrollerte sammenhenger. Er denne fasen vellykket kan man begynne å demonstrere teknologien i mer realistiske sammenhenger før man er klar til å teste teknologien i full skala. Men vellykket storskala demonstrasjon er ikke nødvendigvis tilstrekkelig til at teknologien blir tatt i bruk kommersielt i markedet. Dels er det kostnader knyttet til kommersialisering – markedet må overbevises om at den nye teknologien er like god som eller bedre enn den gamle – og dels kan det være stordriftsfordeler og nettverksbarrierer som gjør at man må komme opp i et visst volum før teknologien blir tatt bredt i bruk. Stordriftsfordeler innebærer at kostnadene reduseres når volumet øker, mens nettverksbarrierer kan være ladeinfrastruktur, verksteder/servicepersonell med tilstrekkelig kompetanse, utvikling av modeller for ulike segmenter, osv.

Figur 39. Teknologit utviklings- og innovasjonskjeden



Kilde: Enova

Samtidig bør ikke fondet overlape med eksisterende ordninger. Det kan sikres ved at fondet ikke støtter tiltak som er dekket av andre støtteordninger, at fondet kan gi toppfinansiering til tiltak som ikke fullt ut får dekket sine ekstrakostnader gjennom andre ordninger (se tabell under), eller at andre støtteordninger tilpasses slik at man unngår overlapp. Enova er f.eks. opptatt av at deres ordninger skal være addisjonelle og utløsende, og tilpasser sine programmer løpende til markedsutvikling og utviklingen i andre rammebetingelser.

Tabell 10 gir en oversikt over eksisterende støtteordninger som er rettet mot utslipp fra transportmidler. Vi har ikke tatt med ordninger som støtter infrastruktur, teknologit utvikling eller produksjon av drivstoff, eller ordninger som er rettet spesifikt mot kommuner og fylkeskommuner.

Enovas ordninger setter vilkår om størrelse. Videre setter de et tak for hvor stor andel av merkostnaden som støttes. Tanken er at kostnadsbesparelser i driften skal være tilstrekkelige til å utøse tiltaket likevel. Det vil ikke nødvendigvis være tilfellet for alle aktuelle tiltak. Et CO₂-fond kan derfor i prinsippet bidra med å tette gapet mellom Enovas støtte og de fulle kostnadene i et tiltak der Enova-støtten ikke er tilstrekkelig til å være utløsende. Det er ikke sikkert at dette kan gjennomføres i praksis: Det er viktig at fondet gir støtte til tiltak som ikke ville blitt gjennomført uansett, og det er viktig at tiltak som støttes av Enova (og rapporteres som resultat av Enovas støtte) ikke også telles som resultat av støtte fra CO₂-fondet. (Usikker på om Enova lov til å støtte slike tiltak i henhold til statsstøttereguleringen?)

Det framgår av at Enova stiller minstekrav om energisparing og utslippskutt for å yte støtte under sine programmer. -fondet kan derfor særlig spille en viktig rolle i forhold til mindre aktører. Støtteordninger for små aktører må imidlertid utformes på en måte som gir små kostnader for både søker og saksbehandler. Støtte kan f.eks. utbetales sjablongmessig ala Enova-støtten til husholdninger (der det utbetales en fast støttesats for et definert tiltak). Et -fond kan også bidra til markedsutvikling ved å inngå avtaler med leverandører at ulike modeller og definere støttesatser

som tildeles disse modellene. På denne måten kan fondet også bidra til at det utvikles modeller som er tilpasset det norske markedet i de segmentene der det typisk er mange små aktører.

Tabell 10. Støtteordninger rettet mot kjøretøy og anleggsmaskiner

Navn	Forvalter	Hvem kan få støtte	Hva støttes	Vilkår
<i>Energiltak i landtransport</i>	Enova	Bedrifter	Nullutslippskjøretøy: Elektriske varebiler lastebiler og anleggsmaskiner; tyngre kjøretøy og anleggsmaskiner som bruker biogass; hydrogenkjøretøy i nyttetransport.	Energiforbruket må reduseres med minst 10% og minst 1000.000 kWh/år (tilsvarende 10.000 l diesel), eller reduser utslipp med minst 26.000 kg e /år. Støtten begrenses til 30, 40 eller 50% av merkostnad avhengig av type tiltak og bedriftens størrelse.
<i>Energiledelse i transport</i>	Enova	Virksomheter innen land- og sjøtransport som bruker minst 1 GWh/år, tilsvarende 100.000 l diesel.	Utarbeidelse av tiltakslistene for å motivere og forankre energiarbeid i virksomhetene.	Støtten er oppad begrenset til 200.000 eller 1 mill. NOK avhengig av størrelsen på virksomheten.
<i>Fullskala innovativ energi- og klimateknologi i transportsektoren</i>	Enova		Bruk av spesielt innovativ teknologi som gir vesentlig reduksjon av klimagassutslipp.	Dekker opptil 50% av merkostnad.
<i>Energiltak i skip</i>	Enova	Rederier/ fartøyflåter	Energieffektivisering og batteri-hybridisering som reduserer bruken av fossile drivstoff.	Teknologien skal ikke være tatt i bruk i full skala i Norge og i dette transportsegmentet før.
<i>Kondemnerings-tilskudd for skip</i>	Innovasjon Norge	Rederier registrert i norsk foretaksregister	Vrakpant for skip som kondemneres	Må ha vært registrert i Norge i minst 12 måneder
<i>Risikolån til finansiering av skip innen nærskipfart</i>	Innovasjon Norge	Rederier	Lån som bidrar til at eldre skip kondemneres og erstattes med nyere og mer bærekraftig kapasitet	Støtter skip som planlegges brukt hovedsakelig i norske farvann

8.3 Forholdet til offentlige innkjøp

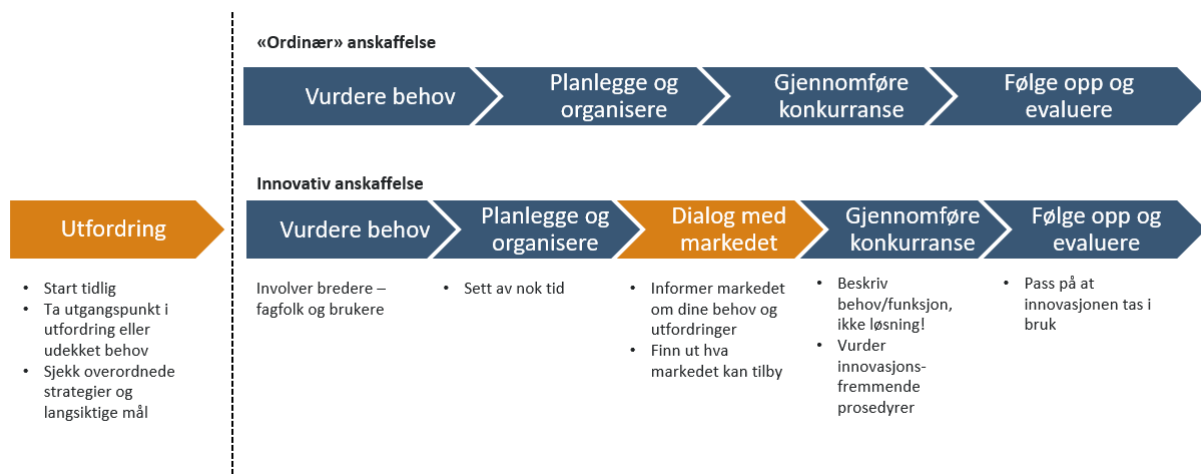
Offentlige innkjøp er en viktig mekanisme, ikke minst i transportsektoren der infrastrukturen i stor grad er offentlig eid og offentlige aktører er en stor kjøper av transporttjenester fra private leverandører. Offentlige innkjøp gir lokale og sentrale offentlige aktører kjøpermak som kan brukes til å påvirke leverandørenes produkter og tjenester. Ved å stille klima- og miljøkrav kan offentlige innkjøp bidra til innovasjon og teknologitviking.

En kan skille mellom ordinære offentlige innkjøp og innovative offentlige anskaffelser. I ordinære offentlige anskaffelser kan det settes miljøkrav til leverandørene, men den offentlige innkjøperen vil i liten grad kreve at leverandøren må gjennom en innovasjonsprosess som en del av leveransen. Gitt at miljøkravene overholdes vil pris og leveringsbetingelse som regel være de viktigste konkurransefaktorene.

Innovative offentlige anskaffelser (IOA) er et nytt politikkområde som kombinerer de to politikkområdene offentlige anskaffelser og innovasjon. Hensikten er rett og slett å bruke krav i offentlige anskaffelser til å stimulere til innovasjon hos leverandørene. Innovative offentlige innkjøp har fått økende oppmerksomhet de senere årene.

Innovative offentlige innkjøp kan gi positive virkninger på forskjellige måter. Det viktigste i denne sammenhengen er at etterspørsel etter innovasjoner kan anspore industrien til ytterligere innovativ virksomhet, som i neste omgang kan bidra til utvikling av kommersielle produkter og tjenester som kan få sin anvendelse utover selve det offentlige innkjøpet. IOA er tatt i bruk på samferdselsområdet med gode resultater og er spesielt interessant for norsk samferdsel i lys av de store investeringsplanene som den nye nasjonale transportplanen legger opp til. En sammenligning av IOA med ordinære offentlig innkjøp er vist i Figur 40.

Figur 40. Innovative offentlige innkjøp vs. ordinære offentlig innkjøp.



Kilde: Menon

Gjennom IOA kan offentlig sektor legge til rette for innovasjon gjennom de anskaffelsene som gjennomføres. Nasjonalt program for leverandørutvikling ble etablert i 2010 av KS og NHO, og har som oppgave å øke innovasjonseffekten av offentlige anskaffelser. Evalueringen omfatter innovative offentlige anskaffelser i perioden 2010-2016.

Det har vært en markant vekst i perioden, fra bare 6 innovative offentlige anskaffelser i 2010 til om lag 180 i 2016. Også andelen av denne typen anskaffelser har økt sammenlignet med ordinære anskaffelser, men utgjør i 2016 fortsatt kun 1,4 prosent av det totale antallet offentlige anskaffelser. Totalt 67 prosent av innovative offentlige anskaffelser i denne perioden er gjennomført av virksomheter som har benyttet programmet i en eller annen form.

Spørsmålet er om det vil kunne finnes tilfeller der det kan være aktuelt for et -fond å støtte prosjekter som er en del av en offentlig innkjøpsprosess, det være seg ordinære eller anskaffelser som bygger på IOA-prosess. Forutsetningen bør etter vår vurdering være at tilbyderer tar åpent forbehold om støtte av CO₂-fondet i sine anbud og at den offentlige anskaffelsen også bidrar til å redusere utslippene blant medlemmene i fondet.

I forbindelse med etableringen av et CO₂-fond er det viktig å klargjøre hvilke typer offentlige anskaffelser som ansees å være en del av næringslivets transport. Når det offentlige kjøper transporttjenester fra private aktører, vil den påfølgende aktiviteten være en naturlig del av næringslivets transportvirksomhet og bør derfor kunne inkluderes. Offentlige innkjøp av transportmidler til eget bruk vil på den annen side neppe kunne ansees som en del av næringslivets transportvirksomhet.

IOA -avtaler er brukt blant annet av Vegvesenet i forbindelse med kjøp av elektriske ferger. Vegvesenet er i dette tilfellet aktøren som ønsker at fergedriften skal omstilles til el. En offentlig aktør som Vegvesenet er uaktuell som et medlem av et privat CO₂-fond. Spørsmålet er om et CO₂-fond kan støtte en bedrift som inngår som leverandør i et IOA-avtale. Også det kan fortone seg som problematisk siden det jo er kjøperen av fergen og ikke leverandøren som bygger fergen som svarer for klimautslippene.

En kan for eksempel tenke seg at den innovasjonen som en IOA-prosessen fører til, reduserer barrierene for å ta lav – eller nullutslippsalternativer i bruk i neste omgang. Fondet må i så tilfelle avveie usikkerheten knyttet til effekten av om IOA-prosessen lykkes mot de forpliktelsene fondet tar på seg.

Får en til et godt samspill mellom et CO₂-fond og en IOA – prosess vil det kunne styrke innovasjonsaktiviteten blant norske næringslivsaktører. En kan også tenke seg at større private aktører kan la seg inspirere av IOA- konseptet og inngå partnerskapsavtaler med teknologibedrifter for å utvikle innovative løsninger på transportområdet som bedriften er engasjert i. Det kan særlig være en interessant løsning for støtte aktører som ikke selv driver transport, men ønsker at leverandørene av transporttjenestene driver på en bærekraftig måte. I slike prosesser vil støtte fra et CO₂-fond kunne passe godt inn.

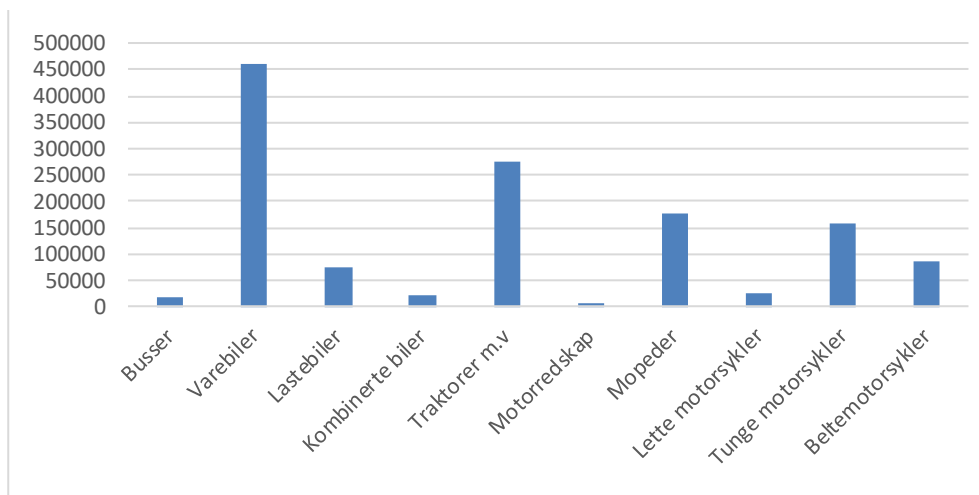
Støtte fra et CO₂-fond i forbindelse med en offentlig innkjøpsprosess må heller ikke stride mot konkurranserettslige prinsipper.

9 HENSYNET TL SMÅ AKTØRER

Sammenlignet med i NOx-fondet kan et CO₂-fond få mange mindre medlemmer. Selv om aktørene er små, utgjør deres samlede utslipp en betydelig andel av utslippene fra næringslivets transport. Det er også grunn til å tro at mange av disse aktørene kan ha lave tiltakskostnader. For å sikre at små aktører melder seg inn og søker om prosjektstøtte, er det viktig med standardisering og forenkling av søknadsprosess og dokumentasjonskrav. Standardisering vil være mulig fordi tiltakene vil være like for mange av de små aktørene. Det er også et spørsmål om differensiering av medlemsbetingelsene må til for at de små aktørene finner grunn til å delta i et CO₂-fond

Et CO₂-fond for næringslivets transportvirksomhet kan potensielt få mange små aktører som medlemmer. Det gjelder for eksempel mindre spedisjonsfirmaer eller håndverksbedrifter med en eller noen få kjøretøy. I landbruksektoren og i deler av entreprenørbransjen vil også aktørene være gjennomgående små. Ved utgangen av 2016 var det, som Figur 41 viser, registrert over 460.000 varebiler, 275.000 traktorer og 75.000 lastebiler

Figur 41. Antall norskregistrerte kjøretøy pr. 2016 utenom privatbiler



Kilde: SSB

Selv om hver enkelt bedrift betyr lite for utslippene i transportsektoren, gjør antallet at de samlet sett betyr mye for de totale utslippene. Det er også god grunn til å anta at en del av de små prosjektene også har relativt lave tiltakskostnader noe som gjøre det viktig å få med mange små aktører for å kunne levere på den totale kollektive utslippsforpliktelsen. Det er derfor viktig at det legges til rette for at de små aktørene melder seg inn og søker om støtte for utslippsreducerende tiltak.

Et CO₂-fond kan motivere mindre bedrifter til å søke om støtte til utslippsreducerende prosjekter ved gode informasjonstiltak samt standardisering og forenkling av søknadsprosessen herunder de dokumentasjonskravene som stilles.

Siden mindre aktører vil søke om støtte til mindre prosjekter i kombinasjon med at søknadene i stor grad vil kunne gjelde prosjekter som er ganske like, ligger det godt til rette for å etablere forenklede søknadsprosedyrer med begrensede dokumentasjonskrav for hver enkel søknad. Det å erstatte en dieselvarebil med en batteridrevet elbil vil stort sett kreve relativt standardisert informasjon for fondet.

Et annet spørsmål er om mindre bedrifter kan bli medlemmer på betingelser som reduserer risikoeksponeringen. Begrunnelsen for det kan være at mindre bedrifter har lavere evne til å bære økonomisk risiko enn større.

10 ERFARINGER FRA NOX-FONDET

10.1 NOx-fondet støtter tiltak hvor utslippseffekten enkelt kan beregnes

NOx-fondet hadde 938 medlemmer ved utgangen av 2016. Fondet har støttet rundt 1000 prosjekter, og rundt halvparten av medlemmene har mottatt støtte. Det er altså mange bedrifter som har mottatt støtte til tiltak flere ganger, og mange som aldri har mottatt støtte. Fondet gjør ikke noe poeng ut av å sørge for at tiltakene fordeles over de ulike transportsegmentene. Å ha et slikt helhetlig perspektiv reduserer administrasjonskostnadene.

NOx-fondet støtter tiltak hvor utslippsreduksjonene til hver enkelt bedrift kan beregnes. I starten omfattet prosjektene som fikk støtte hovedsakelig ombygginger av motorer, deretter havnet fokus på renseteknologi. Videre har de støttet energiomlegging til gass, og i dag støttes batterier. NOx-fondet har ikke hatt noe formelt samarbeid med Enova, men i praksis har det utviklet seg et samspill mellom dem, som ifølge dem selv har gitt noen suksesshistorier. Et eksempel er elektrifiseringen av fergesektoren. Her støttet Enova ladeinfrastrukturen mens NOx-fondet støttet fergene. I følge ledelsen i NOx-fondet hadde ikke dette vært mulig uten det gode samspillet.

10.2 Søknadsprosessen er lite tidkrevende, men også forbundet med risiko

Støtte til tiltak gjennom NOx-fondet har ingen søknadsfrist. Medlemsbedriftene opplever søknadsprosessen som enkel og lite tidkrevende. Søknader behandles fortløpende, med bistand fra DNV GL. Medlemmene opplever at NOx-fondet har mindre begrensninger i beløp og andel av prosjektet som kan støttes enn det som er tilfelle f.eks. hos Enova. Utbetaling av støttebeløpet skjer etter at utslippsreduksjonen og påløpte kostnader er verifisert. NOx-fondet skriver i sin årsrapport for 2016 at verifikasjon av utslippsreduksjoner ofte er krevende.

Medlemsbedrifter som også har erfaring med Enovas søknadsprosess opplever Enovas søknadsprosess som mye mer omfattende og tidkrevende. Til gjengjeld krever Enova ingen verifikasjon i at de faktisk oppnådde utslippskutt og hadde økte kostnader i den forbindelse. For noen virksomheter representerer dette en risikofaktor hos NOx-fondet som ikke er tilstede hos Enova.

Det har inntil nå ikke vært lov å motta støtte fra flere støtteprogrammer til samme prosjekt. Dette åpnes der imidlertid for i den nye miljøavtalen fra 2018. Virksomhetene vi har snakket med, ønsker å kunne få støtte fra flere støtteordninger for samme prosjekt. Alle medlemsbedriftene i NOx-fondet vi har snakket med, har fått støtte fra en eller flere andre støtteordninger enn gjennom NOx-fondet. Den vanligste er Enova. Noen virksomheter har uttrykt ønske om en mer helhetlig tilnærming hvor bedriften sender én søknad og hvor utslippskutt av ulike klimagasser hensynstas.

10.3 Varierende grunner til at virksomhetene ble med i NOx-fondet

Ingen av medlemsbedriftene oppga at de har vært bekymret for at fondet ikke skal oppnå sin kollektive forpliktelse. Den eneste bekymringen har vært knyttet til om det er nok penger i fondet til å støtte alle prosjekter. Gitt at situasjonen blir den samme i et CO₂-fond, ville de blitt medlem uavhengig av avgiftsrabatten i et eventuelt CO₂-fond.

10.4 Medlemmene i NOx-fondet ser at et CO₂-fond kan få støtte utfordringer

NOx-fondet støtter, som forklart, tiltak hvor utslippsreduksjonen enkelt kan beregnes, men likevel oppleves det som krevende å verifisere utslippskutt. Det er uttrykt synspunkt om at beregning og verifisering av utslippskutt av CO₂ vil være vanskeligere.

Fordi et CO₂-fond sannsynligvis vil få flere medlemmer som er mindre i størrelse, tror medlemmene av NOx-fondet at standardisering og forenkling blir viktig. Samtidig er det vanskelig å se for seg at fondet kan være like tillitsbasert. Noen virksomheter har foreslått å differensiere kravene mellom store og små virksomheter.

REFERANSELISTE

- Anleggsmaskinen.no (2018): Informasjon hentet fra <http://anleggsmaskinen.no/2018/01/batteridrevet-cat-323f/>, i mai 2018
- Bellona og Siemens (2015): *Syv av ti ferger er lønnsomme med elektrisk fremdrift – en mulighetsstudie*
- Biogassoslofjord.no, Informasjon lastet ned fra <http://biogassoslofjord.no/fyllestasjoner/>, i mai 2018
- Biogass Oslofjord (2017), *Fossilfrie maskiner – markedssjekk på fossilfrie maskiner*
- Bloomberg New Energy Finance (2018): *Electric Buses in Cities Driving Towards Cleaner Air and Lower CO₂*
- Bygg.no (2018): Informasjon lastet ned fra <http://www.bygg.no/article/1341086> i mai 2018
- Carbon Limits, f3 og THEMA (2017): *Bærekraft og klimagassreduksjoner for norskprodusert biogass – Kunnskapsgrunnlag og anbefalinger til innkjøpere*. Utarbeidet for Avfall Norge og Biogass Oslofjord m.fl.
- Cenate (2018): Presentasjon holdt av Erik Sauar på politeknisk forening i april 2018
- DNV GL (2015a): *Future Fuels for Shipping, Pathways to 2050*, Presentasjon av Christis Chryssakis 19. Mars 2015
- DNV GL (2015b): *In Focus – The Future is Hybrid – a guide to the use of batteries in shipping*
- DNV GL (2016a): *Realisering av null- og lavutslippsløsninger i anbudsprosesser for ferjesamband*
- DNV GL (2016b): Reduksjon av klimagassutslipp fra norsk innenriks skipsfart
- DNV GL (2017a): *Navigating a low-carbon future*
- DNV GL (2017b): *Fossil- og utslippsfrie byggeplasser*
- Dnvgi.no (2018): Informasjon lastet ned fra <https://www.dnvgi.no/maritime/gront-kystfartsprogram/pilotprosjekter.html> i mai 2018
- Electrek.co (2017): Informasjon lastet ned fra: <https://electrek.co/2017/08/24/all-electric-ferries-abb/>, i mai 2018
- Electrek.co (2018): Informasjon lastet ned fra: <https://electrek.co/2018/01/12/large-tesla-ships-all-electric-barges/>, i mai 2018
- EU-Kommisjonen (2016): *Alternative Fuels for Marine and Inland Waterways*, JRC Technical Reports, European Commission.
- Energi 21 (2017): *Fremtidens klimavennlige energiteknologier for lav- og nullutslippsløsninger i maritim transport, Innspill fra næringsliv, FoU-miljøer og akademia til Energi21*
- Finansdepartementet (2017): *Skatter, avgifter og toll 2018*. Tilgjengelig på https://www.statsbudsjettet.no/upload/Statsbudsjett_2018/dokumenter/pdf/skatt.pdf
- Fuelcellcars.com (2015): Informasjon lastet ned fra <http://www.fuelcellcars.com/mobile-hydrogen-refueling-will-serve-as-stop-gap-solution/> i mai 2018
- Grønt Kystfartsprogram (2016): *Sjøkart for grønn kystfart*
- Hydrogen.no (2018): Informasjon lastet ned fra <https://www.hydrogen.no/> i mai 2018
- IEA (2017): *Energy Technology Perspectives 2017*
- IEA (2017): *Global EV Outlook*
- Kramer (2017): Informasjon lastet ned fra <http://hh-maskin.no/wp-content/uploads/2017/04/Kramer-5055e.pdf> i mai 2018

Kramer-online.com (2018): Informasjon lastet ned fra <http://www.kramer-online.com/en/discover-kramer/zero-emission/the-kramer-5055e/> i mai 2018

NVE (2017): *Har strømnettet kapasitet til elektriske biler, busser og ferger?*

Sdir.no (2017): Informasjon lastet ned fra <https://www.sdir.no/aktuelt/nyheter/startskudd-for-hydrogenferje-prosjekt/> i mai 2018

Selfa (2016): *Batteri/brenselcelle hurtigbåt*

Sintef og Greensight (2017): *Hydrogen til hurtigbåter i Trøndelag*

Sintef (2017): *Teknologitrender som påvirker transportsektoren*

Sintef.no (2017): Informasjon lastet ned fra <https://www.sintef.no/siste-nytt/nasta-og-sintef-skal-utvikle-utslippsfrie-gravemaskiner/> i mai 2018

Sjøfartsdirektoratet (2018): Navigare nr. 1-2018

Tronstad, Thomas (2017): Innlegg for Energi21s innsatsgruppe for maritim transport 28. mars 2017

Tu.no (2018): Informasjon lastet ned fra <https://www.tu.no/artikler/markedet-for-maritime-batterier-i-ferd-med-a-eksploedere/432237>, i mai 2018

Tu.no (2016): Informasjon lastet ned fra <https://www.tu.no/artikler/eksporterer-batteriteknologi-til-finland/278058>, i mai 2018

Tu.no (2017a): Informasjon lastet ned fra <https://www.tu.no/artikler/denne-dumperen-blir-verdens-storste-elbil/407746>, i mai 2018

Tu.no (2017b): Informasjon lastet ned fra <https://www.tu.no/artikler/kapplop-om-a-bygge-verdens-forste-hydrogenferge/367699>, i mai 2018

Vegvesen.no (2017): Informasjon lastet ned fra <https://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/presse/nyheter/nasjonalt/na-kommer-hydrogenferjer+i+mai+2018>

ZeEUS (2017): ZeEUS e-bus report #2, *An updated overview of electric buses in Europe*







INTERVJUER

Selskap	Navn
<i>Rederiforbundet</i>	Tor Christian Sletner
<i>Ulvan Rederi</i>	Ivar Christian Ulvan
<i>Statens Vegvesen</i>	Edvard Thonstad Sandvik
<i>Omsorgsbygg</i>	Lene Lad Johansen
<i>Skanska</i>	Randi A. Lekanger og Marius Halnes
<i>UCO</i>	Rune Vilhelmsen
<i>MEF</i>	Håvard Almås
<i>Endrava</i>	Eric Rambech
<i>Nasta</i>	Nils-Olav Haukaas
<i>Pon Equipment</i>	Erik Sollerud
<i>Tine</i>	Bjørn Malm
<i>Asko</i>	Marius Råstad
<i>Flowchange</i>	Erling Sæther
<i>Zero</i>	Torfinn Belbo

VEDLEGG 1 – OVERSIKT OVER FYLLESTASJONER FOR GASS I NORGE

Fyllestasjoner for CBG og LBG i Norge



-  **CBG stasjoner under planlegging/bygging**
-  **CBG stasjoner, ikke allmenn tilgjengelig**
-  **CBG stasjoner, allmenn tilgjengelig**
-  **CNG stasjoner, ikke allmenn tilgjengelig**
-  **CNG stasjoner, allmenn tilgjengelig**
-  **Kombinert LBG og CBG, under planlegging**

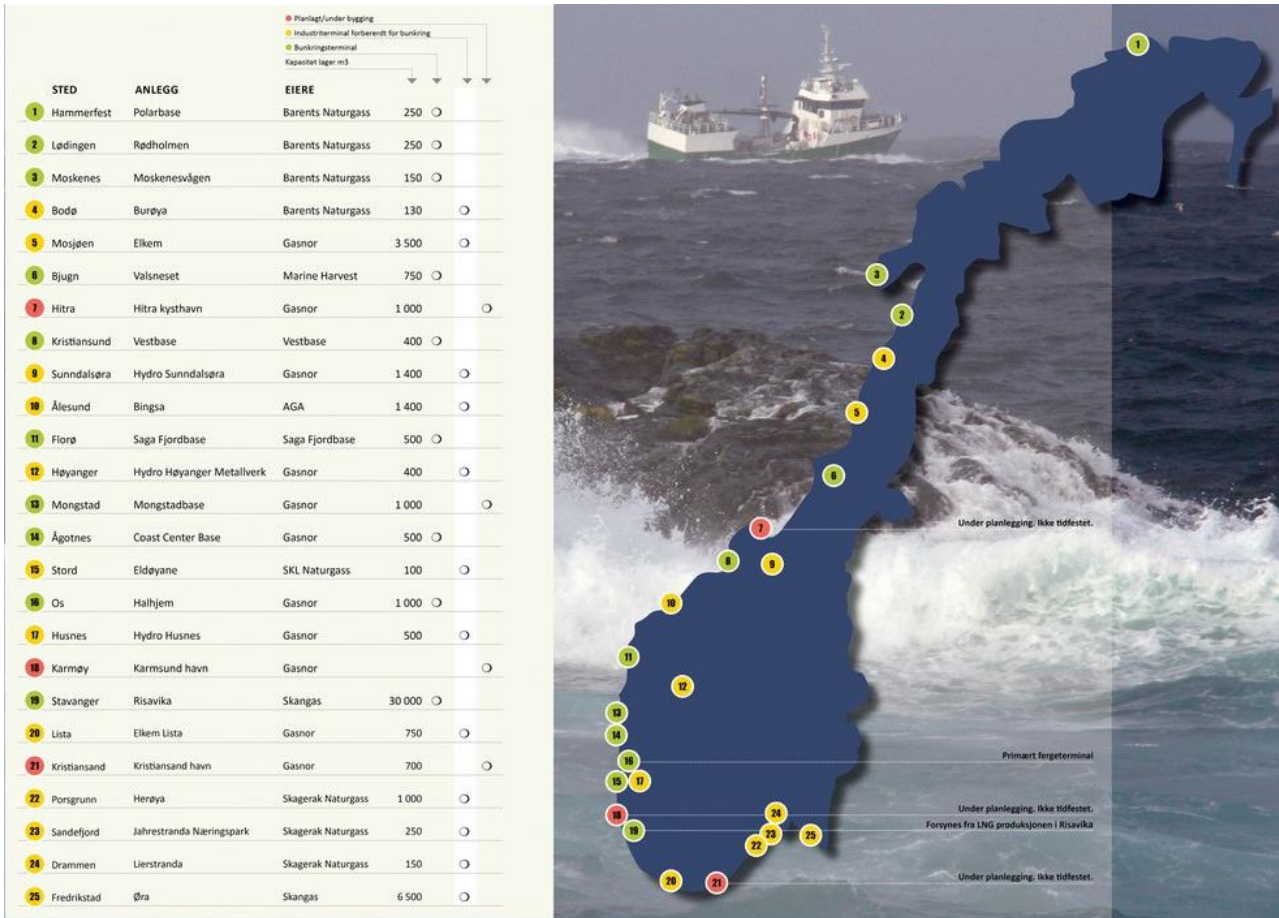
Kilde: Biogassoslofjord.no

AKTØR	NAVN/STED	CNG	LNG	Offentlig
Skagerak Naturgass	Fyllestasjonen på Rygg (i nærheten av Den Magiske Fabrikken)	Ja		Ja
Skagerak Naturgass	Tønsberg (Unibuss)	Ja		Nei
Skagerak Naturgass	Fyllestasjonen Rabben (Nettbuss)	Ja		Nei
AGA	Transportsentralen i Oslo, Alnabru	Ja		Ja
AGA	Galåsholmen	Ja		Ja
AGA	Rosenholm. Ruter (Unibuss)	Ja		Nei
AGA	Bærum. Ruter (Nettbuss AS)	Ja		Ja
AGA	Fredrikstad; Øra. Fredrikstad Vann, Avløp og Renovasjonsforetak	Ja		Ja
AGA	Fredrikstad, Gudebergjordet	Ja		Ja
AGA	Asker. Møller Bil Asker & Bærum AS	Ja		Ja
AGA	Nettbuss i Sarpsborg	Ja		Ja
AGA	HRA på Jevnaker	Ja		Ja
AGA	ROAF på Berger	Ja		Nei

AGA	Oslo, Ruter (Nobina Buss)	Ja		Nei
AGA	MOVAR, Moss	Ja		Ja
AGA	Ski. RUTER (Nobina Buss)	Ja		Nei
AGA	Klemetsrud. RUTER (Unibuss)	Ja		Nei
AGA	Verkseier, Oslo	Ja		Ja
AGA	Gålåsholmen, Hamar	Ja		Ja
AGA	Lindum, Drammen	Ja		Ja
AGA (fra august 2017)	GLT, Gjøvik	Ja		Ja
AGA (fra sept.2017)	Indseth Transport, Ski	Ja		Ja
Lyse	Luravika (Sandnes)	Ja		Ja?
Lyse	Forus	Ja		Ja?
Lyse	Åsen	Ja		Ja?
Lyse	Randaberg	Ja		Ja?
GasNor	Haugesund - Flotmyr	Ja		Ja
GasNor	Trondheim	Ja		Nei
Barents NaturGass	Hammerfest	Nei	Ja	Ja
Lyse	Sola	Ja		Ja
Lyse	Jærhagen	Ja		Ja
AGA	Groruddalen Miljøpark	Ja		Nei
Sunnhordaland Kraftlag	Heiane Vest, Stord	Ja		Ja
GasNor	Haugesund - Hasseløy	Nei	Ja	Ja
GasNor	Mannsverk, Bergen	Ja		Ja
GasNor	Åsane	Ja		Nei
GasNor	Straume, Fjell	Ja		Nei

Kilde: Sund Energy (2017) Muligheter og barrierer for økt bruk av biogass til transport i Norge

VEDLEGG 2 – LNG-ANLEGG LANGS NORSKEKYSTEN



Kilde: Energigass Norge 2018

VEDLEGG 3 - KOSTNADER FOR BIOGASS

Tabell 11: Kostnader ved produksjon, oppgradering og distribusjon av biogass

Kostnadsnivå (NOK/MWh)	Komprimert gass (CBG)		Flytende gass (LBG)	
	Lav	Høy	Lav	Høy
Biogassproduksjon	160	800	160	800
Råstoff	-150	300	-150	300
Anaerobisk nedbrytning	310	500	310	500
Biometanproduksjon	263	487	283	481
Oppgradering	133	231	133	231
Komprimering	130	255		
Flytendegjøring			150	250
Distribusjon på bil, 100km	100	140	10	20
Fyllestasjon	37	64	22	40
Total produksjonskostnad	560	1491	475	1341

Kilde: Sund Energy (2017) Muligheter og barrierer for økt bruk av biogass til transport i Norge

VEDLEGG 4 – TILGJENGELIGE GASSKJØRETØY

Tabell 12: Gasslastebiler

	Merke	Modell	Effekt (kW)	Rekkevidde (km)
CNG/CBG	Renault	D Wide CNG	235	375
	Scania	P/G 280/340 CNG	205/250	-
	Volvo	FE CNG	235	-
	Iveco	Stralis NP CNG	294	570
	Iveco	Eurocargo Natural Power 12-16	150	(81 kg/ 480 liter)
CNG/CBG og LNG/LBG	Iveco	Stralis NP C-LNG	294	285+750
LNG/LBG	Scania	P/G 280/340 LNG	205/250	(enkel eller dobbel tank)
	Volvo	FH/FM LNG	308/338	1000
	Iveco	Stralis NP LNG (22)	294/343	1500/1600
	Mercedes	Econic NGT	222	(90 kg, opsjon 105 kg)

Kilde: Sæther, Iveco (2018), Volvo (2018)

Tabell 13: Gassvarebiler

	Merke	Modell	kW/hp	Rekkevidde (km)
CNG	Fiat	Panda Van Natural Power	59/80	400
CNG	Fiat	Fiorino Natural Power	51/790	300
CNG	Fiat	Doblo Carbo Natural Power	88/120	330-450
CNG	Opel	Combo 1,4CNG Turbo	88/120	325
CNG	Opel	Combo Cargo 1,4CNG Turbo	88/120	450
CNG	Volkswagen	Eco load up!	50/68	380
CNG	Volkswagen	Caddy Panel / Passenger TGO	81/110	630
CNG	Volkswagen	Caddy Panel / Passenger Maxi TGI	81/110	803
CNG	Fiat	Ducato Cargo Natural Power	100/136	410
CNG	Fiat	Ducato Panorama Natural Power	100/136	410
CNG	Iveco	Daily Natural Power	100/136	440
CNG	Iveco	Daily Cabinato Natural Power	100/136	440
CNG	Mercedes	Sprinter NGT Panel Van	115/156	250-430
CNG	Mercedes	Sprinter NGT Group Van	115/156	250-430
CNG	Mercedes	Sprinter NGT Pick Up Van (w-double cab)	115/156	250-430

Kilde: NGVA Europe (2017) Vehicle Catalogue June 2017

VEDLEGG 5 – ELEKTRISKE KJØRETØY

Tabell 14: Oversikt over elvarebiler på markedet og kjente planer

Modell	Rekkevidde (km)	Lastevolum (m3)
Nissan eNV200	280	4,2
Renault Kangoo Z.E.	270	3
Citroën Berlingo Electrique	170	3,3
Mercedes e-Vito	150	5
Iveco Daily Electric	200	Intill 19
Volkswagen e-Crafter	200	11
Peugeot Partner	170	3,5

Kilde: THEMA (2016) og Zero (2018)

Tabell 15: Oversikt over små elektriske lastebiler

Merke	Modell	Vekt	Rekkevidde	Tilgjengelighet
Fuso	eCanter	7,5 tonn	100 km	Testing i Europa fra desember 2017, serieproduksjon fra 2019.
BYD	T7	11 tonn	180 km	Tilgjengelig i Kina og USA. Kommer trolig i salg i Europa om 1-2 år
BYD	T5	7,5 tonn	250 km	Kommer trolig i salg i Europa om 1-2 år.
EMOSS	EMS 10-, 12, 16- og 18-serie	10 til 18 tonn	50 km til 250 km	Tilgjengelig på bestilling

Kilde: Zero.no, Erling Sæther, emoss.nl

Tabell 16: Planlagte batterielektriske mellomklasse lastebiler

Merke	Modell	Vekt	Rekkevidde	Tilgjengelighet
Renault	?	Opp til 19 tonn?	?	I salg fra 2019
FUSO (Daimler)	eTruck	23 tonn	350	Mulig salg innen 2020/2021 USA, Japan, Europa
Volvo	FL	16 tonn	250 km	Testing fra 2018, salg og serieproduksjon fra 2019
Tesla	Semi	36 tonn (USA)	475 eller 800km	Lansert 16. november 2017. Vil leveres til kunder i USA fra 2019. Uvisst når den kommer til Norge.
MAN	e-TGS/e-TGM	12-26 tonn	200 km	Testing i Europa fra desember 2017, serieproduksjon fra 2020/21.
MERCEDES-BENZ	eActros	18 og 25 tonn	200 km	10 lastebiler skal fra feb/mars 2018 ut i test i 2 år. Serieproduksjon planlagt fra 2021.

Kilde: Zero.no, corporate.renault-trucks.com,

VEDLEGG 6 – ELEKTRISKE FARTØY

Tabell 17: Idriftsatte elektriske ferger og lasteskip

	Land	År	Rute	Størrelse	Kapasitet	Batteri	Hastighet	Overfart	Ladetid
Ampere¹³ (ferge)	Norge	2015	Lavik- Oppedal i Sogn og Fjordane	L:80,8m B: 20,8m	120 biler 360 passasjer	Vekt: 10 t Kapasitet: 2 x 500 kWh (Hurtigladere land: 300 kWh)	10–12 knop	20 minutter	10 minutter ladetid – ca. 30 sekunder på oppkobling
Elektra¹⁴¹⁵¹⁶¹⁷¹⁸ (ferge)	Finland	2017	Pargas- Naru	L:90m B:16m	90 biler 375 passasjerer	1 MWh	11 knop	1.6 km 10min	5 min
CHI FU No.1¹⁹ (ferge)	Taiwan	2018	Cijin- Gushan	L: 25,2 B	46 Scootere 150 passasjerer	-	6	-	-
Guangzhou, Pearl River, Lasteskip²⁰	Kina	2017	Pearl river,	L:70,5 B:13,9 D:4,5	2000 tonn	2,4MWh	12,8 km/t	80km	2 t (tilsvarer lastetiden)

¹³ <https://www.tu.no/artikler/denne-fergen-er-revolusjonerende-men-passasjerene-merker-det-knapt/222522>

¹⁴ <https://svenska.yle.fi/artikel/2017/06/16/passagerarna-hyllar-elektra-den-ar-tyst-fin-och-snabb>

¹⁵ <https://svenska.yle.fi/artikel/2017/05/28/manga-vantar-med-spanning-pa-att-fa-aka-med-elektra>

¹⁶ <https://www.deltamarin.com/references/road-ferry/>

¹⁷ http://www.passengership.info/news/view,finferries-starts-a-quiet-revolution_50424.htm

¹⁸ <http://www.motorship.com/news101/engines-and-propulsion/pbes-batteries-for-finlands-first-newbuild-electric-ferry>

¹⁹ <http://fongshan2->

house.kcg.gov.tw/en/News_Content.aspx?n=59691E739AAFFB67&sms=10841F66B10BD95B&s=EC310A9671DEFCCD

²⁰ <https://electrek.co/2017/12/04/all-electric-cargo-ship-battery-china/>

<http://emag.nauticexpo.com/the-worlds-largest-emission-free-ferries/>

VEDLEGG 7- ELEKTRISKE ANLEGG- OG JORDBRUKSMASKINER

Tabell 18: Små elektriske anleggs- og jordbruksmaskiner

Modell	Maskintype	Teknologi	Vekt	Driftstid (timer)	Ladetid
<i>Wacker Neuson 803 dual power</i>	Minigravemaskin	To drivlinjer, diesel og elektrisk kabel	955 kg	-	-
<i>Kubota K008-3 EL</i>	Minigravemaskin	Kabel	850 kg	-	-
<i>Kubota U10-3 EL</i>	Minigravemaskin	Kabel	1.100 kg	-	-
<i>Kubota U17-3 EL HYBRID</i>	Minigravemaskin	Kabel og diesel	1,7 tonn	-	-
<i>SUNCAR HK AG TB216E</i>	Beltegraver	Batteri og kabel	2 tonn	4 timer vanlig drift	
<i>SUNCAR HK AG TB260E</i>	Beltegraver	Batteri og kabel	6,9 tonn		
<i>Avant e5</i>	Hjullaster	Batteri og kabel	1,6 tonn	2 timer	1,5 – 4 timer
<i>Wacker Neuson WL20e</i>	Hjullaster	Batteri	2,3 tonn	Opptil 5 timer	8 timer
<i>Weidemann 1160 eHoftrac</i>	Hjullaster	Batteri	2,3 tonn	Opptil 4 timer uavbrutt	8 timer
<i>Kramer 5055e</i>	Hjullaster	Batteri	4,2 tonn	5 t normal drift, uavbrutt	5 - 8,5 timer
<i>Wacker Neuson DT10e</i>	Mini beltedumper	Batteri	(liten)	8 timer	7,5 timer
<i>Messersi TCH-R16 FED</i>	Liten beltedumper	Batteri	700kg	4,5 timer	Normal: 7,5 timer Hurtig: 1 time
<i>Tobroco</i>	Hjullaster	Batteri	(liten)	5-8t	
<i>Fendt X Concept</i>	Kompakttraktor	Batteri	Liten, 50kW motor	Inntil 5 timer	Type 2-kontakt: 80% på 40 min

Kilde: Biogass Oslofjord (2017)

I tillegg til maskinene over finnes det flere ulike små elektriske maskiner, som transporterer, små mobilkraner, rivemaskiner, håndholdt stamper og kompressorer (Biogass Oslofjord 2017).

Tabell 19: Store elektriske anleggs- og landbruksmaskiner

Modell	Maskintype	Teknologi	Vekt	Driftstid	Ladetid	Status/Tilgjengelighet
<i>Sennebogen 818R</i>	Elektrisk sorteringsgravemaskin	Strømkabel	20t	-	-	Første maskin levert i 2017
<i>SUNCAR HK AG TB1140E</i>	Beltegraver	Batteri	16t	8 timer	4 timer	Piloter kan kjøpes
<i>Caterpillar 323F Z-line (Pon Equipment)</i>	Elektrisk gravemaskin	Batteri	25 t	5-7	En time lading gir en time arbeid. 1-2 timers hurtiglading gir fullt batteri via 400/1000V nett-tilkobling.	En pilot i testing
<i>Atlas Copco, Scooptram ST7 Battery</i>	Gruvelaster	Batteri	21,5 t	4t		Kun er tilgjengelig i Canada og USA

Kilde: Intervjuer, Biogass Oslofjord (2017)

VEDLEGG 8 – HYDROGENELEKTRISKE KJØRETØY

Tabell 20: Hydrogenelektriske busser

Merke	Modell/type	Tilgjengelig?
EvoBus (Daimler)	EvoBus "CHIC" model	EvoBus har vært i test over ti år, blant annet i Aargau, Bolzano, Milano, Stuttgart og Karlsruhe. Vil lansere en helt ny og oppgradert modell i 2018.
VanHool	A330 og AG330	Har fra 2011 produsert busser til ulike utviklingsprosjekter, inklusive Ruters 5 hydrogenbusser. Planlegger å levere mange nye busser i flere nye EU-prosjekter.
Solaris	Urbino 18 electric med brenselcelle-rekkeviddeforlenger	Brenselcelle-batteribuss i test i Hamburg siden 2014. Trolley-brenselcellebuss i Riga fra 2017.
Wrightbus	Hydrogen-dobbeldekkerbuss	Skal testes og verifiseres i London de kommende årene
VDL	Phileas leddbusser	Et knippe prototyper produsert i 2011 og demonstrert i Köln og Amsterdam. Arbeider med videreutvikling og kommersialisering av en ny generasjon hydrogenbusser i perioden 2018-2020

Kilde: Norsk Hydrogenforum (2017)

Tabell 21: Hydrogenelektriske varebiler

Merke	Modell/type	Tilgjengelig?
SymbioFCCell	Renault Kangoo ZE elektrisk varebil bygget om til hybrid med brenselcelle	Skedsmo kommune er første norske offentlige kunden, gjennom Interreg-prosjektet Blue Move.
SymbioFCCell	Nissan EV-200 varebil, bygget om til hybriddrift. Skal øke rekkevidden fra 170 med rent batterielektrisk til 500 km	Skal lanseres i 2018
SymbioFCCell	Renault Master Z.E bygget om til hybriddrift. Skal øke rekkevidden fra 200km ved ren batterielektrisk til 350km.	Skal introduseres i 2018
Chevrolet	Colorado ZH2 Pickup – utviklingsprosjekt i samarbeid med TARDEC	Testing fra våren 2017
Hyundai	H350 Fuel Cell Concept	Vurderes satt i produksjon

Kilde: Norsk Hydrogenforum; hydrogen.no, tu.no

