



Oslo kommune
Energigjenvinningsetaten
Strategi- og planavdelingen

Utredning

TEKNOLOGIALTERNATIVER FOR KLIMANØYTRAL TUNGTRANSPORT AV AVFALL



04.04.2018

OPPDRAGSGIVER

Oslo kommune
Energigjenvinningsetaten (EGE)

Rapporten er utarbeidet på oppdrag fra Energigjenvinningsetaten og finansiert ved hjelp av midler fra Klimasats. Prosjektleder EGE, Marit Soleim.

HVEM ER WSP

WSP er et av verdens ledende analyse- og teknologikonsulentfirmaer. Vi jobber i våre lokale markeder ved hjelp av global kompetanse. Som tekniske eksperter og strategiske rådgivere har vi tilgang til ingeniører, teknikere, naturvitere, planleggere, utredere og miljøspesialister som profesjonelle prosjekterende, designere og prosjektledere. Vi tilbyr bærekraftige løsninger innen Bygg og Industri, Transport og Infrastruktur og Miljø og Energi. Med mer enn 36 500 ansatte på 500 kontorer i 40 land bidrar vi til en bærekraftig samfunnsutvikling. I Norge er vi ca. 600 ansatte. www.wsp.com

FORFATTER

Julia Obrovac, WSP Norge



Innholdsfortegnelse

1	Sammendrag	4
2	Innledning	8
2.1	Bakgrunn	8
2.2	Avgrensinger	8
2.3	Gjennomføring og metode.....	9
3	Klimanøytrale teknologier og miljøpåvirkning	10
3.1	Klimanøytrale teknologier	10
3.2	Miljøpåvirkning	13
4	EGEs transportbehov	16
4.1	EGEs oppdrag.....	16
4.2	Transportbehovet	16
4.3	Krav til kjøretøyet.....	18
5	Tunge lastebiler med klimanøytrale teknologier	20
5.1	Lastebilprodusenter	20
5.2	Tilgjengelighet.....	21
5.3	Vurdering av teknologiernes utviklingsnivå.....	31
6	Behov for lade- og fylleinfrastruktur	35
6.1	Fylleinfrastruktur for flytende biogass	35
6.2	Ladeinfrastruktur for el.....	35
6.3	Fylleinfrastruktur for hydrogen	37
7	Vurdering hvorvidt teknologien er egnet til EGEs transportbehov	39
7.1	Krav til kjøretøyet.....	39
7.2	Vurdering av bilmodeller og teknologien.....	39
8	Økonomisk evaluering av alternativene	41
8.1	Beskrivelse av kriteriene og vurderinger.....	42
8.2	Vurdering av alternative teknologier	44
9	Referanser	46

1 Sammendrag

Bakgrunn

Energigjenvinningsetaten (EGE) har som mål at all transport til og fra egne anlegg skal være klimanøytral på sikt. I den forbindelse har EGE gjennomført en teknisk markedsanalyse av tilgjengelig teknologi for klimanøytral tungtransport av avfall. Med klimanøytral tungtransport menes i denne sammenheng kjøretøyteknologier som har lavest mulig klimapåvirkning sett i et livsløpsperspektiv. Studien er avgrenset til en vurdering av følgende teknologier inklusive ulike grad av hybridløsninger:

- Gassmotorer som er tilpasset bruk av flytende biogass
- Helelektrisk fremdrift
- Hydrogen brenselceller

Gassmotorer som er tilpasset bruk av komprimert biogass er ikke inkludert fordi de har en begrenset motorstørrelse og rekkevidde. Videre er studien avgrenset til tunge lastebiler med en totalvekt over 22 tonn, fordi EGEs transportbehov krever biler med totalvekt fra 22 tonn (utsortert plast) opp til 50 tonn (utsortert matavfall, bunnaske m.m.)

Krav til kjøretøyet

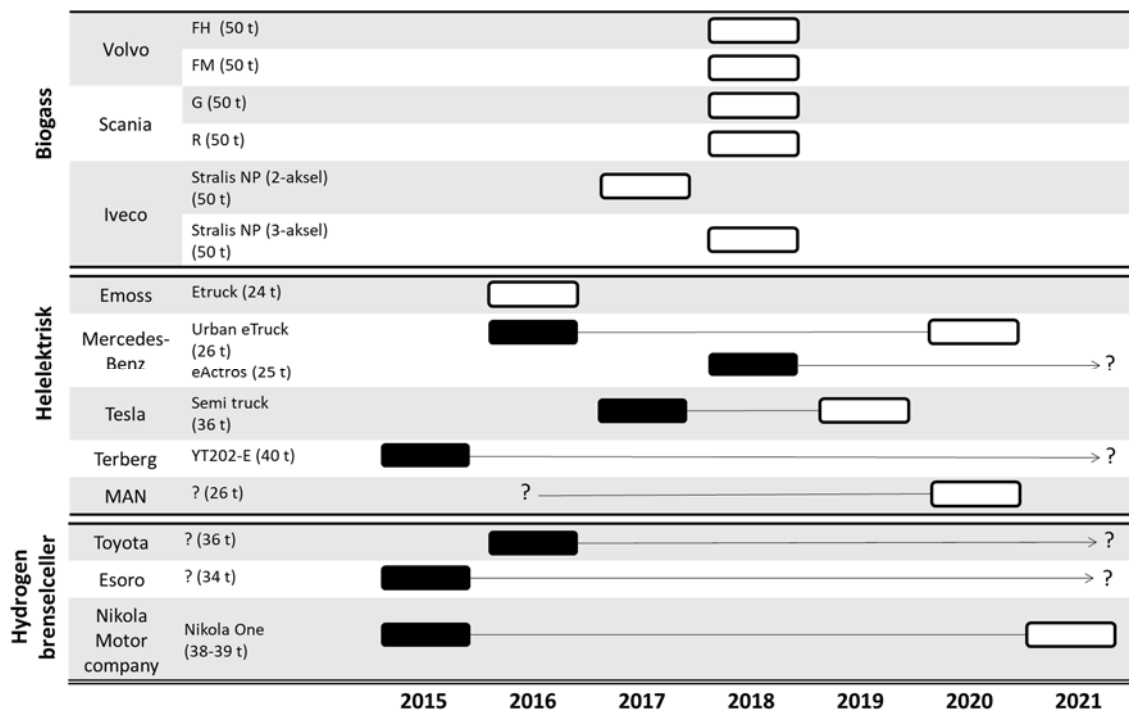
Et klimanøytralt kjøretøy som skal kunne brukes til transport av EGEs mat- og plastavfall må oppfylle visse tekniske funksjonskrav. Kjøretøy som skal brukes til transport av matavfall må kunne trekke to krokcontainere (en på tilhenger) og ha en tillatt totalvekt på 50 tonn. Videre må kjøretøyet ha en rekkevidde på minimum 300 km. Disse kravene vil også dekke behovet for transport av andre fraksjoner som f.eks. bunnaske. Kjøretøy som skal brukes til transport av plastavfall må kunne trekke en totalvekt på 22 tonn.. Kravet til rekkevidde er ikke like entydig da transportavstanden og kjørelengde i løpet av ett døgn er avhengig av hvor mottaksanlegget for sluttbehandling er lokalisert. Lokaliseringen vil avhenge av hvem som får kontrakten på transport og behandling av platen.

Uansett hvilket avfall som skal transporteres er det i tillegg viktig at kjøretøyet er driftssikkert, slik at en har lite nedetid og sikrer kontinuerlig drift på sorteringsanleggene. I forbindelse med dette er det viktig at bilprodusenten har en god infrastruktur for service. Videre må kjøretøyet oppfylle EUs typogodkjenning og norske lovkrav knyttet til miljøutslipp, trafiksikkerhet og tekniske spesifikasjoner.

Markedet og modenhet

Tungtransport er en bransje der høye krav til økonomi, robusthet og pålitelighet tradisjonelt forsinker innføringen av ny teknologi. Men i denne normalt forsiktige bransjen er det nå en intensiv teknisk aktivitet, der også nye nisjeprodusenter har kommet fram. En faktor som driver utviklingen i en miljøvennlig retning er at EU fra 01.01.2019 stiller krav til at CO₂-utslipp og drivstofforbruk for tunge kjøretøy oppgis.

I tabellen under (Tabell 3) presenteres et utvalg av klimanøytrale lastebilmodeller med en totalvekt over 22 tonn tilgjengelige i markedet (hvit) samt konseptbiler (sort) og deres forventede kommersialisering.



Teknologienes utviklingsnivå i dag

På kort sikt, under fem år, er gassmotorer med flytende biogass den mest klimavennlige teknologien for regional tungtransport. Gassmotorer med flytende biogass er den teknologi som har kommet lengst i utviklingsnivået av de klimanøytrale teknologiene innenfor segmentet regional tungtransport. Det er også den teknologien lastebilprodusenter som Volvo, Scania og Iveco satser på som fornybar løsning innen regional tungtransport på kort sikt. Helelektrisk fremdrift har kommet lengre i teknologiutviklingen enn hydrogen brenselcelleteknologien men begge teknologiene ligger etter gassmotorer med flytende biogass.

Den største utfordringen for en markedsintroduksjon av tunge helelektriske lastebiler i dag er utfordringene knyttet til kostnader, rekkevidde, vekt på batteriene og ladetid. Batteriteknologien setter begrensninger for rekkevidden og hvor mye nyttelast lastebilen kan ta. Helelektrisk framdrift for tunge lastebiler med en totalvekt inntil 50 tonn og krav til en rekkevidde på 300 km krever batterier med en kapasitet som ikke er tilgjengelig i dag, men batteriteknologien er under stadig og rask utvikling.

I tabellen under presenteres en vurdering av utviklingsnivå av de ulike klimanøytrale teknologiene innen tungtransport i dag sammenlignet med konvensjonell fossildrevet motorteknologi.

	Hydrogen brenselcelle	Helelektrisk		Gassmotor (flytende biogass)	Forbrennings-teknologi
		Tung	Mellomtung		
Modenfase					
Kommersiell vekstfase					
Nisjemarkedsfase					
Demonstrasjonsfase					
Konseptutviklingsfase					

Fremtidig teknologiutvikling

På lengre sikt, fem år, kan helelektrisk fremdrift være et konkurransedyktig teknologialternativ, fremfor alt i segmentet mellomtunge lastebiler som er tenkt å brukes til korte transportoppdrag i tettbebygde strøk og byer. Teknologitviklingen går superraskt og alle lastebilprodusenter som er intervjuet mener at det kommer til å skje mye innen fem år. På enda litt lengre sikt, fem - ti år, kan helelektrisk fremdrift og hydrogenlastebiler komme til å bli interessante for regionale transporter med tunge lastebiler med en totalvekt på inntil 50 tonn. Alle lastebilaktører som er intervjuet er dog enige om at fremtidens fornybare løsninger innen tungtransport mest sannsynlig vil være basert på en kombinasjon av ulike klimanøytrale teknologier, hybrider, ladbare hybrider og konvensjonell forbrenningsmotor med mer klimaeffektive drivstoff.

Vurdering hvorvidt teknologien er egnet til EGEs transportbehov

I tabellen under presenteres en vurdering av hvilke lastebilmerker/modeller (se modeller i figur ovenfor) som er egnet til EGEs transportbehov, basert på parameterne tilgjengelighet, modenhet, ytelse og forventet driftsstabilitet.

Grå -> Egnet Lysgrå-> Usikker Gul -> utfordring

	Gastechnologi (flytende biogass)			Helelektrisk				Hydrogen brenselceller	
	Volvo	Iveco	Scania	Emoss	M-B	MAN	Tesla	Toyota	Nikola Motor
Tilgjengelighet									
Salg i Norge 2018									
Leveringstid	3 - 4 måneder			Ikke kjent					
Forventet lansering i det globale markedet					2020	2020	2019	Ikke kjent	2021
Ytelse¹									
Totalvekt - 50 tonn				2					
Totalvekt - 22 tonn									
Rekkevidde (>300 km)									
Krokcontainere									
Service apparat									
Driftsstabilitet									
Sikkerhet									
Lade-fylleinfrastruktur									

¹ Informasjon om nyttelastkapasiteten for lastebilene med helelektrisk fremdrift eller brenselceller er ikke oppgitt så her finns generelt en usikkerhet hvorvidt teknologiene/modellene oppfyller EGEs behov til nyttelastkapasitet. Den parameteren er ikke så viktig for lastebiler med gassmotor da de er ganske like konvensjonelle lastebiler med forbrenningsmotor, men for helelektriske lastebiler med batteri kan det være store forskjeller da batteriene veier relativt mye i dag hvilket går utover nyttelastkapasiteten.

² I følge en pressemelding fra Stena Recycling skal en 50 tonns lastebil testes ut i Norge våren 2018, men det er ikke oppgitt noen informasjon på Emoss sin hjemmeside om denne konseptbilen.

På kort sikt, under fem år, er gassmotorer med flytende biogass den klimanøytrale teknologien som er best egnet for EGEs transportbehov av matavfall og plastavfall. På lengre sikt, fem år, kan det komme helelektriske lastebiler på markedet som er egnet for EGEs transport av plastavfall og enda lengre frem helelektriske lastebiler og lastebiler med hydrogen brenselceller som kan være egnet for transport av matavfall.

2 Innledning

2.1 Bakgrunn

Byrådet i Oslo kommune har satt som mål å redusere de direkte klimagassutslippene fra Oslo med 50 prosent i forhold til 1990-nivå innen 2020 og med 95 prosent innen 2030.

Transportsektoren står for 61 prosent av utslippene i Oslo, hvorav 15 prosent kommer fra tungtransport med lastebil. Denne sektoren står for en betydelig andel av klimagassutslippene og kommunen har satt som mål at minst 20 prosent av tungtransporten i Oslo skal gå på fornybart drivstoff i 2020, og at all tungtransport skal kunne bruke fornybart drivstoff innen 2030.³

Arbeidet med å nå klimamålene skal ikke overlates til noen andre. Oslo kommune skal selv ta ansvar og bruke alle virkemidler kommunen har for å nå klimamålene. Alle kommunens virksomheter må bidra innenfor sine ansvarsområder, og har i tildelingsbrevene for 2018 fått mål og rapporteringspunkter på klimaarbeidet innenfor sitt ansvarsområde.

Energigjenvinningsetatens (EGE) hovedoppgave er å utsortere og materialgjenvinne matavfall og plastemballasje, samt energigjenvinne restavfallet fra husholdningene i Oslo. EGE har også et koordineringsansvar for å fremme og utvikle anvendelsen av biogass som drivstoff i kommunen og skal arbeide for å styrke etterspørselen etter biogass bl.a. gjennom å dokumentere og formidle informasjon om klimanytten ved bruk av biogass som drivstoff.⁴ I tillegg skal EGE ved anskaffelser:

- Sikre lav- eller nullutslippstransport til Energigjenvinningsetatens transportoppdrag.
- Ny transportkontrakt for matavfall må lyses ut med krav om bruk av flytende biogass som drivstoff.
- Sikre lav- eller nullutslipp for egne kjøretøy og egen anleggsdrift
- Stille miljøkrav i alle anskaffelser hvor det er relevant.

Ny kontrakt for transport av matavfall skal lyses ut med krav om bruk av flytende biogass som drivstoff. På sikt ønsker EGE at all transport mellom egne anlegg skal være klimanøytral.

I den forbindelse ønsker EGE å gjennomføre en teknisk markedsanalyse av tilgjengelig teknologi for klimanøytral tungtransport av avfall. EGE har fått midler fra Klimasats til å gjennomføre dette arbeidet. Med klimanøytral tungtransport menes herunder kjøretøyteknologier som har lavest mulig klimapåvirkning sett i et livsløpsperspektiv.

Utviklingen innen kjøretøyteknologier skjer veldig fort og denne studien gir et øyeblikksbilde av markedet.

2.2 Avgrensinger

Med klimanøytral tungtransport menes herunder kjøretøyteknologier som har lavest mulig klimapåvirkning sett i et livsløpsperspektiv samt lave eksosutslipp av lokalt forurensende

³ Oslo kommune (2016): *Klima- og energistrategi for Oslo*. Behandlet av Oslo bystyre 22.06.2016 (sak 195/16).

⁴ Oslo kommune (2017): *Byrådets forslag til budsjett 2018 og økonomiplan 2018-2021*. (Sak 1.) Kapittel: 2. Klimabudsjett 2018 og 9.1 Miljø og samferdsel selvfinansierende.

stoffer. Studien er avgrenset til en vurdering av følgende teknologier inklusive ulike grad av hybridløsninger:

- Gassmotorer som er tilpasset bruk av flytende biogass (LBG)
- Helelektrisk fremdrift
- Hydrogen brenselceller

Studien omfatter ikke en vurdering av hybrider med konvensjonell fossil forbrenningsmotor. Gassmotorer som er tilpasset bruk av komprimert biogass er ikke heller inkludert fordi den har en begrenset motorstørrelse og rekkevidde, samt at det allerede er utstrakt bruk av disse motorene. Videre inngår ikke en vurdering av bl.a. følgende faktorer:

- Hvordan klimapåvirkning fra godstransport på vei kan reduseres via mer effektiv transport (optimalisering av logistikken)
- Tiltak som kan redusere transportarbeidet
- Mer effektiv drivstoffproduksjon
- Mer energieffektive kjøretøy
- Økt bruk av flytende biodrivstoff

Videre er oppdraget avgrenset til en analyse av tunge lastebiler som kan ivareta funksjonskravene til EGEs transportbehov. Tunge lastebiler deles ofte inn i to vektsegment: lette og mellomtunge lastebiler med en vekt på 3,5 – 16 tonn, respektive tunge lastebiler med en vekt over 16 tonn. Denne studien fokuserer på den siste kategorien lastebiler og fremfor alt på lastebiler med en totalvekt over 22 tonn.

2.3 Gjennomføring og metode

Utredningen har vært ledet av strategi og planavdelingen i EGE i Oslo kommune, og gjennomført av konsultentselskapet WSP i perioden 05.10.2017 – 04.04.2018. Datainnsamling for å besvare problemstillinger i utredningen har bestått av dokument- og rapportstudier hentet fra fagartikler på internett. I tillegg er det gjennomført intervjuer via telefon med representanter fra lastebilprodusenter, og andre sentrale aktører. Følgende aktører har vært intervjuet:

- Espen Olsen, informasjonssjef, Toyota, Norge
- Ingvar Albinsson, Docent, avdelingen för elektrofysik Chalmers Tekniska Högskola, Sverige.
- John Lauvstad, marked og kommunikasjonsdirektør, Scania, Norge
- Jo Øystein Nyhus, produksjef, Volvo, Norge
- Jon Eystein Lund, Head of Marketing & Communications Norway & Sweden, MAN Truck & Bus Norge AS
- Leif Erik Nilssen, Key Account Manager, Iveco, Norge
- Morten Mangor Iversen, Nordic Sustainability Manager, Sales Manager Branches Denmark, Iveco, Danmark
- Pål Sorknes, produksjef, Mercedes-Benz, Norge

3 Klimanøytrale teknologier og miljøpåvirkning

I dette kapitlet beskrives de ulike klimanøytrale teknologiene og deres miljøpåvirkning kvalitativt og på et overordnet nivå.

3.1 Klimanøytrale teknologier

I tabellen under sammenlignes de tre klimanøytrale teknologiene med dagens tradisjonelle teknologi, diesel, som referanse for om alternativene henholdsvis er bedre, like bra eller dårligere for et sett med kriterier knyttet til ytelse.

Tabell 1: Sammenligning av teknologiene med tradisjonell teknologi (diesel) som referanse.

Grå -> Bedre Lysgrå -> Like bra Gul -> Dårligere

	Gassmotor (LBG)	Helelektrisk fremdrift	Brenselceller (hydrogen)
Lasteevne	like bra	dårligere	like bra
Virkningsgrad	like bra	bedre	bedre
Effekt	like bra	bedre	like bra -bedre
Dreiemoment	like bra	bedre	like bra - bedre
Rekkevidde	like bra	dårligere	like bra -bedre
Infrastruktur	like bra	dårligere (mer utfordrende)	like bra
Fylle- ladetid	like bra	dårligere	like bra
Risk for lekkasje av drivstoff	dårligere	bedre	dårligere
Behov for vedlikehold	like bra?	bedre	?

Gassmotor (med biogass)

Gassmotor er en forbrenningsmotor som bruker gass som drivstoff. Tradisjonelt har gass vært brukt i bensinmotorer (ottoprosess), men det er også utviklet gassmotorer som virker etter dieselforbrenningsprinsippet. Nyere gassmotorer har fått bedre virkningsgrad og bedre ytelse med tilnærmet samme effekt og dreiemoment som en dieselmotor.

Den vanligste drivstofftypen i en gassmotor som brukes i tyngre kjøretøy er naturgass (metan), og i de siste årene har det vært aktuelt å bruke biogass (fossilfri metan). Biogass består, akkurat som naturgass, for det meste av metan, noe som betyr at kjøretøy som kan kjøre på naturgass også kan kjøres på biogass. Biogass i Norge produseres hovedsakelig fra matavfall, husdyrgjødsel og avløpslam.

Biogass kan transporteres som komprimert biogass (CBG) eller som flytende biogass (LBG). LBG har en høyre energitetthet og gir dermed en lengre rekkevidde. Lastebiler som går på LBG har en rekkevidde tilsvarende konvensjonelle dieseldrevne lastebiler. Ulempen med LBG er at hvis lastebilen ikke er i drift på flere dager er det en risiko for at biogassen går over

til gassform, ved at tanken oppvarmes av solen og omgivelsene, og dermed slipper metangass ut til omgivelsene. Metangass er en sterk klimagass. Dette er ikke et problem hvis kjøretøyet brukes daglige men kan være et problem dersom bilen ikke er i drift i 7-10 dager eller mer, ifølge tilbakemelding fra lastebilprodusenter som tilbyr lastebiler med flytende biogass som vi har intervjuet.

Lastebiler som kjører på biogass kan bruke det eksisterende veinettet uten behov for investeringer i infrastruktur, bortsett fra en håndfull strategisk plasserte fyllestasjoner for LBG eller CBG. Å fylle en lastebil med flytende biogass tar omtrent tilsvarende tid som å fylle en konvensjonell diesellastebil.

Helelektrisk fremdrift

Batterielektriske biler drives av en elektrisk motor som bruker elektrisk energi som er lagret i batterier. Et elektrisk kjøretøy består hovedsakelig av to hovedkomponenter: batteriet og en eller flere motorer som driver hjulene. Elmotoren er en kjent konstruksjon som har eksistert i mange år. På transportsiden finner vi elmotoren i tog, trikk og elbiler. Akilleshælen i helelektriske kjøretøy er batteriene. Batterienes høye vekt, lange ladetid og den begrensede rekkevidden mellom ladningene har medført at utbredelsen av elektriske lastebiler har vært svært begrenset. Det er relativt enkelt å anvende elektrisk kraft på lastebiler, men skal batteriladningen være for lengre tunge transporter kreves meget store batterier.

Ulempen med elektriske kjøretøy er den betydelig lavere energidensiteten i batterier sammenlignet med bensin og diesel. For å oppnå samme rekkevidde som for en vanlig bensin- eller diesebil, er det nødvendig med en meget stor batteripakke. Batteriet er både stort i volum og masse sammenlignet med en bensin- eller diesel tank med tilsvarende energi. Batteriets vekt er interessant når det gjelder elektrifisering av tunge transporter fordi industrien fokuserer på lette lastebiler som kan laste mye. Batterier og elektriske motorer må derfor helst ikke veie mer enn motor og drivverk i en vanlig lastebil med tradisjonell forbrenningsteknologi, og vekten skal være på samme sted for å få de samme kjøreegenskaper.

Fordelen med elbiler er at den har langt færre komponenter og bevegelige deler i fremdriftssystemet sammenlignet med kjøretøy med forbrenningsmotor som betyr at kjøretøyet ikke krever så mye vedlikehold. Derfor er servicen til en elektrisk bil både enklere og billigere. En elektrisk motor har også mye høyere effektivitet (virkningsgrad) enn en forbrenningsmotor. Av energien som tilføres en forbrenningsmotor, er det kun ca. 20-40% av energien som brukes for å drive bilen fremover. I en elektrisk bil brukes 60-80% av energien til å drive bilen fremover. Effektiviteten (virkningsgraden) til en elektrisk motor er 2-5 ganger høyere enn i en forbrenningsmotor. En elektrisk motor holder det samme dreiemomentet fra stillestående til høy hastighet hvilket gjør det mulig for en elektrisk bil å akselerere raskere enn mange tradisjonelle kjøretøy. I en tradisjonell forbrenningsmotor må motoren øke turtallet før den kan få full utnyttelse av alle hestekrefter.

I de fleste elektriske biler er batteriet montert i bunnplaten og resulterer i et svært lavt tyngdepunkt hvilket forbedrer kjøreegenskapene. Elbilen er bedre på veien, og svinger er enklere å håndtere. I fremtiden kan vi forvente enda mer effektive elektromotorer, men fremfor alt utvikling av batterier som lades raskere og har høyere energitetthet. Dette gjør at man kan lagre mer energi i et mindre volum, noe som gjør batteriene lettere.

Elkjøretøy har komponenter og egenskaper som skiller seg fra konvensjonelle kjøretøy, men det er ulike meninger om det er knyttet større brannrelaterte utfordringer til elkjøretøy. Brannrisikoen ved bruk av elkjøretøy er hovedsakelig knyttet til brann i batteriet.

En batteribrann kan oppstå internt i batteriet, eksempelvis ved kortslutning som følge av mekanisk skade ved kollisjon, eller ved oppvarming fra utsiden av batteriet. Eksplosjonsrisikoen er lav.

Lastebiler med helelektrisk fremdrift krever at det finnes ladeinfrastruktur, og at laderne har høy effekt, slik at batteriene kan lades opp raskt. Dette krever god kapasitet på strømmettet.

(Hydrogen) brenselceller

Kjøretøy med brenselceller kan sammenlignes med elektriske kjøretøy, men hvor batteriene er komplett med en brenselcelle drevet av et drivstoff fra en tank. En brenselcelle er en enhet som lager elektrisk energi fra et drivstoff, ved å la det reagere med oksygen, ved hjelp av et oksidasjonsmiddel i en elektrokjemisk prosess. Det vanligste drivstoffet er hydrogen (eller naturgass), men det er også mulig å bruke en rekke andre hydrokarboner og alkoholer – for eksempel propan, flytende petroleumsgass, metanol eller biogass (metan). Som oksidasjonsmiddel brukes oftest oksygen.

En brenselcelle skiller seg fra et batteri ved at den kjemiske energien hentes fra en ekstern kilde (drivstoffet), mens et batteri har den kjemiske energien lagret internt (lukket system). Mens batterier må lades, vil en brenselcelle fortsette å virke så lenge den tilføres drivstoff. En fordel med brenselceller er at den gir høy virkningsgrad, det vil si at man kan ta ut mye energi i forhold til den totale energimengden i drivstoffet som forbrukes. Virkningsgraden for brenselceller er i praksis 35-60%.⁵ I teorien har en brenselcelle en virkningsgrad på opptil 83%. I konvensjonelle forbrenningsmotorer er virkningsgraden lav, rundt 20-40%, fordi mye av energien går over til varme.

En brenselcelle som bruker hydrogen som drivstoff og oksygen som oksidasjonsmiddel, kalles for en hydrogencelle. Brenselcellen omdanner hydrogen til elektrisitet, varme og vanndamp. Elektrisiteten sendes til kjøretøyets elektriske motorer og varmer opp kupeen vinterstid og om sommeren blir den avkjølt, mens det eneste som kommer ut av eksosrøret er ren vanndamp.

Foruten brenselcellen virker en hydrogenbil svært likt en ordinær elbil. Elektrisiteten, produsert i brenselcellen, driver en elmotor, men kan, i perioder der den lager et overskudd av elektrisitet gå til å lade opp et batteri, som alle disse bilene har. Ved å utnytte brenselcellen til å produsere strøm trenger man mye mindre batteri enn det som kreves i en elbil, som kun utnytter lagret energi i batterier. Dette er en fordel, siden batterier er svært tunge å frakte på.

Produksjonen av hydrogen kan gjøres på mange forskjellige måter, men i dag produseres det hovedsakelig fra naturgass gjennom dampreforming, der man lar naturgass, metangass og vanndamp reagere ved høy temperatur. Dette er den mest kostnadseffektive måten, men det er også mulig å fremstille hydrogen fra biogass, olje og kull. Hydrogenfleksibiliteten er høy da den kan produseres fra alle slags energikilder, og i fremtiden vil fornybar energi komme fra sol, vind, biogass og biomasse i større grad. Allerede i dag kan produksjon av hydrogen gjøres ved elektrolyse, noe som betyr at elektrisitet fra f.eks. vind-, vann- og solenergi splitter vann til hydrogen og oksygen. For tiden er dette imidlertid ikke en tilstrekkelig effektiv tilnærming, da omtrent 30-40% av energien går tapt. Det positive med hydrogen i brenselceller er at restproduktet er rent vann og effektiviteten til brenselcellene er svært høy, noe som kompenserer for energitapet som oppstår fra hydrogenproduksjonen. For å oppnå miljønytte, må hydrogen produseres fra fornybare energikilder.

⁵ Intervju med Ingvar Albinsson, avdelningen ved elektrofysik Chalmers Tekniska Högskola, Sverige.

Utslipp av hydrogengass kan skje ved skade på gasstanken, utette koblinger eller slanger, eller ved trykkavlastning. Hydrogen er svært lettantennelig og har den egenskapen at den kan selvantenne ved et kraftig utslipp. En høyere risiko for brann eller eksplosjon sammenlignet med konvensjonell teknologi, skal være kompensert for ved at kjøretøyene har innebygde sikkerhetsmekanismer som skal forhindre både overtrykk og lekkasjer.

Hydrogenbiler fungerer på eksisterende veinett uten behov for investeringer i infrastruktur, bortsett fra en håndfull strategisk plasserte hydrogenstasjoner. Fylling av lastebil med hydrogen tar omtrent like lang tid som å fylle en vanlig dieseldreven lastebil. En lastebil med hydrogen har en rekkevidde som er større enn tradisjonelle dieseldrevne lastebiler.

3.2 Miljøpåvirkning

Miljøskadelige utslipp gjennom bilens livsløp er sammensatt av både utslipp ved produksjon av kjøretøyet, utslipp ved produksjon og transport av drivstoffet, og utslipp ved forbrenning av drivstoffet i kjøretøyet.

Utslipp ved produksjon av drivstoff og produksjon av kjøretøy

Ulike type biodrivstoff kan ha ulik klimaeffekt ut i fra hvilket råstoff som benyttes for å produsere biodrivstoffet, og hvilken produksjonsteknologi som benyttes. Bruk av biodrivstoff som møter kravene i Produktforskriften gir ulik klimagevinst i et livsløpsperspektiv og kan variere mellom 50 - 90% reduksjon.

Et av de mest brukte biodrivstoffene er Hydrotreated Vegetable Oil (HVO). HVO er et fornybart drivstoff som har minst like god eller bedre kvalitet enn dagens fossile diesel. HVO kan produseres av forskjellige råstoff som avfall (fett eller brukt frityrolje) eller matoljer (raps eller palme), som har forskjellig miljøpåvirkning og gir ulik klimagassreduksjon⁶ avhengig av råstoff.

Produksjon av norsk biogass overoppyller dagens krav til reduksjon i klimagassutslipp i Produktforskriften på 50% i forhold til fossil referanseverdi, ifølge en studie fra Avfall Norge.⁷ Ifølge rapporten oppnår fire av fem verdikjeder for biogass som er studert en reduksjon i klimagassutslipp på over 90% og klimanytten kan forbedres, og overstige 100% ved lagring eller utnyttelse av karbondioksid som frigjøres ved oppgradering av biogassen til drivstoffkvalitet.

Produksjonen av el til elbiler har også ulik klimaeffekt avhengig av hvordan den er produsert. I Norge har vi i stort sett strøm produsert fra vannkraft som har lav klimapåvirkning. Eventuelle utslipp fra produksjon av strøm er regulert på produksjonsleddet gjennom EUs kvotehandelssystem. Økt bruk av strøm medfører dermed ikke økte utslipp av CO₂, slik det defineres pt.

Produksjonen av hydrogen kan gjøres på mange forskjellige måter (se avsnitt 4.1). I dag produseres det hovedsakelig fra naturgass da det er den mest kostnadseffektive måten. Hydrogen kan også produseres fra biogass (metan). For at produksjonen av hydrogen skal nå en klimanytte må hydrogen produseres fra fornybare energikilder, for eksempel ved elektrolyse, hvor elektrisitet fra f.eks. vind-, vann- eller solenergi, splitter vann til hydrogen og oksygen.

⁶ Sandquist J. (2017): *Alt du trenger vite om biodrivstoff*. Blogg publisert på #SINTEFblogg 19.12.2017.

⁷ Avfall Norge (2017): *Bærekraft og klimagassreduksjoner for norskprodusert biogass – Kunnskapsgrunnlag og anbefalinger til innkjøpere*. Rapport nr: 11/2017.

Når det gjelder produksjon av el-kjøretøy antar vi at den største forskjellen er koblet til produksjon av batterier. Produksjon av elbiler medfører betydelig høyere miljøskadelige utslipp enn produksjon av fossile biler. Det er fremfor alt klimagassutslipp ved produksjonen av batteriene som er hovedproblemet. Batteriproduksjon krever nemlig mye strøm. I dag lages de fleste batterier i Asia hvor strømmen ofte er laget på kullkraftverk. Ved produksjon av strøm med fornybar energi vil utslippene bortimot halveres, ifølge studier fra NTNU.⁸ Livsløpsanalyser viser imidlertid at elbilen i de fleste tilfelle slipper ut mindre klimagasser enn fossilbilen per kilometer. Denne positive effekten øker med økende kjørelengde. Utvinning av råstoff til batteriene som litium, kobber, nikkel og kobolt bidrar også til miljøskadelige utslipp.

Livsløpsvurderinger er ikke videre behandlet i detalj i denne utredningen.

Utslipp ved forbrenning av drivstoffet i kjøretøyet

Lokalt medfører bilkjøring med konvensjonell forbrenningsmotor eksosutslipp av klimagasser som bidrar til global oppvarming og av forurensende stoffer som kan gi negative helseeffekter lokalt. Den viktigste klimagassen er karbondioksid (CO₂), og de forurensende nitrogenoksider (NO/NO₂) og svevestøv (PM) forurenser lokalt.

Tabellen under viser en kvalitativ vurdering av miljøpåvirkningen under kjøring dvs. eksosutslipp, for ulike klimavennlige teknologier og forbrenningsmotor med HVO (Euro VI motor). De ulike teknologiene sammenlignes med fossil diesel (Euro VI motor) som referanse for om alternativene henholdsvis er bedre, like bra eller dårligere for et sett med miljøeffekter.

Tabell 2: Kvalitativ vurdering av miljøpåvirkning under kjøring.

Grå -> Bedre Lysgrå-> Like bra

	CO ₂	NO _x	Støy		Veistøv
			Motorstøy	Vind, dekk	
Forbrenningsteknologi (diesel)					
Forbrenningsteknologi (HVO)	klimanøytral				
Gassmotor (flytende biogass)	klimanøytral		*		
Helelektrisk fremdrift	null utslipp	null utslipp			
Hydrogen brenselceller	null utslipp	null utslipp			

*Scantias gassmotor som bruker flytende biogass er tre desibel stillere enn tilsvarende dieselmotor, hvilket oppfattes som en hørbar endring av støynivået på grunn av at desibelkurven er logaritmisk.⁹

⁸ Christensen A. (2017): *Hvor skitne er elbilens batterier?* Artikkel publisert i Forskning.no. 04.12.2017.

⁹ Biogas 2020 (2016): *Hållbara lösningar för tunga fordon.* Skandinaviens Biogaskonferens 2016.

Et kjøretøy med konvensjonell forbrenningsmotor som bruker biodrivstoffet HVO har eksosutslipp av klimagasser, men da denne gassen er en del av naturens naturlige kretsløp anses den som klimanøytral.¹⁰

Et kjøretøy med gassmotor som er tilpasset bruk av flytende eller komprimert biogass har eksosutslipp av klimagasser, men denne gassen er også en del av naturens naturlige kretsløp og anses derfor som klimanøytral. I en gassmotor som opererer etter dieselforbrenningsprinsippet tilsettes en liten mengde (bio)diesel for at gassen skal antennes (se avsnitt 4.1). For å nå en 100% klimanøytralitet av CO₂-utslipp i slike gassmotorer må man bruke bærekraftig HVO som antenningsmiddel. Kjøretøy med helelektrisk fremdrift og brenselceller har null eksosutslipp av klimagasser.

Kjøretøy med en Euro VI forbrenningsmotor som bruker biodrivstoffet HVO forventes ha like lave eksosutslipp av NO_x og PM som en Euro VI forbrenningsmotor med fossil diesel, ifølge en studie fra TØI.¹¹ Eksosutslipp av lokalt forurensende stoffer fra en Euro VI gassmotor med flytende biogass er lavere sammenlignet med en Euro VI forbrenningsmotor med fossil diesel, ifølge samtale med representant fra en av lastebilprodusentene som er intervjuet. Kjøretøy med helelektrisk fremdrift og brenselceller har null eksosutslipp av lokalt forurensende stoffer.

I tillegg til reduserte utslipp av klimagasser og lokalt forurensende stoffer vil kjøretøy med helelektrisk fremdrift og brenselceller også medføre redusert støy siden nullutslippskjøretøy har lavere motorstøy enn tilsvarende kjøretøy med forbrenningsmotor. Motorstøy har størst betydning ved lave hastigheter, og redusert motorstøy vil derfor ha betydning f.eks. i sentrumsnær bykjøring. Ved høyere hastigheter vil ikke støyforholdene nødvendigvis endres med nullutslippskjøretøy, siden vindstøy og dekkstøy blir dominerende.

I tillegg til miljøskadelige eksosutslipp vil kjøretøy bidra til veistøvforurensning ved slitasjepartikler fra bremses, dekk og asfalt. Uavhengig av motorteknologi vil to biler med samme vekt produsere omtrent like mye veistøv.

¹⁰ Ved bruk av biodrivstoff vil utslippet av CO₂ inngå i naturens naturlige kretsløp (fotosyntesen). Gitt bærekraftig forvaltning av arealer vil CO₂, som slippes ut ved høsting og forbrenning, tas opp i nye planter og trær som vokser opp. Utslipp fra fossil bensin og diesel på den andre siden tilfører nytt CO₂ i atmosfæren fordi det ikke inngår i det naturlige kretsløpet og øker dermed CO₂-innholdet i atmosfæren. Ulik type biodrivstoff kan ha ulik klimaeffekt i et livsløpsperspektiv (Miljødirektoratet <http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/2017/Februar-2017/Fakta-om-biodrivstoff>)

¹¹ Weber C., Amundsen A.H. (2016): *Fornybare drivstoffer – Fornybar diesel: HVO*. TØI rapport 1475/2016.

4 EGEs transportbehov

I dette kapittelet beskrives EGEs transportbehov av avfall og hvilke krav en lastebil med klimanøytral kjøretøyteknologi som minimum må oppfylle for å kunne brukes til EGEs transport av avfall.

Transportbehovet er basert på dagens logistikk-løsning og driftsopplegg ved sorteringsanleggene. Vi har ikke analysert om det er rom for tiltak for å effektivisere transportlogistikken eller optimalisere driften ved anleggene og hvilke konsekvenser det i så fall skulle kunne få for det samlede transportbehovet.

4.1 EGEs oppdrag

Etatens hovedoppgave er å utsortere og materialgjenvinne matavfall og plastemballasje, samt energigjenvinne restavfallet fra husholdningene i Oslo.

EGE drifter to utsorteringsanlegg ved Haraldrud (HUA) og Klemetsrud (KUA) med optisk utsortering av plastemballasje og matavfall som har kapasitet på 100 000 og 50 000 tonn i året. EGE drifter også Romerike biogassanlegg (RBA) i Nes kommune som mottar kildesortert matavfall fra utsorteringsanleggene. Her produseres LBG og biogjødsel. Staten driver også Haraldrud energigjenvinningsanlegg som forbrenner restavfall og leverer fjernvarme.

EGEs transportoppdrag omfatter transport av restfraksjoner til energigjenvinning eller sluttbehandling.

4.2 Transportbehovet

EGEs samlede transportarbeid utgjør ca. 300 000 km/år og omfatter hovedsakelig transport av krok-kontainere med følgende avfallsfraksjoner:

- Matavfall (inkl. reject)
- Bunnaske
- Plastavfall
- Flyveaske (spesialtransport, tankbil)

Matavfallet fra sorteringsanleggene transporteres til Romerike biogassanlegg for biologisk behandling og plastavfallet transporteres i dag til Lørenskog for videre transport av andre til sluttbehandling andre steder. Bunnaske og flyveaske fra forbrenningsanlegget ved Haraldrud transporteres til sluttbehandling og deponering. Rejectet fra RBA transporteres til energigjenvinning ved Haraldrud forbrenningsanlegg. Transportbehovet styres i stor grad av driften ved utsorteringsanleggene og det er viktig for driften ved anleggene at transporten er pålitelig og går til planlagt tid.

Transportbehovet for matavfall og transportbehovet for bunnaske er relativt likt når det gjelder totalvekt på kjøretøy (50 tonn) og transportavstand. Vi har derfor valgt å analysere behovet for matavfall som en «typisk fraksjon» og en løsning som er egnet for transport av matavfall vil også kunne være egnet for bunnaske. Transport av flyveaske stiller spesielle krav til transport (i dag lukket tankbil).

En fraksjon som stiller helt andre krav til teknisk transportløsning er utsortert plast. Denne avfallsfraksjonen er mye lettere og transporteres i dag over kortere avstand. Det kan derfor finnes løsninger som er godt egnet til transport av plast, men som ikke vil være egnet til mat eller asketransport. Transportbehovet for plast er derfor utredet separat.

Transport av matavfall

Matavfallet fra sorteringsanleggene ved Haraldrud og Klemetsrud transporteres til Romerike biogassanlegg for materialgjenvinning. Rejectavfall fra Romerike biogassanlegg transporteres til Haraldrud for energigjenvinning.

Biler som brukes til transporten i dag er hovedsakelig diesellastebiler med 560 hk, krok-biler modell Scania R560, innimellom kjøres også Volvo FH 540. I perioder brukes en lastebil til all transport.

Driftsopplegg og transportavstand

	HUA-RBA	KUA-RBA
Vekt (tonn)		
Matavfall	22	22
Rejectavfall	25	25
Lastebil + krokcontainere	25	25
Kjørelengde (km)		
Enkel tur	51	62
Kjørelengde ila et døgn	306+102*	124

*Krav til 2 turer i reservekapasitet.

Sorteringsanlegget ved Haraldrud bruker 4 krokcontainere. Containerne eies av EGE og skal brukes i transport av matavfall. Det kjøres ut 4 mat-containerer hver dag fra anlegget. En lastebil tar 2 containere per tur og har en totalvekt på 50 tonn, en container er på henger med en nyttelast på 13 tonn og en container er på lastebilen med en nyttelast på 9 tonn.

Transportør får melding via telefon når to mat-containerne er fulle og kan hentes. Det er også transportør som flytter ut de fulle containerne fra sorteringsanlegget og setter inn tomme. Anlegget stopper når containerne er fulle og kan ikke startes igjen før nye, tomme containere er på plass. Avfall inn til anlegget skal i hovedsak prosesseres i løpet av samme dag som det kommer inn. Maksimal lagringstid for utsorterte fraksjoner er 3 dager og all mellomlagring og omlasting av avfall skal foregå innendørs. EGE har derfor satt opp tidsfrister som transportøren må forholde seg til. Det forutsettes henting alle dager i uken mellom kl. 07:00 - 19:00. Mat-containerne skal generelt returneres til Haraldrudanlegget så snart de er tømt. Transportøren har ansvar for at 2 mat-containerer alltid er til stede på Haraldrud for å sikre kontinuerlig drift på sorteringsanlegget.

Reject-avfall fra Romerike biogassanlegg transporteres til Haraldrud i spesielt egnete reject-krokcontainere. Det kjøres ut 2-3 containere med reject hver dag fra biogassanlegget. En lastebil tar 2 containere per tur og har en totalvekt på 50 tonn. Reject-containerne skal generelt returneres til biogassanlegget så snart de er tømt, også her er det transportørens sjåfør som flytter ut fulle containere og setter tomme inn i anlegget. Anlegget vil stoppe opp om sjåføren ikke kommer innen rimelig tid.

Kjørelengden på en tur er 51 km og total kjørelengde ila et døgn i en normal uke er ca. 306 km. Det er krav til en reservekapasitet på en ekstra henting og tømning ila en uke, hvilket betyr at kjørelengden ila et døgn kan være opp til 408 km.

En tur tar normalt ca. 1 time å kjøre, men kan ta lengre tid om er stopp i trafikken, rushtid og spesielt vinterstid. Omlasting og rangering av containere skal ta ca. 30 minutter.

Sorteringsanlegget ved Klemetsrud bruker 2 krokcontainere. Containerne eies av EGE og skal brukes i transporten av matavfall. Det kjøres ut 2 matcontainere hver dag fra anlegget. En lastebil tar 2 containere per tur og har en totalvekt på 50 tonn, en container er på henger og en container er på lastebilen.

Kjørelengden på en tur er 62 km og total kjørelengde ilt et døgn en normal uke er ca. 124 km. En tur tar normalt ca. 1 time å kjøre, men kan ta lengre tid om er stopp i trafikken, rushtid og spesielt vinterstid. Forøvrig gjelder samme rutine for henting som ved Haraldrudanlegget.

Transport av plastavfall

Plastavfallet fra sorteringsanleggene ved Haraldrud og Klemetsrud transporteres i dag til Lørenskog for videre transport til sluttbehandling andre steder. For denne avfallsfraksjonen er volumet begrensende og ikke vekten.

	HUA-Lørenskog	KUA-Lørenskog
Vekt (tonn)		
Plastavfall	5	5
Lastebil + krokcontainere	16	16
Kjørelengde (km)		
Enkel tur	10,2	22
Kjørelengde ilt et døgn	40,8	44

Sorteringsanlegget ved Haraldrud har 2 krokcontainere for plast. Containerne eies av EGE og skal brukes i transporten av plastavfall. Det kjøres ut 2 plastavfallscontainere hver dag fra anlegget. En lastebil tar 1 krokcontainer per tur og har en totalvekt på ca. 22 tonn med en nyttelast på ca. 5 tonn.

Transportør får melding via telefon når containeren er full og kan hentes. For øvrig gjelder samme rutiner som for transport av matavfall. Plastavfallet kan heller ikke mellomlagres. Kjørelengden på en tur er 10,2 km og total kjørelengde ilt et døgn i en normal uke er 40,8 km. En tur tar normalt ca. 30 minutter å kjøre, men kan ta lengre tid hvis det er stopp i trafikken, ved rushtider og spesielt vintertider. Omlasting og rangering av containere skal ta ca. 30 minutter.

Sorteringsanlegget ved Klemetsrud har 2 krokcontainere for plast. Containerne eies av EGE og skal brukes i transporten av plastavfall. Det kjøres ut ca 1 plastavfallscontainer hver dag fra anlegget. En lastebil tar 1 container per tur og har en total vekt på ca. 22 tonn med en nyttelast på ca. 5 tonn.

Kjørelengden på en tur er 22 km og total kjørelengde ilt et døgn en normal uke er 44 km. En tur tar normalt ca. en time å kjøre, men kan ta lengre tid om er stopp i trafikken, rushtid og spesielt vinterstid. Forøvrig gjelder samme rutine for henting som ved Haraldrudanlegget,

4.3 Krav til kjøretøyet

Et klimanøytralt kjøretøy som skal kunne brukes til transport av EGEs mat- og plastavfall må oppfylle visse tekniske funksjonskrav. Uansett hvilket avfall som skal transporteres er det et krav at lastebilen er driftssikker, slik at en har lite nedetid og sikrer kontinuerlig drift på sorteringsanleggene.

I forbindelse med dette er det viktig at bilprodusenten har en god infrastruktur for service. Videre må kjøretøyet oppfylle EUs typegodkjenning og norske lovkrav knyttet til miljøutslipp, trafikksikkerhet og tekniske spesifikasjoner.

Transport av matavfall

Kjøretøyet som skal brukes til transport av matavfall må ha en nyttelastkapasitet på 25 tonn, kunne trekke en totalvekt på 50 tonn samt to krokcontainere (en på tilhenger). Videre må kjøretøyet ha en rekkevidde på minimum 300 km. Vi ser det ikke som et alternativ at bilen kun kan ta en container da det vil doble antall kjørte km og øke tidsforbruk.

Transport av plastavfall

Transporten av plastavfall dekkes i dag av ett kjøretøy. Kjøretøy som skal brukes til transport av plastavfall må kunne trekke en total vekt på 22 tonn samt kunne ta en krokcontainer. Kravet til rekkevidde er ikke like entydig da transportavstanden og kjørelengde i løpet av ett døgn er avhengig av hvor mottaksanlegget for sluttbehandling er lokalisert. Lokaliseringen vil avhenge av hvem som får kontrakten på transport og behandling av plasten.

5 Tunge lastebiler med klimanøytrale teknologier

I dette kapitlet presenteres en oversikt over tunge lastebilmodeller med klimanøytral kjøretøyteknologi tilgjengelige i markedet i dag og en vurdering av teknologienes utviklingsnivå på kort og lang sikt.

5.1 Lastebilprodusenter

Tungtransport er en bransje der høye krav til økonomi, robusthet og pålitelighet tradisjonelt forsinker innføringen av ny teknologi. Men i denne normalt forsiktige bransjen er det nå en intensiv teknisk aktivitet, der også nye nisjeprodusenter har kommet fram. Dette gjelder spesielt i segmentet busser og mellomtunge lastebiler.

Interessen for mer miljøvennlige kjøretøyteknologier i tungtransportbransjen har vokst mye i det siste. Et økende antall aktører i lastebilmarkedet presser på for mer miljøvennlig transport, og da er det viktig for produsentene å ligge i forkant. Det er ikke bare lastebilprodusentens kunder, det vil si transportørene, men enda flere kunders kunder, dvs. transportkjøpere som ønsker å redusere utslippene i transporten, og derfor etterspør lav- eller nullutslippsalternativer. En annen faktor som driver utviklingen i en miljøvennlig retning er at EU fra 1. januar 2019 stiller krav til at CO₂-utslipp og drivstofforbruk for tunge kjøretøy oppgis. Det finnes ikke i dag. De siste utslippsgrensene i EUs Euroklassesystem (Euro VI), som regulerer eksosutslipp av nitrogenoksider, svevestøv og karbonmonoksid, har i stor grad eliminert partiklene og nitrogenoksider. Neste nivå av krav vil derfor rette seg mot eksosutslipp av CO₂ dvs. forbruk av fossilt drivstoff. Mange lastebilprodusenter satser derfor på produktutvikling av klimavennlige transportløsninger, ofte ved å investere i flere parallelle teknologiløsninger.

Blant de etablerte lastebilprodusentene har Volvo, Scania, Iveco, MAN og Mercedes-Benz kommet lengst i sin satsing på klimanøytrale teknologier for lastebiler. Disse produsentene er store til middelstore aktører i det globale markedet og utvikler, produserer og markedsfører et bredt spekter av lette, mellomtunge og tunge nyttekjøretøy. Volvo, Scania, Mercedes-Benz og MAN er store aktører i det norske lastebilmarkedet med en markedsandel på omtrent 65 %.¹² Iveco er små i Norge med noen få prosent markedsandel, men har planer om å bygge opp en organisasjon i det norske markedet. Disse produsentene har en god distribusjonskjede for levering av sine lastebiler og en vel utbygd lokal serviceinfrastruktur. Videre har de produksjonsenheter i Europa hvilket betyr at lastebilene oppfyller EUs typegodkjenning og norske lovkrav knyttet til miljøutslipp, tekniske spesifikasjoner og krav til sikkerhet.

Utover de etablerte lastebilprodusentene har det kommet flere nye, forholdsvis små nisjeprodusenter på lastebilmarkedet som konkurrerer med klimanøytrale teknologier. Her finner vi produsenter som Emoss, HyTruck, Terberg, Esoro, Nikola Motor Company og Tesla. Emoss, HyTruck og Terberg kommer alle fra Nederland hvor de er en del av et innovativt tungkjøretøymiljø og har vært pionerer på ombygging av en rekke lastebiler til helelektrisk drift, med fokus på segmentet mellomtunge lastebiler (under 16 tonn).

¹² Samtale med representant fra en av lastebilprodusentene som er intervjuet.

Disse aktørene produserer per i dag ikke store volumer. De er ikke til stede på det norske markedet i den betydning at de har en lokal generalagent eller annen lokal serviceinfrastruktur på plass. Det er derfor en del usikkerhet omkring robustheten og påliteligheten i deres distribusjonsapparat og infrastruktur for service av kjøretøyene. Flere av dem er interessert i det norske markedet og har allerede vært inne og foretatt undersøkelser.

5.2 Tilgjengelighet

Lastebiler med gassmotor (flytende biogass)

Det har kommet en rekke nye biogasslastebiler på markedet fra flere av de etablerte produsentene.

	Iveco	Volvo		Scania	
Modell	Stralis NP	FH LNG	FM LNG	G serien	R serien
Drivstoff	LBG, CBG, LBG + CBG	LBG	LBG	LBG eller CBG	LBG eller CBG
Totalvekt (tonn)	50	50		50	50
Effekt (hk)	460	420	460	410	410
Dreiemoment (Nm)	2 000	2 100	2 300	2 000	2 000
Motorstørrelse (liter)	13				
Rekkevidde (km)*	1 000				
Trekke krokcontainere	JA				

* Alle har rekkevidde på rundt 1000 km, avhengig av tankstørrelse og eventuelt kombinasjon av CBG og LBG.

Volvo Lastvagnar

Volvo lastvagnar har utviklet en gassmotor som er tilpasset å kjøre på flytende biogass og som også kan brukes i tunge lastebiler. De introduserer nå Euro VI-klassifiserte gassdrevne lastebiler som gir drivstoffeffektivitet og ytelse på nivå med dieslbiler, men med betydelig mindre miljøpåvirkning. Lastebilene har en rekkevidde inntil 1000 km, kan trekke en totalvekt på 50 tonn og krokcontainere.

De nye tunge lastebilene Volvo FH LNG og Volvo FM LNG har samme ytelse, manøvrerbarhet og drivstofforbruk som Volvos tilsvarende dieseldrevne modeller. Drivstoffet som brukes, er naturgass i form av flytende naturgass (LNG) eller flytende biogass (LBG). Begge drivstoff er metanbaserte. Bruk av flytende naturgass reduserer CO₂-utslippet med 20%¹³ og bruk av flytende biogass kan potensielt eliminere CO₂-utslippene helt.^{14,15}

Volvo FH LNG og Volvo FM LNG er tilgjengelig med en gassmotor på 420 hk eller 460 hk for tung region- og langtransport. I stedet for en motor med ottosyklus (bensinmotor), som er den tradisjonelle løsningen for gassdrevne kjøretøyer, drives Volvo FH LNG og Volvo FM LNG av gassmotorer som bruker teknologi basert på dieselsyklusen.

¹³ Dette gjelder utslipp fra kjøretøyet under bruk, såkalt «tank til hjul».

¹⁴ Dette gjelder utslipp som omhandler hele karbon-syklusen, såkalt «kilde til hjul».

¹⁵ Volvos hjemmeside. (<http://www.volvotrucks.no>)

Volvos nye diesलगassmotor har 45% virkningsgrad, ifølge Jo Øystein Nyhus, produktsjef hos Volvo, Norge. Virkningsgraden i en gassmotor med ottomotorsyklus er lavere. For å antenne gassen blir en liten mengde diesel tilført under innsprøytingen. 100% reduksjon i CO₂-utslipp krever at diesel erstattes med HVO. Volvo tilfører maksimalt 10% (bio)diesel for å antenne gassen og garanterer at minimum 90% av det totale drivstofforbruket er gass. Det er ikke mulig å switche mellom diesel og gass - de har lagt inn en fysisk begrensning. Går bilen tom for gass, har man kun nok motorkraft til å kjøre ut av veien. Videre har Volvo lykket med å eliminere metanutslippet som stammer fra forbrenningsprosessen (eksosutslipp) gjennom å optimalisere tidspunkt for når ventilene åpner og lukker og dermed fått en lukket forbrenningsprosess. Dette gjennomføres ikke på noen annen motor og er en av fordelene med Volvo sine gassmotorer, ifølge Jo Øystein Nyhus.

Risikoen for metanutslipp fra gasstankene dersom bilen ikke er i drift i en lengre periode gjenstår. Volvo arbeider derfor med gassleverandørene og forsøker å få dem til å ha en så lav temperatur som mulig på gassen for å redusere risikoen for metanutslipp når bilen ikke er i drift. I følge Jo Øystein bør en lastebil med flytende biogass være i kontinuerlig drift for å unngå risiko for metanutslipp. Det er ingen risiko dersom bilen ikke er i drift i en helg, men den bør helst ikke være ute av drift mer enn ti dager.

Volvos 460 hk gassmotor gir et dreiemoment på 2300 Nm, mens versjonen med 420 hk produserer 2100 Nm. Dette er det samme som de tilsvarende dieselmotorene til Volvo. Drivstofforbruket er på nivå med Volvos dieselmotorer, omtrent 2% høyere, men 15-25% lavere enn for tradisjonelle gassmotorer.

Ved tungtransporter på inntil 50 tonn stilles det store krav til rekkevidden fra kundene. Det betyr at Volvo prøver å få gassleverandørene til å holde den flytende biogassen så kald som mulig for derved å «få plass til» mest mulig energi. Biogass går over til flytende form ved ca. minus 161,6 grader Celsius (avhengig trykket).

Volvos 460 hk gassmotor kommer med tre ulike tankstørrelser: de to største på 155 kg og 205 kg vil være relevante for transport av EGEs matavfall. Den største drivstofftanken rommer nok LBG til en kjørelengde på opptil 1 000 km. Under norske kjøreforhold vil en lastebil med en totalvekt på 50 tonn og 205 kg tank ha en rekkevidde på omtrent 750 km, ifølge Jo Øystein. Å fylle tanken tar omtrent like lang tid som å fylle diesel. Under kjøring varmes drivstoffet opp, settes under trykk og konverteres til gass før det sprøytes inn i motoren.

Lastebilen har samme service intervaller, samme levetider og samme garantier som en tilsvarende dieselmotor. Volvo prøver å få lastebilene registrert som GA dvs. gassdrevne biler. Det kan ha en betydning ved for eksempel differensiering på avgifter og bompenger.

Volvo FM LNG og Volvo FH LNG kommer for salg i Norge uke 11 i 2018. Serieproduksjon av lastebilene starter uke 23 2018. Leveransetiden til norske kunder er anslagsvis 3-4 måneder. Prisen er ennå ikke satt men den ligger foreløpig på rundt 40 000 – 48 000 Euro dyrere enn tilsvarende diesellastebil.

Med de nye lastebilene som går på flytende biogass, tilbyr Volvo et alternativ med lav klimapåvirkning, som også innfrir de høye kravene til ytelse, drivstoffeffektivitet og kjørelengde.

Scania

Scania har utviklet en ny gassmotor som er tilpasset å kjøre på flytende biogass eller komprimert biogass og som også kan brukes i tunge lastebiler. Teknologien gir drivstoffeffektivitet og ytelse på nivå med diesellastebiler, men med betydelig mindre

miljøpåvirkning. Lastebilen har en rekkevidde på omtrent 1 000 km, kan trekke en totalvekt på 50 tonn og krokcontainere.

Scanias flytende biogasslastebiler i G og R serien har 13 liters motorvolum med en effekt på 410 hk og et dreiemoment på 2 000 Nm. Motoren bruker teknologi basert på Ottomotor-syklusen, som er den tradisjonelle løsningen for gassdrevne kjøretøyer. De har utviklet en motor med høy virkningsgrad takket være et nytt innsugingsystem, spesiell motorstyring og et egenutviklet tenningsystem. Motoren er ikke like følsom for gasskvaliteten sammenlignet med tidligere, ifølge John Lauvstad, marked- og kommunikasjonsdirektør, Scania, Norge. Dersom gasskvaliteten er litt dårligere kompenseres det ved å ta inn mer gass.

Lastebilene kan gå på enten komprimert biogass eller flytende biogass, men man må velge enten eller. Tankene for komprimert biogass er laget av stål og dermed tunge så nyttelasten vil reduseres dersom man bruker komprimert gass. Scania tester også ut tanker med komposittmateriale, ifølge John.

Lastebilene har et serviceintervall på 45 000 km. Scanias gassbiler i G og R serien kommer for salg i begynnelsen av 2018.

Med de nye lastebilene som går på flytende biogass, tilbyr Scania et alternativ med lav klimapåvirkning, som også innfrir de høye kravene til ytelse, drivstoffeffektivitet og kjørelengde.

Iveco

Iveco har utviklet en gassmotor som er tilpasset å kjøre på flytende biogass eller komprimert biogass og som også kan brukes i tunge lastebiler. Lastebilen kan konfigureres til LBG, CBG eller en kombinasjon med LBG og CBG dvs. man kan ha begge typene av tanker samtidig (de monteres på ulike sider om bilen) og velge hva man vil fylle.

Iveco lanserte i 2016 lastebilmodellen Iveco Stralis NP med gassmotor på 400 hk og i November 2017 lanserte de en ny og større gassmotor på 460 hk (toaksel variant). Den nye lastebilen kan trekke en total vekt på 50 tonn og har 13 liters motor volum. En treaksel variant lanseres i sluttet av 2018. Man trenger treaksel dersom man skal kunne trekke krokcontainere på tilhenger. Kreftene er de samme som i en motor med tilsvarende antall hestekrefter på diesel. Dreiemomentet er også det samme som for en dieselmotor, 2000 Nm. Gassmotoren virker etter en ottosyklusprosess (tilfører ikke (bio)diesel for å antenne gassen slik som i Volvos gassmotor).

Lastebilen kan konfigureres til en rekkevidde på 300 – 1000 km avhengig valg av type biogass dvs. CBG eller/og LBG. Omtrent rekkevidde i norske forhold med forskjellige kombinasjoner er:

- LBG/LBG-tanke: rekkevidde opptil 1 000 km
- LBG/CBG-tanke: rekkevidde opptil 750 km
- CBG/CBG-tanke: rekkevidde opptil 500 km

Det er i praksis ikke noe metanutslipp fra forbrenningen. Teoretisk kan det være veldig små mengder uforbrent metan i eksosen, men mengden er innenfor kravene til Euro VI. Risikoen for metanutslipp fra tankene gjenstår men kan kontrolleres ved planlegging av kjøring og driftsrutiner. Flytende biogass oppbevares ved ca. – 140 grader Celsius. Tankene er som en stor termokanne som er isolert, men solinnstråling og varmere omgivelser vil varme opp tanken og da er det en risiko for at biogassen går over i gassform og at metangass slipper ut fra tanken til omgivelsen.

I følge Morten Mangor Iversen, Nordic Sustainability Manager, Iveco, Danmark, kan en lastebil som ikke er drift og har full tank vare ute av drift i tre uker uten å risikere metanutslipp. En tank som er fylt til 25 % kan vare ute av drift i tre til fire dager ved ca. 25 grader Celsius uten å risikere metanutslipp.

Risiko for metanutslipp er ikke noe nytt, man har hatt det fra LNG lastebiler, og man må ha rutiner for å unngå utslipp. Man bør for eksempel kjøre tanken tom før ferie eller lengre stopp for å være miljøvennlig. I følge Morten viser deres erfaringer at om trykket i tanken begynner å bli for høyt og man nærmer seg grensen for at metan slippes ut via overtrykksventil, skal det kun en kort kjøretur til (7-8 minutter) før man igjen er nede på riktig trykknivå. Videre kan man kan lage system som kan tømme bilens tank og «lagre» drivstoffet i mobile løsninger. Slike anlegg må serviceverksteder investere i.

Serviceintervallene er kortere sammenlignet med en tilsvarende konvensjonell diesebil. Iveco tilbyr servicekontrakt på 6 år inklusive garanti på motoren.

Priser for lastebilen (ekstra kostnad sammenlignet med en tilsvarende diesellastebil):

- 2 tanker kun CBG 250 000 NOK
- 2 tanker kun LBG 400 000 NOK
- 2 tanker LBG/CBG 300 000 NOK

Selv om selve lastebilen fortsatt er dyrere i innkjøp enn en like stor dieselmotor, mener Iveco gassbilen skal lønne seg. De totale kostandene ved drift og eierskap av bilen anslås å være 9% lavere med den nye gassbilen i forhold til tilsvarende størrelse diesellastebil.¹⁶

Lastebiler med helelektrisk fremdrift

Flere av de etablerte produsentene investerer i utvikling av lastebiler med helelektrisk batteridreven fremdrift. Mercedes-Benz er først blant de store produsentene som presenterer en helelektrisk konseptbil, men selskapet er langt fra alene. I dag finnes de største innovatørene på elektrifisering av lastebiler i Nederland, og det er ikke store etablerte lastebilprodusenter.

	Mercedes-Benz		Emoss		Tesla	Terberger	MAN*
Modell	eTruck	eActros	EMS 18 serien	Semitrailer	Semi	YT202-E	
Totalvekt (tonn)	26	25	18,6	50	36	40	26
Nyttelast (tonn)	12,8	11,5	10-11				
Batterikapasitet (kWh)	212	240	240	300	1MWh**		
Rekkevidde (km)	200	200	250	120	800	100	
Lading	2 timer med 100kW	3-11 timer med 20 – 80 kW			30 minutter med 1600 kW**	3-4 timer	

*MAN er i ferd med å utvikle en 26 tonns lastebil men flere detaljer er ikke tilgjengelige.

**Det er store usikkerheter knyttet til tallene.

Mercedes-Benz (Daimler Trucks)

¹⁶ Braata E. (2017): *Skal bli store på gass*. Artikkel publisert i Anlegg & Transport 27.10.17.

Mercedes-Benz er først blant de store produsentene med å utvikle en helelektrisk batteridrevet tung lastebil. Modellen kalles Urban eTruck og vil være på markedet og i serieproduksjon innen 2020. De presenterte en prototype i 2016. I begynnelsen av 2018 presenterte de en ny helelektrisk modell eActros. Det er ikke kjent når den vil være på markedet og i serieproduksjon.

Urban eTruck har en totalvekt på 26 tonn og en nyttelastkapasitet på 12,8 tonn. Basis er en treakslet tung distribusjonslastebil, der den konvensjonelle drivlinjen har blitt erstattet med en elektrisk bakaksel som har elektriske motorer rett ved hjulnavet, en teknologi som kommer fra Mercedes sin hybridbuss Citaro. Tre litiumionbatterier på totalt 212 kWh gir en rekkevidde på opptil 200 km. Lastebilen kan lades opp på to timer med en 100 kW ladestasjon med CCS Type 2-kontakt. Lastebilen er tiltenkt for kort distribusjonstransport i sentrumsnær bykjøring og er ikke ment å trekke krokcontainere for lang transport, ifølge Pål Sorknes, produktsjef, Mercedes-Benz, Norge.

eActros har en totalvekt inntil 25 tonn og en maksimal nyttelastkapasitet på 11,5 tonn. Lastebilen har to litiumbatterier med en kapasitet på 240 kWh som gir en rekkevidde på opptil 200 km. Lastebilen kan lades opp på tre til elleve timer med en 20 til 80 kW ladere. Lastebilen er i første hånd tenkt å brukes for sentrumsnær by distribusjon.

Emoss

Emoss er en nederlandsk produsent som har skapt en nisje i å bygge om konvensjonelle lastebilchassis med dieseldrift til elektrisk drift. De tilbyr helelektriske lastebiler, e-Truck, for distribusjon, avfallsinnsamling, containertransport etc. De har levert elektriske kjøretøy i ti år.

I følge Emoss sin hjemmeside er deres største lastebil EMS18 serie en distribusjonslastebil med en totalvekt på 18,6 tonn med en nyttelastkapasitet på omtrent 10-11 tonn, avhengig av batteripakke. De tre alternative batteripakkene har en kapasitet på 120-240 kWh og en oppgitt rekkevidde på 100-250 km, avhengig av batteripakke. Emoss har modellene EMS 10 (12 tonn totalvekt), EMS12 (12 tonn totalvekt), EMS16 (16 tonn totalvekt) og EMS18 (18 tonn totalvekt). Andre modeller med en totalvekt under 10 tonn eller over 18 tonn er tilgjengelig på forespørsel. Emoss hadde i September 2016 levert totalt 30 lastebiler, alle mer eller mindre spesialbygde.

Kjøretøyene produseres i Nederland og oppfyller EUs typegodkjenning knyttet til miljøutslipp, tekniske spesifikasjoner og krav til sikkerhet. Emoss er ikke til stede i Norge og har dermed ikke et lokalt utbygd serviceapparat i Norge. Norske Steco Miljø AS er forhandler og servicepartner for Emoss i Norge.

Selskapet er interessert i det norske markedet og har gjort undersøkelser. Den norske grossistgiganten ASKO har bestilt tre 18 tonns elektriske lastebiler fra Emoss. Bilene som er bestilt til Norge har en nyttelastkapasitet på 5,5 tonn og den første ble satt i drift i 2016. Energikapasiteten er 240 kWh og forventet kjørelengde på én ladning er 200 kilometer. Selve batteriet veier cirka 2 tonn. På en av rampene på lageret i ASKO er det montert en lader som leverer trefase 400V 63A til de to 22 kW-laderne i bilen. Dermed kan batteriet lades fullt på cirka fem timer. Asko har hatt betydelige problemer med den første bilen som ble levert, noe som har ført til at de to siste er avbestilt. Asko har valgt å heller vente på Tesla semi,

Stena Recycling presenterte i en pressemelding i desember 2017 at de er de første i verden som begynner å kjøre elektriske lastebiler som er godkjent for en totalvekt på 50 tonn. Lastebilene har en batterikapasitet på 300 kWh og en rekkevidde opp mot 120 km med full last.

De nyutviklede elektriske lastebilene (to- eller treakslet semitrailer), som er de to første eksemplarene i verden som settes i kommersiell trafikk, leveres i løpet av 2018. Bilene leveres av Emoss og vil bli brukt til å transportere aske fra de store fjernvarmeanleggene i Oslo til Moss. Bilene er tenkt å lades 20 minutter ved hvert stopp i tillegg til en lengre ladning på natten.

Tesla

Tesla presenterte i november 2017 sitt første konsept på en helelektriske lastebil Tesla Semi Truck. Lastebilen har en rekkevidde på 800 km på en lading med maksimal last. Bilen kan trekke en totalvekt på 36 tonn. Tesla Semi kommer også i en utgave med mindre batteri som skal gi en rekkevidde på cirka 480 km. Nyttelastekapasiteten skal være tilsvarende en konvensjonell diesellastebil. Det er foreløpig ikke kjent om lastebilen kan trekke krokcontainere.

Lastebilen skal gjøre 0-100 på rundt fem sekunder, og tallet er tjue sekunder med 36 tonn last. Den har fire motorer hentet fra Tesla Model 3, og skal kunne gjøre 105 kilometer i timen selv opp en fem graders stigning. Som andre elbiler har ikke Tesla Semi gir, og ifølge Tesla skal regenerativ bremsing gi nærmest "uendelig" liv på bremsene.

Bilen har Enhanced Autopilot-funksjoner som automatisk nødbrems, filholder og kollisjonsvarsel forover. Litt spesielt er det også at den i utgangspunktet kun har ett sete foran, og det setet er plassert midt i kabinen, omkranset av ikke mindre enn to store skjermer. Tesla gir full garanti på 1,6 millioner km.

Batteripakken forventes ha en kapasitet rundt 1 MWh for å kunne klare 800 km med en totalvekt på 36 tonn. Gitt prisen på lastebilen (listpriset for 480 km og 800 km rekkeviddeversjoene er oppgitt til 150 000 USD respektive 180 000 USD) og størrelsen på batteripakken spekuleres det nå om dette kan indikere et gjennombrudd hva gjelder kostnader for batterier og energitetthet, og om Tesla har tilgang til en ny batteriteknologi.

Ytterligere en sak som peker på en mulig ny batteriteknologi er Teslas nye Megacharger. Tesla har varslet om nye og enda kraftigere ladere kalt Megacharger, som skal kunne lade Tesla Semi til 80 prosent batterikapasitet dvs. 640 km på 30 minutter. Det indikerer på en ladeeffekt så høy som 1 600 kW. Teslas vanlige hurtiglader for personbiler, Superchargers, leverer cirka 120 kW. Lastebilsvarianten leverer altså vel 13 ganger mer energi per tidsenhet. De kraftigste hurtigladerne på markedet i dag gir cirka 450 kW. Megacharger-laderne skal plasseres med strategiske mellomrom over hele verden. Ladeeffekt på dette nivået vil trolig kreve oppgradering av strømmettet flere steder.

Produksjonen av Tesla Semi Truck er planlagt å starte i 2019. Det nordamerikanske markedet kommer til å bli prioritert og lastebilen kommer til å være konfigurert til standardene som gjelder på det markedet. Tesla åpnet salget av lastebilen i Norge i desember 2017. Den norske grossistgiganten ASKO har bestilt ti lastebiler.

Terberg (i samarbeid med BMW)

BMW har testet en helelektrisk batteridrevet tung lastebil (truck) i 2015 - 2016 ved å frakte ulike bilkomponenter mellom BMWs fabrikk i München og logistikkfirmaet Scherms fraktsenter i byen. Trucken er en 40-tonn ombygget lastebil fra det nederlandske firmaet Terberg, modell YT202-E. Trucken har en rekkevidde på 100 km og kan lades full på 3-4 timer. Lastebilen er ikke egnet for lang regional tungtransport.

Kjørbarheten har fungert som forventet. Imidlertid har BMW valgt å vente før man bestiller flere lignende biler fordi de vil gjøre mer omfattende tester.

Avstanden mellom fabrikken og fraktsenteret i München er bare tre kilometer, og BMW vil teste lengre kjørelengder og se hvordan batteriene klarer drift og lading ved lengre kjøreavstander. Trucken skal kjøre åtte turer om dagen.

MAN Truck & Bus

MAN satser på utvikling av helelektriske lastebiler i segmentene lette og mellomtunge lastebiler med en total vekt opp til 26 tonn og som i hovedsak skal brukes til distribusjonstransport i sentrumsnær bykjøring. De tester nå ut lastebiler hos et antall kunder i Østerrike. Lastebilene forventes å komme for salg i 2020, ifølge Jon Eystein Lund ved MAN i Norge. Ifølge Jon Eystein Lund er MAN sin vurdering at helelektrisk fremdrift for tunge transporter med en totalvekt inntil 50 tonn ligger noen år fram før teknikken er god nok.

Volvo Lastvagnar

Volvo arbeider parallelt med sin satsing på gassmotorer på utvikling av elektriske lastebiler for tungtransport, med hovedvekt på hybridløsninger med en konvensjonell forbrenningsmotor. Volvo har ikke presentert en konseptbil på en helelektrisk tung lastebil. Ifølge Jo Øystein Nyhus ved Volvo i Norge er Volvos vurdering at helelektrisk fremdrift for tunge transporter opp mot 50 tonn ligger noen år fram (5 år) før teknikken er god nok. De venter på at det skal komme bedre batteriteknologi. I dag er batteriene som vil kreves for slike tunge transporter for tunge og plasskrevende hvilket betyr at nyttelastkapasiteten brukes opp for å bære energi.

Scania

Scania arbeider parallelt med sin satsing på gassmotorer med utvikling av elektriske lastebiler for tungtransport, med hovedvekt på hybridløsninger med en konvensjonell forbrenningsmotor. Scania har ikke presentert en konseptbil på en helelektrisk tung lastebil.

Scania har flere prosjekt hvor de tester ut helelektriske løsninger eller elektriske hybrider. De har et prosjekt i Trondheim hvor de tester ut brenselceller på en lastebil med en totalvekt på 27 tonn. De tester også ut lastebiler for gruvedrift, hvor kjøretøyet lades opp via el-ledninger (pantograf, som en trolleybuss) på deler av kjørelengden og går på batteri resten av kjørelengden. I Södertälje i Sverige pågår et prosjekt for å teste ut lading av elektriske lastebiler med induksjonslading. I samarbeid med ASKO og TINE testes varebiler med elektriske hybrider med en rekkevidde på ca. 2 km på el. Scania regner med å ha nye modeller av disse varebilene, med en lengre rekkevidde, klare i mai 2018.

John Lauvstad ved Scania i Norge tror at helelektriske løsninger innenfor tungtransport opp mot 50 tonn ligger noen år fram (5 år) før teknikken er god nok, fremfor alt fordi det vil kreve så store batterier at det vil gå utover nyttelastkapasiteten. Videre vil det være en utfordring å få til en ladeinfrastruktur som kan generere den mengde elektrisk ladeeffekt som trengs for å kunne lade lastebilen fort nok.

Iveco

Iveco arbeider parallelt med sin satsing på gassmotorer på utvikling av helelektriske lastebiler for tungtransport. De har levert en 12 tonn helelektrisk lastebil men den har en nyttelastkapasitet på kun 2 tonn og koster 2,5 millioner NOK. Til den prisen kan du få 3-4 konvensjonelle lastebiler, ifølge Morten Iversen ved Iveco, Danmark. Iveco mener at batteriene er for dyre og at det per i dag er vanskelig å bibeholde nyttelastkapasiteten som trengs for å få økonomi i transporten. De tester også ut hybridløsninger.

Hydrogen brenselceller

Det finns ingen tung lastebil med hydrogen brenselceller på markedet, men noen produsenter har presentert konseptbiler.

	Toyota	Nikola Motor Company	Esoro	Scania
Modell		Nikola One		
Totalvekt (tonn)	36	38-39	34	27
Nyttelast (tonn)		30		
Effekt (hk)	670	1 000		
Dreiemoment (Nm)	1 796	2 700		
Rekkevidde (km)		1 900	400	
Fylling (minutter)		15	10	

Toyota

Toyota presenterte i 2017 sine planer om å bygge en flåte av utslippsfrie tunge lastebiler og allerede 2017 hadde de utviklet et konsept som nå testes i trafikken. Det er en lastebil med hydrogendrevet brenselcelle som kjører gods fra Port of Los Angeles og Long Beach til omkringliggende varelager og jernbaneterminaler. Den daglige kjørelengden er 51 km. Ruten er tilpasset en testsyklus som evaluerer brenselcellens kapasitet, men det vil også kreve lengre kjørelengder for en full evaluering.

Dieselmotoren har blitt erstattet av to brenselcellestaker, et batteri på 12 kWh og elektriske motorer som utvikler 670 hk (500 kW) med 1 796 Nm. Kraften skal gi kapasitet til å trekke en totalvekt over 36 tonn. De prøver nå ut konseptet, men lite er kjent om når bilen kan bli kommersialisert, ifølge Espen Olsen informasjonssjef ved Toyota, Norge.

Toyota har også inngått en avtale med 7-eleven i Japan i august 2017 om å se på løsninger for å redusere CO₂-utslippet i varedistribusjonen deres. Prosjektet omfatter test av mindre varebiler som blant annet skal drives med hydrogen.

Nikola Motor Company

Nikola Motor Company er en liten produktutvikler innenfor nye kjøretøykonsept som ligger i USA, som i samarbeid med Bosch presenterte sitt første konsept for en elektrisk hydrogendrevet lastebil, Nikola One, i desember 2016. Lastebilen har en totalvekt på 38-39 tonn og en nyttelastkapasitet på 30 tonn.

Lastebilen fylles med hydrogen, som mater en brenselcelle (300 kW effekt) som igjen lader opp en batteripakke med 320 kWh. Batteripakken gir elmotorene strøm, to på foraksel og to på bakaksel. Rekkevidden er angitt til over 1 900 km på en fylling og det vil ta 15 minutter å fylle hydrogentankene. Lastebilen har et dreiemoment på over 2 700 Nm og 1 000 hk. Nikola One forventes å komme for salg 2021.

I Norge har Tine, Tenden Transport og VT-gruppen bestilt lastebilen så langt, og flere har meldt sin interesse.

Esoro

Esoro er en liten produktutvikler innen nye kjøretøykonsept lokalisert i Sveits, som har samarbeidet om lastebilutviklingen sammen med nederlandske Emoss. De har i 2016 sammen med brenselcelleuttesting fra svenske PowerCell, presentert en prototype på en 34 tonns lastebil med 400 km rekkevidde. Det er den sveitsiske butikkjeden Coop som har driftsatt en spesialbygd brenselcellelastebil. Kjøretøyet er den første brenselcellelastebilen i Sveits, og den første i verden i den tyngste lastebilklassen med tilhenger. Systemet bygger på Powercells største brenselcellestack kalt S3.

I utgangspunktet er dette en standard lastebil MAN TGS 18.320 som ble omgjort til elektrisk drift og utstyrt med et hydrogengasssystem av Swiss Esoro. Etter det har Powercells partner Swiss Hydrogen erstattet halvparten av batterikapasiteten med en Powercell S3 prototype, noe som reduserte kjøretøyet vekt med 1,5 tonn. Brenselcellestacken starter når batterikapasiteten har gått under et visst nivå. Men du kan også kjøre på hydrogen og batteri parallelt. Batterikapasiteten er totalt 120 kWh. Brenselcellestacken består av 455 celler på totalt 100 kW. Hydrogentankene tar cirka ti minutter å fylle.

Scania

Scania i samarbeid med Asko utvikler og tester ut hydrogendrevne lastebiler med en totalvekt på 27 tonn. Nyttelasten forventes bli omtrent som på Scanias vanlige 27 tonns- dieselutgaver.

Oppsummert

Gassmotorer med flytende biogass

Volvo, Scania og Iveco tilbyr tunge lastebilmodeller med gassmotor som er tilpasset flytende biogass. Lastebilene har samme ytelse, rekkevidde og drivstofforbruk som tilsvarende dieseldrevne lastebilmodeller. Lastebilene kommer for salg i Norge 2017/2018. Teknisk spesifikasjon av bilmodellene som tilbys er oppsummert i tabell 2.

Volvo tilbyr modellene FH LNG og Volvo FM LNG med en 13 liters motorvolum, en effekt på 420 hk respektive 460 hk og et dreiemoment på 2 100 Nm respektive 2 300 Nm. Den største drivstofftanken kan gi en rekkevidde på opptil 1 000 km. Lastebilene kan trekke en totalvekt på 50 tonn og krokcontainere.

Scania tilbyr modellene G og R med en 13 liters motorvolum med en effekt på 410 hk og et dreiemoment på 2 000 Nm. Den største drivstofftanken kan gi en kjørelengde på rundt 1 000 km. Lastebilene kan trekke en totalvekt på 50 tonn og krokcontainere.

Iveco tilbyr modellene Stralis NP med en 13 liters motor, en effekt på 460 hk og et dreiemoment på 2 000 Nm. Lastebilen har en rekkevidde på opptil 1 000 km avhengig blant annet av kombinasjon av LBG/CBG og tankstørrelse. Lastebilene kan trekke en totalvekt på 50 tonn og krokcontainere.

Helelektrisk fremdrift

Det tilbys ikke serieproduserte tunge lastebiler med helelektrisk fremdrift som kan trekke en totalvekt inntil 50 tonn, krokcontainere og har en rekkevidde på 300 km på markedet i dag.

De helelektriske lastebilene som tilbys i markedet kan trekke en totalvekt på maksimalt rundt 24 tonn og er i hovedsak tiltenkt for kortere distribusjonstransport i sentrumsnær bykjøring og ikke for regional tungtransport med krokcontainere. Lastebiler med en totalvekt under 22 tonn inngår ikke som en del av denne utredningen og er derfor ikke videre vurdert.

Tabell 3. Oppsummering av et utvalg av klimanøytrale lastebilmodeller med en totalvekt over 22 tonn tilgjengelige i markedet (hvit) samt konseptbiler (sort) og deres forventete kommersialisering.

		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Biogass	Volvo	FH (50 t)						
		FM (50 t)						
	Scania	G (50 t)						
		R (50 t)						
	Iveco	Stralis NP (2-aksel) (50 t)						
		Stralis NP (3-aksel) (50 t)						
Helelektrisk	Emoss	Etruck (24 t)						
	Mercedes-Benz	Urban eTruck (26 t)						
		eActros (25 t)						
	Tesla	Semi truck (36 t)						
	Terberg	YT202-E (40 t)						
	MAN	? (26 t)						
Hydrogen brenselceller	Toyota	? (36 t)						
	Esoro	? (34 t)						
	Nikola Motor company	Nikola One (38-39 t)						

Emoss er den eneste produsenten som tilbyr en helelektrisk tung lastebil som kan trekke en totalvekt over 22 tonn. I følge produsentens hjemmeside kan deres modell e-Truck trekke en totalvekt på 24 tonn og krokcontainere. Forventet rekkevidde på en lading er opp til 250-300 km. Lastebilen produseres kun etter bestilling. Emoss har levert lastebiler til det norske markedet. Stena Recycling presenterte i en pressemelding i desember 2017 at de er de første i verden som begynner å testkjøre elektriske lastebiler som er godkjent for en totalvekt på 50 tonn. De nyutviklede elektriske lastebilene leveres av nederlandske Emoss. Lite er kjent om batterikapasitet, rekkevidde og nyttelastkapasiteten.

Flere lastebilprodusenter som Mercedes-Benz, Tesla, MAN og Terberger har vist frem konseptbiler på helelektriske tunge lastebiler som nå testes ut hos kunder. Ingen av disse lastebilene er tiltenkt å trekke krokcontainere med tilhenger, og de fleste av modellene er tiltenkt kort distribusjonstransport i sentrumsnær bykjøring.

Mercedes-Benz sin modell Urban eTruck har en totalvekt på 26 tonn og en nyttelastkapasitet på 12,8 tonn. Energikapasiteten er 212 kWh og forventet rekkevidde på en lading er opp til 200 km. Lastebilen kan lades opp på to timer med en 100 kW ladestasjon med CCS type-2 kobling. Lastebilen forventes å komme for salg innen 2020.

Tesla sin modell Semi Truck har en totalvekt på 36 tonn og en rekkevidde på opptil 800 km på en lading. Lastebilen skal kunne lades opp til 80% batterikapasitet på 30 minutter med Teslas nye ladere Megachargers som er under utvikling. Lastebilen forventes å komme for salg i 2019.

Hydrogen brenselceller

Utviklingen av hydrogenelektriske tunge lastebiler har ikke kommet like langt i forhold til tunge lastebiler med batterielektrisk teknologi eller gassteknologi med flytende biogass.

Det tilbys ikke hydrogenelektriske tunge lastebilmodeller i markedet per i dag, men både Toyota og Nikola Motor Company har presentert konseptbiler som nå testes ut.

Toyotas konseptbil har en totalvekt på over 36 tonn, en motor på 670 hk og et dreiemoment på 1 796 Nm. Lite er kjent om når bilen kan kommersialiseres fullt ut. Nikola Motor Company sin konseptbil har en totalvekt på 38-39 tonn, en motor på 1 000 hk og et dreiemoment på over 2 700 Nm. Bilen forventes å bli kommersielt tilgjengelig i 2021. Det er allerede noen norske transportselskaper som har forhåndsbestilt lastebilen.

5.3 Vurdering av teknologienes utviklingsnivå

Teknologiens utviklingsfaser

For å vurdere teknologiutvikling kan man skille mellom fem forskjellige faser (se tabell 4).¹⁷ I den første fasen, *konseptutviklingsfasen*, utvikles kunnskap om den nye teknologien. Nye konsepter, prototyper og modeller utvikles og testes i begrenset omfang av bedrifter, forskere ved universiteter og andre aktører. I *demonstrasjonsfasen* blir prototyper og konsepter videreutviklet og oppskalert til funksjonelle enheter og systemer. De er testet i virkelige applikasjoner, som illustrerer teknologien, dens potensial samt muliggjør tilbakemelding fra potensielle kunder og samfunnet som helhet. I *nisjemarkedsfasen* begynner teknologien å bli introdusert i ulike nisjemarkeder (mens utviklings- og demonstrasjonsarbeidet fortsetter). Nisjene er preget av at konkurransen med etablerte teknologier er begrenset. Noen av dem er "naturlige", d.v.s. består av kunder som har spesifikke behov som etablerte teknikker ikke kan løse.

Tabell 4: Teknologiens fem utviklingsfaser.

Konseptutviklingsfase	Nye konsepter, prototyper og modeller utvikles og testes i begrenset eller liten skala.
Demonstrasjonsfase	Prototyper og konsepter videreutvikles til funksjonelle enheter og systemer som illustrerer teknologiens funksjonalitet i miljøer som muliggjør tilbakemelding fra potensielle kunder og samfunnet som helhet.
Nisjemarkedsfase	Teknologien lanseres på naturlige eller politisk utformede nisjemarkeder og mottar tilbakemelding fra betalende kunder og brukere.
Kommersiell vekstfase	Teknologien blir konkurransedyktig med etablerte alternativer og begynner å spre seg i massemarkeder.
Modenfase	Teknologien erstatter eksisterende teknologi i betydelig grad, og forårsaker dermed en restrukturering av samfunnets produksjons- og forbrukssystem.

Kilde: Hellsmark H., Bergek A., et. al., 2014.

¹⁷ Hellsmark H., Bergek A., et. al., (2014): *Teknologiska innovationssystem inom energiområdet: En praktisk vägledning till identifiering av systemsvagheter som motiverar särskilda politiska åtaganden*. ER 2014:23. Statens Energimyndighet.

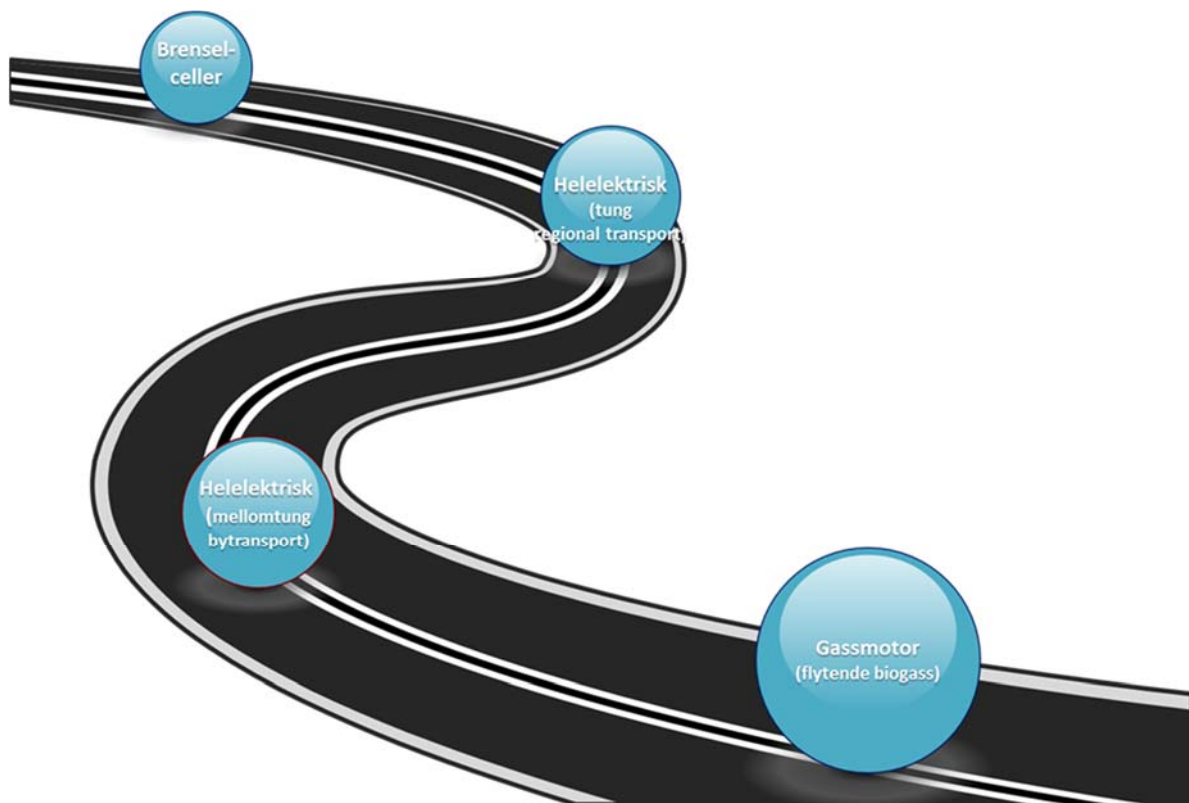
Andre er politisk konstruert gjennom økonomiske virkemidler som gjør den nye teknologien konkurransedyktig med etablerte alternativer (f.eks. investeringsstøtte eller produksjonsstøtte). Nisjemarkeder har en viktig funksjon ved å skape et beskyttet rom hvor teknologibutikker kan få en beskyttet plass og få tilbakemelding på hvordan teknologien fungerer i en kommersiell sammenheng. I den *kommersielle vekstfasen* blir teknologien konkurransedyktig med etablerte teknologier og begynner å spre seg bredt i massemarkeder. Endelig er teknologien en *modningsfase*, da det begynner å erstatte teknologier betydelig. Dette fører til en restrukturering av samfunnets produksjons- og forbrukssystem. Basert på vurderingen av nivået på teknologiutvikling, kan man deretter bestemme hva som er rimelig å forvente som neste trinn i utviklingen.

Teknologienes utviklingsnivå i dag

På kort sikt er gassmotorer med flytende biogass den mest klimavennlige teknologien for regional tungtransport. Gassmotorer med flytende biogass er den teknologi som har kommet lengst i utviklingsnivået av de klimanøytrale teknologiene innenfor regional tungtransport. Det er også den teknologien produsenter som Volvo, Scania og Iveco satser på som fornybar løsning innen regional tungtransport på kort sikt (under 5 år). Helelektrisk fremdrift har kommet lengre i teknologiutviklingen enn brenselcelleteknologien men begge teknologiene ligger etter gassmotorer med flytende biogass (figur 1).

Den største utfordringen for en markedsintroduksjon av tunge helelektriske lastebiler i dag er utfordringene knyttet til kostnader, rekkevidden på batteriene og vekt og ladetid. Batteriteknologien setter begrensninger for rekkevidden og hvor mye nyttelast lastebilen kan ta.

Figur 1: Vurdering av markedssituasjonen på kort sikt (under 5 år) for klimanøytrale teknologier innen regional tungtransport.



Helelektrisk framdrift for tunge lastebiler med en totalvekt inntil 50 tonn og krav til en rekkevidde på 300 km krever batterier med en kapasitet som dagens produsenter ikke engang tør å drømme om, men batteriteknologien er under stadig og rask utvikling. I tabell 5 presenteres en vurdering av utviklingsnivå av de ulike klimanøytrale teknologiene innen tungtransport i dag sammenlignet med konvensjonell fossildrevet motorteknologi.

Gassmotorteknologi som kan benytte flytende biogass befinner seg i en nisjemarkedsfase. Gassmotorteknologien er velkjent teknologi som man nå har tilpasset til bruk av flytende biogass. De etablerte lastebilprodusentene Volvo, Scania og Iveco tilbyr fra 2018 ny tunge lastebiler som kan kjøre på flytende biogasslastebiler (Iveco allerede fra November 2017). Enova gir støtte til dekning av merkostnader for kjøretøy og fyllestasjoner for biogass. Biogass er også fritatt for en del av drivstoffavgiftene, men det er også andre biodrivstoff.

Helelektrisk fremdrift av tunge lastebiler befinner seg i hovedsak i en konseptutviklingsfase, men teknologien har kommet ulik langt i ulike segment. Tunge lastebiler med en totalvekt på opptil 50 tonn som skal kunne brukes til regional transport befinner seg i en konseptutviklingsfase. Flere produsenter har presentert konseptlastebiler som nå testes ut i begrenset omfang. Her er Teslas sin Semi Truck og Mercedes-Benz sin E-Truck de som er mest interessante for EGEs transportbehov med en totalvekt på 36 respektive 26 tonn.

Helelektrisk fremdrift av mellomtunge lastebiler med en totalvekt under 16 tonn og som skal brukes til kort sentrumsnær bytransport, har kommet lengre i teknologiutviklingen og befinner seg mellom en demonstrasjon- og nisjemarkedsfase. Flere produsenter har presentert konsepter som nå testes ut i virkelige applikasjoner som illustrerer teknologien, dens potensial samt muliggjør tilbakemelding fra kunder. Eksempel på dette er produsenten Emoss som har solgt tre lastebiler med helelektrisk fremdrift til blant annet Asko i Norge.

De helelektriske lastebilene som er tilgjengelige i markedet i dag er i hovedsak egnet til korte transportoppdrag i tettbebygde strøk og byer, med lademuligheter i løpet av arbeidsdagen.

Brenselcelleteknologien er i en konseptutviklingsfase uansett vektsegment. Det er ingen produsent som tilbyr mellomtunge eller tunge lastebiler med hydrogen brenselceller i markedet i dag. Flere produsenter har presentert konseptbiler som nå testes ut i begrenset omfang. Toyota presenterte en konseptbil i 2017 med en totalvekt på 36 tonn som nå testes ut, men lite er kjent om når den forventes kommersialisert fullt ut. Nikola Motor Company presenterte i 2016 en prototype av sin hydrogenlastebil Nikola One med en totalvekt på 38-39 tonn og har sagt at den skal lanseres kommersielt tidligst i 2021.

Tabell 5: Vurdering av teknologienes utviklingsnivå i dag.

	Hydrogen brenselcelle	Helelektrisk		Gassmotor	Forbrennings -teknologi
		Tung	Mellomtung		
Modenfase					
Kommersiell vekstfase					
Nisjemarkedsfase					
Demonstrasjonsfase					
Konseptutviklingsfase					

Fremtidig teknologiutvikling

På lengre sikt, 5 år, kan helelektrisk fremdrift være et konkurransedyktig teknologialternativ, fremfor alt i segmentet mellomtunge lastebiler som er tenkt å brukes til korte transportoppdrag i tettbebygde strøk og byer. Teknologiutviklingen går superraskt og det kommer til å skje mye innen 5 år. Det skjer mye utvikling på parallelle teknologier, og det er vanskelig å si hvilken teknologi som kommer først. På enda litt lengre sikt, 5-10 år, kan helelektrisk fremdrift og hydrogenlastebiler komme til å bli interessante for regionale transporter med tunge lastebiler med en vekt inntil 50 tonn.

Elektriske drivlinjer har tidligere hatt meget begrenset bruk i lastebiler, men utviklingen skjer raskt innen bransjen og en del aktører i bransjen mener trenden er i ferd med å snu, spesielt i distribusjonssektoren. Wolfgang Bernhard, sjef for Daimlers lastebildivisjon mener for eksempel at «tiden er moden for en elektrisk lastebil». Videre mener flere aktører at lovkrav til CO₂-utslipp på tunge kjøretøy som vil bli innført i EU fra 1. januar 2019 kan påskynde en elektrifisering av tungtransportbransjen.

Lastebilprodusenter som Volvo og Scania virker på den andre siden å tro mer på hybridløsninger for regional tungtransport, mens de venter på mer effektive batterier. Iveco investerer utviklingspenger på gassmotorer med biogass frem til 2030, ifølge Morten Mangor Iversen på Iveco. De tror ikke på helelektrisk fremdrift på grunn av begrensningene i batteriteknologien dvs. batteriene er for dyre og for tunge hvilket går utover nyttelastkapasiteten. Iveco tror mer på brenselceller enn helelektrisk fremdrift, men ettersom hydrogen er veldig dyrt i dag så tror de det vil drøye 5-10 år før den teknologien blir konkurransekraftig.

Alle lastebilaktører vi har intervjuet er dog enige om at fremtidens fornybare løsninger innen tungtransport mest sannsynlig vil være basert på en kombinasjon av ulike løsninger som klimanøytrale teknologier, hybrider, ladbare hybrider og konvensjonell forbrenningsmotor med mer klimaeffektive drivstoff.

6 Behov for lade- og fyllinfrastruktur

I dette kapitlet presenteres noen sentrale problemstillinger knyttet til lade- og fyllinfrastrukturen for tungtransport som må utredes videre.

For at tungtransportbransjen skal kunne komme i gang med et skifte til klimanøytrale teknologier må tilhørende lade- og fyllinfrastruktur for el, hydrogen og flytende biogass være på plass. Det er den ikke i dag. Mesteparten av den kunnskap og erfaring vi har i dag om lade- og fyllinfrastruktur er basert på forutsetninger og behov som gjelder for lette kjøretøy i personbilmarkedet. I tungtransportbransjen er behovene og forutsetningene annerledes og det stilles andre krav til infrastrukturen.

6.1 Fyllinfrastruktur for flytende biogass

For å kunne bruke tunge lastebiler med flytende biogass til transport av avfall, må nødvendig fyllinfrastruktur være på plass i Oslo-området. Det finnes per i dag ingen offentlig tilgjengelig fyllestasjon for flytende biogass i Norge. Klimaetaten i Oslo kommune har et koordineringsansvar for å tilrettelegge for infrastruktur for flytende biogass. Private aktører jobber også med å etablere fyllestasjoner. Omsetningen av flytende biogass er derfor relativt liten i det norske markedet i dag.

Et alternativ til stasjonære fyllestasjoner er å bruke mobile tankanlegg (på trailer) som en midlertidig løsning for å støtte en markedsintroduksjon av biogassbiler med flytende biogass, i påvente av at det etableres stasjonære fyllestasjoner. Det var en løsning som ble brukt ved introduksjonen av biogasslastebiler i Nederland.

Utfordringen ved en introduksjon av biogasslastebiler i Norge er å få koordinert kjøperne av biogasslastebiler og utbyggerne av infrastruktur for flytende biogass. Tilgangen på flytende biogass vil være god fremover med flere produsenter som starter opp eller har planer om å starte produksjon av flytende gass. Noen eksempel på produsenter er VEAS som har vedtatt utbygging av anlegg for flytende biogass og Biokraft som er i ferd med å ferdigstille et biogassanlegg, med forventet levering av flytende biogass i løpet av våren 2018.

6.2 Ladeinfrastruktur for el

For å kunne bruke helelektriske tunge lastebiler til transport av avfall må nødvendig ladeinfrastruktur være på plass. Eksisterende offentlig tilgjengelig ladeinfrastruktur er i dag dimensjonert og utviklet for å møte ladebehovet for lette kjøretøy framfor alt i personbilmarkedet. Å lade en tung lastebil med en totalvekt på inntil 22, respektive 50 tonn, som har krav på å kunne kjøre 300 km uten å lade, stiller helt andre krav til ladeinfrastruktur enn til ladeinfrastruktur for en personbil med en totalvekt på under 3,5 tonn.

Tilstrekkelig ladeeffekt, dimensjonering av det lokale kraftnettet samt krav til en viss størrelse på arealbruk og god geografisk plassering av ladestasjoner er noen eksempel på sentrale problemstillinger som må utredes.

Ladeeffekt

Den ladeeffekt som er tilgjengelig på markedet i dag er utviklet for å dekke behovet for lette kjøretøy. En typisk hurtiglader har en ladeeffekt på 50 kW og Teslas supercharger har en ladeeffekt på 120 kW. I løpet av 2018 forventes neste generasjon ladere med en ladeeffekt på

350 kW, såkalt lynladestasjoner, å komme på markedet. Fortum Charge & Drive er først ut i Norge og planlegger å bygge den første i Nygårdskrysset ved Vinterbro i Oslo i løpet av 2018.

I den senere tid er det også kommet ladere for busser. I Mjøndalen, nær Drammen, etablertes i desember 2017 Norges første hurtigladdestasjon for helelektriske busser, med en ladeeffekt på 300 kW. Ladingen utføres ved at en pantograf (strømførende ladeinnretning) senkes ned på to ladeskinner som er montert på bussens tak. Disse overfører strømmen til bussens batteri.

Om vi ser på kravene til ladeeffekt for de tunge helelektriske konseptlastebilene som er presentert i avsnitt 5.2 så ligger de på 200 kW, 800 kW og 1 600 kW. Ladere med en effekt på 800 – 1 600 kW er ikke tilgjengelige i markedet i dag. De kraftigste hurtigladerne på markedet i dag gir cirka 450 kW¹⁸, men de er ikke offentlig tilgjengelige i det norske markedet.

Batteriet i Mercedes-Benz sin konseptlastebil Urban eTruck, med en totalvekt på 26 tonn, har en energikapasitet på 212 kWh og en rekkevidde på opptil 200 km (avsnitt 5.2). Hvis denne lastebilen skal kunne brukes til transport av EGEs matavfall må lastebilen lades minst en gang i løpet av et skift ettersom den totale kjørelengden i løpet av et skift er 300 km. Tilgjengelig ledig tid for lading i løpet av et skift er omtrent 1 time dersom man skal kunne bibeholde kvaliteten i transportarbeidet og sikre driften ved sorteringsanleggene (se avsnitt 3.2). Det stiller krav til en ladeeffekt på 200 kW.

Tesla har varslet at deres konseptlastebil Tesla Semi, med en totalvekt på 36 tonn, skal kunne lades til 80% batterikapasitet (640 km) på 30 minutter. Det stiller krav til en ladeeffekt på inntil 1 600 kW eller 800 kW dersom man lader en time.

Ladeteknologi egnet for tunge lastebiler er under rask utvikling. Scania tester ut lading av elektriske lastebiler med induksjonslading og lading via pantograf. Volvo tester ut lading av lastebiler via elektrifisering av veier. Tesla varslet i samband med presentasjonen av sin Tesla Semi Truck om en ny lader kalt Megacharger med en ladeeffekt på 1 600 kW, hvilket har fått en del aktører på markedet til å spekulere om at den kan være et gjennombrudd i ladeteknologi og/eller en kraftig forbedring av dagens litumbatterier. I tillegg til utviklingen av ladeteknologien vil også batteriteknologien utvikles fremover og vi vil få batterier med høyere energitetthet og lengre rekkevidde.

Å få til en ladeinfrastruktur som kan generere den mengde elektrisk ladeeffekt som trengs for å kunne lade lastebilen fort nok vil være en utfordring ved en introduksjon av tunge helelektriske lastebiler.

Dimensjonering av det lokale kraftnettet

En ladeinfrastruktur med krav til ladeeffekter på inntil 200 kW, 800 kW og 1 600 kW stiller krav til at det lokale kraftnettet er riktig dimensjonert for å klare det samlede effektbehovet. I følge en rapport fra Enova vil befolkningsvekst, økt bygningsmasse, elbiler, elektrifisering av sokkelen, mer kraftkrevende industri, og landstrømanlegg til batteridrevne maritime fartøy bidra til at effektbehovet i det lokale kraftnettet øker, noe som vil gi utfordringer for

¹⁸ Kristensson J. (2017): *Uppgift: Teslas snabbladdare för lastbilar kräver 1 600 kW*. Artikkel publisert i Ny Teknik 30.11.2017.

forsyningssikkerheten.¹⁹ Dagens kraftnett vil for eksempel ikke tåle at alle skal sette kjøretøyene sine på lading samtidig. Ifølge Enova må kraftnettet enten betydelig forsterkes, eller så må energiuttaket fordeles utover et lengre tidsspenn.

Arealbruk og geografisk plassering

I tillegg til krav til en viss ladeeffekt og riktig dimensjonering av det lokale kraftnettet må man finne gode lokasjoner for ladestasjoner som passer tunge lastebiler. En ladestasjon/energistasjon trenger et areal på tilsvarende omtrent 15-20 parkingsplasser, 300-400 m². Stasjonene må være i nærheten av farbare veier og lett å komme seg inn og ut av, og ikke altfor langt unna kjøreruten. Samtidig må ladestasjonen være plassert slik at den kan brukes av flere tunge nyttekjøretøy for å få økonomi i driften av stasjonen. Det vil derfor være behov for koordinert samarbeid om utvikling, arealbruk/lokalisering og etablering av infrastrukturen. Å finne gode lokasjoner med tilstrekkelig stort areal som kan stilles til rådighet for utbygging av ladestasjoner vil være en utfordring ved en introduksjon av helelektriske tunge lastebiler.

6.3 Fylleinfrastuktur for hydrogen

For å kunne bruke hydrogenelektriske tunge lastebiler til transport av avfall må nødvendig fylleinfrastuktur være på plass. Det er per i dag fem fyllestasjoner for hydrogen i Oslo-Akershus området, en i Oslo og 4 i Akershus. I tillegg er det planer om å etablere såkalte energistasjoner hvor en hydrogenfyllestasjon inngår som en del av en klimavennlig energimiks sammen med f.eks. hurtigladdere, biogass og andre biodrivstoff..

Stasjonsoperatørene vil normalt skille på personbilmarkedet og lastebilmarkedet arealmessig ved utbygging av fyllestasjoner, slik man gjør med diesel og bensin i dag. Man ønsker f.eks. ikke at en personbil skal vente på at fylle sin 5 kg hydrogentank mens en lastebil fyller sin 25 - 30 kg hydrogentank. Videre er kjøremønstrene ulike i de to markedene, hvilket gjør det vanskelig å finne den riktige lokasjonen dersom man skulle samlokalisere fylleinfrastrukturen for lette og tunge kjøretøy.

Det finnes ulike finansieringsmodeller og gjennomføringsstrategier for utbygging av infrastruktur. Klimaetaten ved Oslo kommune har ansvar for å tilrettelegge for utbygging av infrastruktur for hydrogen og har hittil forutsatt at utbyggingen av infrastrukturen skal skje uten økonomisk medvirkning fra kommunen. Akershus fylkeskommune har på den andre siden brukt betydelige ressurser på å stimulere etableringen og driften av hydrogenstasjoner og mener at det er nødvendig med offentlig økonomisk medvirkning i tidlig fase, spesielt i oppstartsfasen av et teknologiskifte til utslippsfri transport.

Investeringskostnaden for en hydrogenstasjon egnet for lette kjøretøy er omtrent 20 millioner NOK.²⁰ Investeringskostnaden for infrastrukturen til lastebiler vil være høyere, ifølge Ole Johannes Tønnessen. Enova gir investeringsstøtte for etablering av offentlig tilgjengelige hydrogenstasjoner som legger til rette for økt bruk av hydrogenelektriske kjøretøy, men bidrar ikke med støtte til drift. Støtten gis til den som skal foreta investeringen og kan utgjøre inntil 40% av investeringskostnaden.

Akershus kommune har et investeringsprogram som bidrar med støtte til driften av hydrogenstasjoner, og kompletterer dermed Enovas støtteprogram.

¹⁹ Enova (2017): *Markedsutviklingen 2017. Hovedtrender i Enovas satsingsområder*. Enova Rapport.

²⁰ Oslo kommune (2017): *Utredning. Miljøkrav til drosjenæringen*. Avdeling for transportløyve og skiltmyndighet, Bymiljøetaten.

Geografisk plassering av infrastruktur for hydrogen er ikke like viktig som for ladeinfrastrukturen ettersom hydrogenlastebiler vil ha en lengre rekkevidde enn en helelektrisk lastebil, og det tar kortere tid å fylle tanken. Det samme gjelder for biogasslastebiler. En bør likevel søke å finne lokasjoner som passer lastebilene dvs. ved farbare veier hvor det er lett å komme seg inn og ut. Ettersom en hydrogenstasjon er avhengig av en større tomt sammenlignet med ladestasjoner, kan det likevel være utfordrende å finne en egnet tomt til formålet. Det er derfor viktig å sette av riktige arealer til hydrogenstasjoner for lastebilmarkedet. Å finne gode lokasjoner med tilstrekkelig stort areal som kan stilles til rådighet for utbygging av hydrogenstasjoner vil være en utfordring ved en introduksjon av tunge lastebiler med hydrogen brenselceller.

7 Vurdering hvorvidt teknologien er egnet til EGEs transportbehov

I dette kapitlet gjør vi en vurdering hvorvidt dagens klimanøytrale teknologier er egnet for EGEs transportbehov, basert på parameterne tilgjengelighet, modenhet, ytelse og forventet driftsstabilitet. Kostnad omhandles i kapittel 8.

7.1 Krav til kjøretøyet

EGEs transportbehov stiller krav til at lastebilen skal kunne trekke en totalvekt på 50 respektive 22 tonn og kunne trekke krokcontainere på tilhenger. I tillegg skal kjøretøyet ha en rekkevidde på minimum 300 km hvilket er den maksimale kjørelengden ilt et døgn for transport av avfallsfraksjonene matavfall og reject (se avsnitt 3.2 og 3.3). I tillegg må det finnes lokal infrastruktur for service av kjøretøyene for å sikre stabil drift og vedlikehold av kjøretøyene samt en infrastruktur for fylling og lading av kjøretøyet. Bilene må også oppfylle kravene til EUs typegodkjenning og norske lovkrav knyttet til miljøutslipp, tekniske spesifikasjoner og krav til sikkerhet.

7.2 Vurdering av bilmodeller og teknologien

I tabell 5 presenteres en oversikt over vår vurdering av hvilke lastebilmodeller som er egnet til EGEs transportbehov basert på lastebilmodellene som er presentert i avsnitt 5.2.

Kjøretøy med gassteknologi med flytende biogass kan ivareta EGEs funksjonskrav til lastebilene som skal transportere mat- og plastavfall. Volvo, Scania og Iveco tilbyr lastebilmodeller med en totalvekt på 50 tonn, en rekkevidde på over 500 km og kan trekke krokcontainere. Modellene er tilgjengelig i det norske markedet fra 2017/2018. Leveringstid for lastebilene til norske kunder er anslagsvis 3-4 måneder, ifølge samtale med en av lastebilprodusentene.

Volvo, Scania og Iveco antas ha en god distribusjonsskjede for levering av lastebiler og en vel utbygd serviceinfrastruktur. Videre har de produksjonsenheter i Europa hvilket betyr at lastebilene vil oppfylle EUs typegodkjenning og norske lovkrav. Driftssikkerheten for lastebilen er tilsvarende en dieselbil, ifølge samtale med produsentene.

Den største utfordringen ved en markedsintroduksjon av tunge lastebiler med flytende biogass i Norge er mangel på fyllestasjoner. Det finnes per i dag ingen offentlig tilgjengelige fyllestasjoner med flytende biogass i Norge. En forutsetning for at lastebiler med flytende biogass skal kunne være egnet for EGEs transportbehov er derfor at det etableres en fyllstasjon i Oslo-området og en jevn forsyning av flytende biogass sikres.

Per i dag finnes det kun en elektrisk lastebil tilgjengelig i markedet som kan ivareta EGEs funksjonskrav til lastebiler for transport av plastavfall, og den er fortsatt på pilotstadiet. Den nederlandske lastebilprodusenten Emoss tilbyr helelektriske lastebiler med en totalvekt på 24 tonn, en rekkevidde opp mot 250-300 km og kan trekke krokcontainere. Lastebilen produseres kun på forespørsel, ifølge informasjon på Emoss sin hjemmeside. Leveringstiden er ikke oppgitt.

Emoss er en ny og mindre lastebilprodusent fra Nederland som har innrettet seg mot produksjon av helelektriske lastebiler. Selskapet hadde i september 2016 levert kun 30 lastebiler, alle mer eller mindre spesialbygde. De er ikke til stede i Norge dvs. de har ikke en

generalagent. En lokal infrastruktur for service av lastebilene er ikke tilgjengelig i det norske markedet per i dag. Lite informasjon er tilgjengelig om erfaringene fra driften av 24 tonn-lastebilene, de er for eksempel ikke testet ut i norske forhold. Driftssikkerheten antas derfor å være usikker. For EGE er pålitelig transport viktig for driften av anleggene. En lastebil kan ikke stå på verksted over lang tid uten at det eventuelt settes inn en reservebil. I tillegg må lastebilen kunne lades raskt for å sikre driften ved sorteringsanleggene, noe som stiller krav til at nødvendig ladeinfrastruktur må bygges ut. Mercedes-Benz sin e-Truck, Teslas Semi Truck og MAN sin helelektriske lastebil kan være egnet for EGEs transport av plastavfall, men disse bilene er i en konseptutviklingsfase og forventes kommersialisert tidligst 2019-2020.

Konklusjonen er at det per i dag ikke finnes en helelektrisk lastebil eller lastebil med hydrogen brenselceller som kan ivareta EGEs funksjonskrav til lastebilene som skal transportere matavfall, verken kommersielt eller som en konseptbil, med mindre man velger å kjøre en og en container og kjøre dobbelt så mange turer (noe som ikke er vurdert som aktuelt i denne utredningen). På lengre sikt, 5 år, kan det komme helelektriske lastebiler på markedet som er egnet for EGEs transport av plastavfall og enda lengre frem helelektriske lastebiler og lastebiler med hydrogen brenselceller som kan være egnet transporten av matavfall.

Oppsummert er vår vurdering at gassmotorer med flytende biogass er den klimanøytrale teknologien som er best egnet for EGEs transportbehov av matavfall og plastavfall.

Tabell 6: Vurdering av hvorvidt lastebilmodellene er egnet EGEs transportbehov.

Grå -> Egnet Lysgrå-> Usikker Gul -> Utfordring

	Gass teknologi (flytende biogass)			Helelektrisk				Hydrogen brenselceller	
	<i>Volvo</i>	<i>Iveco</i>	<i>Scania</i>	<i>Emoss</i>	<i>M-B</i>	<i>MAN</i>	<i>Tesla</i>	<i>Toyota</i>	<i>Nikola Motor</i>
Tilgjengelighet									
Salg i Norge 2018									
Leveringstid	3 - 4 måneder			Ikke kjent					
Forventet lansering i det globale markedet					2020	2020	2019	Ikke kjent	2021
Ytelse*									
Totalvekt - 50 tonn				**					
Totalvekt - 22 tonn									
Rekkevidde (>300 km)									
Krokcontainere									
Serviceapparat									
Driftsstabilitet									
Sikkerhet									
Lade-fylleinfrastruktur									

* Informasjon om nyttelastkapasiteten for lastebilene med helelektrisk fremdrift eller hydrogen brenselceller er ikke oppgitt så her finns generelt en usikkerhet hvorvidt teknologiene/modellene oppfyller EGEs behov til nyttelastkapasitet. Den parameteren er ikke så viktig for lastebiler med gassmotor da de er ganske like konvensjonelle lastebiler med forbrenningsmotor, men for helelektriske lastebiler med batteri kan det være store forskjeller da batteriene veier relativt mye i dag hvilket går utover nyttelastkapasiteten.

** I følge en pressemelding fra Stena Recycling skal en 50 tonns lastebil testes ut i Norge våren 2018, men det er ikke oppgitt noen informasjon på Emoss sin hjemmeside om denne konseptbil.

8 Økonomisk evaluering av alternativene

Tabellen under viser kvalitative vurderinger av dagens konvensjonelle teknologi, diesel, og tre teknologialternativer som er antatt å bli aktuelle i nær fremtid. Det har ikke vært mulig å fremskaffe tilstrekkelig data til å kostnadsberegne de økonomiske kriteriene. De tre nye teknologiene sammenlignes med diesel som referanse for om alternativene henholdsvis er bedre, like bra eller dårligere for et sett med kriterier. Kriteriene er vurdert som relevante i en sammenligning av bedriftsøkonomiske kostnader og ulemper sett i forhold til effekter for miljøet (CO₂, NO_x og støy). Målet med en økonomisk evaluering er først og fremst vurdering av kostnadseffektivitet: Er det verdt å ta på seg en økt kostnad, er gevinsten stor nok?

Tabell 7: Kvalitative vurdering av tre teknologialternativer. Teknologiene sammenlignes med konvensjonell teknologi, diesel, som referanse. (Grå -> Bedre, Lysgrå -> Like bra, Gul -> Dårligere)

	HVO	Flytende biogass	Helelektrisk
Infrastruktur og energitilgang	Usikkert	Fins ikke infrastruktur i dag	Må etableres separate ladestasjoner
Kapitalkostnad	Maskinteknologi = diesel	Høyere investering Annenhåndsverdi	Høyere investering Annenhåndsverdi
Energikostnad	Likt forbruk Økt pris	+ 2 % forbruk Usikker pris	Redusert kostnad
Vedlikeholdskostnad	Maskinteknologi = diesel	En leverandør sier 30% økt kostnad og en sier lik kostnad.	Batterilevetid Umoden teknologi kan gi høye reparasjonskostnader
Serviceapparat	Maskinteknologi = diesel	Etablerte leverandører i Norge	Nye leverandører, kan ta tid å bygge opp
CO₂			
NO_x			100% reduksjon ved bruk
Støy		3 dB bedre, inntil ca. 50 km/t	Bedre, inntil ca. 50 km/t

8.1 Beskrivelse av kriteriene og vurderinger

Infrastruktur og energitilgang

Det er helt avgjørende å ha forutsigbar tilgang på energiproduktet gjennom produksjon, distribusjon og infrastruktur.

For HVO er det noe usikkerhet knyttet til tilgangen på energi, herunder om produktet produseres i tilstrekkelig skala, og hvor fort det går å plassere produktet på eksisterende eller nye fyllestasjoner. Flytende biogass mangler i dag offentlig tilgjengelig infrastruktur, og for helelektrisk teknologi blir det sannsynligvis nødvendig å investere i egne spesialtilpassede ladestasjoner som også sikrer minimale driftsulempen.

Kapitalkostnad

Forskjeller i kapitalkostnaden bestemmes av verditapet, som er gitt av verdien på kjøretøyet ved kjøp/tilvirkning og etterbruk/salg. Markedet for dieselmaskiner er modent og teknologien velutviklet over tid. Diesel er aktuelt for eventuelle ettermarkeder med ulike etterspørrere og driftssituasjoner. HVO er i praksis de samme maskinene som diesel.

Ettermarkedet påvirker størrelsen på ulempen av korte kontrakter for en leverandør, enten gjennom alternativ bruk eller salg. Dette er en utfordring for flytende biogass og helelektrisk teknologi, selv om det er et økende antall gasslastebiler i Europa. Kapitalkostnadsulempen kan delvis unngås ved å inngå forutsigbare lange kontrakter som sikrer at maskinen kan ha driftsverdi gjennom hele levetiden. Selv med lange kontrakter vil disse teknologiene få et større verditap som følge av høyere investering. Disse teknologiene er mer kostnadskrevende i produksjon pr. i dag, noe som kan bedre seg over tid med teknologiutvikling og stordriftsfordeler i produksjonen på sikt.

Energikostnad

Energikostnaden består av forbruk multiplisert med pris. HVO har likt forbruk som diesel, noe som i praksis kan sies for flytende biogass også, med et anslag på 2 % økt forbruk. Hva som blir normal markedspris på disse energikildene er mer usikkert. HVO er noe dyrere enn konvensjonell diesel, og med små marginer i logistikkbransjen er det flere aktører som har valgt bort HVO grunnet pris. Flytende biogass er nytt, og på generell basis kan det ta tid å bygge tilstrekkelig omsetningsvolum, distribusjonsnett og stordriftsproduksjon før «normale» markedspriser viser seg. Helelektriske maskiner vil etter all sannsynlighet gi redusert energikostnad, basert på entydige erfaringer med el-bilers forbruk og dagens el-priser.

Vedlikeholdskostnad

Vedlikeholdskostnaden knytter seg til normal service, slitasje og reparasjoner. Diesel og HVO gir i utgangspunktet likt vedlikehold av kjøretøyet, mens man foreløpig har begrenset erfaring med biogass. Tallene varierer fra like kostnader som for diesel til 30% økning av vedlikeholdskostnader. Helelektrisk krever mindre ordinært vedlikehold med langt færre bevegelige deler, samtidig er det usikkerhet forbundet med levetid på batterier med store kjørelengder. Det fins lite relevant erfaring på området.

Serviceapparat

Serviceapparatet handler om tilgangen på vedlikeholdstjenester og kan ha relevante følgekonsekvenser for driften. Det kan være responstid, tid som går med til utførelsen av tjenestene og kvaliteten på utførte tjenester, noe som til sammen påvirker forutsigbarhet,

hyppighet og total varighet på maskin ute av drift. Helelektrisk antar å skille seg ut her da nye leverandører mangler servicenettverk, noe som kan være ineffektivt i en startfase og med lave volumer.

CO₂ (klimagasser)

I et klimaperspektiv spiller det ingen rolle i seg selv hvor i verden utslippet genereres, eller på hvilket trinn i en livssyklus / verdikjede. For å vurdere om et klimatiltak reelt gir positiv effekt, er det nødvendig å se på summen av effekter over hele livsløpet / verdikjeden av tiltaket. I tillegg til utslippet forbundet med drift av kjøretøy, kommer produksjon og distribusjon av selve energien, samt produksjon av kjøretøyet som bruker energien i en driftssituasjon.

Disse effektene må så sammenlignes med en referanse – hva skjer hvis vi ikke gjennomfører tiltaket? Ulike tiltak, samt 0-alternativet (ingen tiltak) vil kunne generere ulik energibruk på ulike trinn i livsløpet, og potensielt med ulike energikilder. Som eksempel vil økt energiforbruk innenfor det europeiske kvotemarkedet, slik systemet fungerer, ikke generere nye utslipp. Det totale volumet av klimagasser vil være begrenset av samlet kvote, der enhver aktør som øker sine utslipp må kompensere gjennom redusert utslipp et annet sted (ved kjøp av kvoter). Reduksjon av samlet utslipp forutsetter at samlet kvote reduseres. Et slikt resonnement vil i praksis forenkle analysen ved å legge til grunn at totalt utslipp blir uendret med tiltaket, gitt at energiforbruket er omfattet av kvotemarkedet. Transportsektoren er ikke omfattet av det europeiske kvotemarkedet, samt flere deler av verden, og det gjør at for eksempel produksjon av batterier kan falle utenfor kvotemarkedet.

Vi har antatt at alle teknologiene gir en positiv klimaeffekt i forhold til fossil diesel. Det eksisterer en rekke ulike estimater for de ulike teknologienes klimagassreduksjon, men med ulike forutsetninger. Vi har ikke tilgang til estimater med konsistente forutsetninger for å sammenligne her.

Med følgende antagelser, kan en si at alle tiltakene vil gi opp mot 100 % reduksjon av klimagasser, og flytende biogass kan ha større potensial grunnet karbonlagring i produksjonsprosessen.

- Kraftproduksjonen skjer innenfor EUs kvotemarkedet (produksjon av kjøretøy og batterier, produksjon av drivstoff og strøm for lading).
- Transportmarkedet er ikke del av kvotemarkedet, slik at kutt av dagens fossile diesel gir reell utslippsreduksjon.
- Ser bort ifra utslipp knyttet til transport av drivstoffet og distribusjon av el.

Antakelsen om batteriproduksjon i Europa kan være optimistisk, noe som reduserer utslippsgevinsten av elbilteknologi. På den annen side er det trolig riktig å legge til grunn at distribusjon av kraft til ladepunkter vil generere mindre klimagassutslipp enn transport av drivstoff. I favør av flytende biogass bør det nevnes at klimagassutslipp kan overstige 100 % gjennom permanent karbonfangst fra biomaterialet i produksjonsprosessen.

I tillegg kan det være nødvendig å se på fordelingen av effekter over tid, dersom tiltaket tilsier at effekten ikke skjer på kort sikt. For å vurdere om tiltaket bidrar til å redusere *global oppvarming i tide*, er det også nødvendig å vurdere hvordan mengden av klimagasser i atmosfæren endrer seg over tid som følge av tiltaket. Spesielt gjelder dette for bio-energi, hvor effekten hviler på forutsetningen om at det naturlige CO₂-kretsløpet ikke forstyrres.

Tidspunktet for frigjøring av CO₂ til atmosfæren og tidspunkt for fremtidig absorbering av det «naturlige lageret» har betydning for om effekten *kommer i tide*. Derfor er det viktig å være oppmerksom på å stille krav til bruk av «riktig type biodrivstoff», i tillegg til andre etiske hensyn.

NOx

NOx-utslipp knytter seg til det lokale miljøet, gjennom luftkvaliteten, særlig i større byer som Oslo. Det er kun helelektrisk teknologi som kan kutte NOx-utslippet helt.

Støy

Støy genereres fra motor på kjøretøyet i tillegg til rullemotstand og luftmotstand. Som en tommelfingerregel regner en med at støy fra hjulene overstiger motorstøy ved hastighet på cirka 50 km/t. Flytende biogass og helelektrisk gir støyreduksjoner i saktegående bytrafikk inntil 50 km/t.

8.2 Vurdering av alternative teknologier

HVO

HVO fremstår som den enkleste løsningen på kort sikt eller som en midlertidig løsning. HVO gir økte energikostnader (drivstoff) i forhold til dieselskjøretøy, men ellers ingen større ulemper. Strategien gir fleksibilitet for usikre kostnader, ved at fossil diesel også kan benyttes på kjøretøyene.

Forutsetning for å lykkes:

- Infrastruktur og leveringsstabilitet på HVO må sikres, men synes mulig på kortere sikt.
- For å oppnå positiv effekt må en sørge for å sikre bruk av den «riktige» typen HVO, «palmeoljeproblematikken» må diskuteres.

Flytende biogass

Flytende biogass gir økte kapitalkostnader og det er noe usikkerhet knyttet til vedlikeholdskostnader sammenlignet med diesel. Det er også usikkert om energikostnaden (drivstoff) vil bli større sammenlignet med diesel.

Forutsetning for å lykkes:

- Infrastruktur og leveringsstabilitet (pris) på flytende biogass må sikres.
- Som et grep for å bøte på det usikre ettermarkedet er det viktig å vurdere varigheten på kontrakter for avfallskjøring, eventuelt andre kontraktstrategier som reduserer leverandørens verditapsrisiko. Lange kontrakter kan imidlertid gi andre ulemper, herunder spesielt ulempen ved å binde seg til en spesifikk teknologi i en tid hvor utviklingen går raskt, eller behov for fleksibilitet mht. endrede forutsetninger for driften til EGE.

Helelektrisk

Teknologien har de samme utfordringene med økte kapitalkostnader som flytende biogass. Energikostnaden (el kontra drivstoff) reduseres. Det er usikkert om summen av

vedlikeholdskostnader øker eller reduseres i forhold til diesel, da batterilevetider / utskiftning er usikkert, mens normal service reduseres med langt færre bevegelige deler.

Forutsetning for å lykkes:

- Kjøretøy med tilstrekkelig rekkevidde og ladeinfrastruktur.
- Velfungerende serviceapparat.
- Strategi for å begrense verditap som følge av dårligere ettermarked, ref. flytende biogass over.

9 Referanser

- Abrahamsson H., (2016): *BMW börjar frakt med 40 tons eldriven lastbil*. Artikkel publisert i NyTeknik 06.07.2016. <https://www.nyteknik.se/fordon/bmw-borjar-frakt-med-40-tons-eldriven-lastbil-6392821#conversion-122831618> (lasted ned 14.12.2017)
- Avfall Norge (2017): *Bærekraft og klimagassreduksjoner for norskprodusert biogass – Kunnskapsgrunnlag og anbefalinger til innkjøpere*. Rapport nr: 11/2017. Dato: 29.08.2017
- Banker S. (2017): *Momentum Builds For Electric Trucks In U.S.* Artikkel publisert i Forbes 14.09.2017. <https://www.forbes.com/sites/stevebanker/2017/09/14/a-big-week-for-electric-trucks-in-the-u-s/#60152e9f4b6c> (lasted ned 14.12.17)
- Biogas 2020 (2016): *Hållbara lösningar för tunga fordon*. Skandinaviens Biogaskonferens 2016. <https://www.biogas2020.se/hallbara-losningar-tunga-fordon/> (lasted ned 09.01.2017)
- Biokraft (2016): *Klimavennlig tungtransport ruller ut nå*. Pressemelding 10. mai 2017. <http://www.biokraft.no/pressemelding-klimavennlig-tungtransport-ruller-ut-na/>(lastet ned 10.18.2017)
- Biokrafts hjemmeside. *I 2017 ferdigstiller Biokraft verdens største produksjonsanlegg for flytende biogass drivstoff (LBG) på Skogn i Nord-Trøndelag*. <http://www.biokraft.no/biokraft-skogn/> (lasted ned 14.02.2018).
- Braata E. (2017): *Skal bli store på gass*. Artikkel publisert i Anlegg & Transport 27.10.17. <http://www.at.no/transport/2017-10-27/Skal-bli-store-p%C3%A5-gass-28563.html> (lasted ned 03.12.2017)
- Christensen A. (2017): *Hvor skitne er elbilens batterier?* Artikkel publisert i Forskning.no. 04.12.2017. <https://forskning.no/2017/11/hvor-skitne-er-elbilens-batterier>
- Dalløkken P.E. (2016): *Askos nye lastebil har to tonn batterier mellom akslingene*. Artikkel publisert i Teknisk Ukeblad 13. september 2016. <https://www.tu.no/artikler/askos-nye-lastebil-har-to-tonn-batterier-mellom-akslingene/351502> (lasted 32.10.2017)
- Daimlers hjemmeside. <https://www.daimler.com/innovation/next/electric-truck-for-the-city-the-urban-etruck.html> (lasted ned 231017)
- Drammen Live24 (2017): *Først i Norge: Ladestasjon for el-buss montert i Mjøndalen*. Artikkel publisert 11.12.17. <http://drm24.no/nyheter/samfunn/forst-i-norge-ladestasjon-for-el-buss-montert-i-mjondalen-1712434> (lasted ned 11.12.2017)
- Edgren J. (2017): *Scania om Tesla semi: ”Jättebra för att transportera chipspåsar”*. Artikkel publisert i NyTeknik 07.12.2017. <https://www.nyteknik.se/fordon/scania-om-tesla-semi-jattebra-for-att-transportera-chipspasar-6887851#conversion-122831618> (lasted ned 14.12.2017)
- Enova (2017): *Støtteordning til hydrogeninfrastruktur*. <https://www.enova.no/bedrift/landtransport/stotte-til-infrastruktur/hydrogeninfrastruktur/> (lasted ned 11.12.2017)

Enova (2017): *Energi- og klimatiltak i landtransport*. <https://www.enova.no/bedrift/landtransport/energi--og-klimatiltak-i-landtransport/> (lasted ned 08.01.2018)

Edgren J. (2017): *Här rullar Toyotas bränslecellslastbil*. Artikkel publisert i NyTeknik 17.10.2017. <https://www.nyteknik.se/fordon/har-rullar-toyotas-branslecellslastbil-6877849#conversion-122831618>

Emobility – *Electricity for sustainable energy*. <http://emobility.se/startside/elfordon/elbilena-pa-5-minuter/>

Emoss hjemmeside. <http://www.emoss.nl/en/electric-vehicles/full-electric-truck/> (lasted ned 23.10.2017)

Enova (2017): *Markedsutviklingen 2017. Hovedtrender i Enovas satsingsområder*. Enova Rapport.

Ferris R. (2017): *Electric trucks could sell faster than cars, but Tesla may be aiming at the wrong end of the market*. Artikkel publisert i CNBC 21. November 2017. www.cnbc.com (lasted ned 25.11.2017)

Førde H. (2017): *50 tonns elektrisk lastebil i trafikk Oslo - Moss til våren*. Artikkel publisert i TransportMagasinet 21. desember 2017. <https://www.tungt.no/transportmagasinet/50-tonns-elektrisk-lastebil-oslo-moss-varen-2018-3733401> (lasted ned 09.01.2018)

Green Highway (2017): *Gasfordonsguiden - Bussar och lastfordon*. Kommunene Sundsvall, Østersund og Trondheim. Rapport fra Juni 2017. <http://www.biokraft.no/green-highway-ute-med-ny-guide-til-gasskjoretoy/> (lasted ned 18.10.2017).

Harnesk T. (2016): *Svenska bränsleceller i världens första tunga vätgaslangtradare*. Artikkel publisert i NyTeknik 21. november 2016. <https://www.nyteknik.se/fordon/svenska-bransleceller-i-varldens-forsta-tunga-vatgaslangtradare-6805805#conversion-122831618>

Hellsmark H., Bergek A., et. al. (2014): *Teknologiska innovationssystem inom energiområdet: En praktisk vägledning till identifiering av systemsvagheter som motiverar särskilda politiska åtaganden*. ER 2014:23. Statens Energimyndighet. ISSN 1403- 1892. <http://liu.diva-portal.org/smash/get/diva2:864320/FULLTEXT01.pdf>

Johansen F. (2017): *10 minutter lading skal gi 25 mils kjøring*. Artikkel publisert i Ringerikes Blad 1. januar 2018. <https://www.ringblad.no/nyheter/motor/bil/10-minutter-lading-skal-gi-25-mils-kjoring/s/5-45-512671> (lasted ned 09.01.2018)

Karlsson A. (2017): *Bosch och Nikola i samarbeide om el-lastbil*. Artikkel publisert i Svensk Åkeritidning 25. September 2017. <http://www.akeritidning.se/svensk-akeritidning/nyheter/2017/09/25/bosch-och-nikola-i-samarbete-om-el-lastbil>

KNEG (2017): *En redovisning av utvecklingen inom svenska godstransportsektorn på väg och KNEG*. KNEG Resultatrapport 2017. Ett samarbeide mellom Trafikverket och Göteborgs miljövetenskapliga centrum vid Chalmers och Göteborgs universitet.

Kristensson J. (2017): *Uppgift: Teslas snabbladdare för lastbilar kräver 1 600 kW*. Artikkel publisert i Ny Teknik 30. november 2017. <https://www.nyteknik.se/fordon/uppgift-teslas->

snabbladdare-for-lastbilar-kraver-1-600-kw-6886405#conversion-122831618 (lasted ned 03.12.2017)

Lambert. F. (2017): *Tesla Semi and Roadster innovations that could make it to Tesla's other vehicles*, Artikkel publisert i Electrek 24. november 2017. www.electrek.co (lasted ned 25.11.2017)

Lambert. F. (2018): *A first look at Mercedes-Benz's latest all-electric truck: the eActros*. Artikkel publisert i Electrek 21. februar 2018. www.electrek.co (lasted ned 23.02.2018)

Lambert. F. (2017): *Tesla releases «expected price» of semi electric truck: \$ 150,000 to \$ 200,000*. Artikkel publisert i Electrek 22. november 2017. www.electrek.co (lasted ned 25.11.2017)

Lambert. F. (2016): *Daimler unveils its first all electric eTruck: 26 tonnes capacity, massive 212 kWh battery for ca. 125 miles of range*. Artikkel publisert i Electrek 27. juli 2016. www.electrek.co (lasted ned 25.11.2017)

Miljødirektoratet. <http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/2017/Februar-2017/Fakta-om-biodrivstoff1/> (lasted ned 17.01.2018)

Nikola Motor Companys hjemmeside. <https://nikolamotor.com/one> (lasted ned 14.02.2018).

Ny Teknik. (2017): *Volvo ska konkurrera med gasmotor*. Artikkel publisert i NyTeknik 03.10.2017. <https://www.nyteknik.se/fordon/volvo-ska-konkurrera-med-gasmotor-6875292#conversion-122831618> (lasted ned 10.18.2017)

Olsen A. (2017): *Ny rapport: Kraftnettet i Norge tåler ikke at alle skal komme hjem fra jobb og lade elbilen sin*. Artikkel publisert i Sysla Grønn 23.11.2017. <https://sysla.no/gronn/ny-rapport-kraftnettet-norge-taler-ikke-alle-skal-komme-hjem-fra-jobb-og-lade-elbilen-sin/>

Orring A. (2016): *Så fungerer Sveriges första helt eldrivna lastbil*. Artikkel publisert i NyTeknik 14. november 2016. <https://www.nyteknik.se/fordon/sa-fungerar-sveriges-forsta-helt-eldrivna-lastbil-6804291#conversion-122831618> (lasted ned 102317)

Oslo kommune. (2017): *Utredning. Miljøkrav til drosjenæringen*. Avdeling for transportløyve og skiltmyndighet, Bymiljøetaten.

Seehusen J. (2018): *Norges første el-lastebil har så mange tekniske utfordringer at Asko gir den opp. Bestiller heller 10 Tesla Semi*. Artikkel publisert i Teknisk Ukeblad 24. januar 2018. <https://www.tu.no/artikler/norges-forste-el-lastebil-har-sa-mange-tekniske-utfordringer-at-asko-ikke-vil-ha-flere/426669> (lasted ned 25.01.2018)

Steco Miljø AS hjemmeside. <http://www.steco.no/produkter/elektrisk-lastebil/> (lasted ned 08.03.2018)

Stølen S.I., (2016): *Elektriske lastebiler er slett ikke nytt i Norge*. Artikkel publisert på Norges Lastebileier Forbund (NLF) 30.01.2016 <https://lastebil.no/Aktuelt/Nyhetsarkiv/2016/Elektriske-lastebiler-er-slett-ikke-nytt-i-Norge> (lasted ned 14.12.2017)

Toyota (2017): *Toyota Drives the Future of Zero Emission Trucking. Project Portal starts drayage routes at Port of Los Angeles on October 23rd. Feasibility study examines potential usage of fuel cell technology in heavy-duty applications.* Pressemelding 12. Oktober 2017. <http://corporatenews.pressroom.toyota.com/releases/toyota+drives+future+zero+emission+trucking.htm> (lasted ned 09.11.2017).

Valle M. (2017): *Disse brenselcellene skal drive Askos hydrogenlastebiler.* Artikkel publisert i Teknisk Ukeblad 10. juni 2017. <https://www.tu.no/artikler/disse-brenselcellene-skal-drive-askos-hydrogenlastebiler/395262> (lasted ned 14.02.2018).

Valle M. (2016): *Nå skal Mercedes lage elektrisk lastebil.* Artikkel publisert i Teknisk Ukeblad 27. juli 2016 https://www.tu.no/artikler/na-skal-mercedes-lage-elektrisk-lastebil/349738#cxrecs_s (lasted ned 04.12.2017).

Valle M. (2015): *HVORDAN VIRKER: ELBIL-MOTOREN Slik virker elbil-motoren.* Artikkel publisert i Teknisk Ukeblad 19. desember 2015. <https://www.tu.no/artikler/slik-fungerer-elbil-motoren/276288>

Volvos hjemmeside.

<http://www.volvotrucks.no/no-no/news/press-release.html?pubid=22400> (lasted ned 30.10.2017)

<http://www.volvotrucks.no/no-no/trucks/volvo-fh-series/volvo-fh-lng.html> (lasted ned 30.10.2017)

Pröckel E. (2016): *Här är Mercedes eldrivna lastbil.* Artikkel publisert i Ny Teknik 02.08.2016. <https://www.nyteknik.se/fordon/har-ar-mercedes-eldrivna-lastbil-6592134> (lastet ned 23.10.2017)

Reitan N.K., Bøe A.G, Stensaas J.P. (2016): *Brannsikkerhet og alternative energibærere: El- og gasskjøretøy i innelukkede rom.* SPFR-rapport A16 20096-1:1

Sandquist J. (2017): *Alt du trenger vite om biodrivstoff.* Blogg publisert på #SINTEFblogg 19.12.2017. <https://blogg.sintef.no/sintefenergy-nb/alt-du-trenger-vite-om-biodrivstoff/>

Salutskij M. (2014): *Elmotorn – så fungerar den.* Artikkel publisert i Teknikens Värld – Allt om bilen. 15. Feb. 2014. <http://teknikensvarld.se/elmotorn-sa-fungerar-den-116707/>

Söderholm E. (2016): *Nikola One är en ny lastbil med nollutsläpp – vätgas ingår.* Artikkel publisert i Recharge 02.12.2016.

<http://www.mestmotor.se/recharge/artiklar/nyheter/20161202/nikola-one-ar-en-ny-lastbil-med-nollutslapp-vatgas-ingar>

Torgersen H.H. (2017): *Asko har bestilt ti lastebiler fra Tesla.* Artikkel publisert i MinE24. 22.12.2017. <https://min.e24.no/asko-har-bestilt-ti-lastebiler-fra-tesla/a/QlmGJJ> (lasted ned 09.01.2017)

Weber C., Amundsen A.H. (2016): *Fornybare drivstoffer – Fornybar diesel: HVO.* TØI rapport 1475/2016.

WSPs hjemmeside. (2016): *Klimatsmart godstransport med lastbilar på vätgas.*

<http://www.wsp-pb.com/sv/WSP-Sverige/Vilka-vi-ar/Newsroom/WSP-bloggar/Vag-och-trafik/Klimatsmart-godstransport-med-lastbilar-pa-vatgas/>

