Effektivisering av tunge kjøretøyer

Tunge kjøretøy bidrar sterkt til utslipp av klimagasser fra vegsektoren. Siden 1994 har det har vært en utvikling i retning av økt utslipp CO_2 per vognkm, samtidig som utslippene av CO_2 per tonnkm har gått ned. Store dieselmotorer er med 40-45 prosent maksimal virkningsgrad forholdsvis effektive.

Lavere forbruk av drivstoff og reduksjon i utslipp av CO_2 i kan oppnås ved hjelp av overgang til fremdrift med biodrivstoff, hydrogen eller elektrisk. Dette kan også være med på å redusere utslippene av helseskadelige avgasser ytterligere. Euro VI teknologi kan redusere de lokale utslippene betraktelig i forhold til tunge dieselkjøretøy med Euro V teknologi. Motorer og nye fremdriftssystemer som er mer energieffektive enn de som er tilgjengelige i dag bør tas i bruk når de blir tilgjengelige og passer for aktuelle bruksområder.

Reduksjon i klimapåvirkning og drivstofforbruk fra langtransport av gods er mulig å oppnå ved bedre utnyttelse av lastebiler, mindre returkjøring uten varer, større lastebiler og økt bruk av klimavennlige drivstoff.

For tunge lastebiler og langdistansebusser vil det ta noen år før helelektriske og hydrogen

kjøretøy blir tilgjengelig på markedet i større målestokk (dette er fortsatt i stor grad på teststadiet). For bybusser er det både elbusser og hydrogenbusser tilgjengelig på markedet.

1 Problem og formål

Tunge kjøretøy, definert som kjøretøy med tillatt totalvekt over 3.500 kg, herunder lastebiler, trekkvogner og busser, bidrar sterkt til utslipp av klimagasser fra vegsektoren. Norge har som mål at (Samferdselsdepartementet 2017):

- Nye bybusser skal være nullutslipp eller benytte biogass innen 2025.
- 75 prosent av nye langdistansebussene og 50 prosent av nye lastebiler skal være nullutslippskjøretøy innen 2030.
- Innen 2030 skal tilnærmet all varedistribusjon i de største byene være nullutslipp.

Vegtrafikken står for 17 % av klimagassutslippene i Norge (i 2018), og rundt halvparten av utslippet stammer fra tungtransport og varebiler (Miljødirektoratet 2020). I motsetning til utslippet fra personbiler, har utslippet av klimagasser fra tungekjøretøy og varebiler økt noe. EU-Kommisjonen har foreslått å redusere CO_2-utslippene fra ny tunge kjøretøyer med (Regjeringen 2019):

- 15 prosent i 2025
- 30 prosent i 2030 sammenliknet med nivået i 2019.

Tunge kjøretøy er også en kilde til utslipp av nitrogenoksider og partikler (NO_x og PM_{10}). NO_x-utslippet består av NO og NO_2. Deler av NO-utslippet omformes til NO_2 i byluft i nærvær av ozon.

Formålet med tiltaket er å redusere klimapåvirkningen og avgassutslipp av helseskadelige avgasser fra tunge kjøretøy. Tiltaket beskriver i hovedsak tunge lastebiler. Elektriske bybusser er beskrevet i eget tiltak, det samme gjelder varebiler. Biodrivstoff og bruk av dette er også beskrevet i eget tiltak.

Figur 1: Lastebiler i kø. Kilde: Aftenposten.

Bruk av lastebiler i Norge

Det meste av lastebilenes transportarbeid i Norge utføres av lastebiler som er 5 år eller yngre, og som har en motorstyrke på 500 hk eller over (Hovi m.fl. 2019). Lastebiler som er 5 år eller nyere utgjør rundt 75% av lastebilflåten, og 85% av den årlige kjørelengden (Hovi m. fl. 2019). Lange lastebiler med høy lastekapasitet har hatt en økning i antallet tonnkilometer siden 90- tallet.

Tabell 1: Andelen (i prosent) av transportarbeidet som utføres med ulike type lastebiler, eller alder og motorstyrke.

	5 år eller mindre		**Mer enn 5 år**		**Totalt**
	Med trailer	Uten trailer	Med trailer	Uten trailer	
< 500 hk	9,3	10,9	2,7	5,7	28,6
>= 500 hk	62,2	3,1	5,6	0,5	71,4
Totalt	71,5	14,0	8,3	6,2	100,0

Utslippskrav for tunge kjøretøy

De forventede endringer i utslipp som følge av innfasing av Euro VI-motorer peker i retning av muligheter for store reduksjoner i utslipp av helseskadelige avgasser fra tunge kjøretøy (Hagman m fl 2015). Dette skyldes blant annet at nær to tredeler av trafikkarbeidet med tunge godsbiler utføres av biler som er nyere enn fem år (Hovi og Andersen 2010). Tabell 2 viser utslipp fra motorer med ulike Euro-klasser ved kjøring av motorene i motortestbenk. Utslipp av CO_2 er ikke regulert av Euro-kravene når det gjelder motorer for tunge kjøretøy. NO_2 utslippet er ikke redusert like mye fra Euro 0 til Euro V som NO_x-utslippet fordi NO_2 andelen av utslippet har økt (Hagman m fl 2015). Men for tunge dieselkjøretøy er dette problemet til en stor grad løst for Euro VI motoren (Hagman m fl 2015), se også figur 2 (som viser utslipp fra Euro VI vs Euro V).

Tabell 2. Utslippskrav for tunge kjøretøy fordelt på ulike Euroklasser i g/kWh.

Direktiv (registreringsår)	**NO_x**	**PM**	**HC**	**CO**	**CO_2**
Euro 0 (– 1993)	17,0	0,65	1,5	5,6	Ingen
Euro I (1994-1996)	8,0	0,36	1,1	4,5	Ingen
Euro II (1997-2000)	7,0	0,15	1,1	4,0	Ingen
Euro III (2001-2006)	5,0	0,10	0,7	2,1	Ingen
Euro IV (2007-2008)	3,5	0,02	0,5	1,5	Ingen
Euro V (2009-2014)	2,0	0,02	0,5	1,5	Ingen

Euro VI (2014-)	0,4	0,01	0,13	1,5	Ingen
Endring i krav, Euro 0-VI	**-98 %**	**-98 %**	**-91 %**	**-73 %**	

Se også tiltaket Eurokrav og typegodkjenning.

2 Beskrivelse av tiltaket

Større kjøretøy og bedre logistikk

For å oppnå lavere klimapåvirkning fra langtransport av gods på vei vil det være en fordel om færre kjøretøy med høy transportkapasitet kan erstatte et større antall kjøretøy med lav transportkapasitet. Reduksjon i klimapåvirkning og drivstofforbruk fra langtransport av gods er mulig å oppnå ved bedre utnyttelse av lastebiler, mindre returkjøring uten varer og større lastebiler. Utslippet av CO_2 i gram pr tonnkm er avtakende med kjøretøyets størrelse fordi større vogntog har et bedre forhold mellom transportkapasitet og utslipp enn mindre vogntog (Thune-Larsen m. fl. 2009). Ut fra et miljøhensyn bør større vogntog vurderes som et godt tiltak ved fornyelse av vognparken.

Bedre motorer

For godstransport med jevn hastighet over lange avstander vil tradisjonelle dieselmotorer sannsynlig de nærmeste 10 årene være det mest energiøkonomiske fremdriftsalternativet. Store dieselmotorer er forholdsvis effektive, men transportbedrifter bør være bevisste på den motortekniske utviklingen. Ved fornyelse av tunge kjøretøy bør man velge de kjøretøy og de løsninger som er mest energieffektive.

Nye og mer effektive gassmotorer kan medføre at metan blir et interessant drivstoff ikke bare i storbyer, men muligens også for langtransport. Men det kan bety redusert lastekapasitet fordi lagringstanker for gass tar større volum og vekt, enn tanker for dieseldrivstoff.

Lavere forbruk av drivstoff og reduksjon i utslipp av CO_2 i bytrafikk, kan oppnås ved hjelp av overgang til fremdrift med kombinasjoner av forbrenningsmotorer og elektriske motorer (hybrid fremdrift).

Ny teknologi

Bruk av biodrivstoff vil kunne redusere klimapåvirkningen og utslippet av avgasser, mer om dette i tiltaksbeskrivelsen Biodrivstoff.

Redusert utslipp fra tungtrafikken kan også oppnås ved overgang til el- eller hydrogenlastebiler. Det pågår nå diverse testing av elektriske lastebiler og hydrogenlastebiler. Denne type kjøretøy forventes å bli mer tilgjengelig på markedet i løpet av de nærmeste årene når i tillegg også bedre infrastruktur er på plass. Foreløpig er tilbudet svært begrenset, og prisene er høye.

Batterielektriske kjøretøy er mer energieffektive enn kjøretøy med forbrenningsmotor, og har

i tillegg god akselerasjon og lave driftskostnader (Hovi m. fl. 2019). Ulemper er blant annet lang ladetid og at vekten av batteripakken kan redusere lastekapasiteten. For å redusere ulempen mhp redusert lastekapasitet, foreslo Europaparlamentet i 2019 å tillate opptil 2 tonn ekstra last på nullutslippskjøretøyer (Hovi m. fl. 2019). Fordelen med hydrogen kjøretøy er blant annet den lange rekkevidden og den korte fyll-tiden i forhold til el-kjøretøy.

Når det gjelder bybusser og varebiler er det allerede elektriske alternativer tilgjengelig i markedet. Se også tiltaket Elbusser.

3 Supplerende tiltak

Krav fra lokale myndigheter

Lokale myndigheter (fylkeskommuner og kommuner) har anledning til å stille krav til kjøretøy og drivstoffers miljøegenskaper som går utover EU-kravene ved kjøp av tjenester og tildeling av løyver. For eksempel kan myndigheten ved offentlig anbud stille krav til at nye busser og renovasjonsbiler skal ha motorer som tilfredsstiller vedtatte men enda ikke obligatoriske EU-avgasskrav. For dieselbusser vil det si at bussene må ha Euro VI teknologi, eller eventuelt el- eller hydrogenteknologi.

Tomgangskjøring

Tomgangskjøring er sløsing med energi og gir unødvendige utslipp av klimagasser. I tillegg gir tomgangskjøring generelt høye utslipp av uforbrente drivstoffrester og PM. Utslippene er spesielt store når motoren er kald. Tomgangskjøringen kan føre til problemer med lokalt dårlig luftkvalitet. Dagens regelverk forbyr *unødig* tomgangskjøring (Samferdselsdepartementet 2005). Lokale kampanjer mot tomgangskjøring kan være effektive og er et tiltak for mer effektiv bruk av drivstoff.

4 Hvor tiltaket er egnet

Fra et bedriftsøkonomisk perspektiv er det en fordel med effektive fremdriftssystemer og reduserte driftsutgifter. Økte investeringskostnader for innkjøp av nye og mer effektive kjøretøy kan være en utfordring. For bybusser er allerede elbusser lønnsomme i et helhetsperspektiv (TCO- total costs of ownership).

Helseskadelige avgassutslipp fra kjøretøy reduseres automatisk i og med at strengere Euro-krav vil gi renere forbrenningsmotorer ved utskifting og nyanskaffelser. Mer energieffektive fremdriftssystemer vil normalt ikke være i konflikt med utslipp av helseskadelige avgasser og egner seg som et tiltak når det er mulig å gjennomføre det på en økonomisk forsvarlig måte.\

5 Bruk av tiltaket - eksempler

I Norge ble det i perioden 2008-2016 gjennomført en prøveordning med modulvogntog for ordinær godstransport på utvalgte strekninger. Lignende forsøk er også gjennomført i andre europeiske land (Eidhammer m fl 2009). Bruk av modulvogntog er nå tillat i Norge, på angitte vegstrekninger (Statens vegvesen 2020).

Det er også eksempler på at ulike transportører samarbeider for å redusere andelen tomkjøring med lastebilene. På nettsiden Transportmarkedet.no kan transportører som har ledig plass i lastebilen, melde inn dette, og tilby å frakte varer for andre.

Flere byer i Norge har elektriske busser, og i Oslo fins det også hydrogenbusser. Elektriske lastebiler er også under uttesting både internasjonalt og i Norge. I Norge pågår det uttesting av elektriske lastebiler hos blant annet Asko og Norsk Gjenvinning (Hovi m. fl. 2019).

6 Miljø- og klimavirkninger

Større kjøretøy og bedre logistikk

Tre mindre trailere for langtransport kan erstattes med to ved å benytte modulvogntog med lengde inntil 25,25 meter på vegnett som er åpent for slik trafikk. Dette kan gi en klimagevinst på 25-30 prosent.

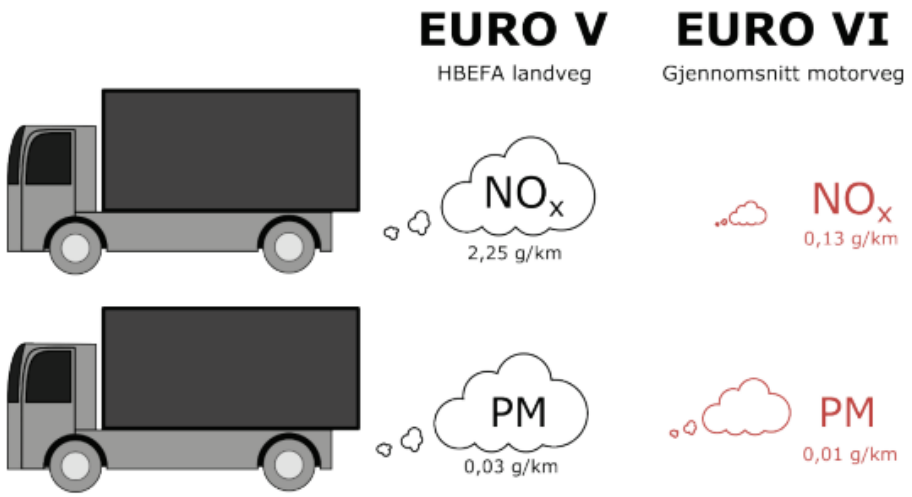
Utviklingen fra 1994 viser at det har vært en utvikling i retning økt utslipp av CO_2 per vognkm, samtidig som utslipp per tonnkm har gått ned. Dette skyldes at en økende andel av trafikkarbeidet utføres med større biler (Hovi m. fl. 2014).

Gevinstene av forbedret logistikk og redusert tomkjøring er avhengig av hvilket forbedringspotensial som foreligger.

Bedre motorer

Det var en kraftig reduksjon av CO_2-utslipp fra busser med Euro 0 motorer til busser med Euro I motorer. Deretter har reduksjonen i drivstofforbruk i forbrenningsmotorer vært lav eller ikke eksisterende. Grunnen kan være at systemer for å rense avgassene kan gjøre motorene mindre effektive og derved krever mer energi. Tester av Euro VI motorer viser at disse har et tilnærmet likt utslipp av CO_2 som Euro V motorene (Hagman m. fl. 2015, Weber m. fl. 2015).

Nye Euro krav har betydelig skjerpede grenser for utslipp av NO_x og PM fra motorer til tunge kjøretøy. I 2014 ble Euro VI kravene innført, noe som innebar at kravene til motorer som skal brukes i tunge kjøretøy har blitt skjerpet med 80 prosent for NO_x-utslipp og med 50 prosent for partikler i forhold til Euro V som vist i tabell 1. I testing i virkelig trafikk har det også vist seg at utslippene av PM og NO_x er kraftig redusert for Euro VI kjøretøy, i forhold til utslippene fra Euro V kjøretøyene, se figur 2 og 3.



Figur 2: Utslipp av NOx og PM fra henholdsvis Euro V og Euro VI lastebil. Utslipp i virkelig trafikk. Kilde: Hagman m fl. 2015.

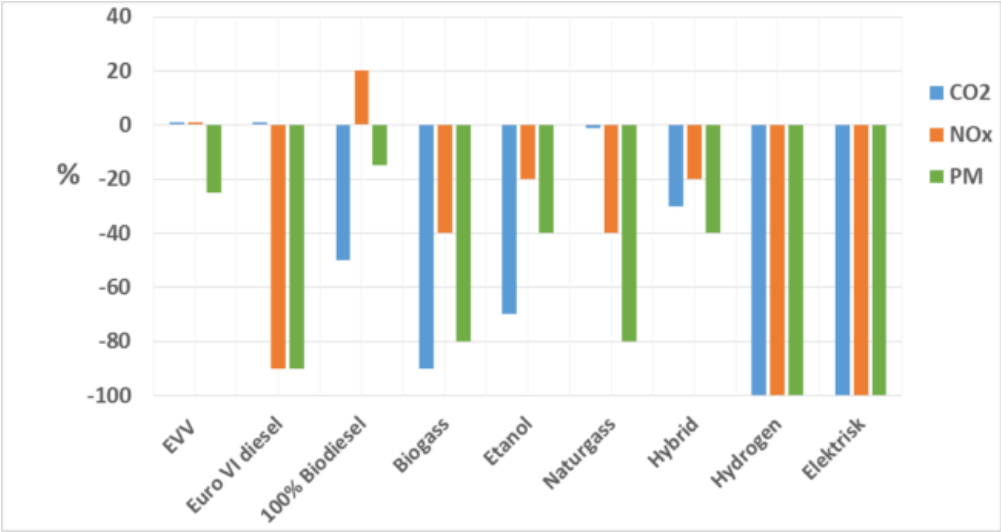
Annen motorteknologi

Alternative drivstoffer og nye teknologier for motorer til tunge kjøretøy vil for langtransport lastebiler sannsynlig kun i begrenset omfang bli konkurransedyktig de nærmeste 15 årene (Klimakur 2010). Elektrifisering med batterielektrisk drift (BEV) og bruk av brenselceller i tunge kjøretøy (FCEV) er foreløpig kostbart, men vil bli kommersielt tilgjengelig på 2020-tallet.

Bruk av elektrisk fremdrift med elektrisitet lagret i batteri ladet fra nettet og brenselcelleteknologi med hydrogen lagret i kjøretøyet gir en mer energieffektiv transport enn forbrenning av dieseldrivstoff i dieselmotorer. Figur 3 viser klimapåvirkning og utslipp av helseskadelige avgasser fra *busser* med ulike typer teknologier og drivstoffer relativt til buss med Euro 5 motor og standard norsk dieseldrivstoff. For biodrivstoffene vises klimapåvirkningen (utslipp av CO_2) i et livsløpsperspektiv. For biodiesel (RME) har vi antatt 50 prosent klimanøytralitet i et livsløpsperspektiv. For biometan 90 prosent, for bioetanol 70 prosent og for hydrogen/ elektrisitet 100 prosent klimanøytralitet fordi norsk elektrisitet er i hovedsak produsert fra vannkraft (Hagman og Akhtar 2011 og Hagman m fl 2015). Naturgass og fossile drivstoffer er ikke klimanøytrale og gir i et livsløpsperspektiv større klimapåvirkning enn selve utslippene av CO_2 fra avgassrøret.

Busser og kjøretøy med hybrid elektrisk fremdrift (HEV) kan i bytrafikk spare drivstoff og dermed redusere avgassutslippene av CO_2 med 30-50 prosent i forhold til en dieselbuss med Euro V teknologi. Kjøretøy med elektrisk energi som lagret i batterier og kjøretøy med brenselceller for bruk av hydrogen som energibærer slipper i trafikken ikke ut noen form for avgasser, se figur 3.

Når det gjelder dieselbusser med Euro VI teknologi, vil de ha tilnærmet likt utslipp av CO_2 som en Euro V dieselbuss, men utslippet av NOx og PM er rundt 90 prosent lavere, se figur 3. Dette betyr at Euro VI dieselbusser er vel så miljøvennlig som flere av de andre drivstoffløsningene når det gjelder lokale utslipp (NO_x og PM). Når det gjelder utslipp av klimagassen CO_2 er det utslippene for drivstoff og kjøretøy i et livsløpsperspektiv som er avgjørende for klimapåvirkningen.



Figur 3: Klimapåvirkning CO_2, utslipp av NO_x og PM med ulike typer drivstoffer, relativt til busser med Euro V dieselmotor og standard norsk diesel. Med et unntak (Euro VI diesel) har alle bussene vist i figuren motorer med tilnærmet Euro V teknologi. Kilde: Hagman og Akhtar 2011 og Hagman m fl 2015.

7 Andre virkninger

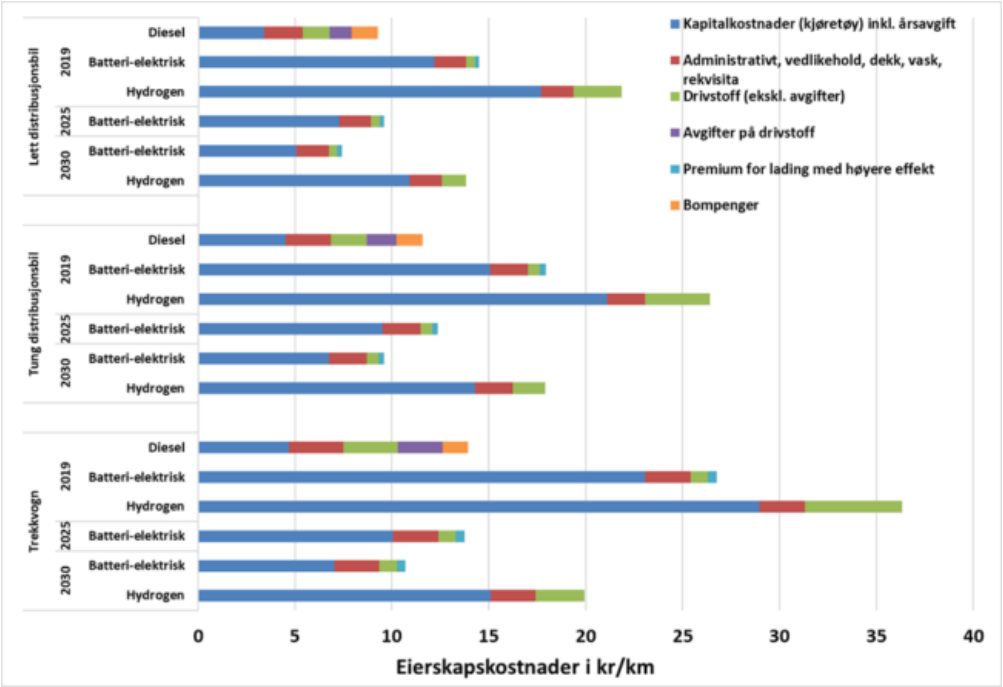
Høyere kostnadene for mer effektive forbrenningsmotorer forventes i stor grad å oppveies av redusert drivstofforbruk. Inntektene til Staten vil bli redusert ved redusert drivstofforbruk og bortfall av skatter og avgifter.

8 Kostnader for tiltaket

Teknisk utvikling av nye tunge kjøretøy dreier seg først og fremst om forbedringer i motoren og tilhørende hjelpesystemer. Mesteparten av kostnadene for dette vil ligge utenfor Norge, hos produsentene. For at forbrenningsmotorene skulle klare Euro VI- kravene, økte utviklingskostnadene noe.

Bedre logistikk og erstatning av mindre kjøretøy for langtransport med vogntog som har større transportkapasitet vurderes å være et tiltak som kan gjennomføres uten merkostnader. Forutsetningen er at vegnettet er tilpasset de aktuelle kjøretøykombinasjonene.

Kostnadene for el-lastebiler og hydrogenlastebiler er høyere enn for tilsvarende dieseldrevne kostnader. Men kostnadene forventes å reduseres for el-lastebiler når markedsandelen blir høyere og batteriprisene reduseres ytterligere, se figur 4. Kostnadene for hydrogenlastebiler vil også reduseres når masseproduksjon av kjøretøy og tilgjengeligheten til hydrogen bedres. Elektriske bybusser er allerede konkurransedyktige i pris med dieselbusser, om en ser det i et helhetsperspektiv (der en også tar hensyn til drivstoffutgifter og drift og vedlikehold av kjøretøyene).



Figur 4: Forventede kostnadene ved å eie en lastebil (Lett distribusjonsbil, tung distribusjonsbil og Trekkvogn) med hhv. diesel-, batteri-elektrisk og hydrogen-elektrisk drift, for 2019, 2025 og 2030. Tall i kr/km. Kilde: Figenbaum m. fl. 2019.

9 Formelt ansvar

Myndighetene har ansvaret for å implementere Euro-kravene og incentiver for å redusere forurensing fra tungtransport.

Kommunene er lokal forurensningsmyndighet og har et overordnet ansvar for luftkvaliteten. De kan ta i bruk tiltak og virkemidler for at grenseverdiene for lokal luftkvaliteten overholdes.

Fylker og kommuner kan stille krav til kjøretøyers egenskaper når det kjøpes inn kjøretøyer og transporttjenester til bruk i offentlige etater og offentlige virksomheter og til kollektivtransporten.

10 Utfordringer og muligheter

Store dieselmotorer er allerede med 40-45 prosent maksimal virkningsgrad forholdsvis effektive, og det kan ikke forventes vesentlige økning av virkningsgraden. Virkningsgrader godt over 50 prosent vurderes som urealistisk for forbrenningsmotorer for tunge kjøretøy (Thune-Larsen m. fl. 2009).

Det er ofte i forbrenningsmotorer et motsetningsforhold mellom dannelse av NO_x, effektiv forbrenning og utslipp av CO_2. Høy forbrenningstemperatur gir høy virkningsgrad, lave utslipp av CO_2 men kan øke dannelse av NO_x.

Når det gjelder tyngre lastebiler er prisen og tilgangen foreløpig en begrensende faktor når det gjelder anskaffelse av el- eller hydrogenkjøretøy. Men prisen på el-lastebiler forventes å kunne være konkurransedyktig (TCO) i forhold til tilsvarende lastebiler med forbrenningsmotorer innen 2030 (Figenbaum m. fl. 2019). Det vil sannsynligvis ta noe lengre

tid før hydrogenlastebilene reduseres tilsvarende i kostnader.

11 Referanser

Eidhammer, O., Sørensen, M. og Andersen, J. 2009
Modulvogntog i Norge. Status for prøveordning pr. 1. oktober 2009. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 1040/2009.

Figenbaum, E. I. M. Ydersbond, I. M., Amundsen, A. H., Pinchasik, D. R., Thorne, R. J., Fridstrøm, L. og Kolbenstvedt, M. 2019
360 graders analyse av potensialet for nullutslippskjøretøy. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 1744/2019.

Hagman, R. 2002
Rene og effektive naturgassmotorer for tunge kjøretøy. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 613/2002.

Hagman, R., Gjerstad, K. I. og Amundsen, A. H. 2011
NO_2-utslipp fra kjøretøyparken i norske storbyer. Utfordninger og muligheter frem mot 2025. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 1168/2011.

Hagman, R., Weber, C. og Amundsen, A. H. 2015
Utslipp fra nye kjøretøy - holder de hva de lover? Avgassmålinger Euro 6/VI - status 2015. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 1407/2015.

Hovi, I.B. og Andersen, J. 2010
Utvikling i transportytelser, kapasitetsutnyttelse og miljø for godsbiler. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 1063/2010.

Hovi, I. B., Caspersen, E. og Wangsness, P. B. 2014
Godsmarkedets sammensetning og utvikling. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 1363/2014.

Hovi, I. B., Pinchasik, D. R., Thorne, R. J. and Figenbaum, E. 2019
User experiences from the early adapters of heavy-duty zero-emission vehicles in Norway. Barriers and opportunities. Oslo, Institute of Transport Economics. TOI report 1734/2019.

Klimakur 2010
Tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020.

Miljødirektoratet 2020
Klimagassutslipp fra transport. Miljøstatus.no (Lest 28. september 2020).

Norsk Institutt for Luftforskning 2007
Dramatisk økning i tungtransport gir mer luftforurensing. NILU.

Regjeringen 2019
Foreslår nye mål, krav og standarder for å redusere klimagassutslipp. Nyhetsartikkel fra

Regjeringen.no av 15.02.2019.

Samferdselsdepartementet

- 2005: Lavutslippssoner i norske byer – miljørestriksjoner på tunge kjøretøy.
- 2013: St. nr 26 (2013-2013) Nasjonal Transportplan 2014-2023.
- 2017: Meld. St. nr 33 (2016-2017) Nasjonal Transportplan 2018-2029.

Statens Vegvesen

- 2010: Grønn godstrafikk, vegvesen.no/Fag/Trafikk/ITS/ITS-prosjekter/Gronn+Godstrafikk (sett januar 2011).
- 2020: Veglister for mondulvogntog. https://www.vegvesen.no/kjoretoy/yrkestransport/veglister-og-dispensasjoner/modulvogntog (sett september 2020)

Thune-Larsen, H., Hagman, R., Hovi, I.B. og Eriksen, K.S. 2009
Energieffektivisering og CO_2-utslipp for innenlands transport 1994-2050. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 1047/2009.

Weber, C., Hagman, R. og Amundsen, A. H. 2015
Utslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI-teknologi. Resultater fra måleprogrammet i EMIROAD 2014. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 1405/2015.