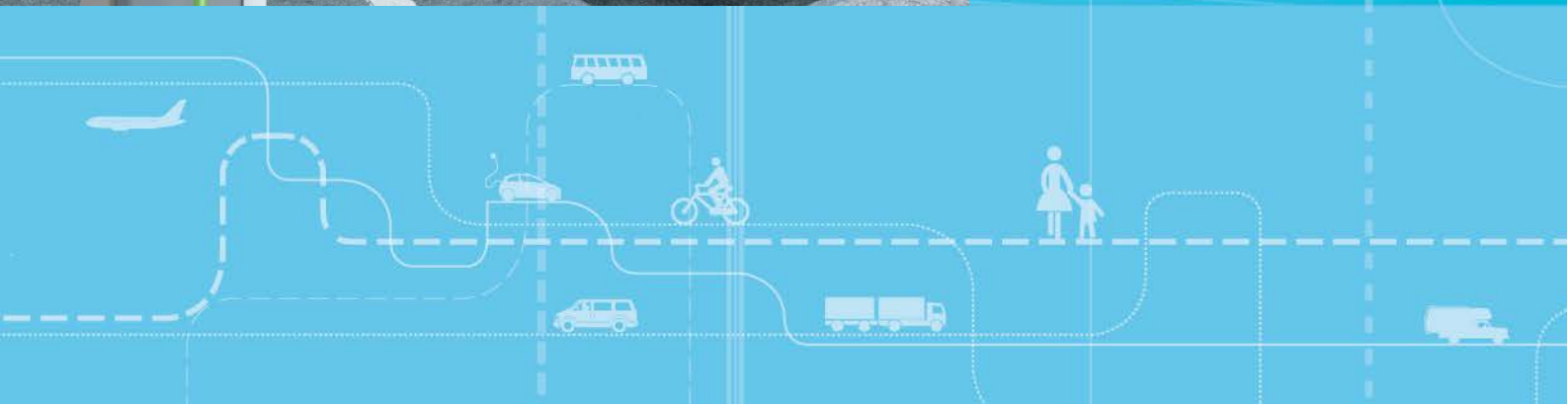


Veikart for utslippsfri veitransport



Veikart for utslippsfri veitransport

Lasse Fridstrøm
Kari Aamodt Espegren
Janis Danebergs
Inger Beate Hovi
Anne Madslie
Eva Rosenberg

Forsidebilde: Shutterstock

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

Tittel: Veikart for utslippsfri veitransport

Title: A pathway to zero emission road freight

Forfattere: Lasse Fridstrøm
Kari Aamodt Espegren
Janis Danebergs
Inger Beate Hovi
Anne Madslie
Eva Rosenberg

Authors: Lasse Fridstrøm
Kari Aamodt Espegren
Janis Danebergs
Inger Beate Hovi
Anne Madslie
Eva Rosenberg

Dato: 03.2022

Date: 03.2022

TØI-rapport: 1880/2022

TØI Report: 1880/2022

Sider: 45

Pages: 45

ISSN elektronisk: 2535-5104

ISSN: 2535-5104

ISBN elektronisk: 978-82-480-1925-1

ISBN Electronic: 978-82-480-1925-1

Finansieringskilder: Norges forskningsråd, Elvia, Hallingdal kraftnett, Enova, MoZEEES FME, NTRANS FME

Funded by: Research Council of Norway, Elvia, Hallingdal kraftnett, Enova, MoZEEES FME, NTRANS FME

Prosjekt: 4576 – ITEM

Project: ITEM

Prosjektleder: Lasse Fridstrøm

Project Manager: Lasse Fridstrøm

Kvalitetsansvarlig: Erik Figenbaum

Quality Manager: Erik Figenbaum

Fagfelt: Samfunnsøkonomiske analyser

Research Area: Economic Models

Emneord: Klima, energi, veitransport, batterier, hydrogen, modell

Keywords: Greenhouse gases, energy, road freight transport, batteries, fuel cells, model

Sammendrag:

Ved hjelp av modellene IFE-TIMES-Norge, NGM og BIG er det utarbeidet et veikart for den norske veitransportens energibruk og klimagassutslipp fram til 2050. Målet er å belyse hvordan veitransporten kan bidra til at klimamålene i ikke-kvotepliktig sektor blir nådd. Særlig vekt er lagt på tungtransporten, der en foreløpig ikke har oppnådd omstilling av stor betydning. Veikartet viser at en, med et snaut 50 prosent større forbruk av klimanøytralt biodrivstoff enn i 2019, vil kunne kutte CO₂-utslippene i veitransport med 60 prosent fra 2005 til 2030. Både batteri, biogass og hydrogen forutsettes da tatt i bruk i stor skala – hydrogen primært etter 2035, og da særlig for tunge godsbiler. Fram til da er det batterier og biogass som i stadig større grad må erstatte dieseldrift. Til grunn for veikartet ligger et sett nokså radikale forutsetninger, f.eks. at dieselprisen dobles fra 2020 til 2030 og stiger videre til kr 46,60 i 2040.

Summary:

Zero emission technologies for heavy-duty freight vehicles can become competitive as a result of increasing returns to scale coupled with high carbon taxes on fossil fuel. Through an integration of models covering, respectively, transportation demand, the vehicle fleet, and the energy system, a pathway toward zero emission road transportation in Norway has been sketched. By using certain input assumptions underlying this pathway as early warning checkpoints, qualified assessments can be made, in the years ahead, of whether we are behind or ahead of schedule toward the 2030 and 2050 greenhouse gas abatement targets.

Language of report: Norwegian

Transportøkonomisk institutt
Gaustadalléen 21, 0349 Oslo
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no

Institute of Transport Economics
Gaustadalléen 21, N-0349 Oslo, Norway
Telephone +47 22 57 38 00 - www.toi.no

Forord

I prosjektet Integrated Transport and Energy Modelling (ITEM) har Institutt for energiteknikk (IFE) og Transportøkonomisk institutt (TØI) studert mulighetene og forutsetningene for klimavennlig teknologi og energibruk i veitransporten. Prosjektet er finansiert av Norges forskningsråd og av brukerpartnerne Elvia, Hallingdal kraftnett og Enova. Deler av arbeidet er dessuten gjort med støtte fra forskningssentrene MoZEEES FME (Mobility Zero Emission Energy Systems) og NTRANS FME (Norwegian Centre for Energy Transition Strategies).

I denne rapporten presenteres en analyse basert på modeller for energisystemet, godstransporten og kjøretøyparken. Ved å kjøre energi-, transport- og kjøretøymodellene i vekselvirkning med hverandre får vi fram et sammenhengende bilde av hvordan energisystemet og transportsektoren vil kunne utvikle seg, dersom Norge og EU tar i bruk sterke virkemidler for å nå klimamålene i ikke-kvotepliktig sektor. I tillegg til hovedresultatene i form av kjøretøybestand, trafikkarbeid, energiforbruk og klimagassutslipp viser rapporten, år for år, hvilke premisser framskrivningen bygger på. Vi definerer fem indikatorer som kan fungere som tidlig varsling eller sjekkpunkt for om vi er på rett vei mot utslippsfri veitransport. Vi karakteriserer derfor framskrivningen som et *veikart*.

Prosjektleder for ITEM har vært Kari Aamodt Espegren ved IFE. Hennes kolleger Eva Rosenberg og Janis Danebergs har hatt ansvaret for beregningene med modellen IFE-TIMES-Norge. Arbeidet ved TØI har vært ledet av forsker Lasse Fridstrøm. Foruten ham har forskningslederne Anne Madslie og Inger Beate Hovi deltatt i arbeidet. Rapporten er kvalitetssikret av Erik Figenbaum. Trude Kvalsvik har stått for den endelige redigering og layout av rapporten.

Parallelt med denne rapporten har prosjektteamet arbeidet med en engelskspråklig metodebeskrivelse, som planlegges publisert i et vitenskapelig tidsskrift.

Oslo, mars 2022

Transportøkonomisk institutt

Bjørne Grimsrud
Administrerende direktør

Kjell W. Johansen
Andelingsleder

Innhold

Sammendrag

Summary

1	Problemstilling	1
2	Avveininger og veivalg	3
2.1	Karbonprisen	4
2.2	Teknologinøytralitet.....	5
2.3	Forutsetningene for batteridrift.....	6
2.4	Innfasing av hydrogen	7
2.5	Elektrifiserte veier	9
2.6	Biogass og biodrivstoff.....	10
2.7	Strøm til kjøretøy versus natur og miljø.....	11
2.8	Eksterne kostnader.....	11
2.9	Samfunnsøkonomisk effektivitet	12
2.10	Kollektivtransport	13
2.11	Offentlige finanser.....	13
3	Virkemidler	15
3.1	Norske skatte- og avgiftsinsentiver.....	15
3.2	EU-forordningene for nye kjøretøy.....	17
3.3	Kvotehandel.....	19
3.4	Regulatoriske virkemidler.....	19
3.5	Offentlige investeringer og innkjøp.....	20
4	Modellapparatet	22
4.1	Energimodellen TIMES	22
4.2	Godstransportmodellen NGM.....	26
4.3	Kjøretøymodellen BIG.....	26
4.4	Modellene spiller hverandre bedre.....	28
5	Framskrivingsresultater	30
6	Milepæler og veivisere	35
6.1	Drivstoffsalg.....	35
6.2	Andelen nye kjøretøy med nullutslipp.....	36
6.3	Gjennomsnittlig CO ₂ -utslipp fra nye kjøretøy	37
6.4	Ladeinfrastruktur	38
6.5	Priser og kostnader.....	38
7	Syntese	39
7.1	Fem strategier for avkarbonisering.....	39
7.2	Prinsipielle avveininger og verdivalg.....	40
7.3	Veikartet.....	41
	Litteratur	43

Sammendrag

Veikart for utslippsfri veitransport

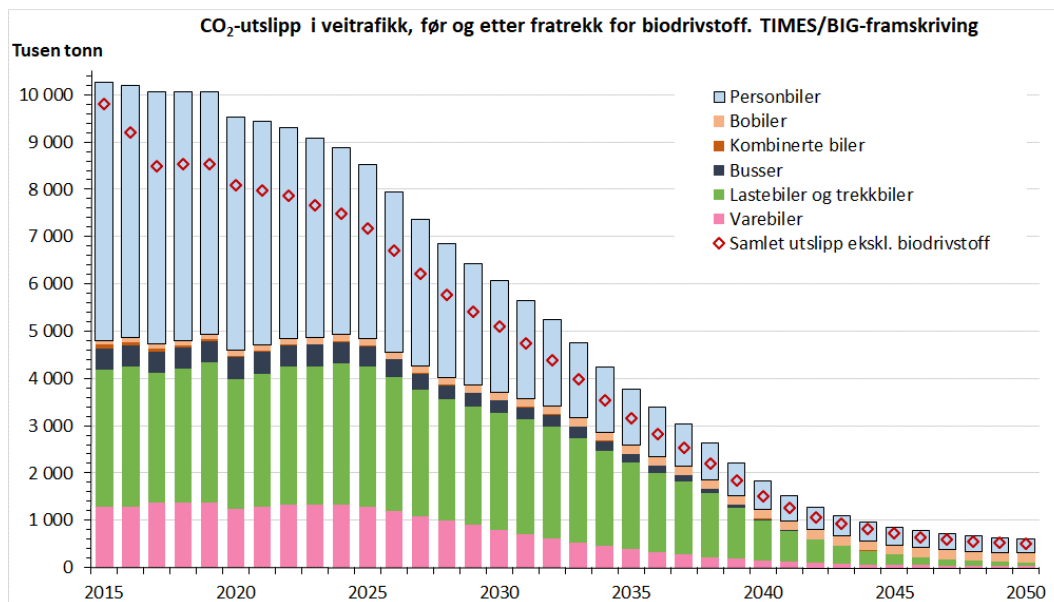
TØI rapport 1880/2022

Forfattere: Lasse Fridstrøm, Kari Aamodt Espegren, Janis Danebergs,
Inger Beate Hovi, Anne Madshen og Eva Rosenberg
Oslo 2022 45 sider

En kraftig opptrapping av CO₂-avgiften i kombinasjon med billigere og stadig bedre utslippsfrie godsbiler kan innebære at Norge når sine klimamål i ikke-kvotepliktig sektor i 2030 og 2050. Til grunn for et slikt framtidssbilde ligger en forutsetning om doblet dieselpriis i 2030 sammenliknet med 2020. Det vil kunne føre til at batteri- og hydrogendrevne godskjøretøy blir konkurransedyktige. Veikartet presentert i denne rapporten kan brukes til å fastslå om vi holder riktig tempo og kurs mot målet om utslippsfri veitransport.

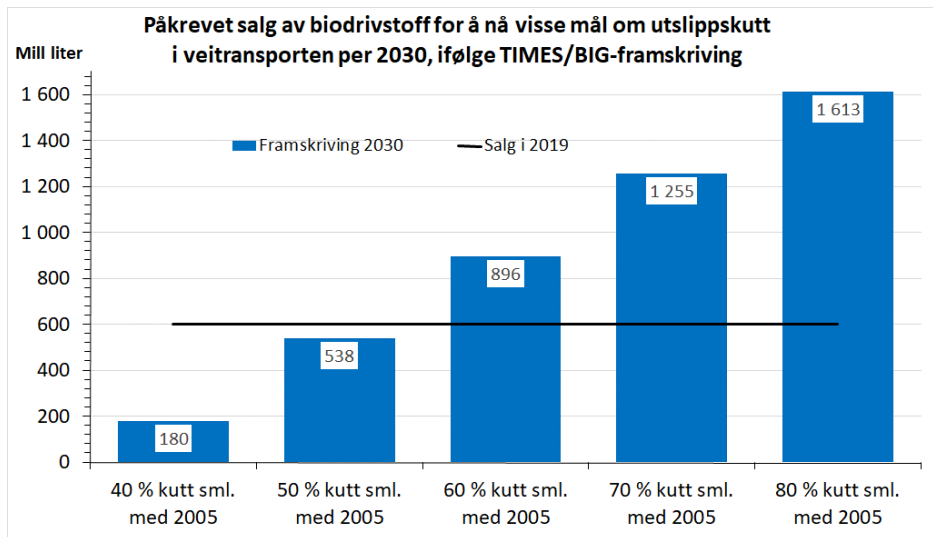
Et framtidssbilde

Ved hjelp av energimodellen IFE-TIMES-Norge, den nasjonale godstransportmodellen NGM og kjøretøymodellen BIG har vi tegnet et bilde av veitransporten i Norge fram mot 2050. CO₂-utslippene fra kjøretøy synker i dette scenariet med 37 prosent fra 2020 til 2030, og med 45 prosent fra nivået i 2005, før en tar hensyn til økt bruk av bioetanol og biodiesel (figur S.1).



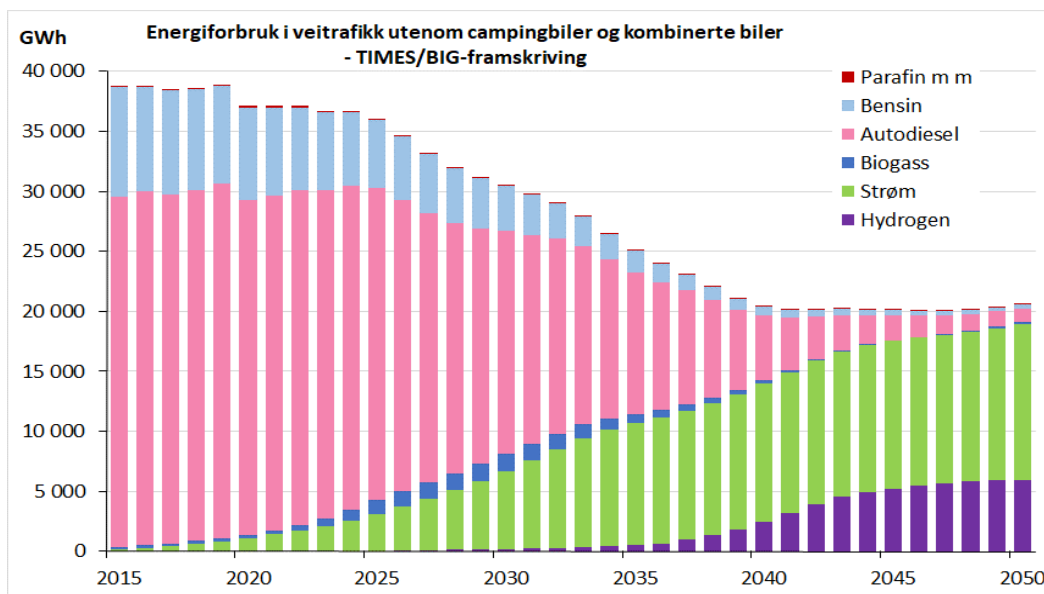
Figur S.1: CO₂-utslipp i veitransporten 2015–2050, før og etter fratrukk for flytende biodrivstoff, etter kjøretøytype.

Dersom biodrivstoffbruken, regnet i liter, øker med snaut 50 prosent sammenliknet med salget i 2019, vil dette, i henhold til vårt framtidssbilde, være nok til at klimagassutslippene i veitransport i 2030 blir 60 prosent lavere enn i 2005 (figur S.2). Kravet i EUs innsatsfordelingsmekanisme er at utslippene i den samlede, ikke-kvotepliktige sektoren i Norge skal ned med minst 40 prosent fra 2005 til 2030.



Figur S.2: Påkrevet omsetning av klimanøytralt flytende biodrivstoff for å nå bestemte mål om CO₂-utslippskutt i veitransporten i 2030 sammenliknet med nivået i 2005.

Til grunn for klimagasskuttene i veitransport ligger en omfattende omstilling av energi-bruken. I 2050 beregnes 89 prosent av energibruken på veiene å bestå av batteristrøm eller 'grønt' hydrogen. Til sammen står disse to energibærerne for ca. 19 TWh i 2050. Da har vi innregnet energitapet ved opplading av kjøretøy og elektrolyse av vann. Siden batteridrift er vesentlig mer energieffektivt enn dieseldrift, går det samlede energiforbruket i veitransport ned, til tross for betydelig trafikkvekst (figur S.3).



Figur S.3: Energiforbruk i veitrafikken (utenom mopeder, motorsykler, bobiler og kombinerte biler) 2015–2050, etter energibærer.

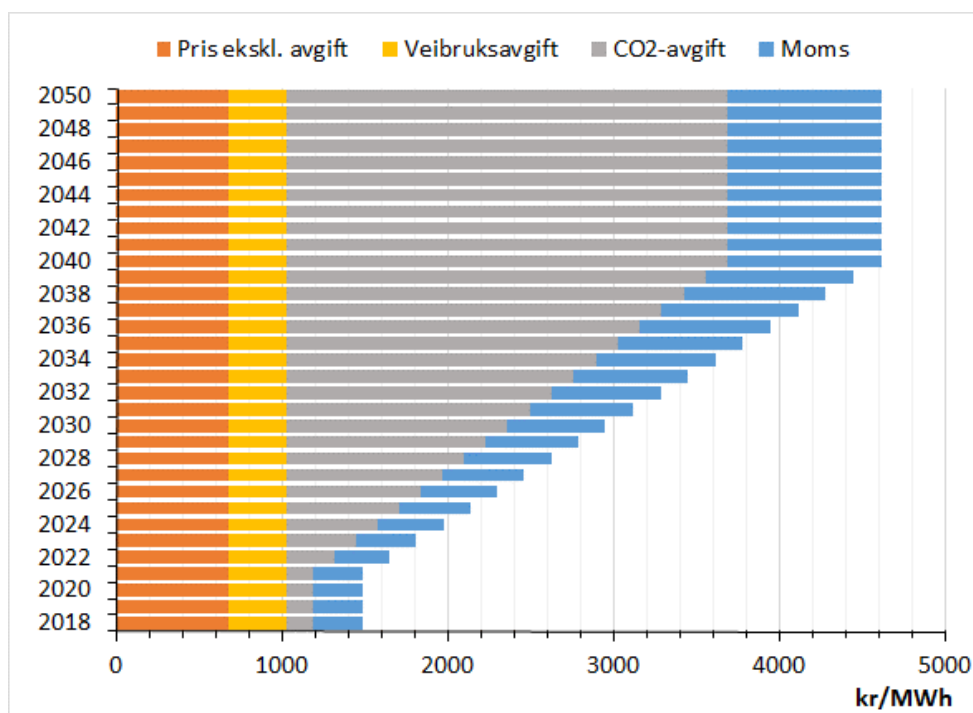
Fem veivisere

Framtidsbildet følger av et sett nokså radikale forutsetninger. Ved å sjekke om forutsetningene blir oppfylt kan en, i årene fram til 2030, bedømme hvorvidt veitransporten er på rett vei mot avkarbonisering. Vi har definert fem slike indikatorer eller 'veivisere':

- prisene på kjøretøy og energi
- ladekapasiteten
- andelen nye nullutslippskjøretøy
- gjennomsnittlig spesifikt CO₂-utslipp fra nye kjøretøy
- drivstoffsalget

Kjøretøy- og energikostnader

CO₂-avgiften på diesel forutsettes å øke jevnt og trutt, til 1,33 kr/kWh, eller kr 13,38 per liter i 2030 (figur S.4). Pumpeprisen på diesel blir med dette avgiftsnivået kr 29,81 per liter inkl. moms – en dobling fra 2018–2021. En liter diesel inneholder ca. 10 kWh energi, så literprisen kan avleses på den horisontale akse i figur S.4 om en stryker to nuller.



Figur S.4: Antatt utvikling i avgiftene og i prisen på autodiesel 2018–2050.

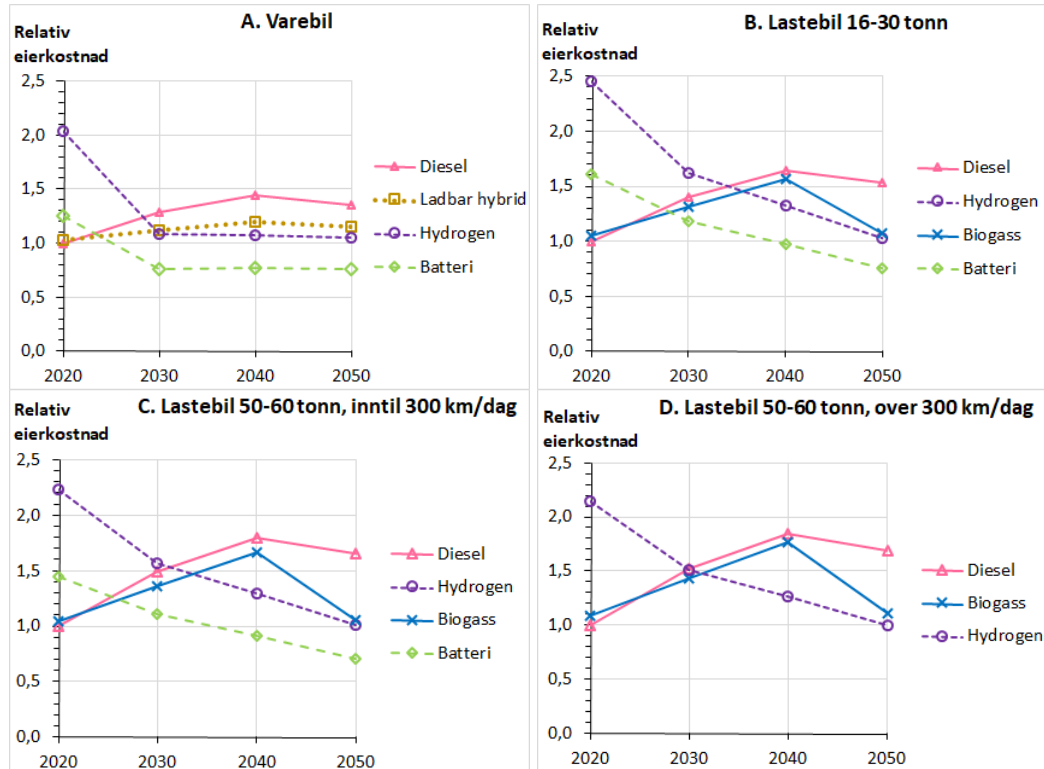
CO₂-avgiften i 2030 er satt slik at den svarer til en karbonpris på nokså nøyaktig kr 5000 per tonn CO₂ ekskl. moms. Med tillegg av veibruksavgiften, som utslippsfrie kjøretøy også skjærer klar av, er den effektive karbonprisen innebygd i drivstoffavgiftene kr 6376 per tonn CO₂ ekskl. moms, i henhold til modellberegningen per 2030.

I 2040 utgjør CO₂-avgiften i vårt scenario kr 10 000 per tonn. Med tillegg av veibruksavgiften er karbonprisen fra og med 2040 kr 11 400 per tonn CO₂ ekskl. moms. Dieselprisen inkl. moms blir kr 46,60 per liter.

Forholdet mellom de ulike drivlinjenes drifts- og investeringskostnader er avgjørende for hvor raskt utslippsfrie lastebiler blir konkurransedyktige. En vanlig måte å oppsummere og sammenlikne kostnader på er gjennom det som på engelsk kalles 'total cost of ownership' (TCO) – på norsk 'eierkostnader'. Her er alle relevante kostnader tatt med og utregnet per

produsert enhet (f.eks. tonnkm): anskaffelsespris, vedlikehold, energibruk og andre driftskostnader.

I figur S.5 presenteres en forenklet beregning av eierkostnadene basert på data fra energimodellen TIMES. Alle kostnadene er regnet relativt til dieseldrevne biler i 2020.



Figur S.5: Utvikling i eierkostnader per kjøretøykm for fire kategorier godsbiler, relativt til dieseldrevne biler i 2020.

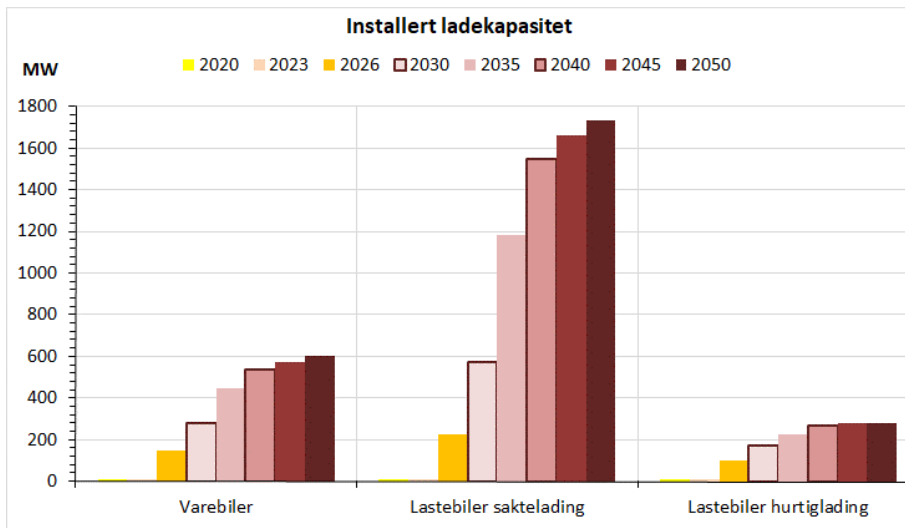
Indikatorene tar ikke hensyn til variasjon i lokale forhold så som bomavgifter, ladetilbud eller hydrogenfyllestasjoner. Bilenes restverdi, eller om de i det hele tatt er tilgjengelig i markedet, inngår heller ikke i beregningen.

Per 2020 er ingen drivlinjer billigere enn dieselmotoren. Men som figuren viser, vil de relative kostnadene for alle kategorier godsbiler ventelig endre seg i diesebilenes disfavør. Bakrunnen for dette er den stadig økende CO₂-avgiften på diesel (figur S.4), i kombinasjon med økende stordriftsfordeler i produksjonen av utslippsfrie godsbiler.

Ladestasjoner

For å kunne realisere overgangen til nullutslippskjøretøy trengs det enkelt tilgjengelig infrastruktur. En måte å kvantifisere utviklingen av ladeinfrastruktur på er gjennom samlet installert kapasitet. Figur S.6 viser hvordan vi ser for oss at ladeinfrastrukturen for tunge godsbiler skal utvikle seg.

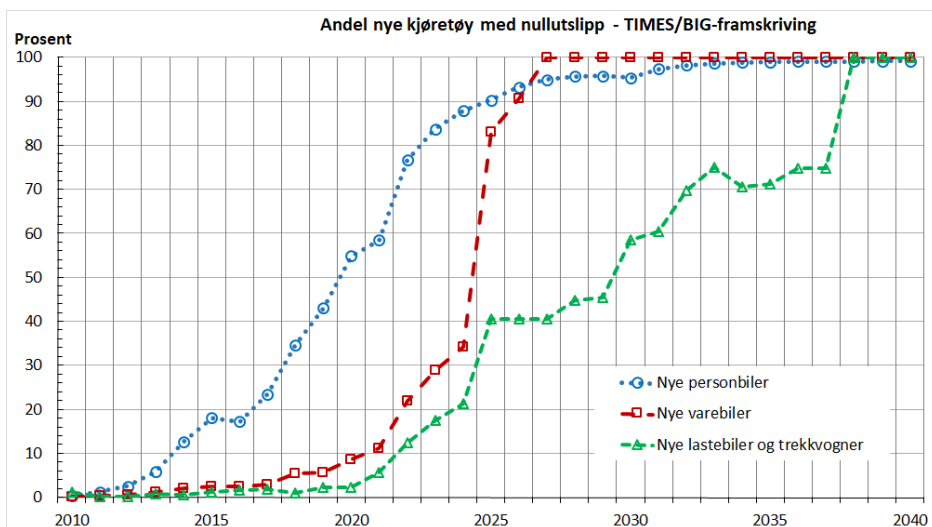
Mesteparten av ladingen kommer ventelig til å skje ved hjelp av sakteladere i depoter, som dermed også vil ha hoveddelen av den samlede installerte effekten. Ladekapasiteten ventes å vokse raskt mellom 2025 og 2040. Dersom den samlede ladekapasiteten blir vesentlig mindre enn vist i figur S.6, er det et varsel om at avkarboniseringen ikke går like raskt som beregnet i vårt framtidsbilde.



Figur S.6: Utvikling av ladeinfrastruktur for godstransport på vei.

Andelen utslippsfrie nye kjøretøy

Figur S.7 viser hvilken vekst i registreringen av nye nullutslippskjøretøy som ligger til grunn for framtidsbildet. Som utslippsfrie drivlinjer regner vi biogass, batteri og brenselceller for hydrogen.

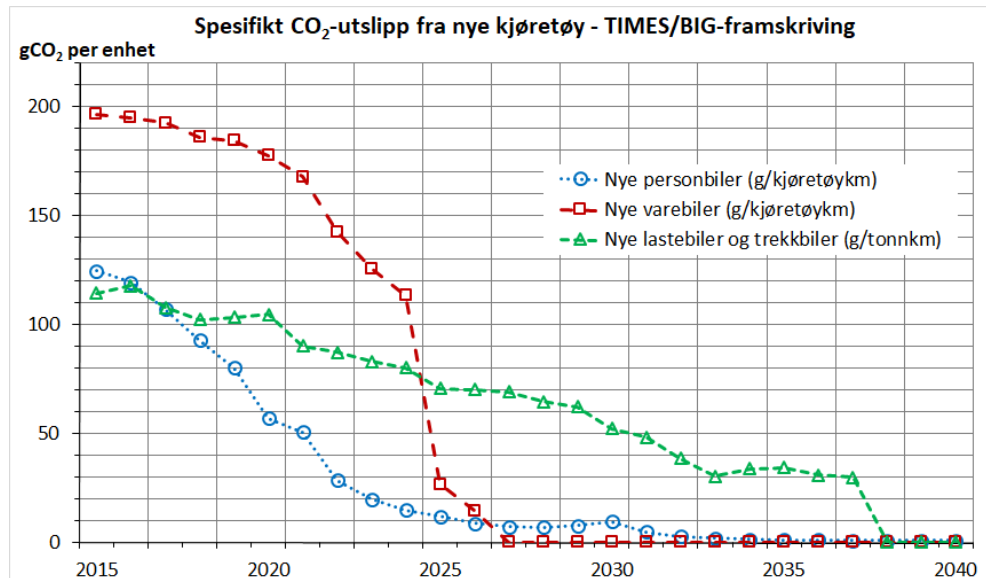


Figur S.7: Kjøretøy med nullutslipp som andel av nye personbiler, varebiler eller lastebiler/ trekkbiler 2010–2040. Prosent.

Ved å sammenlikne kurvene i figur S.7 med markedsandelene oppgitt hvert år av [Statens vegvesen](#) kan en bedømme om andelen nullutslippskjøretøy går raskt nok oppover. Fra det tidspunkt da nullutslippsbilene står for halvparten av alle nye kjøretøy, til de samme bilene utgjør halvparten av bestanden, tar det 6 til 10 år. Ved å studere nybilsalget får en derfor et tidlig varsel om hvordan veitrafikkutslippet vil utvikle seg.

Gjennomsnittlig CO₂-utslipp fra nye kjøretøy

Et annet tidlig varsel kan en få ved hvert år å beregne de nye kjøretøyenes gjennomsnittlige CO₂-utslipp – og sammenlikne disse med tallene vist i figur S.8.



Figur S.8: Gjennomsnittlig CO₂-utslipp fra nye kjøretøy 2015–2040. Gram CO₂ per kjøretøykm eller tonnkm.

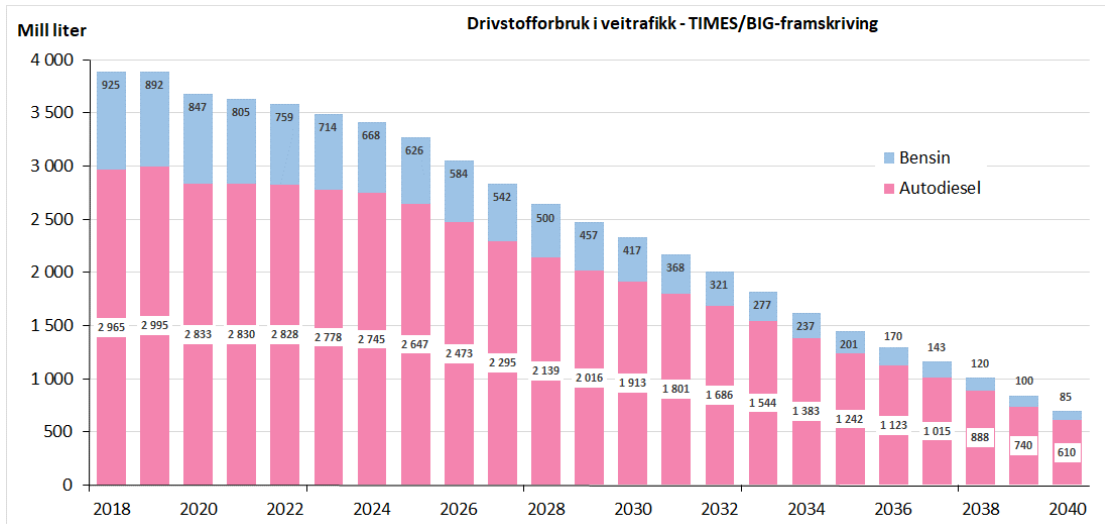
Vår framskriving innebærer et faktisk gjennomsnittsutslipp fra nye *personbiler* på 51,4 gCO₂/km i 2021 og 20,5 gCO₂/km i 2023. For nye *varebiler* beregnes utslippet til 155,2 gCO₂/km i 2021 og 120,5 gCO₂/km i 2023.

For nye *lastebiler og trekkbiler* er utslippet regnet per tonnkilometer (tkm). Vi beregner 103 gCO₂/tkm i 2019, 90 gCO₂/tkm i 2021, 83 gCO₂/tkm i 2023 og snaut 71 gCO₂/tkm i 2025. Utslippskuttene overoppfyller dermed målene i EU-forordning 2019/1242, som legger opp til 15 prosent reduksjon fra 2019 til 2025 og nye 15 prosent innen 2030.

Drivstoffsalget

«The proof of the pudding is in the eating.» En slags fasit for utviklingen i veitransportens klimagassutslipp kan en få ved å telle opp hvor mange liter bensin og autodiesel som blir omsatt hvert år. Dette er vist i figur S.9.

I 2023 skal salget av bensin og autodiesel til veitransport, om vi skal være 'i rute' i henhold til framskrivingen, ikke overstige 3,49 milliarder liter – 10,2 prosent mindre enn i 2019. I 2025 beregnes salget til 3,27 milliarder liter – 15,8 prosent mindre enn i 2019, og i 2030 til 2,33 milliarder liter – dvs. 40,1 prosent ned fra 2019. Per 2035 skal forbruket ha sunket til 1,44 milliarder liter.



Figur S.9: Forbruket av bensin og autodiesel i veitransport på minst fire hjul 2018–2040.

Hovedpunkt

Vi har, ved hjelp av modellene IFE-TIMES-Norge, NGM og BIG, utarbeidet et scenario for den norske veitransportens energibruk og klimagassutslipp fram til 2050. Målet har vært å belyse under hvilke vilkår og i hvilken grad veitransporten kan bidra til at klimamålene i ikke-kvotepliktig sektor blir nådd. Særlig vekt har vi lagt på tungtransporten, der en foreløpig ikke har oppnådd vesentlig omstilling.

Vårt scenario er med hensikt lagd slik at klimamålene med en viss sannsynlighet vil bli nådd, uten at dette går utover mobiliteten til varer og personer. Etterspørselen etter transport, slik den er framskrevet i Nasjonal transportplan 2022–2033, blir tilfredsstillt.

For å få fram et slikt scenario har vi gjort til dels radikale forutsetninger. Både batterier, biogass og hydrogen skal tas i bruk i stor skala – hydrogen primært etter 2035, og da særlig for tunge godsbiler. Fram til da er det batterier og biogass som i stadig større grad erstatter dieseldrift. I 2050 vil forbruket av strøm til batterier og elektrolyse utgjøre ca. 19 TWh, i sum for all veitransport.

Til grunn for denne omstillingen ligger en endring i de relative kostnadene for godsbiler med ulike drivlinjer. Diesebilene mister sin konkurransefordel, dels fordi de alternative teknologiene etter hvert blir billigere, men mest fordi diesel blir vesentlig dyrere. I 2030 regner vår framskriving med en dieselpriis på kr 29,81, hvorav drivstoffavgiften og momsen utgjør 77 prosent. Kvotepriisen på drivstoff, som ventelig blir innført i EU/EØS fra 2026, er da tenkt innbakt i drivstoffavgiften. I 2040 beregnes dieselpriisen til kr 46,60, hvorav 85 prosent er avgift.

Scenariet viser at vi, med et snaut 50 prosent større forbruk av klimanøytralt biodrivstoff enn i 2019, vil kunne kutte CO₂-utslippene i veitransport med 60 prosent fra 2005 til 2030.

Avgiftene på bensin og autodiesel i 2030 og 2040 svarer til en effektiv karbonpris på henholdsvis kr 6376 og kr 11 400 per tonn CO₂ ekskl. moms.

Dersom disse forutsetningene ikke blir oppfylt, må vi regne med at det tar lengre tid å avkarbonisere veitransporten. Klimamålene kan trolig ikke nås dersom en skal holde prinsippene og målene om teknologinøytralitet og samfunnsøkonomisk lønnsomhet høyt i hevd, samtidig som en beskytter kollektivtilbudet og opprettholder det offentlige inntekter. Det er behov for en avklarende prinsipiell debatt om virkemiddelbruk og om hvordan de ulike verdiene og interessene skal veies mot hverandre i klimapolitikken.

Summary

A pathway to zero emission road freight

TOI Report 1880/2022

Authors: Lasse Fridström, Kari Aamodt Espegren, Janis Danebergs,
Inger Beate Hovi, Anne Madsløen & Eva Rosenberg
Oslo 2022 45 pages Norwegian language

Zero emission technologies for heavy-duty freight vehicles can become competitive as a result of increasing returns to scale coupled with high carbon taxes on fossil fuel. Through an integration of models covering, respectively, transportation demand, the vehicle fleet, and the energy system, a pathway toward zero emission road transportation in Norway has been drawn up. By using certain input assumptions underlying this pathway as checkpoints, an assessment can be made of whether we are behind or ahead of schedule toward the 2030 and 2050 greenhouse gas abatement targets.

Greenhouse gas emissions in Norway

Some 17 per cent of all greenhouse gas (GHG) emissions on Norwegian soil is due to road transportation (Figure E.1).

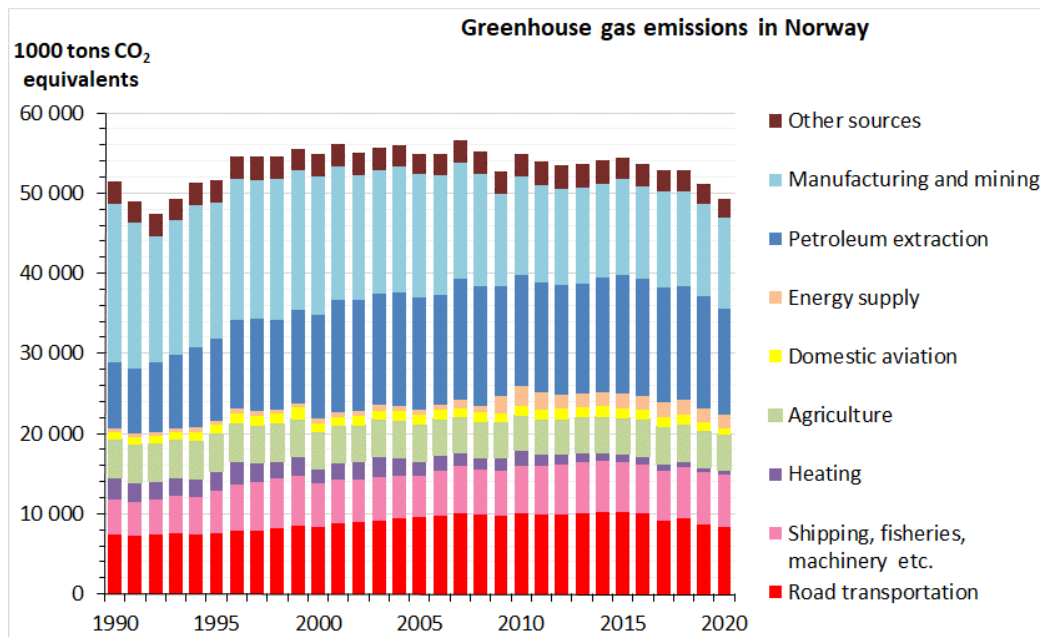


Figure E.1: Greenhouse gas emissions on Norwegian soil 1990–2020, by sector. Source: Statistics Norway.

The emission sources not covered by the European Union’s Emissions Trading System (EU ETS) correspond, roughly speaking, to the four lowermost color codes in Figure E.1. Out of these, road transportation emissions constitute approximately 42 per cent.

For the non-ETS sectors, the European [Effort Sharing Regulation](#) (ESR) commits Norway to cut at least 40 percent of its emissions between 2005 and 2030. The Norwegian government has signaled even higher ambitions, not unlike the ‘[Fit for 55](#)’ package proposed by the European Commission.

Almost all GHG emissions in Norwegian road transportation consists of carbon dioxide (CO₂). An increasing share of these emissions is due to heavy-duty vehicles, mostly trucks and trailer tractors (Figure E.2).

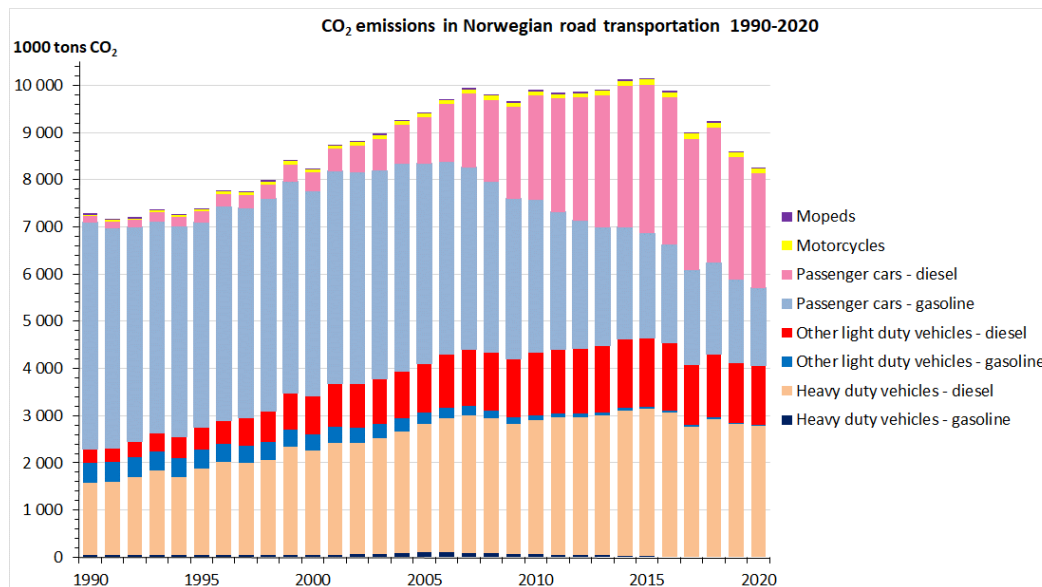


Figure E.2: CO₂ emissions on Norwegian roads 1990–2020, by vehicle class. Source: Statistics Norway.

An integrative modeling approach

To shed light on the policy options and requirements for radically reduced GHG emissions in road transportation at the 2030 and 2050 horizons, a comprehensive quantitative modeling exercise has been carried out. Three different model systems have been calibrated and run in interaction with each other. This includes the National freight transport model (NFM), a national energy system model (IFE-TIMES-Norway), and a vehicle stock-flow projection model (BIG).

The NFM model calculates transportation demand, by mode, commodity group and vehicle size, on a detailed geographical network level, however without differentiating between propulsion technologies. The IFE-TIMES-Norway model is a techno-economic optimization model for energy production and use, however without built-in algorithms reflecting the lags or inertia typical of infrastructure and technology development. The BIG model accurately calculates the time lag between innovations affecting new vehicle acquisitions and their penetration into the vehicle fleet, but does not include relationships that explain or predict technology choices in the market for new freight vehicles.

By soft-linking these models through a short iterative loop, we endeavor to exploit the strengths of the respective models, while alleviating their weaknesses. The NFM model provides input to IFE-TIMES-Norway on aggregate road freight demand until 2050. The latter model provides, in turn, input to the BIG projection model on the economically optimal split between energy technologies, given fuel and vehicle prices etc. BIG then calculates the lag between the market uptake of new technology and the corresponding changes in the vehicle fleet. These lags are then translated into growth constraints in the TIMES model, for more realistic medium and long term projections. This second step optimization in TIMES is used as input for a final vehicle stock-flow projection by means of BIG. Further details are provided in a companion paper by Rosenberg et al. (2022).

A scenario for sustainable road freight

To depict a scenario in which the targets laid down in European and Norwegian climate policy documents are reached, some fairly strong assumptions – some would say draconian – have been made. The price of diesel is assumed to roughly double between 2020 and 2030, due primarily to a surge in the fuel tax (Figure E.3). We assume both national and supranational fiscal incentives to be embedded in the fuel tax, i.e. we interpret the fuel tax to encompass the price of emission allowances following the possible introduction, in 2026, of an EU-wide cap-and-trade system for GHG emissions in buildings and transportation.

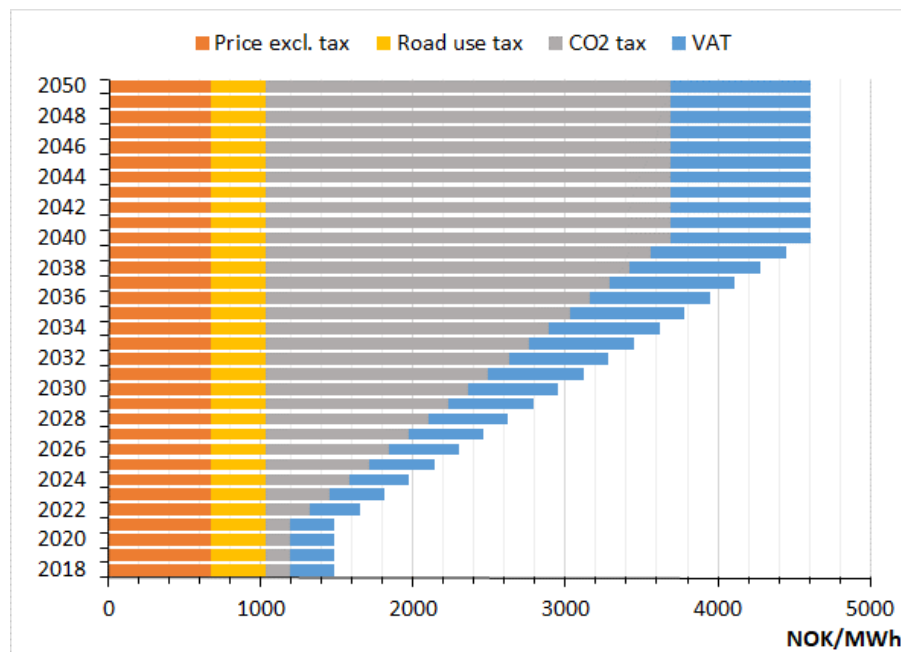


Figure E.3: Assumptions regarding the price and tax on diesel fuel 2018–2050.

The energy content of diesel is almost exactly 10 kWh per liter, and the exchange rate of the Norwegian currency is very close to NOK 10 = € 1. Thus the price per liter of diesel in euros, including value added tax (VAT), can be read off as 1/1000 of the stacked bars shown in the graph, i.e. as approximately € 1.50 in 2020, € 2.95 in 2030 and € 4.60 in 2050. Such a price hike would affect the total cost of ownership (TCO) of light and heavy-duty commercial vehicles and tilt the competition in favor of zero emission powertrains, such as batteries, biomethane, or hydrogen fuel cells. These technologies are also assumed to benefit from increasing returns to scale at the 2030, 2040 and 2050 horizons. A simplified picture coming out of the TIMES model is shown in Figure E.4.

As of 2020, no powertrain is able to outdo the diesel engine in terms of TCO. But already in 2030, battery electric powertrains are projected to be more economical than diesel engines. From 2040 onwards, even hydrogen fuel cell electric vehicles (FCEVs) are projected to fare better than diesel. Biomethane driven trucks appear to have a window of opportunity between 2020 and 2030, however the supply of this energy carrier is too limited to provide more than a transitory solution. For the heaviest kind of trucks operating in long-haul freight, we assume the battery electric option to be less competitive, opening the field to fuel cell electric vehicles.

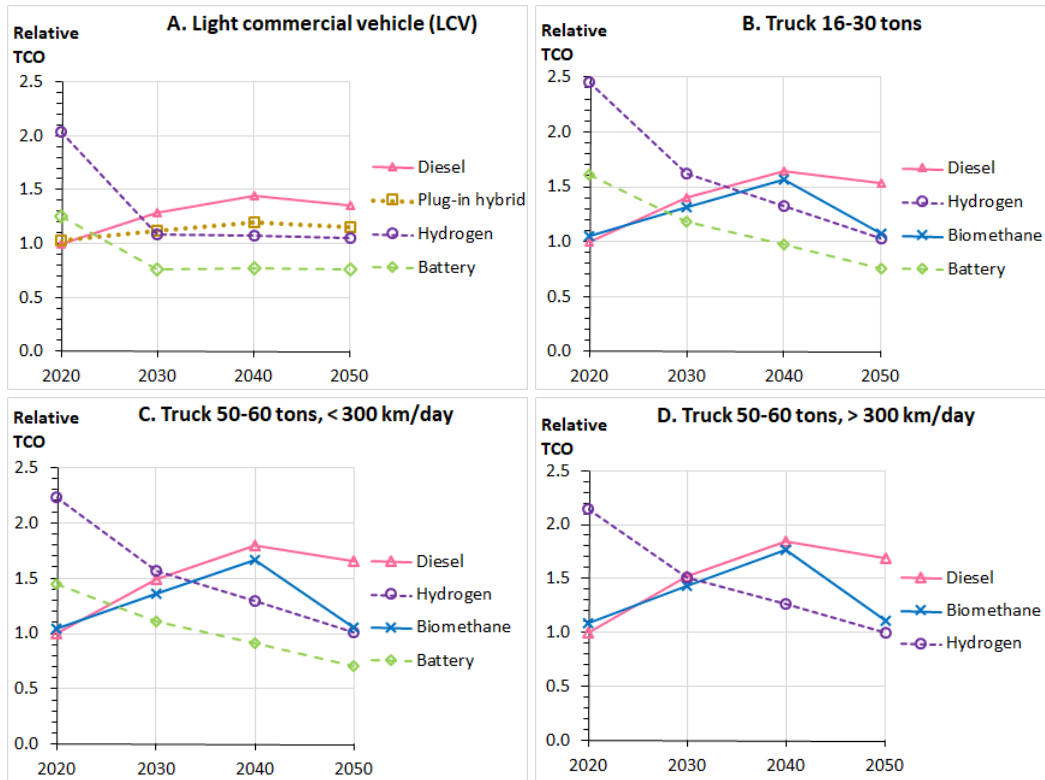


Figure E.4: Total costs of ownership per vehicle kilometer, relative to diesel vehicles, for four categories of road freight 2020–2050. Source: IFE-TIMES-Norway.

To support the transition to battery electric road freight, a massive investment in charging infrastructure will be needed. A rough picture of the foreseen aggregate capacity installed is shown in Figure E.5. The capacity will have to increase rapidly between 2025 and 2040.

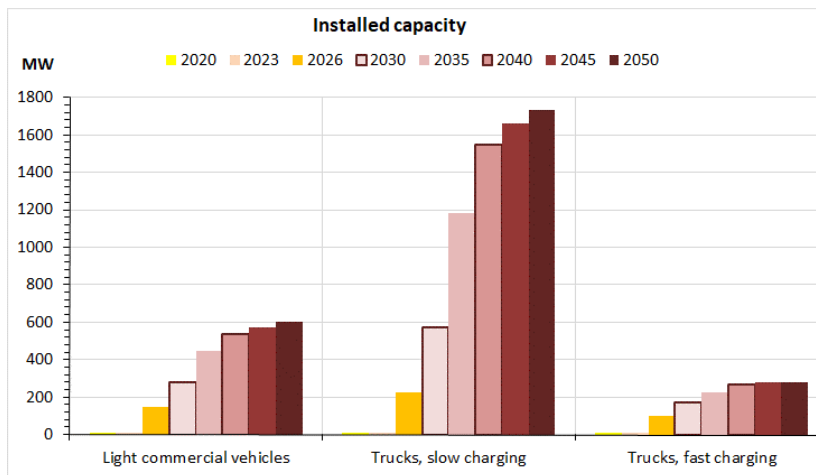


Figure E.5: Aggregate installed recharging capacity for battery electric freight vehicles. Source: IFE-TIMES-Norway.

The projected flows (market uptake) of new zero emission vehicles is shown by the dotted lines in Figure E.6. The base year for the projections is 2020, i.e. the values shown for 2021 are predictions rather than observations.

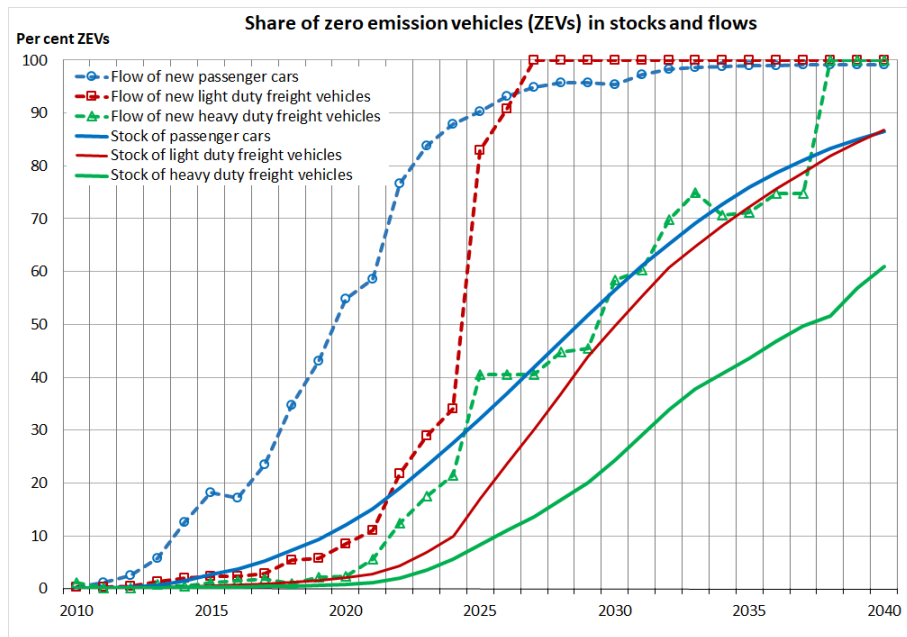


Figure E.6: Share of zero emission technology in vehicle flows and stocks 2010–2040, by vehicle class. Sources: IFE-TIMES-Norway and BIG modeling.

In the passenger car segment, on account of the comprehensive fiscal and regulatory incentives put in place in Norway, electrification is already vigorously underway, the battery electric vehicle (BEV) share reaching 64.5 percent of new vehicles already in 2021, with plug-in hybrid electric vehicles (PHEV) representing another 21.7 percent and ordinary (non-plug-in) hybrids (HEV) accounting for 5.5 percent. In our projections, we have, in line with the national budget white paper for 2021, set the BEV share of new passenger cars at 90 percent in 2025 and 95 percent in 2030.

In the light commercial vehicle (LCV) segment, the BEV share reached 16.1 percent of all new vehicles in 2021 – a bit ‘ahead of schedule’ compared to the TIMES prediction shown in Figure E.6.

In regard to new heavy-duty trucks, we are, however, behind schedule, the zero emission share being only 1.4 percent in 2021, versus the predicted 5.6 percent. The incidence of new zero emission trucks is projected to rise considerably by 2025, and even more so by 2030, partly on account of the sharpened mandates laid down in EU Regulation 2019/1242, which obliges truck manufacturers to bring down the average CO₂ emission rates of new vehicles brought to the EU market in 2025 and 2030, or else incur considerable ‘excess emissions premiums’.

The solid lines in Figure E.6 represent the zero emission vehicle share of the *stock* of vehicles at the end of each year. The lag between new vehicle market uptake and the penetration into the stock can be read off as the horizontal distance between the two identically colored lines. At the 50 percent penetration level, the lag is seen to be 9 years for passenger cars, 6 years for LCVs and 8 years for trucks (including trailer tractors).

Considering these lags, an ‘early warning’ about the future GHG emissions of the vehicle fleet can be had by calculating the mean emission rates of new vehicles registered in any given year. Such figures are exhibited in Figure E.7. For trucks (and trailer tractors) we count emissions per ton kilometer, while for vans and automobiles the simpler ratio of CO₂ emissions per vehicle kilometer is used.

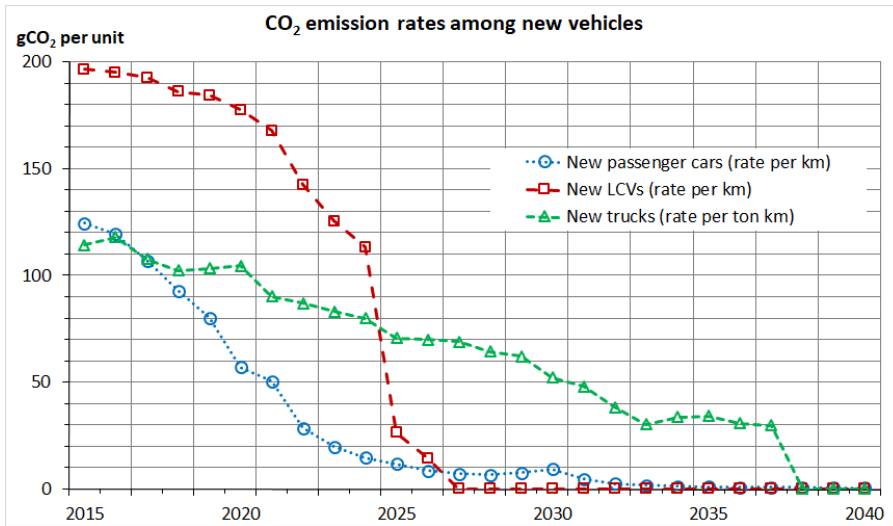


Figure E.7: Mean CO₂ emission rates of new vehicles 2015-2040. Source: IFE-TIMES-Norway and BIG modeling.

The observed and projected stocks of passenger cars, at each year-end from 2010 to 2050, are shown in Figure E.8. From 2029 onwards, the majority of automobiles in Norway are projected to have zero exhaust emissions.

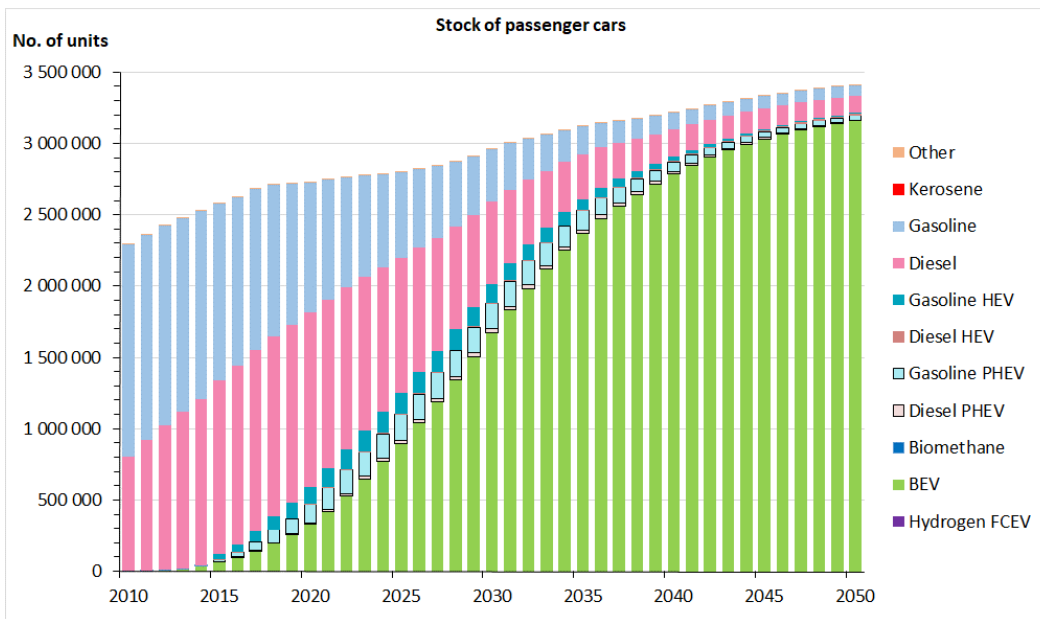


Figure E.8: Stocks of passengers cars at year-end 2010–2050, by powertrain. Source: BIG modeling.

Figure E.9 is a corresponding graph for light commercial vehicles. According to the projection, from 2031 more than half the LCVs will be zero emission vehicles.

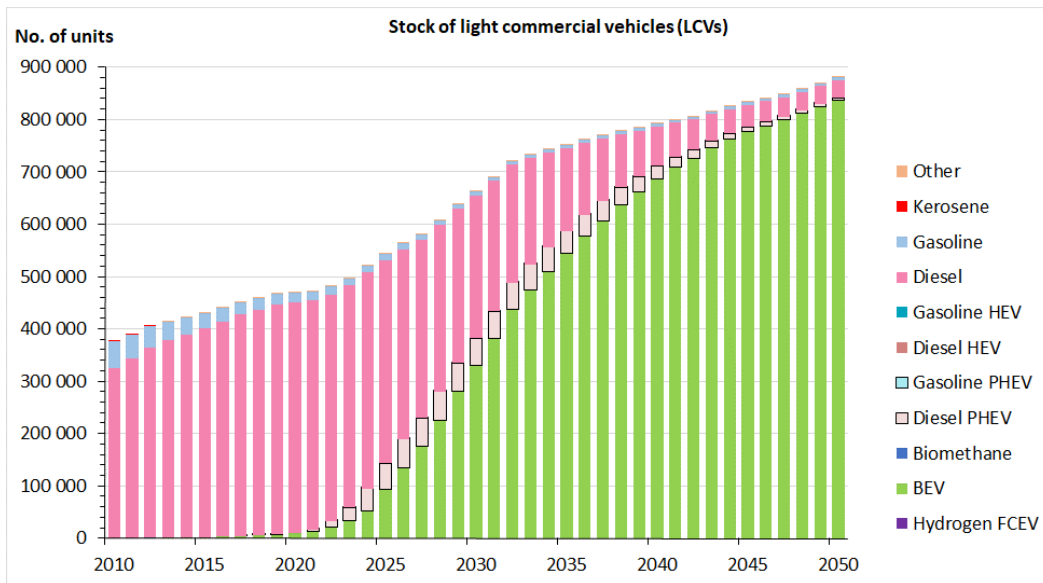


Figure E.9: Stocks of light commercial vehicles at year-end 2010–2050, by powertrain. Source: IFE-TIMES-Norway and BIG modeling.

Among heavy-duty freight vehicles, a similar transition will not take place until 2038 (Figure E.10).

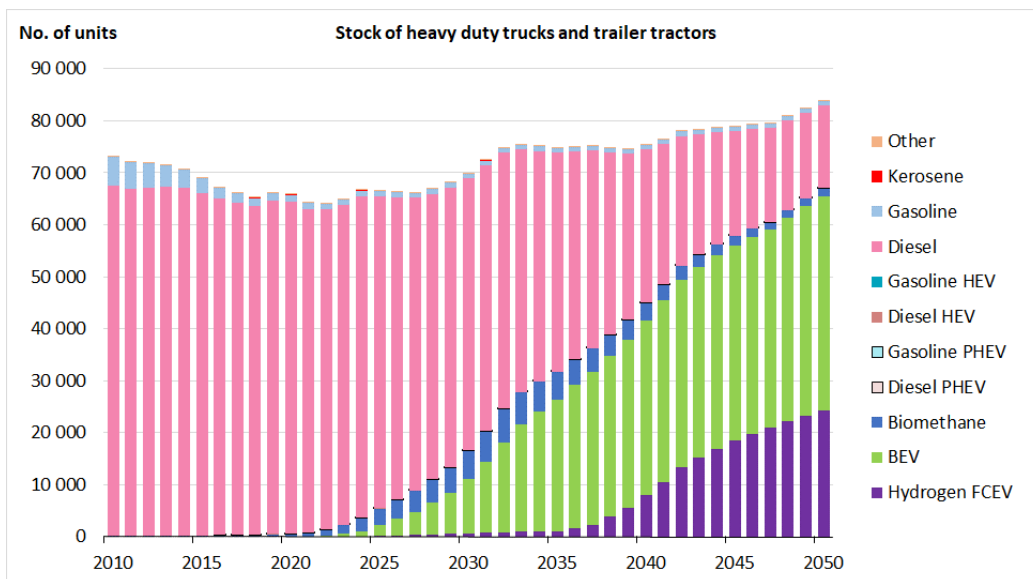


Figure E.10: Stocks of heavy-duty freight vehicles at year-end 2010–2050, by powertrain. Source: IFE-TIMES-Norway and BIG modeling.

The transition to zero emission vehicles will affect energy consumption – in the aggregate as well as broken down by energy carrier. The use of gasoline and diesel for road transportation purposes is projected to decrease by 94 percent between 2020 and 2050 (Figure E.11).

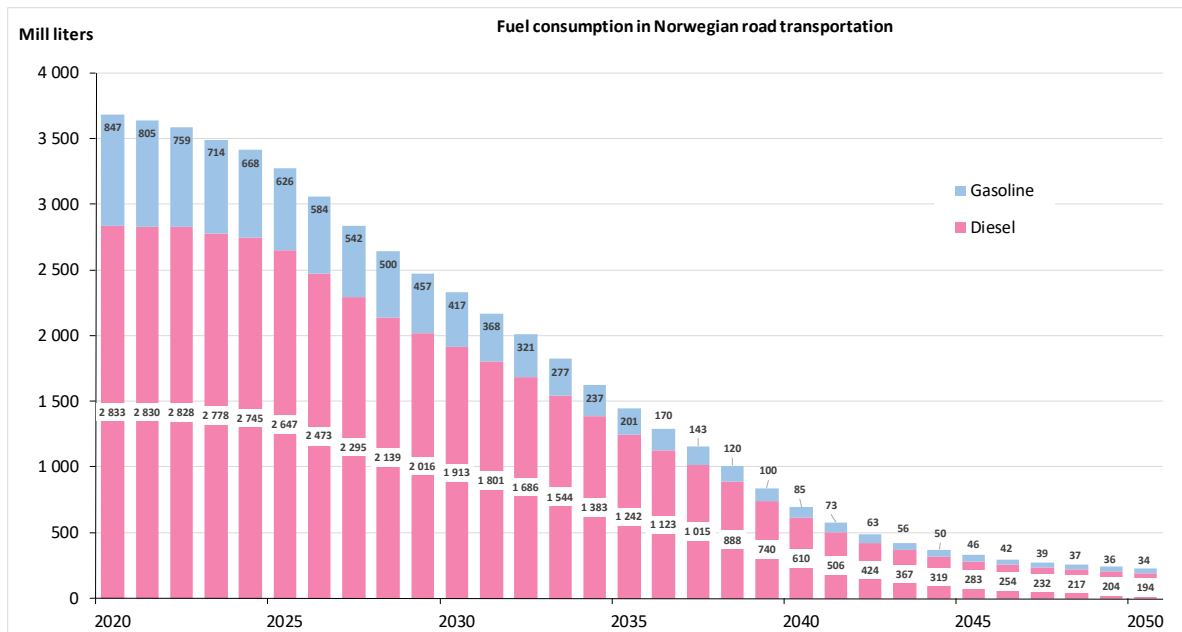


Figure E.11: Gasoline and diesel consumption on Norwegian roads 2020–2050. Source: IFE-TIMES-Norway and BIG modeling.

By 2050, less than 3 percent of the energy consumed by Norwegian freight vehicles will be fossil, according to our projection (Figure E.12). Since battery electric powertrains are more energy efficient than internal combustion engines, the total energy consumption in road transportation will go down.

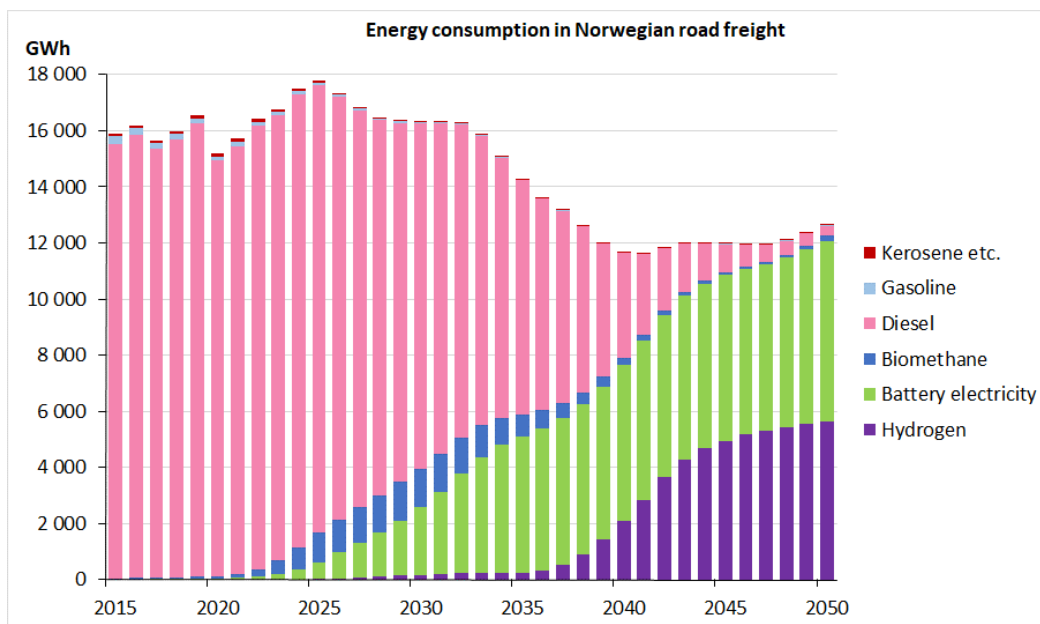


Figure E.12: Energy consumption in Norwegian road freight 2015–2050, by energy carrier. Source: IFE-TIMES-Norway and BIG modeling.

CO₂ emissions will come down, too, by 45 percent compared to the 2005 benchmark in 2030, assuming a constant 15 percent biofuel blend-in (Figure E.13).

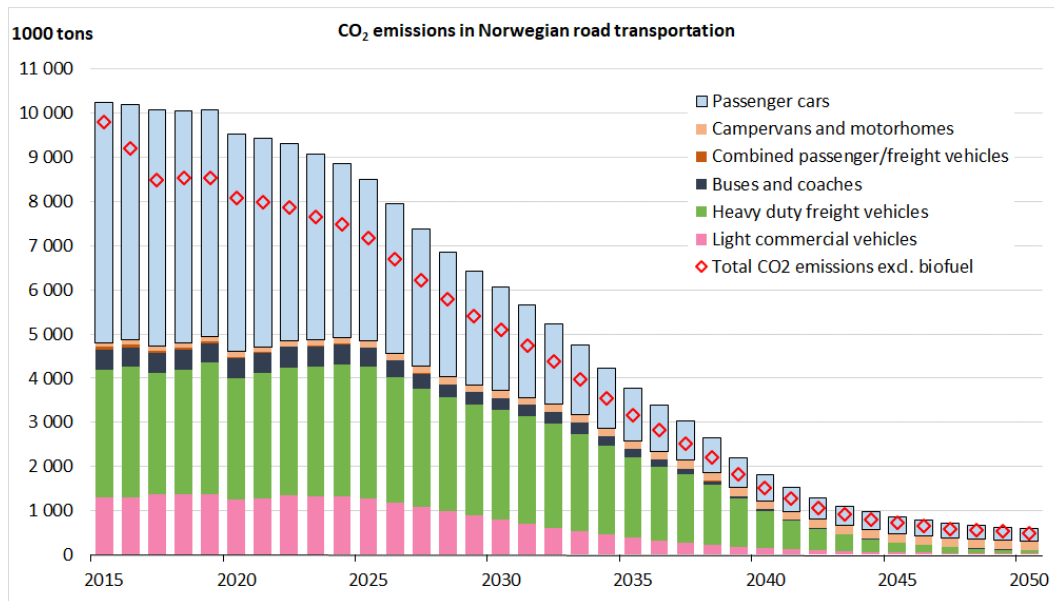


Figure E.13: CO₂ emissions on Norwegian roads 2015–2050, by vehicle class. Source: IFE-TIMES-Norway and BIG modeling.

Checkpoints for early warning

Integrating models for energy systems, transportation demand and stock-flow vehicle projections, we have drawn up a pathway conducive to large GHG emissions cuts in road travel and freight. The fiscal and regulatory policy assumptions forming the pathway are drastic, bordering on draconian. Fossil fuel prices are assumed to double by 2030 and triple by 2040, while zero emission energy technologies for heavy-duty vehicles are assumed to mature and exhibit quickly improving economies of scale at the 2030 and 2040 horizons. To assess whether the pace of energy transition during the next 10 to 20 years is sufficient to achieve the greenhouse gas abatement goals, many of the assumptions underlying our scenario can be interpreted as checkpoints or early warning indicators. This applies to

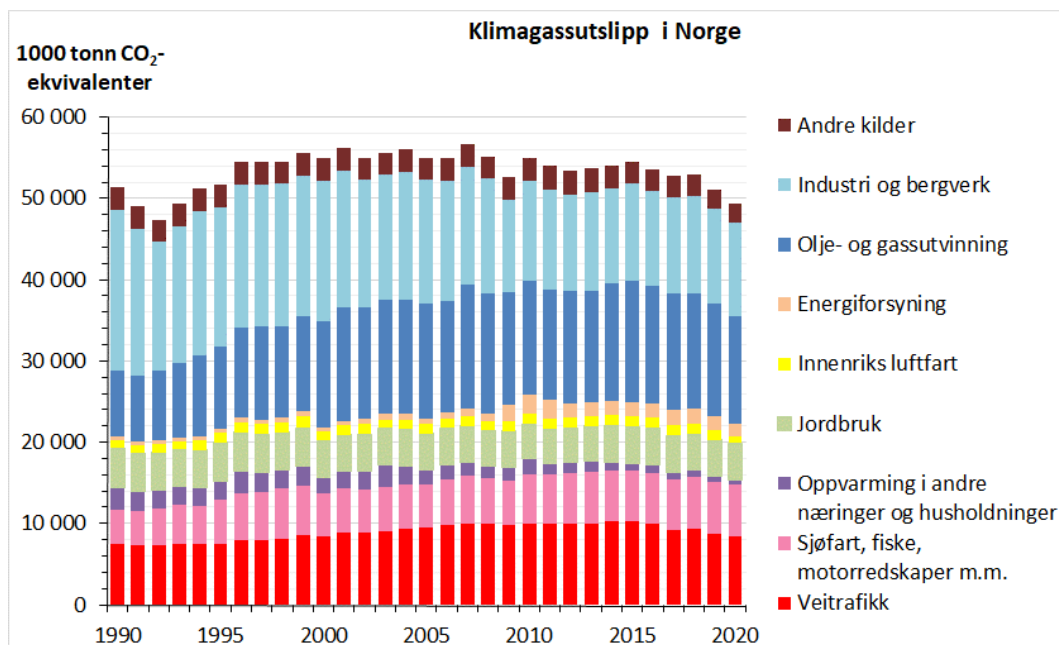
- the prices of energy
- the vehicle costs of ownership (TCO)
- the roadside charging infrastructure
- the share of zero emission new vehicles
- the mean CO₂ emissions rate of new vehicles
- the aggregate fuel sales

By comparing, in the years ahead, the observed values of these indicators to the projections published in this report, one might get a clue as to whether greenhouse gas abatement in the road transportation sector is behind or ahead of schedule toward the 2030 and 2050 horizon targets.

1 Problemstilling

Norge har gjennom Paris-avtalen forpliktet seg til å redusere klimagassutslippene med 50 til 55 prosent fra 1990 til 2030. Innenfor ikke-kvotepiktig sektor, som primært består av mobile kilder, landbruk, husoppvarming og avfallshåndtering, skal kuttet i henhold til EUs innsatsfordelingsmekanisme være minst 40 prosent mellom 2005 og 2030.

Veitransporten stod i 2020 for ca. 17 prosent av klimagassutslippene på norsk område (figur 1.1) og rundt 42 prosent av utslippene i ikke-kvotepiktig sektor. Dersom en skal nå målet for den samlede ikke-kvoteplichtige sektoren, som grovt regnet består av de fire nederste fargekodene i figur 1.1, må en for veitransportens del trolig kutte utslippene med godt over 50 prosent, kanskje med så mye som 70–80 prosent. *I dette dokumentet utforskes mulighetene og vilkårene for utslippskutt i denne størrelsesorden.* Vår primære oppmerksomhet er rettet mot de tunge godsbilene, der innfasingen av nullutslippsteknologi er kommet atskillig kortere enn i markedet for lette kjøretøy.



Figur 1.1: Klimagassutslipp i Norge 1990–2020, etter sektor. Kilde: SSB Statistikkbanken, kildetabell 08940.

Analysen legger til grunn at etterspørselen etter veitransport kommer til å stige omtrent som skissert i Nasjonal transportplan 2022–2033 (NTP), og at denne etterspørselen skal og vil bli tilfredsstilt. Vi forutsetter med andre ord ikke andre trafikkreduserende impulser i veisektoren enn de som allerede er innebygd i NTP – verken nedsatt økonomisk vekst eller overføring av transport fra vei til sjø eller bane. Vi anser disse premisene som realistiske. Tidligere framskrivinger av kjøretøyparkens klimagassutslipp¹ har gjerne vært utarbeidet i flere alternativ, med litt ulike forutsetninger, slik at en har kunnet bedømme hvilken

¹ Fridstrøm & Østli (2021b, 2016), Fridstrøm (2019a).

betydning politikken og teknologiutviklingen har. Klimagassutslippene følger i disse framskrivingene av inngangsdataene og forutsetningene.

I de beregningene som legges fram i denne rapporten, har en på sett og vis snudd perspektivet. Målet har vært å beskrive en utvikling som er forenlig med at vi som nasjon når klimamålene og – gjennom innenlandske utslippskutt – innfrir de folkerettslige forpliktelsene Norge har påtatt seg gjennom Paris-avtalen og EUs innsatsfordelingsmekanisme.

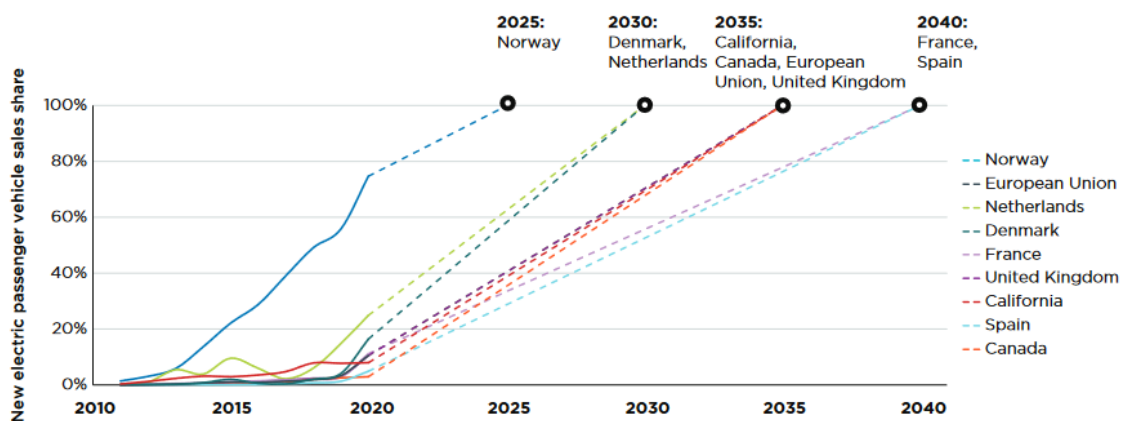
For å få fram et slikt scenario har vi gjort til dels radikale antakelser om framveksten av ny klimavennlig teknologi og om forsterking av de økonomisk insentivene til å ta i bruk null- og lavutslippskjøretøy. Eksempelvis innebærer framskrivingen en dobling av dieselpriisen fra 2020 til 2030, og en tredobling innen 2040. På disse premissene antas kostnadene ved batteri- eller hydrogendrift av tunge godsbiler på 10 og 20 års sikt å bli lavere enn ved dieseldrift.

Vi presenterer denne gang bare én framskriving. I tillegg til hovedresultatene i form av kjøretøybestand, trafikkarbeid, energiforbruk og klimagassutslipp viser vi, år for år, hvilke premisser framskrivingen bygger på. Vi definerer fem indikatorer som kan fungere som tidlig varsling eller sjekkpunkt for om vi er på rett vei mot utslippsfri veitransport. Vi karakteriserer derfor vår nye framskriving som et *veikart*.

2 Avveininger og veivalg

Regjeringen og Stortinget har fastlagt ærgjerrige mål for kutt i klimagassutslippene.² Det samme har den Den europeiske union (EU), gjennom kvotesystemet EU ETS, ulike direktiver og forordninger, samt det omfattende programmet ‘[European Green Deal](#)’. Av særlig betydning for samferdselen er [innsatsfordelingsmekanismen for ikke-kvotepiktig sektor](#), som Norge har sluttet seg til. Europakommisjonen har gjennom pakken ‘[Fit for 55](#)’ foreslått ytterligere tilstramminger i klimapolitikken (Farstad mfl. 2021). Disse bestemmelsene er per 1. mars 2022 ennå ikke vedtatt i EUs besluttede organer (Europaparlamentet og Rådet).

På personbilområdet har Norge, ved hjelp av en omfattende virkemiddelbruk (se avsnitt 3.1 og 3.4), kommet lenger i klimapolitikken enn noe annet land. Målt etter andelen utslippsfrie nye personbiler ligger vi 5 til 10 år foran andre, sammenliknbare stater og områder (figur 2.1).



Figur 2.1: Andel ladbare nye personbiler i utvalgte områder 2011–2020, med framtidige mål.

Kilde: [Hall mfl. \(2021\)](#). Gjengitt med tillatelse fra International Council on Clean Transportation (ICCT).

Utenom personbilsektoren er resultatene så langt mindre blendende. Noen klar, offisiell strategi for hvilke valg som må tas for å bringe oss til målet i 2030, er ikke utarbeidet. Vi vet heller ikke så mye om hva disse valgene vil koste oss, som samfunn i form av redusert verdiskaping eller via statskassen i form av økt skattebyrde og/eller reduserte offentlige ytelser.

Før vi går inn på de ulike konkrete virkemidler som står til rådighet, vil vi derfor, på litt mer prinsipielt vis, beskrive noen av de strategier, valg og dilemmaer en står overfor. Vi vil her ta for oss

- karbonprisens rolle
- betydningen av teknologinøytralitet
- forutsetningene for batteridrift av kjøretøy
- lønnsom hydrogenteknologi

² Meld. St. 13 (2020–2021), Meld. St. 20 (2020–2021), Meld. St. 33 (2016–2017).

- elektrifiserte veier
- bidragene fra biogass og flytende biodrivstoff
- miljøvirkningene av økt strømforbruk
- veitransportens eksterne kostnader
- samfunnsøkonomisk effektivitet
- konkurranseflaten mot kollektivtransport
- hensynet til offentlige finanser

2.1 Karbonprisen

En sentral parameter i klimapolitikken og i samfunnsøkonomiske analyser er *karbonprisen*. FNs klimapanel utarbeidet i 2018 et sett beregninger – ‘karbonprisbaner’ – som skulle være «forenlige med 1,5-gradersmålet i samband med bærekraftig utvikling» (IPCC 2018). Karbonprisbanene angir for hvert år den prisen på klimagassutslipp som må til for med en viss sannsynlighet å begrense den globale oppvarming til 1,5 °C over det forindustrielle nivået. Denne karbonprisen forutsettes vel å merke å gjelde i *alle land* og *alle sektorer*.

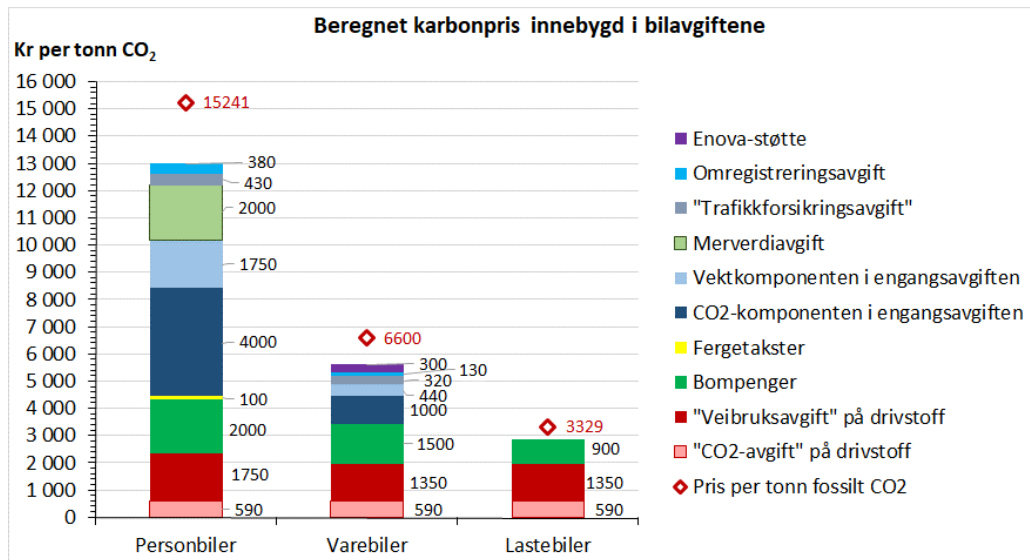
Til bruk i samfunnsøkonomiske kalkyler (nyttekostnadsanalyse) anbefalte den norske regjeringen i 2020 en karbonpris på kr 1500 per tonn CO₂ i 2020, jevnt stigende til kr 2220 i 2030, kr 3287 i 2040, kr 4685 i 2050 og kr 22 373 i 2100 (Samferdselsdepartementet 2020, Finansdepartementet 2021a, Fridstrøm & Østli 2021b: 9). Disse anbefalingene er siden revidert ([Finansdepartementet 2021b](#)). De nye retningslinjene innebærer ulike karbonpriser i ulike sektorer. For veitransport er den anbefalte karbonprisen nå betydelig lavere enn før. Fra 2030 til 2050 er satsen satt til 2083 kr/tCO₂ (dvs. 2022-kroner per tonn CO₂).

Den kalkulatoriske karbonprisen i samfunnsøkonomisk analyse er ikke lik den prisen markedsaktørene står overfor i praksis. [OECD \(2021\)](#) rangerer den effektive karbonprisen implisitt i CO₂- og drivstoffavgiftene i 44 land i 2018. Sveits, Luxembourg og Norge skiller seg ut i toppen av listen, med en ‘karbonprisingsscore’ på rundt 70, dvs. at 70 prosent av karbonutslippene er priset i samsvar med visse minimumskrav, som i dette tilfellet er satt til € 60 per tonn CO₂.

I Norge består karbonprisen av en god del flere elementer enn drivstoffavgiftene. Så å si samtlige vei- og kjøretøyavgifter var i 2021 CO₂-gradert. [En gjennomgang av avgiftssystemet i veitransporten](#) viser at personbilistene i 2021 betalte en effektiv karbonpris på minst 13 000 kroner per tonn CO₂ (kr/tCO₂). Beløpet framkommer når en legger sammen alle CO₂-differensierte bilavgifter og ser dem i forhold til mengden unngått forbrenning av bensin og diesel.

I dette regnestykket er det foreløpig ikke gjort fradrag for biodrivstoffinnblandingen i bensin og diesel (se avsnitt 2.6). Når vi tar hensyn til dette, blir karbonprisen for personbiler anslagsvis 15 241 kr/tCO₂ i 2021. En omregning av (de fleste) bilavgiftene og subsidiene til en pris per unngått tonn CO₂ er illustrert i figur 2.2.

Karbonprisen i veitransport varierer kraftig mellom personbiler, varebiler og tunge godsbiler. Det reelle nivået i veitransport er mange ganger så høyt som den mye omtalte ‘CO₂-avgiften’ på drivstoff.



Figur 2.2: Beregnet CO₂-pris på veitransport i 2021, etter avgiftsart og kjøretøytype. Kilder: Fridstrøm (2021a, 2021b).

2.2 Teknologinøytralitet

Teknologinøytralitet har lenge vært en hovedretningslinje for EUs reguleringspolitikk (Maxwell & Bourreau 2014). Tanken er at private næringsdrivende – ‘markedet’ – stort sett er bedre egnet til å treffe investerings- og teknologivalg enn det offentlige. En investor som risikerer sine egne penger, kan antas å kartlegge kostnader, risiko og gevinstmuligheter mer kompetent og samvittighetsfullt enn en offentlig aktør som ‘kun’ forvalter skattebetalernes midler. Profittmotivet virker. Det er et sunt prinsipp at risiko helst bæres av den som er best i stand til å påvirke utfallet.

Offentlige insentiver og reguleringer vil derfor virke best dersom de er teknologinøytralt utformet. Det politiske system definerer målet, og markedet finner (formodentlig) den beste veien dit.³

Dersom en vil tilskynde eller framskynde en bestemt teknologiutvikling, kan det likevel finnes argumenter for å fravike prinsippet om teknologinøytralitet. Offentlig støtte kan bygge bro mellom innovasjons- og masseproduksjonsfasen og være formålstjenlig fram til det punkt der læring og stordrift har gjort den nye teknologien konkurransedyktig⁴.

De norske avgiftsinsentivene for nullutslippsbiler er noenlunde teknologinøytrale i forholdet mellom batteri- og brenselcelledrift. Men i forhold til andre måter å redusere veitrafikkutslippene på er insentivene langt fra teknologinøytrale. Avgiftsbelastningen ved å velge bensin- eller dieseldrevet personbil framfor elbil kan per 2021 beregnes til ca.

³ Det danske Klimarådet (Danmark 2021) uttrykker det slik: «Manglen på en entydig teknologisk vinder for især de lengere ture er et argument for teknologineutral regulering. Reguleringen bør ideelt set fremme de grønne, alternative drivmidler uten at give nogle drivmidler fordele frem for andre. Dermed mindskes risikoen for at fremme den forkerte teknologi. Den bredere og langsigtede omstilling af vejgodstransporten bør derfor tilskyndes af ensartede afgifter, der giver samme tilskyndelse til alle klimavenlige, alternative drivmidler og samtidig sikrer samme pris på udledninger [utslipp] på tværs af sektorer i samfundet.»

⁴ Azar & Sandén (2011) formulerer det slik: «Technology-specific market-oriented policies are needed when the aim is to bridge the gap between invention and large-scale diffusion of new technologies with low or zero carbon emissions, i.e., when the aim is to commercialize emerging technologies. Market support should be given to technologies that can be expected to come down in cost to a competitive level as a result of the learning and scale economies the supporting policy enables.»

kr 13 000 per tonn CO₂, før en tar hensyn til biodrivstoffinnblandingen i bensin og diesel (figur 2.2). Men i valget mellom en bensinsluker og en bensingjerrig bil er den tilsvarende karbonprisen 'bare' ca. kr 8500 per tonn CO₂. I valget mellom ulike dieseldrevne⁵ personbiler er skattleggingen anslagsvis kr 7700 per tonn CO₂.

For godsbiler er karbonprisen i valget mellom forbrenningsmotor og nullutslipp betydelig lavere enn for personbiler. Særlig gjelder dette de tunge lastebilene, som er belagt med få andre avgifter enn drivstoffavgift og bompenger (se avsnitt 3.1).

Avgiftssystemet favoriserer altså nullutslippsteknologi i veitransport som sådan, i alle fall for lette kjøretøy. Andre måter å redusere klimagassutslippene på støttes i beste fall gjennom atskillig mer beskjedne insentiver. [Statistisk sentralbyrå](#) (Randen mfl. 2022) har anslått at den marginale effektive karbonprisen i de ulike delene av økonomien varierer fra 0 til 2200 kroner per tonn CO₂. I kvotepliktig sektor (EU ETS) er insentivet gitt ved kvoteprisen, som i uke 8 av 2022 i gjennomsnitt ble [notert til € 91,43](#), tilsvarende ca. kr 920 per tonn CO₂.

2.3 Forutsetningene for batteridrift

Veksten i salget av nye batteridrevne personbiler (elbiler) i Norge har overgått de fleste forventninger. I 2021 var markedsandelen 64,5 prosent ifølge Opplysningsrådet for veitrafikken ([OFV](#)). I tillegg stod de ladbare hybridbilene for 21,7 prosent.

I markedet for nye varebiler går innfasingen av eldrift tregere. I 2021 var 16,1 prosent av alle nye varebiler batteridrevne. Dette var likevel et merkbart høyere salg enn i 2020, da andelen var 7,7 prosent. Utviklingen ligger ca. 5 år bak veksten i markedet for personbiler. Dette har hittil hatt sammenheng med et begrenset utvalg av batterielektriske varebilmodeller.

Etter hvert kommer de fleste varebilmodeller fra de tradisjonelle produsentene også i batterielektriske versjoner. I tillegg lanseres elektriske varebiler fra kinesiske bilmerker på det norske markedet. På sikt kan utvalget av elbilmodeller i varebilsegmentet bli større enn for dieseldrevne. De fleste små og mellomstore nye varebiler kan også trekke tilhengere, om enn med lavere tillatt vekt enn dieselmodellene. Bortsett fra for de største varebilene er rekkevidden opp mot 200 km, også vinterstid. Teknologi for hurtiglading er etablert, og varebiler kan benytte de samme hurtigladerne som personbilene (Hovi mfl. 2021).

Blant de tunge godsbilene (nye lastebiler og trekkbiler) er andelen elektriske kjøretøy mye lavere: snaut 0,4 prosent i 2020, ca. 1,4 prosent i 2021, ifølge [Statens vegvesen](#). Teknologien i dette segmentet er langt mindre moden enn for varebilene. Fram til sommeren 2020 var det i praksis bare kjøretøy ombygd fra dieselmotor som var tilgjengelige som nullutslipps lastebiler.

Etter at de første serieproduserte batterielektriske lastebilene ble levert sommeren 2020, har salget tatt seg opp. Ved årsskiftet 2021/2022 var det registrert litt mer enn 100 batterielektriske lastebiler i Norge. Fortsatt er det begrensninger i form av rekkevidde og manglende mulighet for tilhenger, men Volvo har annonsert at de vil tilby hele lastebil-spekteret i elektrisk variant fra fjerde kvartal 2022. De andre kjøretøyleverandørene følger ventelig etter. Selv om slike tidsplaner erfaringsmessig strekkes noe ut i tid, indikerer dette at hele produktspekteret av lastebiler snart vil være tilgjengelig med elektrisk drivlinje (ibid.).

⁵ Drivstoffavgiften på bensin er ca. 40 prosent høyere enn på diesel, regnet per tonn CO₂. Tallene for personbiler i figur 2.2 gjelder som gjennomsnitt for bensin- og dieseldrift.

Unntaket vil være 3-akslede trekkvogner for semitrailer. Mens 2-akslet trekkvogn er standarden på Kontinentet, er den 3-akslede trekkbilen ofte foretrukket i Norge – [av framkommelighetshensyn](#). Utfordringen er at avstanden mellom fremre og midterste aksel er for kort til at det er plass til særlig store batteripakker. Det kan innebære at batterielektrisk drivlinje i trekkvogner vil stå svakere i konkurransen i Norge enn i andre land.

Så lenge energitettheten (kWh/kg) er flere titalls ganger høyere for en dieseltank enn for et batteri, innebærer batteridrift betydelig kortere rekkevidde og/eller vesentlig lavere nyttelest. Konkurranseulempen dempes ved at resten av drivlinjen er noe lettere i batterielektriske kjøretøy enn i dieseldrevne. Dessuten er energieffektiviteten atskillig høyere; det kan dreie seg om et forholdstall på ca. 2 : 1, når en tar hensyn til energitapet ved lading. Nyttelastbestemmelsene kan dessuten åpne for at batteridrevne kjøretøy får ha ett til to tonn større totalvekt enn like store dieselskjøretøy.

Den viktigste konkurranseulempen for batteridrevne lastebiler knytter seg trolig til rekkevidden. Det nest viktigste aspektet er nok tiden det tar å etterfylle energi. Men i prinsippet kan disse ulempene langt på vei nøytraliseres dersom en samordner lading av batteriet med hviletiden. Førere av tunge kjøretøy er som hovedregel pålagt å ta 45 minutters pause etter 4,5 timer bak rattet.

Det skal likevel nok så mye til før batteridrevne lastebiler framstår som like fleksible i bruk som dieselskjøretøy. Nettet av ladestasjoner vil måtte være tett, og dessuten passe overdimensjonert, slik at det sjelden eller aldri oppstår ventetid ved lading.

For bydistribusjon vil likevel mye av dagsbehovet kunne dekkes av rekkevidder på 20 mil. Også for regionaldistribusjon vil 20–30 miles rekkevidde være tilstrekkelig, i hvert fall hvis det er mulig å vedlikeholdslade underveis.

Det vil ta tid før all tungtransport kan bli batterielektrisk, da en må skifte ut så å si hele kjøretøyflåten. Kostnadene ved dette er store, især i startfasen før en har oppnådd stor-driftsfordeler i serieproduksjonen av batterikjøretøy.

For personbilenes del er ladestasjoner langs hovedveiene formålstjenlig, men ikke fullt så avgjørende, idet mesteparten av ladingen vil skje hjemme hos bileieren. Det er viktigere at bileieren kan parkere og lade ved boligen (se avsnitt 2.8). Her har byene en utfordring.

2.4 Innfasing av hydrogen

Det er foreløpig (per februar 2022) bare fire hydrogendrevne lastebiler i Norge, som alle er ombygde dieselskjøretøy. Det forventes fortsatt at det vil gå minst to år til de store kjøretøyproduzentene kan levere serieproduserte hydrogenelektriske lastebiler i det europeiske markedet. Riktignok er det noen leverandører, som f.eks. Hyundai, som kan levere hydrogenelektriske lastebiler i dag, men dette gjelder kjøretøystørrelser som i liten grad har markedsposisjon i Norge.

Hydrogen peker seg ut som et noe bedre alternativ enn batterielektrisk drivlinje på de lange transportene, ikke minst for de 3-akslede trekkvognene, der batterielektrisk drift kan være vanskelig. Hydrogendrevne lastebiler vil, når de når markedet, og fyllestasjonene er kommet på plass i tilstrekkelig omfang, ventelig framstå som nesten like fleksible som dieseldrevne lastebiler. De vil ikke, i samme grad som de batterielektriske, være begrenset av ladetid og rekkevidde.

Å investere i infrastruktur for hydrogenfylling framstår samtidig som svært lite lønnsomt, inntil etterspørselen etter hydrogen har nådd kritisk masse. Men for at en skal nå kritisk masse, må infrastrukturen være på plass. Dette er 'høna-og-egget'-problemet.

For å løse problemet kan det offentlige hjelpe markedet over terskelen ved å subsidiere oppbyggingen av infrastruktur i introduksjonsfasen.

En slik subsidiering vil åpenbart bryte med kravet om teknologinøytralitet. Det er risiko for at skattebetalernes penger sløses bort på en teknologi som, når det kommer til stykket, viser seg å bli en ikke konkurransedyktig blindvei, som i verste fall 'låser inn' teknologien for mange tiår framover (Plötz 2022).

Selv om en altså, gjennom offentlige subsidier, kan overkomme høna-og-egget-problemet, møter en straks et annet dilemma: Hvordan sikre at det offentliges beslutningsprosess og risikoavveining på dette området holder samme kvalitet som hos profesjonelle private investorer? Særlig utfordrende kan dette bli dersom de politiske partiene på forhånd har programforpliktet seg til én bestemt teknologisk løsning.

Én måte å begrense risikoen på kunne være å starte hydrogenproduksjon og -anvendelse i mindre skala i et avgrenset geografisk område, der hydrogenet har flere bruksområder – et såkalt *hydrogen-nav* (på engelsk *hydrogen hub*). Dersom en tung industriell aktør går inn for å erstatte fossile energibærere i produksjonsprosessen med hydrogen, vil lokale og regionale transportutøvere kanskje kunne 'henge seg på' uten at investerings- eller støttebehovet blir uoverstigelig. [Odda-Tysseidal-området](#) har vært nevnt som ett mulig pilotprosjekt av denne sorten.

Et konsept i litt større og dristigere skala er de såkalte *hydrogen-korridorer* (*hydrogen valleys*). Den svenske Elektrifiseringskommissionen (Sverige 2021) påpeker at

«Kostnaderna för distribution och lagring av vätgas [hydrogen] är betydlig lägre om den används direkt där den produceras och det kan därför finnas möjlighet att ställa om transporter till eldrift med vätgasteknik i anslutning till industrikluster med stor vätgasproduktion.»

Den britiske Commission on Climate Change (CCC 2018) tar til orde for såkalte 'low-regret'-tiltak for tidlig innfasing av hydrogen. Med det menes tiltak som ikke er for kostbare, og som med stor sannsynlighet vil gi utbytte selv dersom det tar lang tid å rulle ut en fullverdig infrastruktur. De beste mulighetene for levedyktige klynger finnes muligens i tilknytning til industrien.

Det danske Klimarådet (Danmark 2021) er inne på liknende tanker, når de anbefaler

«politiske tiltag [...], der med dagens viden kan karakteriseres som fornuftige i langt de fleste fremtidsscenerier.»

Regjeringen Solberg la i Meld. St. 36 (2020–2021) 'Energi til arbeid' fram et 'veikart for hydrogen', der det heter:

«Ambisjon på kort sikt, det vil si fram mot 2025: Støtte opp under teknologiutviklingen gjennom pilotering og demonstrasjonsprosjekter for produksjon og bruk av rent hydrogen i maritim transport, tungtransport på vei og industri. Prosjektene bidrar til tidlig markedsintroduksjon og markedsutvikling, og legger til rette for å utvikle geografiske hydrogenknutepunkter.

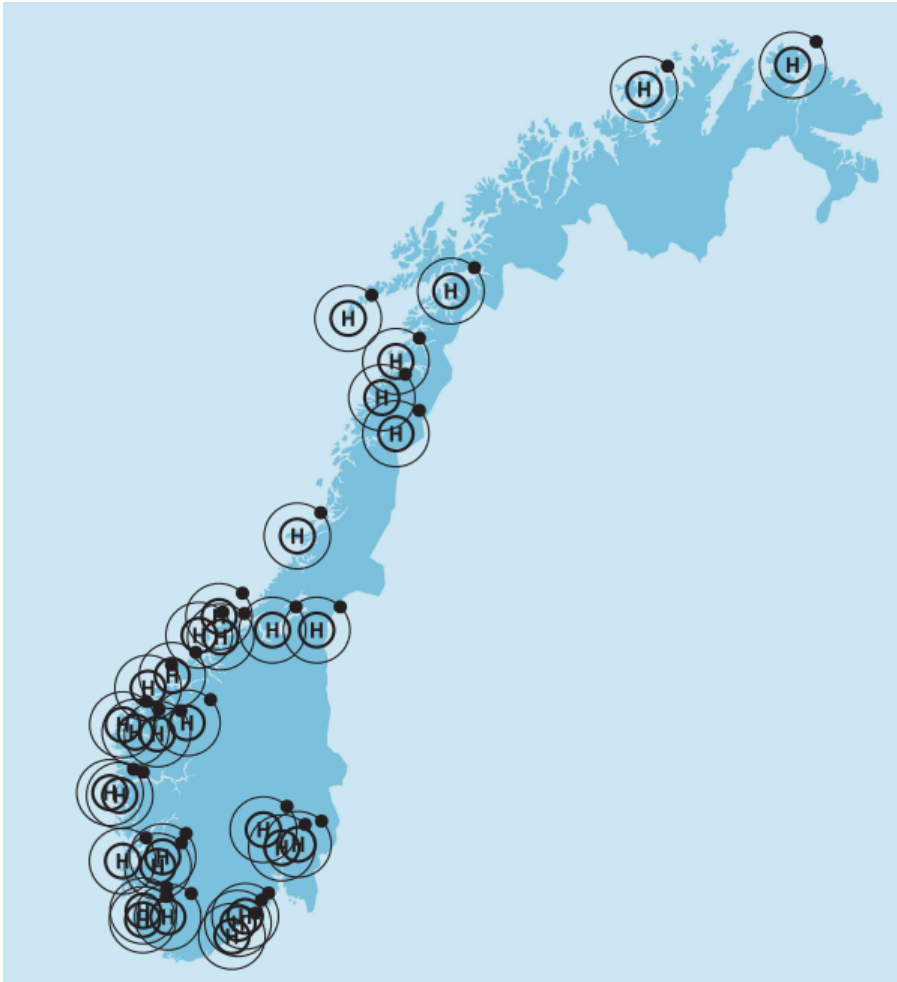
Regjeringen vil legge til rette for at det i samarbeid med private aktører kan

- a) etableres fem hydrogenknutepunkter for maritim transport, med muligheter for utvikling av tilknyttede landtransportløsninger basert på hydrogen
- b) etableres ett til to industriprosjekter med tilhørende produksjonsanlegg for hydrogen, med hensikt å demonstrere verdikjeder med globalt spredningspotensial
- c) etableres fem til ti pilotprosjekter for utvikling og demonstrasjon av nye og mer kostnads-effektive hydrogenløsninger og -teknologier.

[...] Et sentralt poeng [...] er at etablering av knutepunkter for forsyning av hydrogen til maritime og industrielle formål også vil bidra til forsyning av hydrogen til andre formål i rimelig nærhet til knutepunktet. I landtransport kan det bli aktuelt med hydrogendrift i større kjøretøy der batteriteknologien ikke strekker til. Merkostnaden i forhold til innkjøp av dieselskjøretøy er imidlertid høy og tilgangen er begrenset. Med etablering av knutepunkter knyttet til maritim eller industriell sektor vil hydrogen bli mer tilgjengelig også for landtransport. Det gjør det mer aktuelt å støtte opp under pilotprosjekter på land. Fram mot 2030 vil tungtransport på vei basert

på hydrogen kunne bli mer aktuelt dersom lastebiler med høy totalvekt (>50 tonn) og lang rekkevidde (>500 km) blir tilgjengelige på markedet. [...]

Figur [2.3] viser både den geografiske fordelingen av pågående og planlagte hydrogenprosjekter i Norge. Det er ikke tatt hensyn til prosjektenes gjennomførbarhet. Figuren viser at det er et stort engasjement for å utvikle hydrogenbaserte løsninger i Norge, og at disse initiativene allerede er relativt godt spredt geografisk. Dette er et godt grunnlag for å nå målsetningene i veikartet.»



Figur 2.3: Kart over et utsnitt hydrogenprospekter og prosjekter i Norge. Faksimile fra Meld. St. 36 (2020–2021).

2.5 Elektrifiserte veier

I stedet for batteri kan tungtransporten elektrifiseres ved hjelp av kjøleledning over veien eller ved trådløs (induktiv) lading gjennom en skinne nedfelt i veilegget.

I det første tilfellet feller lastebilene ut en pantograf som får kontakt med en strømledning strukket over høyre felt på motorveien eller landeveien. Svenskene har gjennomført et prøveprosjekt av denne art, lett å huske ved hjelp av [palindromet 'elväg i Gävle'](#). Prosjektet ble avsluttet i 2020. Trafikverket har siden besluttet å bygge en permanent elvei over en 21 kilometers [strekning på E20 mellom Örebro og Hallsberg](#).

Mellom Visby og lufthavnen på Gotland utprøves et konsept med [trådløs lading](#) fra kopperspoler i veibanen. I Karlsruhe i Tyskland er et liknende konsept under utprøving [for busser](#).

Elektrifiserte veier forutsetter, som batteridrift, at kjøretøyene skiftes ut. I tillegg må en investere i infrastruktur i eller over veien. En slik investering kan neppe forsvares andre steder enn på sterkt trafikkerte ferdssårer, der mange kan dele på kostnaden.

En trafikksterk strekning som ofte har vært nevnt, er E6 fra Svinesund til Oslo. En stor del av den grensekryssende trafikken utgjøres imidlertid av transportører fra lavkostland, med svak betalingssevne.

I Norge vil en stor del av lastebiltransporten finne sted på veier med forholdsvis lav standard og liten trafikk. Om kjøretøyene også skal kunne ta seg fram på ikke-elektrifiserte veier, må de, i tillegg til strømvaktaker og elmotor, være utstyrt med batteri, brenselceller eller forbrenningsmotor.

I sum gjør dette det lite sannsynlig at kjøreledning eller induktiv strømskinne kan vinne fram som konkurransedyktig nullutslippsteknologi her til lands.

2.6 Biogass og biodrivstoff

I henhold til [stortingsvedtak](#) (Innst. 468 S 2020–2021) skal biogass likestilles med strøm i vurderingen av klimavennlig teknologi. I samsvar med stortingsvedtaket regner vi, i vår analyse, biogassdrevne kjøretøy som utslippsfrie. Metan er en betydelig kraftigere klimagass enn CO₂. Når en forbrenner metan, blir klimapådrivet mindre enn om gassen slipper ut i atmosfæren.

For flytende biodrivstoff, dvs. bioetanol og biodiesel, må drivstoffleverandørene i 2021–2022 oppfylle et omsetningskrav på minst 24,5 volumprosent biodrivstoff, når en dobbeltteller inntil 9 prosent 'avansert' biodrivstoff. Gitt at kvoten for avansert biodrivstoff utnyttes fullt ut, er det reelle omsetningskravet 15,5 volumprosent biodrivstoff. I klimagassregnskapet anses biodrivstoff som klimanøytralt.

Flytende biodrivstoff har den store fordel at det ikke forutsetter utskifting av kjøretøyene og derfor har umiddelbar effekt på klimagassutslippet. Mesteparten av klimagasskuttet i norsk veitransport siden 2015 kan tilskrives økt biodrivstoffandel (se figur 5.9).

Avgiftsfritak for biodrivstoffsalg utover omsetningskravet kan få opp volumet. Men en satsing på biodrivstoff i det korte bildet kan forsinke overgangen til langsiktig bærekraftige løsninger. Om vi velger biodrivstoff som vår primære strategi, kan dette svekke motivene for å søke etter varig utslippsfrie alternativ.

Biodrivstoff er således et tveegget sverd. Brukerne kan umiddelbart gå tilbake til fossilt drivstoff dersom rammebetingelsene endrer seg. Dette er også en utfordring for biogassbiler som kan bruke fossil naturgass. Den eneste 'sikre' bruken av biodrivstoff er gjennom omsetningskravet.

Et annet dilemma gjelder prioriteringen av de knappe ressursene jordbruksareal og biomasse. Å dyrke planter med sikte på biodrivstoff konkurrerer til en viss grad med matproduksjon. Det kan dessuten gjøres gjeldende at biodrivstoff bør prioriteres til de anvendelsene der det vanskelig kan finnes andre klimavennlige løsninger – eksempelvis luftfart og sjøfart.

En siste betenkelighet er at biodrivstoffet i virkeligheten ikke er helt klimanøytralt. Klimaeffekten på kort og mellomlang sikt vil blant annet avhenge av plantenes rotasjonstid, av hvor store utslipp som knytter seg til produksjon, transport og distribusjon av drivstoffet, samt av endringene i arealbruk, herunder [albedoeffekten](#) av flatehugst og utslippene ved frigjøring av karbonlagrene i skog.

2.7 Strøm til kjøretøy versus natur og miljø

Å elektrifisere kjøretøyparken vil innebære økt behov for strøm. Verken vann-, vind-, sol- eller varmekraft er helt uten miljøkonsekvenser.

På grunn av vår tilknytning til det nordiske og europeiske kraftnettet kan strømforbruket i Norge ha en viss betydning for varmekraftproduksjonen og klimagassutslippene ellers i EØS-området. Riktignok er alle kraftverk over 20 MW effekt i EØS omfattet av kvotesystemet. Så lenge taket i kvotesystemet ligger fast, vil økt produksjon av varmekraft ett sted bli motsvart av mindre klimagassutslipp et annet sted. Men innføringen av en markedsstabilitetsreserve (MSR) i EU ETS innebærer at taket ikke lenger ligger helt fast. Økt bruk av strøm i Norge kan i prinsippet medføre at en lavere andel av kvotene lagret i MSR ender opp med å bli slettet.

Det er likevel liten tvil om at det er virksom klimapolitikk å elektrifisere kjøretøyparken. To amerikanske studier (Miotti mfl. 2016, Wolfram mfl. 2021) viser at dette gjelder også i livsløpsperspektiv, og selv om en stor del av strømmen skulle være produsert gjennom varmekraft. Wolfram mfl. (2021) setter søkelys på de indirekte utslippene ved bruk av forbrenningsmotorer. Det er betydelige utslipp knyttet til utvinning og raffinering av råolje og til transport og distribusjon av drivstoffet.

Utbygging av ny vann- eller vindkraft har miljøeffekter som må veies opp mot gevinstene ved elektrisk drevet transport. Avveiningen kompliseres av at fordelene og ulempene er ulikt og ujevnt fordelt, geografisk så vel som sosialt og økonomisk. Mange er positive til elbiler, men de færreste ønsker vindturbiner i nærområdet eller turterrenget. Noen fasit for hva som er best miljøpolitikk på dette området er umulig å finne.

Solcellepanel framstår som klimavennlige og forholdsvis lite inngripende, særlig hvis de monteres på tak. En dansk studie (Kanafani mfl. 2021) problematiserer likevel dette, ved å peke på at ikke alle typer solceller kommer like godt ut når en sammenlikner energibruken under produksjon med energiutbyttet når panelene tas i bruk.

Særlig gunstige kan solcellepanel være i kombinasjon med elbilhold i private hushold. Bil-eieren kan bli *prosumert*: Hun produserer og konsumerer sin egen strøm. Potensialet for dette konseptet bremses imidlertid kraftig av den avgifts- og fortjenestemarginen som oppstår når prosumentene skal selge og kjøpe strøm til og fra nettet (Fridstrøm 2018).

Energieffektivisering i bygninger kan være en forholdsvis lavhengende frukt:

«Ved å gjøre dette i stor skala og installere solceller på bygninger, kan vi frigjøre strøm nok til å dekke det meste av etterspørselsveksten som elektrifisering av transport og industri vil gi» (Sandberg & Lindberg 2022).

2.8 Eksterne kostnader

Klimagassutslipp er ikke den eneste eksterne kostnaden veitransporten påfører samfunnet. Rødseth mfl. (2019) tallfester seks ulike kategorier ulemper:

- klimagassutslipp
- lokalt forurensende utslipp
- tidstap og kø
- støy
- ulykker
- veislitasje.

For personbiler er køkostnadene de klart største, når en verdsetter alle ulempene i kroner. For tunge gods-biler er skadene ved henholdsvis lokale utslipp, støy og tidstap av noenlunde samme størrelsesorden, og stort sett større enn CO₂-kostnadene. Men dette er i ferd med å endres. Den lokale trafikkforurensningen er på rask vei nedover, i takt med at kjøretøyene utskiftes og blir vesentlig renere (Fridstrøm 2019b, 2019c).

Bilavgiftene vist i figur 2.2 gir ikke bare insentiv til å kjøre utslippsfritt – de bidrar også til å redusere den samlede veitrafikken og dens kø-, veislitasje- og støykostnader, vel å merke så lenge en stor del av bilene har forbrenningsmotor og bruker avgiftsbelagt drivstoff. En liten del av karbonprisen kan med andre ord skrives på kontoen for markedskorreksjon rettet mot andre eksterne kostnader enn CO₂-utslipp.

Men avgiftene er lite treffsikre. Køkostnadene er svakt korrelert med drivstofforbruket. En nullutslippsbil tar like stor plass som en eksosbil og bidrar på omtrent samme måte til tidstap og kø. Den skjærer likevel klar av så vel engangsavgift som veibruksavgift og CO₂-avgift.

En sjuende ekstern kostnad, som er vanskelig å tallfeste, er *arealbruk*. Kjøretøyene tar plass, også når de står stille. Når en privatbileier parkerer i gata, legger hun beslag på gategrunn som tilhører fellesskapet. Ved å bygge veier og legge til rette for motorisert transport disponerer vi betydelige fellesarealer til dette formålet.

Resonnementet leder gjerne til anbefalinger om å inndra parkeringsplasser i byene og begrense veiutbyggingen mellom byene. Men i kartet som nå skal løse oss mot nullutslippssamfunnet, leder disse veivalgene i feil retning.

Om vi skal få alle bileiere til å velge elbil, må de helst kunne parkere ved egen bolig og i ro og mak lade batteriet om natten. Byene må legge til rette for at folk har en fast plass å parkere og lade. Parkering er blitt et aktivum i klimapolitikken.

Størstedelen av klimagassutslippene i veisystemet kommer når kjøretøyene kjører. Bare en mindre del – trolig i størrelsesorden 10 til 20 prosent, varierende med veistandarden og trafikkmengden – kommer når veien bygges, driftes og vedlikeholdes⁶. Når og hvis kjøretøyparken blir fullelektrifisert, vil vi altså unngå 80–90 prosent av CO₂-utslippene i veisystemet. Klimaargumentene mot å bygge veier blir da vesentlig mindre tungtveiende. I beste fall kan raske motorveier gi klimagevinst, ved at elbilene utkonkurrerer flyene, mens tungtransporten sparer energi. Også på dette punkt utgjør nullutslippskjøretøyenes inntog med andre ord litt av en 'game changer'.

Barriereeffekter, habitatforringelse og visuell forøpling er tre andre eksterne kostnader som det er vanskelig å tallfeste. Disse kommer primært når veien bygges og er i mindre grad bestemt av trafikkmengden eller framdriftsteknologien.

2.9 Samfunnsøkonomisk effektivitet

Norge har som nasjon påtatt seg folkerettslige forpliktelser til å kutte klimagassutslipp. Dette kan tolkes slik at klimamålene skal nås, koste hva det koste vil. Klimamålene skal ha forrang framfor maksimal verdiskaping, velferd og samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

I denne situasjonen blir det interessante politisk-økonomiske spørsmålet hvordan vi kan nå klimamålene på billigste måte. Vi må finne fram til *nest-best-løsningen*: den sammensetningen

⁶ Strand mfl. (2009) beregner klimagassutslippene ved bygging, drift og vedlikehold av en kilometer tofeltsvei til i gjennomsnitt 90 tonn CO₂-ekvivalenter per år (tCO_{2e}/år). Ved en årstdøgntrafikk (ÅDT) på 10 000 kjøretøy med et gjennomsnittlig CO₂-utslipp på 150 gCO₂/km blir trafikktutslippet 547,5 tCO_{2e}/år. Bygging, drift og vedlikehold utgjør da ca. 14 prosent av det samlede utslippet. En firefelts motorvei med ÅDT = 20 000 beregnes å innebære 290 tCO_{2e}/år i bygging, drift og vedlikehold. Dette utgjør ca. 21 prosent.

av tiltak og virkemidler som reduserer verdiskapingen minst mulig, men likevel innfrir klimaforpliktelsene.

Standardløsningen ifølge samfunnsøkonomisk teori er å prise alt klimagassutslipp med samme sats – og å sette prisen akkurat så høyt at utslippsmålene nås.

Taran Fæhn mfl. (2020) har regnet på dette. De kommer til at en pris på ca. 3900 kr⁷ per tonn CO₂-ekvivalenter (tCO_{2e}) vil være tilstrekkelig til at det ikke-kvotepålagte utslippet i Norge halveres fra 2005 til 2030, *forutsatt at prisen gjøres gjeldende i alle deler av den ikke-kvotepålagte sektoren*. En slik karbonpris vil redusere verdiskapingen og den økonomiske velferden minst mulig. Men gratis blir det likevel ikke. Noe vil klimapolitikken uvegerlig koste oss.

Som vist i avsnitt 2.1, er karbonprisen i store deler av veitransporten allerede langt høyere enn 3900 kr per tCO_{2e}. I andre deler av ikke-kvotepålagt sektor er prisen null eller til og med negativ, med bakgrunn i subsidier og statsstøtte (Gaasland & Vårdal 2017). Det innebærer på sett og vis at klimapolitikken koster mer enn nødvendig. En utjevning av karbonprisene mellom de ulike delene av ikke-kvotepålagt sektor ville innebære at vi kom billigere fra det enn vi nå gjør.

2.10 Kollektivtransport

Pandemien har endret reisevanene (Nordbakke & Nielsen 2021). Flere enn før har vent seg til å jobbe hjemme, eller de har ønsket å unngå trengselen om bord på buss og bane.

Elbilenes inntog forsterker nedgangen i etterspørselen etter kollektivreiser, om ikke annet så fordi bilene (ved 'normale' strømpriser) er svært billige i bruk⁸. Det kan hevdes at elbilene på denne måten undergraver inntektsgrunnlaget for buss og bane, og dessuten bidrar til flere køer og forsinkelser. Hvis elbilene dominerer i kollektivfeltet, blir også bussene hindret. En vanlig slutning er at elbilene slett ikke er så klima- og miljøvennlige.

Mot dette kan en innvende at kollektivtransport umulig kan gi mindre utslipp enn et nullutslippskjøretøy. Hvis vi kan få bedre byluft og klima ved hjelp av elbiler, er det utmerket – ikke noe vi skal bekjempe. Med elbilenes inntog er klima- og miljøargumentene for å støtte kollektivtransporten svekket.

Men behovet for å begrense køer og forsinkelser er ikke blitt mindre – snarere tvert om. Og personer uten tilgang til bil har like stort behov for et godt kollektivtilbud som før.

For å opprettholde samme kvalitet på kollektivtilbudet i hjemmekontorenes og klimapolitikkenes tid må en kanskje se for seg betydelig høyere offentlige tilskudd enn tidligere. Vi må kanskje regne inn dette som en av klimapolitikkenes indirekte kostnader.

Alternativene er enten (i) å akseptere et dårligere kollektivtilbud eller (ii) å fjerne så mange av elbilfordelene at kollektivreiser igjen framstår som et mer attraktivt valg. I det siste tilfellet (ii) blir det vanskeligere å nå klimamålene.

2.11 Offentlige finanser

Et stort og voksende dilemma i klimapolitikken på kjøretøyområdet er målkonflikten mellom utslippsreduksjon og offentlige finanser. Avgiftslettelsene for nullutslippsbiler gir

⁷ Omregnet til 2021-kroner fra 3200 2013-kroner.

⁸ Modellberegningene i [TEMPO-prosjektet](#) (Fridstrøm & Alfsen 2014) viste at en halvering av energikostnaden ved bilbruk reduserer etterspørselen etter lokale bussreiser med ca. 8 prosent. Det motsatte – en dobling av drivstoffkostnaden – ble beregnet å øke bussbruken med drøyt 6 prosent.

kraftig reduserte inntekter fra moms, engangsavgift, bompenger og drivstoffavgift. Momsfritaket for elbiler gir ikke bare redusert momsproveny, men også kraftig redusert proveny fra engangsavgiften, siden fritaket får mange kjøpere til å velge avgiftsfri bil. Samme mekanisme innebærer at skjerpet engangsavgift for eksosbiler faktisk vil gi redusert avgiftsinn- gang til staten (Fridstrøm & Østli 2021a).

3 Virkemidler

Virkemidlene i klimapolitikken på veitransportområdet kan inndeles i minst fem ulike kategorier:

- norske avgifter og tilskudd
- EU-forordninger
- kvotehandling
- regulering
- offentlige investeringer og innkjøp

3.1 Norske skatte- og avgiftsinsentiver

Den høye karbonprisen som er innbakt i det norske avgiftssystemet (figur 2.2), er etter alt å dømme hovedgrunnen til at Norge har verdens overlegent største elbilandel (figur 2.1) og Europas uten sammenlikning bratteste nedgang i utslippene fra nye personbiler. Gjennom avgiftssystemet møter personbilistene en pris for CO₂-utslipp som er i størrelsesorden 15 ganger så høy som kvoteprisen i EU (i uke 8 av 2022). Stilt overfor denne prisen velger stadig flere foretak, personer og familier å skaffe seg utslippsfrie kjøretøy.

De viktigste økonomiske insentivene for *personbiler* var i 2021 følgende:

1. [engangsavgift](#) gradert etter (a) egenvekt, (b) typegodkjent CO₂-utslipp og (c) typegodkjent NO_x-utslipp.
2. [omregistreringsavgiften](#), som varierer i henhold til bilens alder og egenvekt
3. [trafikkforsikringsavgiften](#) (tidl. 'årsavgiften')
4. [drivstoffavgiftene](#), med de to komponentene (a) veibruksavgift og (b) CO₂-avgift
5. bompenger, varierende med veistrekning og/eller klokkeslett
6. fergetakster, varierende med kjøretøyets og overfartens lengde mv.
7. offentlige parkeringsavgifter, varierende med sted og tidspunkt
8. [inntektsskatt på privat bruk av firmabil](#), varierende med skattyterens marginalsatt og med bilens alder og pris som ny.
9. [merverdiavgiften](#), nullsatt for nullutslippsbiler, 25 prosent for alle andre biler.
10. Enovas støtte til etablering av ladestasjoner og hydrogenanlegg
11. gratis lading av elbiler på kommunale parkeringsplasser

Alle avgiftsartene 1 til 9 var i 2021 CO₂-differensiert, med fullt fritak eller redusert sats for nullutslippsbiler.

I 2022 er flere av elbilfordelene redusert. Det er gjeninnført omregistreringsavgift (2) for elbiler, riktignok med lavere sats enn for eksosbiler. Trafikkforsikringsavgiften (3) er fra 1. mars 2022 ikke lenger CO₂-gradert; det gjelder nå samme sats uavhengig av bilens drivlinje. Elbilenes 'rabatt' ved utregning av firmabilskatten (8) er redusert fra 40 til 20 prosent. Færre parkeringsplasser enn før tilbyr gratis lading (11). Til gjengjeld er CO₂-komponenten i engangsavgiften (1) skjerpet, og ladbare hybrider får ikke lenger like stor 'rabatt' på vekt-komponenten.

Varebiler i klasse 2 er belagt med engangsavgift etter samme kriterier som personbiler, men med betydelig lavere satser. Vekt-komponenten i engangsavgiften utgjorde i 2021 20 prosent av gjeldende satser for personbiler, mens NO_x-komponenten utgjorde 75 prosent.

CO₂-komponenten utgjorde 30 prosent av satsen for personbiler opp til 125 gCO₂/km og 25 prosent i intervallet 126–195 gCO₂/km. Avgiften er lineær over 125 gCO₂/km, ikke progressiv som for personbiler.

Med virkning fra august 2019 ble det via Enova innført en generell

12. [tilskuddsordning for kjøp av ny, helelektrisk varebil](#).

For varebiler med mer enn 80 kW motorytelse var støtten i 2021 inntil kr 50 000. Mindre kraftige varebiler ble støttet med inntil kr 15 000 eller kr 25 000. I tillegg kunne en få støtte til kjøp av lader med kr 5 000.

Lette lastebiler (inntil 7,5 tonn totalvekt) er belagt med engangsavgift med samme satser som for varebiler.

Tunge lastebiler og trekkbiler (over 7,5 tonn totalvekt) er ikke belagt med annen engangsavgift enn vrakpantavgiften på kr 5 000. De er derimot belagt med

13. [vektårsavgift](#) og

14. [miljødifferensiert årsavgift](#).

Vektårsavgiften varierer (per 2021) fra kr 497 til kr 12 562 per år, avhengig av fjærings-system, antall aksler og tillatt totalvekt. Denne avgiften er ikke CO₂-differensiert. Men på samme måte som vekt-komponenten i engangsavgiften for lette kjøretøy drar avgiften i retning av mindre kjøretøy med lavere CO₂-utslipp. Det er likevel ikke åpenbart at avgiften virker klimagassreducerende, fordi større godsbiler normalt innebærer lavere utslipp per tonnkilometer.

Den miljødifferensierte årsavgiften gjelder kun dieseldrevne kjøretøy og varierte i 2021 fra kr 126 til kr 18 812 per år, avhengig av vekt og avgasskrav. For lastebiler i Euro VI-klassen, dvs. for praktisk talt alle nye lastebiler, er avgiften bagatellmessig.⁹

Gjennom Enova kan aktører som ønsker å redusere klimagassutslipp fra transport få

15. [støtte til innkjøp av nullutslippskjøretøy og tyngre biogassdrevne kjøretøy](#),

slik som lastebiler, trekkvogner, gravemaskiner, hjullastere og dumpere. For å kvalifisere til tilskudd må prosjektet minst erstatte 10 000 liter diesel per år. Maksimalt støttebeløp er 40 prosent av merkostnaden sammenliknet med tilsvarende dieselskjøretøy.

Når avgiftsbelastningen er så mye lavere for godsbilene enn for personbilene, har det sammenheng med at nyttekjøretøyene driver i et internasjonalt marked. De norske vogntogene konkurrerer i betydelig grad med utenlandske kjøretøy, ikke bare på grensekryssende transporter, men til en viss grad også innenlands, selv om konkurransen i dette markedet i prinsippet begrenses av [kabotasjereglene](#). Norskregistrerte tunge godsbiler kan vanskelig ilegges vesentlig høyere avgifter enn deres utenlandske rivaler.

For varebilenes del er konkurransen fra utlandet mer begrenset. Det er tenkelig at en kan påskynde elektrifiseringen av varebilflåten ved å skjerpe CO₂-komponenten i engangsavgiften for varebiler og lette lastebiler. Men en må ta hensyn til at godsbiler i ulike vekt-klasser i noen grad konkurrerer om de samme kjøperne. Om engangsavgiften på godsbiler under 7,5 tonn blir for høy, vil det kunne bli billigere å anskaffe en lastebil med 10 tonn totalvekt enn en på 5 eller 7 tonn. Noe slikt vil ikke bidra til reduserte klimagassutslipp.

Ett virkemiddel som hittil i beskjeden grad er tatt i bruk, er *CO₂-graderte [avskrivningsregler](#)*. For vogntog, lastebiler, varebiler og busser gjelder en generell avskrivningssats på 24 prosent. Men for batterielektriske kjøretøy er satsen 30 prosent. Det innebærer at kjøperne av slike kjøretøy får utsatt en del av overskuddsskatten, gitt at bileieren er i skatteposisjon.

⁹ Årsavgiftene (13, 14) og tilskuddene (15) for tunge godsbiler er ikke tatt med i figur 2.2. Derimot har en lagt til grunn at nullutslipps lastebiler i Norge er helt fritatt for bompenger (5).

Insentivet er for svakt til å få særlig betydning for innfasingen av nullutslippsteknologi. Annerledes kunne det kanskje være dersom det kun var utslippsfrie kjøretøy som i det hele tatt gav grunnlag for skattemessig avskrivning. I Belgia har en vedtatt å innføre et slikt prinsipp for [firmaeide personbiler registrert etter 1. juli 2023](#).

Men for de dieseldrevne nyttekjøretøyenes del vil en, ved å fjerne adgangen til skattemessig avskrivning, møte samme konkurranseproblem som ved å ilegge registreringsavgift eller årsavgift – med mindre samme prinsipp innføres i hele EØS-området.

Kan en påskynde elektrifiseringen gjennom mer generøse Enova-tilskudd? Svaret er antakelig ja. Men subsidier har [en lei tendens til å bli utnyttet for andre formål](#) enn tiltenkt. En smart forretningsdrivende kjøper et kjøretøy, innkasserer tilskuddet og selger bilen ved første anledning til en kjøper i et land uten subsidier, der markedsprisen er høyere (Valle 2022, Sverige 2020). Det er grunn til å følge med på hvor de subsidierte godsbilene etter hvert tar veien. Vi kan komme til å se en nokså rask utskiftingstakt blant elektriske vare- og lastebiler. En kan om noen år gjerne sammenlikne overlevelseskurvene for batterielektriske varebiler på norske skilt med tilsvarende kurver for bensin- og dieseldrevne kjøretøy, vist i figur 4.4.

Subsidierte og/eller avgiftsfrie energibærere kan være en annen – og muligens bedre – måte å fremme klimavennlig transport på. For at brenselcelleteknologi skal bli konkurranse-dyktig, må hydrogenet antakelig være avgiftsfritt og kanskje også direkte subsidiert i startfasen. Det samme kan muligens gjelde biogass og flytende biodrivstoff.

Strøm har tradisjonelt vært forholdsvis billig i Norge, og batteridrift er dessuten minst dobbelt så energieffektivt som forbrenningsmotorer. Store svingninger i strømprisen vil imidlertid virke avskrekkende på næringsdrivende og investorer med risikoaversjon. Elektrifiseringen av kjøretøyparken kan komme til å gå raskere dersom staten på en eller annen måte garanterer for lav strømpris ved ladestasjonen.

Fossile drivstoff (bensin og diesel) er allerede i dag belagt med betydelig avgift (se avsnitt 2.1). Prisforholdet mellom fossile og utslippsfrie energibærere kan påvirkes gjennom endring i drivstoffavgiftene. Men det har ingen betydning for klimagassutslippet i veitransporten, eller for utøverne eller kundene, hva de ulike avgiftskomponentene *kalles* – om de heter 'veibruksavgift' eller 'CO₂-avgift'.

En økt drivstoffavgift som gjøres gjeldende kun i Norge, vil ha negative følger for konkurranseutsatte brukere av drivstoff, ikke minst innen tungtransporten. En prisøkning med bakgrunn i dyrere råolje eller kvotehandling på EU/EØS-nivå (se avsnitt 3.3) vil i atskillig mindre grad forstyrre konkurransen.

3.2 EU-forordningene for nye kjøretøy

[EU-forordning 2019/631](#) gjelder CO₂-utslippet fra nye *personbiler og varebiler* hvert år fra 2020 til 2030. For hver bilprodusent er det fastsatt måltall for CO₂-utslippet, som gjennomsnitt for alle biler solgt i hele EØS-området. Måltallet er bestemt av bilenes vekt, slik at produsenter av større biler innrømmes et høyere gjennomsnittsutslipp. For hver kilo personbilen veier mer enn referansevekten 1379,88 kg, stiger utslippsmålet med 0,0333 gCO₂/km, med utgangspunkt i et referanseutslipp på 95 gCO₂/km.

For varebiler er utgangspunktet 147 gCO₂/km i 2021, referansevekten er 1766,4 kg, og hver kilo egenvekt hever måltallet med 0,096 gCO₂/km.

Måltallene er ikke bindende. Men med virkning fra 2020 må bilprodusentene betale høye 'utslippsoverskridelsesgebyr' ('excess emissions premiums') dersom de ikke når måltallet. Gebyret på € 95 per gCO₂/km per bil tilsvarer en [karbonpris eller engangsavgift på anslagsvis € 340](#) = ca. kr 3500 per tonn CO₂, om vi antar at bilen i løpet av sin levetid

tilbakelegger 200 000 km. Da har vi tatt hensyn til at utslippene i virkelig trafikk er ca. 40 prosent høyere enn ved laboratorietesten NEDC (Tietge mfl. 2019).

Norge har vært omfattet av EU-forordningen siden 1. januar 2019, gjennom [forskrift av 28. desember 2018 nr. 2247](#) om krav til CO₂-utslipp mv. for produsenter av person- og varebiler. Det betyr at nye biler registrert i Norge teller med når bilprodusentenes gjennomsnittsutslipp beregnes.

EU-forordningen har dermed den konsekvens at det har uvisse betydning for utslippet i EØS-området hvor mange nye null- og lavutslippsbiler vi registrerer i Norge. Forordningen virker på liknende måte som et kvotetak. Om vi i Norge registrerer én ekstra million elbiler, vil bilprodusentene kunne klare seg med å selge én million færre slike biler ellers i EØS-området – og likevel ikke pådra seg større gebyrer.

I gjennomsnitt for alle produsenter skal det typegodkjente utslippet for personbiler ikke overstige ca. 95 gCO₂/km i 2021, målt vha. NEDC-testen. Fra 2025 senkes måltallet med 15 prosent, og fra 2030 med 37,5 prosent, sammenliknet med måltallet for 2021. I 2020 gjaldt samme måltall som i 2021, men bilprodusentene kunne, som en overgangsordning, holde de 'verste' 5 prosent av bilene utenom gjennomsnittsberegningen.

Dersom Europakommisjons foreslåtte klimapakke '[Fit for 55](#)' blir vedtatt (i Europa-parlamentet og av Rådet for Den europeiske union), vil målet om 37,5 prosent reduksjon fra 2021 til 2030 rettes til 55 prosent, og i 2035 til 100 prosent, altså til 0 gCO₂/km.

Et måltall på 0 gCO₂/km betyr ikke forbud, bare at ethvert utslipp vil bli avgiftsbelagt. Om utslippsoverskridelsesgebyret holder seg på € 95 per gCO₂/km, vil EU, for en bil med utslipp på f.eks. 100 gCO₂/km, i 2035 oppkreve en engangsavgift på produsentens hånd på € 9500.

EU har også innført [utslippskrav for nye tunge kjøretøy](#), etter liknende mal som for varebiler og personbiler. Målet er 15 prosents reduksjon i nye tunge kjøretøys gjennomsnittlige CO₂-utslipp fra 2019 til 2025 og nye 15 prosent innen 2030. Bestemmelsene framgår av [EU-forordning 2019/1242](#), der en, på liknende måte som for personbiler, for hver produsent har fastsatt måltall for gjennomsnittsutslippene fra nye kjøretøy registrert i EØS-området. Av forordningen framgår det at utslippene skal regnes i gram CO₂ per nyttelast-tonnkilometer (gCO₂/tkm). Det enkelte kjøretøys kalkulatoriske nyttelast og årlige kjørelengde er i sin tur gitt gjennom sjablonger spesifisert i forordningens vedlegg, der de tunge kjøretøyene er inndelt i bruks- og størrelseskategorier.

Utslippsoverskridelsesgebyret for tunge kjøretøy er satt til € 4250 per gCO₂/tkm for årene 2025–2029 og € 6800 fra og med 2030. For et representativt vogntog med nyttelast 26,5 tonn og årlig kjørelengde 107 000 km gjennom ti år kan utslippsoverskridelsesgebyrene oversettes til en karbonpris på ca. € 150 per tonn CO₂ i 2025–2029 og € 240 per tonn fra og med 2030. Er levetiden kortere enn ti år, blir prisen høyere.

I tillegg kommer, for norskregistrerte kjøretøy, den karbonprisen som er innebygd i de nasjonale norske insentivene (figur 2.2). Det samme gjelder varebiler og personbiler.

Merk midlertid at utslippsgebyrene i EU bare rammer produsenter som ikke oppfyller utslippsmålet. Når de fleste bilprodusentene foreløpig ser ut til å unngå gebyr, betyr det trolig at det er billigere for dem å tilpasse seg utslippskravet enn å betale gebyret. Det innebærer at karbonprisen implisitt i EU-forordningen er lavere enn angitt i våre regnestykker. Flere personbilprodusenter har i 2021–2022 annonsert at de vil slutte å utvikle nye forbrenningsmotorer for markedet i EU, og at flere bilmerker vil bli helelektriske fra 2030.

3.3 Kvotehandling

Transport er, med unntak av luftfart innenfor EØS, ikke omfattet av EUs kvotehandlings-system (EU ETS). Men som en del av klimapakken 'Fit for 55' har Europakommisjonen (EU 2021) foreslått at det innføres et eget kvotesystem for veitransport og bygninger. Det legges opp til en 'oppstrøms' kvoteplikt, der det er distributørene av fossile drivstoff som blir de kvotepliktige (Farstad mfl. 2021).

Kvotesystemet for veitransport og bygninger vil ha en egen separat kvotemengde. Når veitransport og bygninger i første omgang ikke foreslås inkludert i det eksisterende kvotesystemet for stasjonære virksomheter og luftfart, er bakgrunnen at disse sektorene har ulikt utslippsreduksjonspotensial og ulike faktorer som påvirker etterspørselen etter kvoter. Innen utgangen av oktober 2031 vil Kommisjonen vurdere om det er hensiktsmessig å integrere veitransport og bygninger i det ordinære kvotesystemet.

Det nye regelverket vil trolig tre i kraft i 2026, men innen 1. januar 2024 skal Kommisjonen fastsette samlet antall kvoter for året 2026. Antallet kvoter vil kunne justeres i 2028. Kommisjonen foreslår at alle klimakvotene auksjoneres til de kvotepliktige, med andre ord at det ikke skal utdeles gratiskvoter.

For årene 2026–2027 skal kvotemengden tilsvare en rett linje fra utslippet i 2024 med en årlig reduksjon på 5,15 prosent. For årene 2028–2030 skal kvotemengden tilsvare en rett linje med startpunkt i 2025 lik gjennomsnittet av utslippene i 2024–2026, og med en årlig reduksjon på 5,43 prosent. Antall kvoter som gjøres tilgjengelig for veitransport og bygninger i 2030, skal være 43 prosent lavere enn utslippene var i 2005.

Inntektene fra det nye kvotesystemet skal ifølge forslaget brukes til energieffektivisering av bygninger og avkarbonisering av kjøretøy og transportnettverk. Deler av inntektene fra kvotesystemet for veitrafikk og bygg skal også gå til et nytt felleseuropeisk sosialfond ('Social Climate Fund'), som skal motvirke uheldige sosiale fordelings effekter.

Drivstoffleverandørene må antas å ville overvelte kvoteprisen til kundene i form av høyere priser. Utslaget i drivstoffprisen i Norge vil avhenge av om kvoteprisen kommer i tillegg til eller istedenfor CO₂-avgiften og veibruksavgiften på drivstoff. Med mindre norske myndigheter reduserer drivstoffavgiften like mye som kvoteprisen øker, vil drivstoffprisene her til lands etter 2026 til en viss grad avhenge av utviklingen i kvotemarkedet for veitransport og bygninger – etter 2031 kanskje også av kvoteprisen i det ordinære kvotesystemet EU ETS.

3.4 Regulatoriske virkemidler

Enkelte av virkemidlene i den norske klimapolitikken er av regulatorisk art snarere enn økonomisk. Det innebærer påbud og forbud istedenfor at 'forurenser betaler'.

Det mest iøynefallende reguleringstiltaket er *kollektivfeltene*. Ett av veiens kjørefelt er stengt for biler med forbrenningsmotor, men som hovedregel åpent for nullutslippskjøretøy. Adgangen til kollektivfelt har for noen bilkjøpere vært avgjørende for valget av bil (Fevang mfl. 2020, 2021). Kollektivfeltet er åpent også for nullutslipps lastebiler.

Et annet regulatorisk virkemiddel er *omsetningspåbudet for biodrivstoff*, omtalt i avsnitt 2.6. Omsetningspåbudet gir, i større grad enn avgiftsvirkemidlet, forutsigbarhet for brukerne av biodrivstoff og utvetydighet med hensyn til hvilke utslippskutt som oppnås.

Et mulig, tredje reguleringstiltak er *null- og lavutslippssoner*. I sin strengeste form innebærer dette et absolutt forbud mot å bruke kjøretøy med eksosutslipp innenfor en bestemt del av byen.

Effekten av et slikt forbud er [omdiskutert](#). Beboere i nullutslippssonen kan komme til å selge eksosbilen til en kjøper utenfor sonen, eller eventuelt flytte ut av byen med bilen. I

begge tilfeller vil bilen ventelig brukes mer enn før og dermed [gi større klimagassutslipp](#). På den positive siden må en notere at null- og lavutslippssoner vil kunne bidra til en raskere elektrifisering av godsbilparken.

En mindre inngripende, men mer målrettet versjon kan være å etablere *laste- og lossesoner* reservert for varetransport med utslippsfrie kjøretøy.

Ut fra et samfunnsøkonomisk perspektiv kan en hevde at prising er en langt mindre inngripende og mer fleksibel ordning enn forbud. Prising har lavere velferdsøkonomiske kostnader. Med høye priser kan en likevel oppnå nesten like god 'etterlevelse' som med forbud. Londons mye omtalte '[Ultra-Low Emission Zone](#)' (ULEZ) innebærer således ikke forbud, men en døgnavgift på £ 12,50 for kjøretøy som ikke oppfyller utslippskravet. Dette kravet er ikke strengere enn at bensinbiler må tilfredsstille Euro 4-standarden, mens dieslbiler må oppfylle Euro 6-standarden.

Tilsvarende er det i norsk lovgivning åpnet for at kommunene kan innføre gebyr for kjøring innenfor bestemte soner. I [forskrift om lavutslippssoner for biler](#) av 20.12.2016 heter det (§7):

«Kommunen fastsetter gebyret for å få kjøre i lavutslippssonen. Gebyret skal fastsettes for et år, for tretti dager og for en dag. Gebyret skal differensieres ut fra euroklasse og kan differensieres ut ifra drivstoff og vektklasse.»

Et fjerde regulatorisk virkemiddel, som av og til er framme i debatten, er *forbud mot registrering av nye biler med forbrenningsmotor*. Målet formulert i NTP 2019–2029, om at

«i 2025 skal alle nye personbiler og lette varebiler være nullutslippskjøretøy» (Innst. 460 S 2016–2017)

er av mange – ikke minst i utlandet – blitt misforstått dithen at Norge har vedtatt forbud mot eksosbiler. Tilsvarende feiltolkning av Europakommisjonens forslag om et måltall på 0 gCO₂/km for nye lette kjøretøy i 2035 [forekommer også](#).

En viktig forskjell mellom Norges og EUs nullutslippsmål, for henholdsvis 2025 og 2035, er at EU-bestemmelsen, hvis den blir vedtatt, vil stille kjøretøyleverandørene til ansvar og innkreve betydelige gebyrer dersom utslippsmålet ikke blir nådd. EU har et ris bak speilet, der Norge kun har vedtatt et symbolsk mål uten rettsvirkning.

På den annen side er CO₂-komponenten i den norske engangsavgiften for de fleste bilmodeller allerede i dag betydelig høyere enn det varslede utslippsoverskridelsesgebyret i EU (Farstad mfl. 2021, Fridstrøm 2021d). Realiteten i Kommisjonens forslag for 2035 er å innføre engangsavgift på bilenes typogodkjente CO₂-utslipp. Norge har hatt slik avgift siden 2007.

Et forbud mot import eller omsetning av nye bensin- eller dieslbiler vil med stor sannsynlighet være i strid med EØS-avtalens bestemmelser om fri vareflyt. Det er lite trolig at inngrepet vil bli vurdert som forholdsmessig, særlig ikke dersom elbilandelen allerede i utgangspunktet er høy. Om et slikt forbud skal vedtas, må det trolig skje på EU/EØS-nivå.

3.5 Offentlige investeringer og innkjøp

Offentlige investeringer, i regi av staten, kommunene eller fylkeskommunene, er en viktig del av samferdselspolitikken: veier, jernbaner, farleder og lufthavner; radio- og fjernsynssignaler; telefoni og Internett.

Det er vanskelig å se for seg en tilnærmet utslippsfri samferdsel uten betydelige investeringer i offentlig infrastruktur, i det minste i en første fase, inntil markedet er blitt stort nok til at slike investeringer kan være regningsvarende for kommersielle aktører. Det største behovet for offentlig innsats kan forventes å gjelde utbygging av hydrogeninfrastruktur, jf. avsnitt 2.4.

Det offentlige bruker også betydelige midler på løpende innkjøp av varer og tjenester, herunder 'offentlige kjøp' av persontransport og vedlikehold av infrastrukturen. Det offentlige kan stille krav i anbudsutlysningene om at oppdraget skal løses på klima- og miljøvennlig vis. Innenfor kollektivtransport, ferge drift, renovasjon, bygg og anlegg er slike kontrakter i ferd med å bli nokså vanlige.

Kravene i anbudsutlysningen har betydning for hva slags kjøretøy operatørene anskaffer (Hovi mfl. 2019, 2020). Slike krav vil normalt være kostnadsdrivende. Den ekstra kostnaden må enten dekkes over offentlige budsjetter eller gjennom forhøyde priser overfor brukerne.

4 Modellapparatet

For å kartlegge terrenget og veien fram mot nullutslipps veitransport har Institutt for energiteknikk (IFE) og Transportøkonomisk institutt (TØI) utarbeidet en framskriving med horisont i år 2050. Framskrivningen er lagd ved hjelp av energimodellen IFE-TIMES-Norge, den nasjonale godstransportmodellen NGM og kjøretøymodellen BIG. Ved å kjøre TIMES og BIG i vekselvirkning med hverandre har en sikret en rimelig grad av samsvar i forutsetninger og prediksjoner for henholdsvis energisektoren og veitransporten (Rosenberg mfl. 2022).

4.1 Energimodellen TIMES

IFE-TIMES-Norge er en langsiktig optimaliseringsmodell for det norske energisystemet, basert på modelleringsrammeverket TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System). Modellen er utviklet i samarbeid mellom Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Institutt for energiteknikk (IFE).

Rammeverket TIMES er utviklet innenfor IEA-ETSAP¹⁰ gjennom flere tiår. TIMES gir en detaljert tekno-økonomisk beskrivelse av energiresurser, energibærere, energiproduksjon og energietterspørsel. TIMES-modeller minimerer den totale kostnaden for energisystemet gitt at den fremtidige etterspørselen etter energitjenester skal dekkes. Den totale energisystemkostnaden inkluderer investeringskostnader i både produksjon- og etterspørselsteknologier, drifts- og vedlikeholdskostnader, samt inntekter og utgifter fra krafthandel med utlandet.

IFE-TIMES-Norge – heretter forkortet til TIMES – er delt inn i fem geografiske områder tilsvarende dagens elspot-områder. Modellen gir drifts- og investeringsbeslutninger fra startåret 2018 til 2050, med modellperioder for hvert femte år fra 2020. For å fange opp driftsvariasjoner i energiproduksjon og sluttbruk er hver modellperiode delt inn i 96 tidsavsnitt, slik at de fire årstidene er representert med ett døgn hver, inndelt i 24 timer.

Modellen har en detaljert beskrivelse av sluttbruk av energi, og etterspørselen etter energitjenester er delt inn i en rekke sluttbrukskategorier innen industri, bygg og transport. Med 'energitjenester' menes tjenestene som tilbys ved å forbruke et drivstoff, og ikke selve drivstofforbruket. For eksempel er kjøretøykilometer en energitjeneste, mens drivstoffet som brukes til å fylle opp tanken ikke er det. Hver energitjenestekategori kan dekkes av eksisterende og nye teknologier som bruker forskjellige energibærere som f.eks. elektrisitet, bioenergi, hydrogen og fossilt drivstoff. Andre inputdata inkluderer drivstoffpriser, strømpriser i land med overføringskapasitet til Norge, potensialet for fornybare energiresurser, samt teknologiske egenskaper som investerings- og driftskostnader, effektivitet, levetid og lærekurver.

Vår analyse har fokus på godstransport på vei og på hvordan en overgang til utslippsfrie kjøretøy har innvirkning på resten av energisystemet. TIMES-modellen beregner når det er lønnsomt å investere i nye teknologier, som for eksempel nye nullutslippskjøretøy, gitt

¹⁰ IEA-ETSAP: International Energy Agency, Energy Technology Systems Analysis Programme.

investerings- og driftskostnader, prisene på drivstoff, avgifter og levetid for de ulike kjøretøytypene. Transporttetterspørselen i TIMES-beregningen er basert på framskrivinger gjort med den nasjonal godstransportmodellen (NGM, se avsnitt 4.2) og brutt ned på ulike kjøretøytyper ved hjelp av en første beregning med modellen BIG (se avsnitt 4.3 og 4.4).

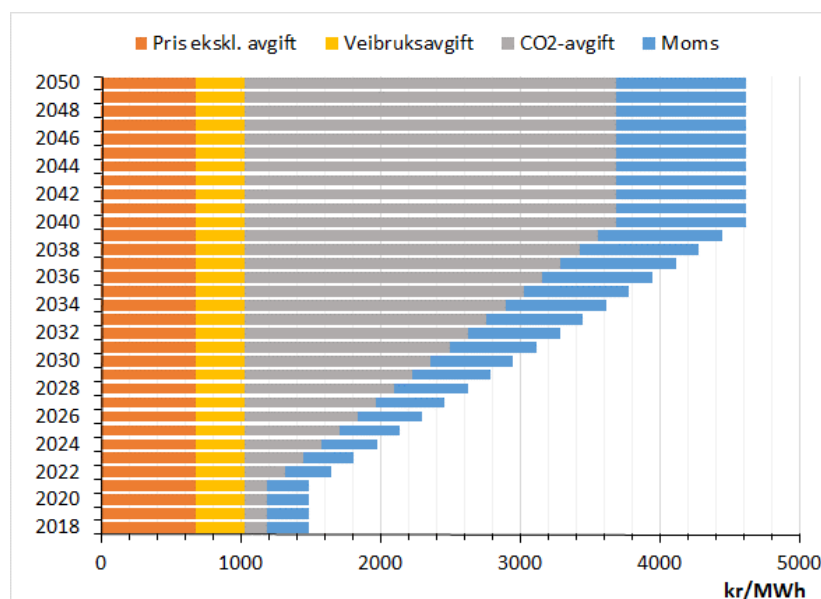
4.1.1 Energipriser

For importerte drivstoff har en i TIMES-beregningene lagt til grunn priser og potensialer basert på data fra Klimakur 2030 (Miljødirektoratet 2020) og annen informasjon fra Miljødirektoratet. Prisene på fossil diesel, biodiesel og biogass, før vi legger på CO₂-avgift og moms, er i framskrivingen forutsatt stabile fram til 2050 (Tabell 4.1). For biogass opererer vi med to tilgjengelighetsklasser. Først brukes den billigste biogassen til 1 kr/kWh. Når og hvis etterspørselen overstiger 1,2 TWh/år, må resten dekkes av en dyrere variant til 2 kr/kWh. Maksimalt tilgjengelig volum antas å være 2,7 TWh/år. Fra 2035 legger framskrivingen til grunn at det ikke skal importeres biodiesel.

CO₂-avgiften på diesel forutsettes å øke jevnt og trutt, til 2,60 kr/kWh, eller kr 26,76 per liter i 2040 (figur 4.1). Kvotepreisen på drivstoff, som ventelig blir innført i EU/EØS fra 2026 (se avsnitt 3.3), er da tenkt innbakt i CO₂-avgiften. Pumpeprisen på diesel blir med dette avgiftsnivået kr 46,60 per liter inkl. moms – en drøy tredobling fra 2018–2021. (Én liter diesel inneholder ca. 10 kWh energi, så literprisen kan avleses på den horisontale aksene i figur 4.1 om en stryker to nuller.)

Tabell 4.1: Prisene og tilgangen på energi.

Energibærer	Pris ekskl. CO ₂ -avgift (kr/kWh)	Potensial (TWh/år)	
		2018	2035
Fossil diesel	1,031	ubegrenset	ubegrenset
Biodiesel, importert	1,641	ubegrenset	0
Biogass kl. 1	1,00	0,40	1,20
Biogass kl. 2	2,00	0	1,50



Figur 4.1: Antatt utvikling i avgiftene og i prisen på autodiesel 2018–2050.

CO₂-avgiften i 2040 er satt slik at den svarer til en karbonpris på nokså nøyaktig kr 10 000 per tonn CO₂ ekskl. moms. Med tillegg av veibruksavgiften, som utslippsfrie kjøretøy også skjærer klar av, er den effektive karbonprisen fra og med 2040 kr 11 400 per tonn CO₂ ekskl. moms.

I 2030 utgjør CO₂-avgiften ca. kr 5000 per tonn. Med tillegg av veibruksavgiften er karbonprisen dette året kr 6376 per tonn CO₂ ekskl. moms, i henhold til modellberegningen.

Med hensyn til strømpriser har en benyttet import-/eksportpris for kraft til land med overføringskapasitet til Norge basert på tall fra [NordPool](#) og [Entso-e](#) for basisåret (2018), mens fremtidige krafthandelspriser er basert på NVEs langsiktige markedsanalyse. Elektrisitetsprisen beregnes endogent i modellen, basert på tilgjengelige teknologier for kraftproduksjon, kraftbehovet som skal dekkes, og import- og eksportpriser for kraft. Hydrogenprisen blir også endogent beregnet i modellen, basert på investerings- og driftskostnader for hydrogenteknologier og elpris i hvert tidsavsnitt. Tabell 4.2 viser beregnede produksjonspriser (kr/kWh) på kraft og hydrogen ved fyllestasjonene i utvalgte år, slik de inngår i TIMES-beregningen.

Tabell 4.2: Beregnede priser på strøm og hydrogen ved lade- og fyllestasjonene i [prisregion NO1](#) i utvalgte år, ifølge TIMES-modellberegning. Kroner per kWh. Kilde: Rosenberg mfl. (2022).

Energibærer	Type kjøretøy	2020	2030	2040	2050
Strøm	Varebiler	1,44	1,54	1,64	1,66
	Lastebiler og trekkbiler	1,30	1,30	1,38	1,40
Hydrogen			1,80	1,77	1,70

En mer detaljert dokumentasjon av forutsetninger for analysene og TIMES-beregningene er gitt av Danebergs mfl. (2021) og Rosenberg mfl. (2022).

4.1.2 Lastebileierkostnader

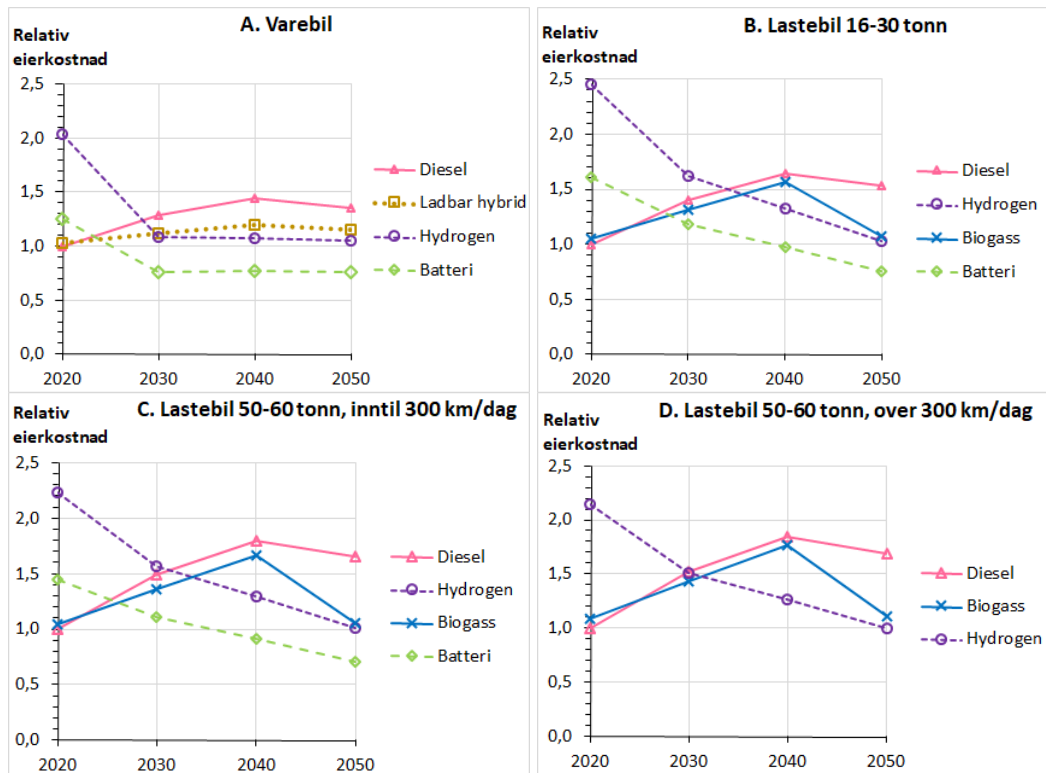
Forholdet mellom de ulike drivlinjenes drifts- og investeringskostnader er avgjørende for hvor raskt utslippsfrie lastebiler blir konkurransedyktige. En vanlig måte å oppsummere og sammenlikne kostnader på er gjennom det som på engelsk kalles ‘total cost of ownership’ (TCO) – på norsk ‘eierkostnader’. Her er alle relevante kostnader tatt i betraktning og utregnet per produsert enhet (f.eks. tonnkm): anskaffelsespris, vedlikehold, energibruk og andre driftskostnader.

I figur 4.2 presenteres en forenklet beregning av eierkostnadene (TCO) basert på data fra energimodellen TIMES. Alle kostnadene er regnet relativt til dieseldrevne biler i 2020.

Indikatorene tar ikke hensyn til variasjon i lokale forhold, som f.eks. bomavgifter, ladetilbud eller hydrogenfyllestasjoner. Bilenes restverdi, eller om de i det hele tatt er tilgjengelig i markedet, inngår heller ikke i beregningen.

Per 2020 er ingen drivlinjer billigere enn dieselmotoren. Men som figuren viser, beregnes de relative kostnadene for alle kategorier godsbiler å endre seg i diesebilenes disfavør.

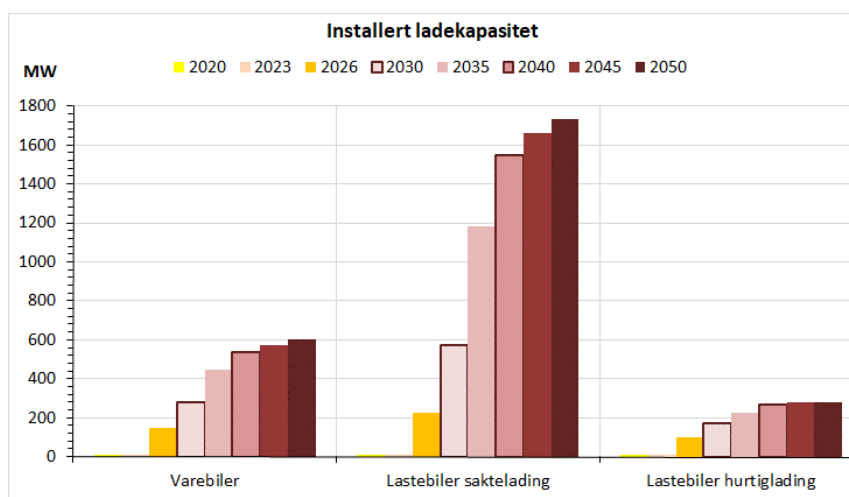
Bakrunnen for dette er at vi forutsetter en stadig høyere CO₂-avgift på diesel (figur 4.1), i kombinasjon med økende stordriftsfordeler i produksjonen av utslippsfrie godsbiler.



Figur 4.2: Utvikling i eierkostnader (TCO) per kjøretøykm for fire kategorier godsbiler, relativt til dieseldrevne biler i 2020.

4.1.3 Lade og fyllestasjoner

For å kunne realisere overgangen til nullutslippskjøretøy trengs det enkelt tilgjengelig infrastruktur. En måte å kvantifisere utviklingen av ladeinfrastruktur på er gjennom installert kapasitet. Figur 4.3 er basert på beregninger med TIMES-modellen.



Figur 4.3: Utvikling av ladeinfrastruktur for godstransport på vei.

Mesteparten av ladingen kommer ifølge framskrivningen til å skje ved hjelp av sakteladere i depoter, som dermed også vil ha hoveddelen av den samlede installerte effekten. Ladekapasiteten ventes å vokse raskt mellom 2025 og 2040. Samlet kapasitetsbehov i 2040 anslås til ca. 2,35 gigawatt (GW = 1000 MW).

4.2 Godstransportmodellen NGM

Transporttettersspørsele i TIMES-beregningen er basert på en framskriving utarbeidet til Nasjonal transportplan (NTP) 2022–2033 ved hjelp av den nasjonale godstransportmodellen (Madslie & Hovi 2021).

Framskrivningen legger til grunn at det ikke innføres nye tiltak eller virkemidler som påvirker transporttettersspørsele eller transportmiddelvalg i noen spesiell retning utover infrastrukturprosjekter som har fått oppstartbevilgning. Bompengedekning avvikles etter hvert som prosjektene er nedbetalt i tråd med vedtatte planer, med unntak av i byområdene, der de opprettholdes ut analyseperioden.

Modellen bygger på data om varestrømmer mellom kommuner og en forutsetning om at vareeierne transportvalg er basert på kostnadsminimerende atferd. Framskrivningen legger til grunn MMM-alternativet¹¹ i [Statistisk sentralbyrås befolkningsframskriving fra 2020](#) (Gleditsch mfl. 2020) og en økonomisk vekstbane som angitt i [Perspektivmeldingen 2021](#) (Meld. St. 14 2020–2021).

Det beregnede samlede godstransportarbeid på norsk område er vist i Tabell 4.3. For transportarbeid mellom to norske soner inkluderes også det transportarbeid som eventuelt benytter seg av svensk eller finsk infrastruktur.

Tabell 4.3: Beregnet samlet godstransportarbeid på norsk område. Millioner tonnkilometer.
Kilde: Madslie & Hovi (2021).

	Vei	Sjø	Jernbane	I alt ekskl. råolje og naturgass
2018	22 034	118 888	5 069	115 853
2030	29 021	129 935	6 006	134 457
2050	37 200	125 772	6 838	149 784

For godstransporten beregnes en økning i samlet transportarbeid på norsk område (eksklusive råolje og naturgass) på 29 prosent fra 2018 til 2050, eller på 0,81 prosent pr år. Vei-transporten beregnes å øke omtrent dobbelt så raskt, med 69 prosent i alt i perioden 2018 til 2050, dvs. med 1,65 prosent pr år.

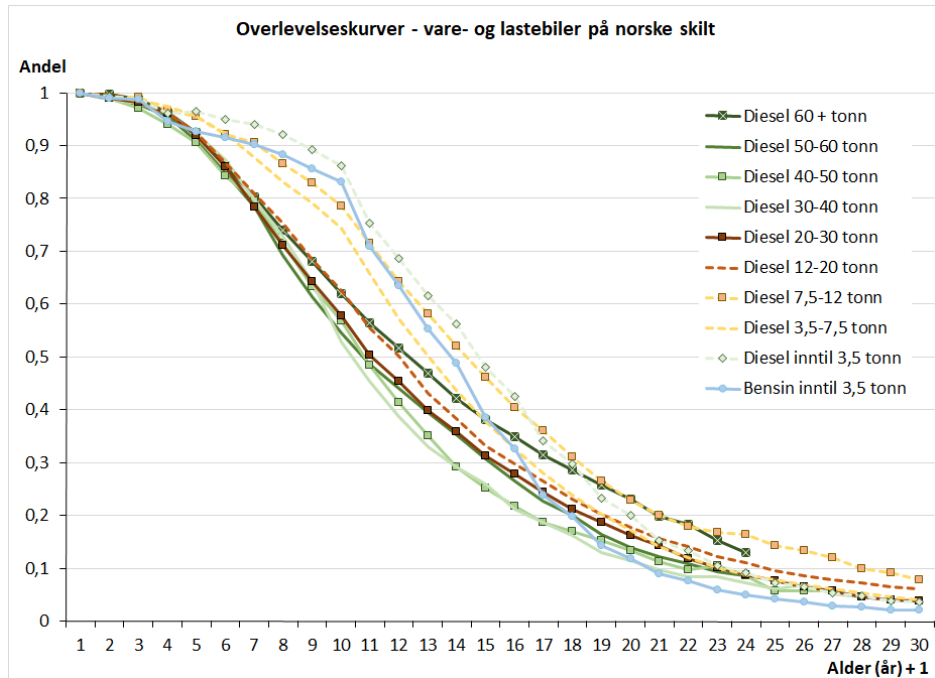
4.3 Kjøretøymodellen BIG

TØIs regnearkmodell for kjøretøybestanden – BIG – er først og fremst et regnskapssystem for kjøretøyparken, som knytter forbindelsen mellom (i) *beholdningen* av kjøretøy ved utløpet av hvert enkelt år og (ii) de ulike *strømmene* inn til og ut av bestanden hvert år. Disse strømmene består av nybilregistrering, bruktimport, brukteksport, vraking og annen (netto) avregistrering. Modellen deler opp kjøretøybestanden etter kjøretøyklasse, vekt, drivlinje og alder – en matrise med i alt 11 253 celler.

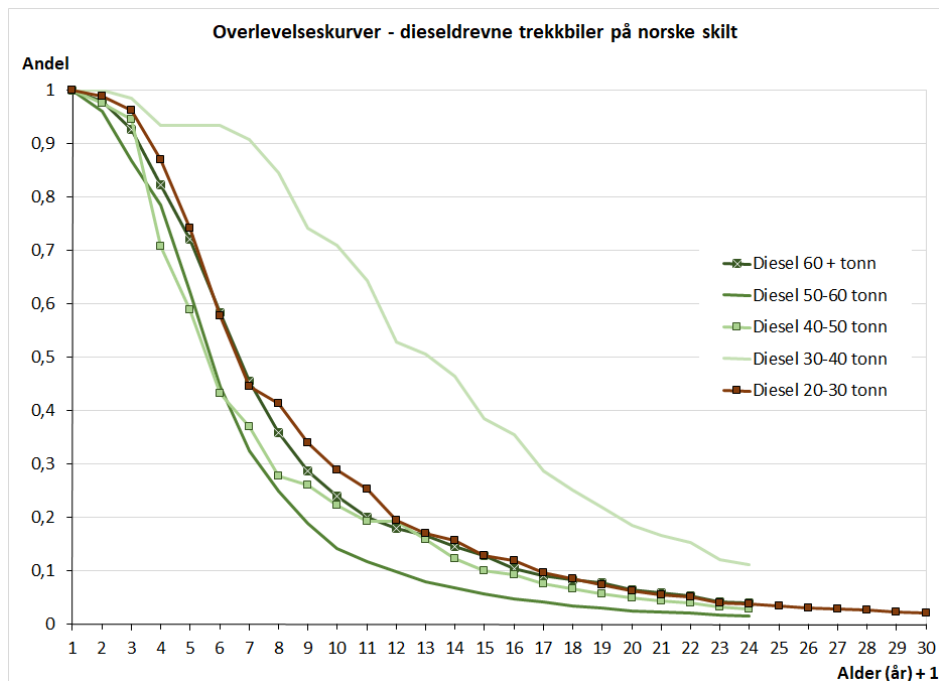
BIG-modellen beregner *avgangen av brukte kjøretøy* hvert enkelt år. Avgangen i hver drivlinje-, vekt- og aldersklasse styres som hovedregel av observerte rater beregnet ut fra bevegelsene i kjøretøybestanden i årene 2012 til 2018 (figur 4.4 og 4.5). Med 'avgang' menes i BIG-modellen frafall av *norskeregistrerte* kjøretøy, hva enten dette skyldes vraking, brukteksport eller annen varig eller midlertidig (netto) avregistrering.

¹¹ Middels fruktbarhet, dødelighet og innvandring.

Avgangsratene gir grunnlag for å beregne overlevelseskurver og forventet levetid for kjøretøy registrert i Norge. Som det framgår av figur 4.4 og 4.5, har trekkbilene vesentlig kortere levetid på norske skilt enn de tradisjonelle lastebilene. Etter 5–6 år er flertallet av trekkbilene avregistrert – oftest eksportert. Blant lastebilene skjer dette først etter 10–12 år. Varebilene, dvs. godsbiler med totalvekt inntil 3,5 tonn, lever enda lenger på norske skilt.



Figur 4.4: Overlevelseskurver for norskregistrerte varebiler og lastebiler, etter drivstoff og høyeste tillatte vogntogvekt. Kilde: BIG, basert på uttrekk fra motorvognregistret 2012–2018.



Figur 4.5: Overlevelseskurver for norskregistrerte trekkbiler for semitrailer, etter høyeste tillatte vogntogvekt. Kilde: BIG, basert på uttrekk fra motorvognregistret 2012–2018.

For kjøretøy med ‘ny’, alternativ drivlinje, så som batteri eller brenselceller, bruker BIG rater observert for like tunge bensin- eller dieselmotorer, med noen tilpasninger.

Den mest avgjørende eksogene input til BIG-modellen er *tilgangen på nye kjøretøy* hvert år. Sammensetningen av nybilsalget bestemmer i hvilken retning kjøretøyparken skal utvikle seg. Dette gjelder for personbiler så vel som for varebiler, lastebiler, trekkbiler og busser.

I den foreliggende BIG-framskrivingen er markedsandelene for nye busser og godsbiler med ulike slag drivlinje hentet fra beregningene med TIMES-modellen. Premissene og forutsetningene for TIMES-beregningene må sies å være teknologioptimistiske.

Tilgangen på lette og tunge godsbiler er samtidig regulert slik at det samlede antall tonn-kilometer i 2018, 2030 og 2050 stemmer med den transportetterspørselen som er lagt til grunn i NTP 2022–2033, beregnet ved hjelp av modellen NGM (Madslie & Hovi 2021).

For personbiler benyttes samme forutsetning som i Nasjonalbudsjettet 2021 (Meld. St. 1 2020–2021) – at nullutslippsbilene i 2025 vil utgjøre 90 prosent av alle nye personbiler, og 95 prosent i 2030. Den samlede tilgangen på nye personbiler er i framskrivingen regulert slik at trafikkarbeidet med personbil i 2018, 2030 og 2050 stemmer med antall bilfører-kilometer i basisframskrivingen for NTP 2022–2033, beregnet ved hjelp av modellene RTM og NTM6 (Madslie mfl. 2021).¹²

4.4 Modellene spiller hverandre bedre

Modellene TIMES og BIG er komplementære, i den forstand at den ene modellens styrke er den annens svakhet. Ved å kjøre modellene i vekselvirkning med hverandre optimaliserer vi bruken av begge.

TIMES beskriver energisystemet og kan brukes til å beregne tilbudet og etterspørselen etter de ulike energibærere og etter de ulike teknologier for f.eks. veitransport av gods. Modellen beregner en ‘optimal’ løsning under gitte forutsetninger om priser, kostnader og teknologiske muligheter og barrierer.

Men modellen ivaretar i utgangspunktet ikke det forhold at tilpasninger tar tid. En kan likevel legge inn begrensninger i omsetningsveksten for gitte varer og tjenester og slik modellere treghet i systemet. Fra det tidspunkt energisystemet utsettes for en ytre påvirkning (‘sjokk’), må en regne med en viss forsinkelse før alle produksjonsfaktorer er optimalt tilsatt.

BIG-modellen inneholder, på sin side, ingen priser, kostnader eller økonomiske atferdsrelasjoner for (eierne av) godsbiler. Tilgangen på nye kjøretøy hvert år må angis eksogent. Men modellen viser med ganske stor pålitelighet hvor lang tid det tar fra ‘innovasjon’ til ‘penetrasjon’ (Fridstrøm 2017). Med *innovasjon* mener vi at en ny teknologi begynner å gjøre seg gjeldende i markedet for *nye kjøretøy*, med f.eks. 10 prosent av salget. Ledetiden fram til det tidspunkt da samme teknologi utgjør 10 prosent av kjøretøybestanden, og altså har 10 prosents *penetrasjon*, er et uttrykk for tregheten i tilpasningen. Beregninger med BIG-modellen viser at ledetiden for varebiler med nullutslipp kan være 3, 6 eller 16 år, avhengig av om vi tilstreber henholdsvis 10, 50 eller 90 prosents penetrasjon. Ledetiden avhenger også av kjøretøyenes utskiftingstakt og av hvor raskt markedet for nye kjøretøy endrer seg.

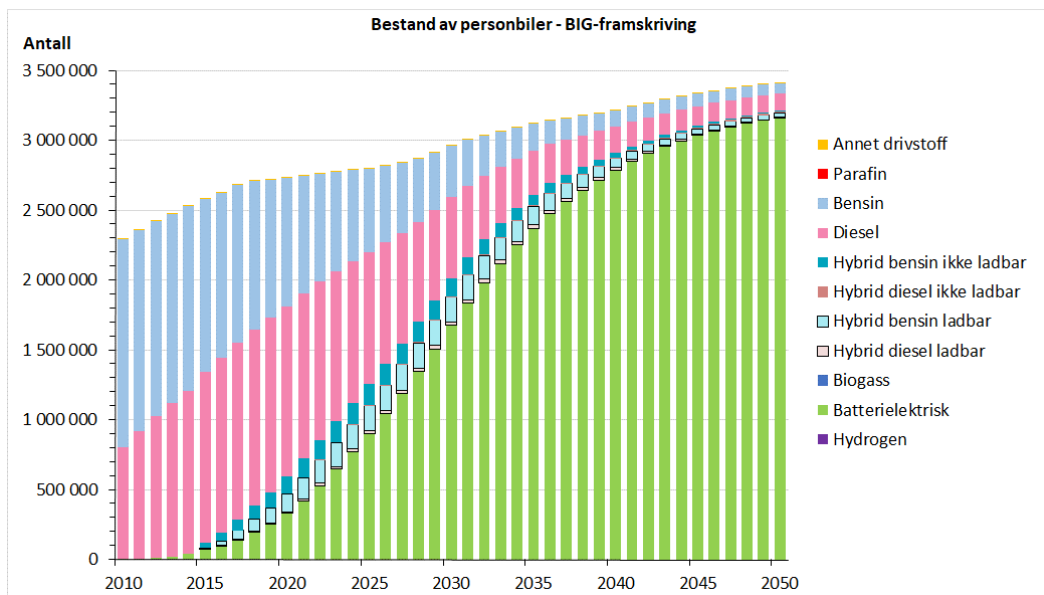
¹² Utviklingen i personbilholdet følger den såkalte ‘forseringsbanen’ i TØI-rapport 1846 (Fridstrøm & Østli 2021b). BIG-modellen er beskrevet mer inngående av Fridstrøm & Østli (2016) og av Fridstrøm (2017, 2019a). En allmenn oversikt over transportmodellene RTM, NTM6, NGM og BIG er å finne i TØI-rapport 1769 (Fridstrøm mfl. 2020).

Ved å bruke ledetiden beregnet i BIG som grunnlag for å angi vekstbegrensinger i TIMES får vi fram mer realistiske scenarier for teknologisk endring. Og ved å bruke TIMES-modellens prediksjoner for når de ulike teknologiene blir konkurransedyktige, har vi i en viss forstand kunnet endogenisere inputen av nye kjøretøy i BIG.

Resultatene fra de to modellene vil aldri kunne stemme helt, da de opererer med ulike klassifikasjoner og aggregeringsnivå. Men ved å kjøre modellene i iterasjon med hverandre har vi kunnet framskrive kjøretøybestanden, trafikkarbeidet, energibruken og CO₂-utslippene på en måte som er forenlig med et sett konkrete, kvantitative forutsetninger om utviklingen i kjøretøyteknologi og energiproduksjon (Rosenberg mfl. 2022).

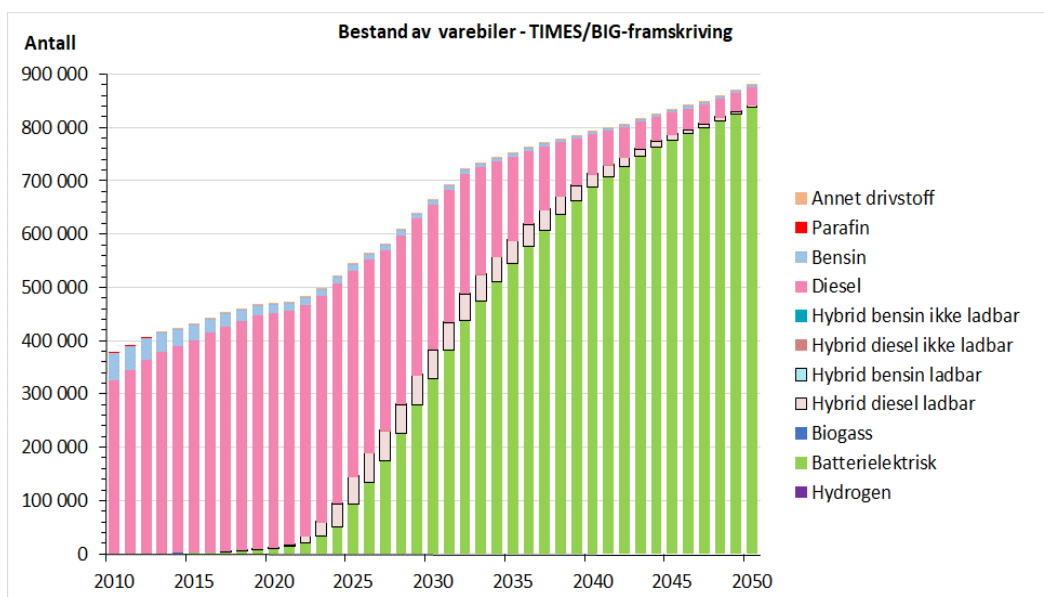
5 Framskrivingsresultater

Utviklingen i personbilbestanden er vist i figur 5.1. Nullutslippsbilene er ifølge framskrivningen i flertall fra og med 2029.



Figur 5.1: Observert og framskrevet bestand av personbiler 2010–2050, etter energiteknologi.

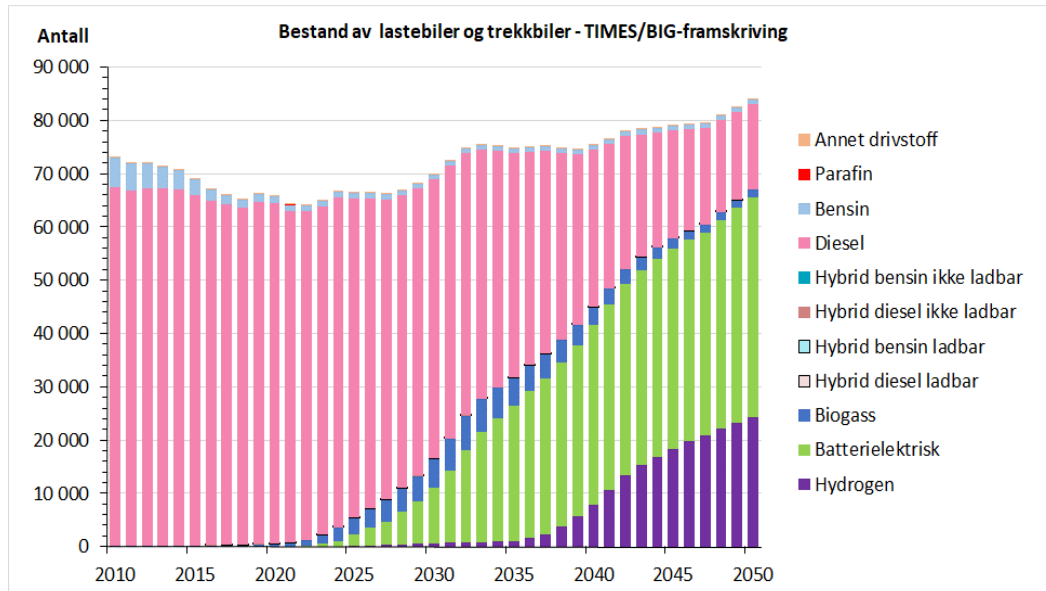
Den tilsvarende utviklingen i varebilbestanden er vist i figur 5.2. Nullutslippsbilene er i flertall fra 2031.



Figur 5.2: Observert og framskrevet bestand av varebiler 2010–2050, etter energiteknologi.

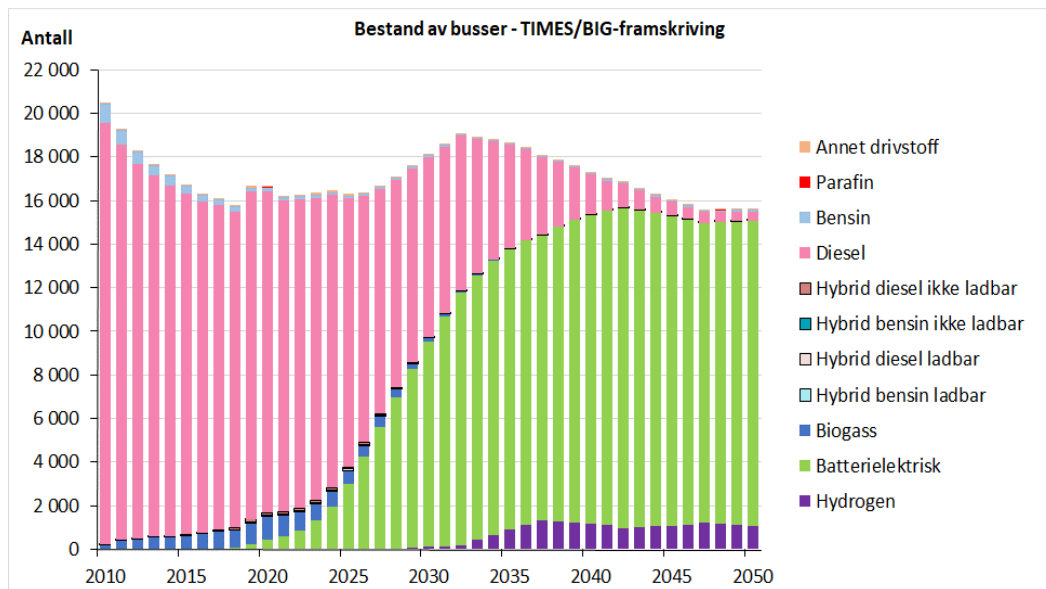
Blant lastebilene og trekkbilene må en fram til 2038 før nullutslippskjøretøyene er i flertall (figur 5.3). Da har vi regnet biogassdrevne kjøretøy som CO₂-utslippsfrie.

Tallet på nye nullutslipps lastebiler og trekkbiler får ifølge framskrivningen et hopp i 2025, og et enda kraftigere hopp i 2030. Dette gjenspeiler de skjerpede kravene og bøtestraffene nedfelt i EU-forordning 2019/1242 (se avsnitt 3.2). Hydrogendrevne lastebiler gjør seg merkbart gjeldende i markedet fra 2036. Fram til da registreres det bare et hundretalls nye hydrogendrevne lastebiler og trekkbiler om året.



Figur 5.3: Observert og framskrevet bestand av lastebiler og trekkbiler 2010–2050, etter energiteknologi.

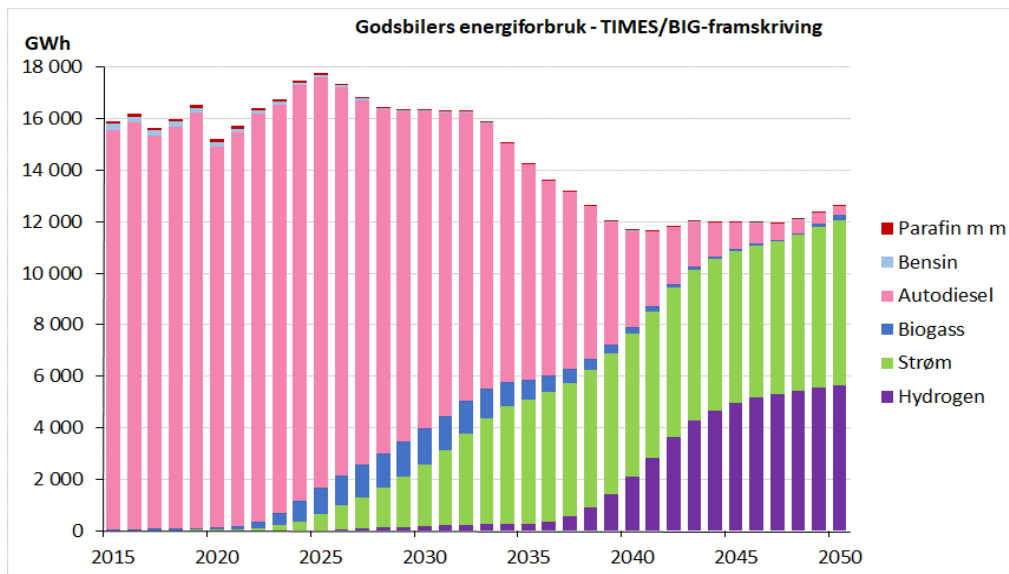
I bussbestanden beregnes nullutslippskjøretøyene å være i flertall fra 2030 (figur 5.4).



Figur 5.4: Observert og framskrevet bestand av busser 2010–2050, etter energiteknologi.

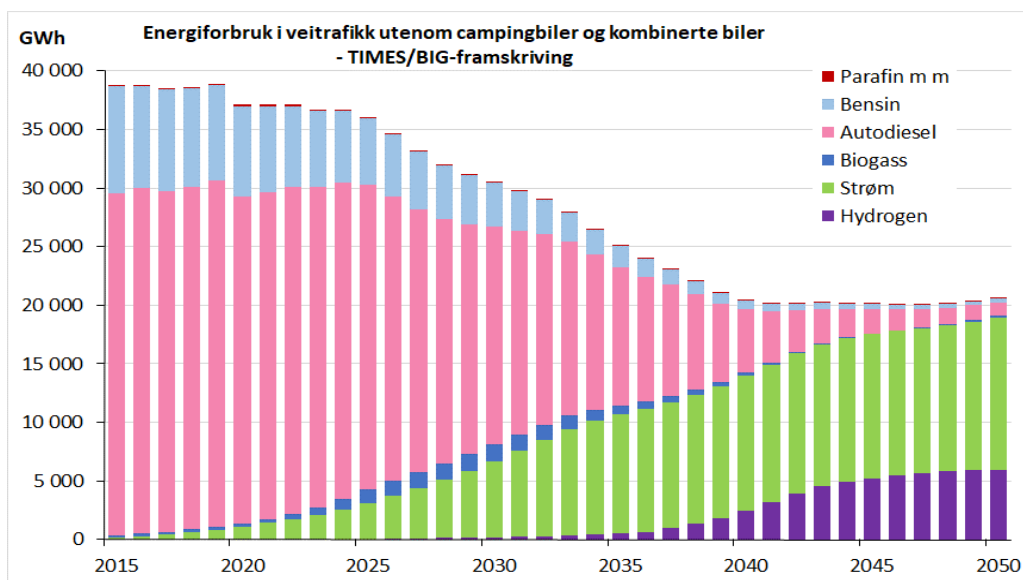
Godsbilenes energiforbruk utvikler seg som vist i figur 5.5. Nivået endrer seg forholdsvis lite fra 2015 til 2030. Merk imidlertid at vi for kjøretøy med brenselceller har medregnet energiforbruket ved framstilling av 'grønt' hydrogen gjennom elektrolyse av vann, siden

denne prosessen antas å finne sted i Norge og dermed vil belaste landets kraftforsyning. Strøm til elektrolyse er med andre ord inkludert i kategorien 'hydrogen', men ikke i kategoriene 'strøm' eller 'batterielektisk'.



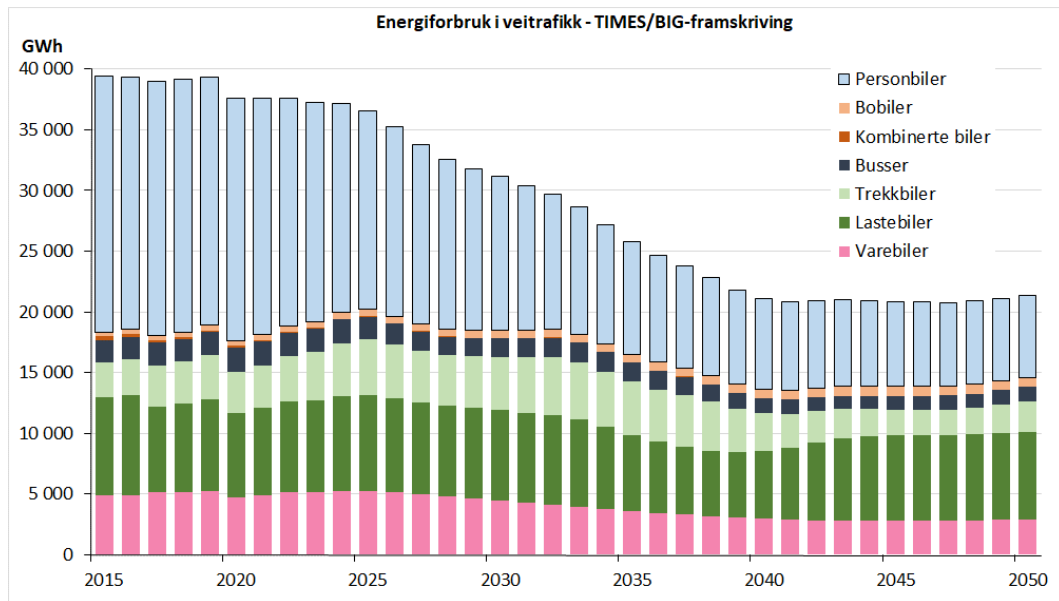
Figur 5.5: Godsbilens energiforbruk 2015–2050, etter energibærer.

Når vi tar med bussene og personbilene, beregnes energiforbruket likevel å gå ned de neste ti år, til tross for økende trafikk, i første rekke fordi elbilene er mer energieffektive enn biler med forbrenningsmotor (figur 5.6). Til sammen beregnes de batteri-, hybrid- og hydrogen-drevne kjøretøyene å legge beslag på 6,7 TWh strøm i 2030 og 18,9 TWh i 2050.



Figur 5.6: Energiforbruk i veitrafikken 2015–2050, etter energibærer.

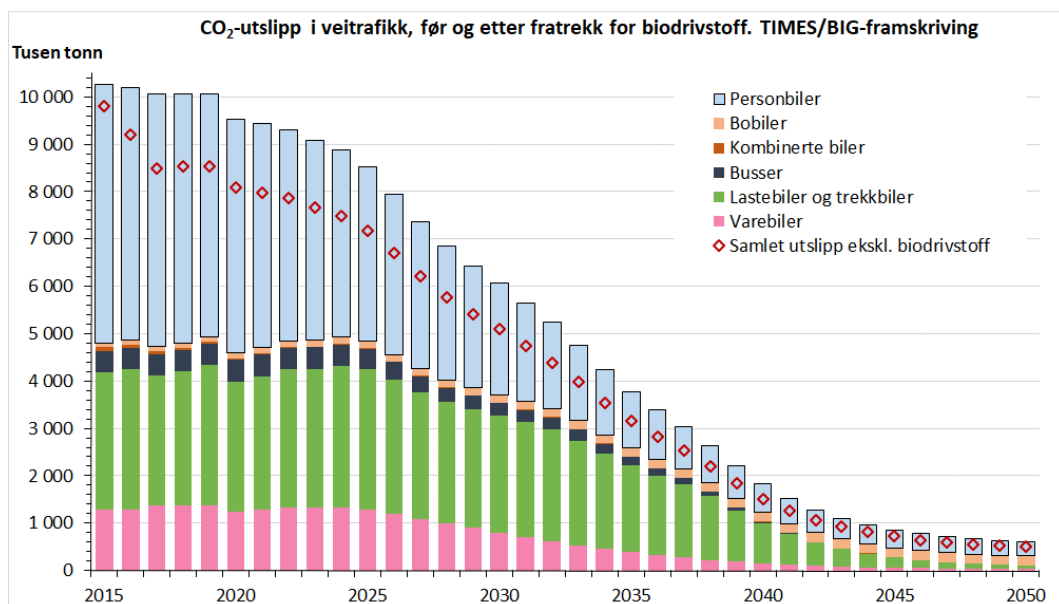
I figur 5.7 vises energiforbruket i veitransport fordelt på kjøretøytyper. Som det framgår, er det i første omgang personbilene som vil forbruke mindre energi. For godsbilenes del vil energieffektiviseringen fram til 2032 bli oppveid av økt transportvolum.



Figur 5.7: Energiforbruk i veitrafikken 2015–2050, etter kjøretøytype.

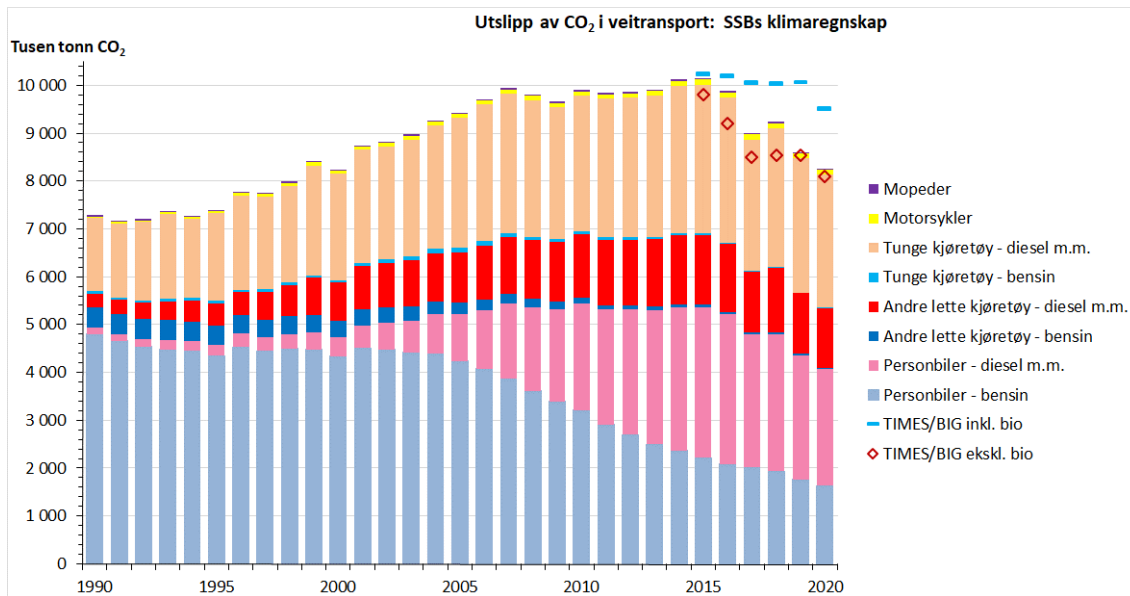
Det samlede CO₂-utslippet i veitrafikken, etter fradrag av ca. 15 prosent biodrivstoff, blir ifølge framskrivningen 37 prosent lavere i 2030 enn i 2020 (figur 5.8). I forhold til utslippet i 2005 er nedgangen 45 prosent. I 2050 beregnes utslippet til 497 tusen tonn – 95 prosent lavere enn i 2005.

I sum for årene 2021–2030 gir framskrivningen et veitransportutslipp på 67,4 millioner tonn CO₂ – ca. 3,4 millioner tonn eller snaut 5 prosent mindre enn i henhold til referansebanen i Klimakur 2030 (Miljødirektoratet 2020).



Figur 5.8: CO₂-utslipp i veitrafikken 2015–2050, før og etter fradrag for flytende biodrivstoff, etter kjøretøytype.

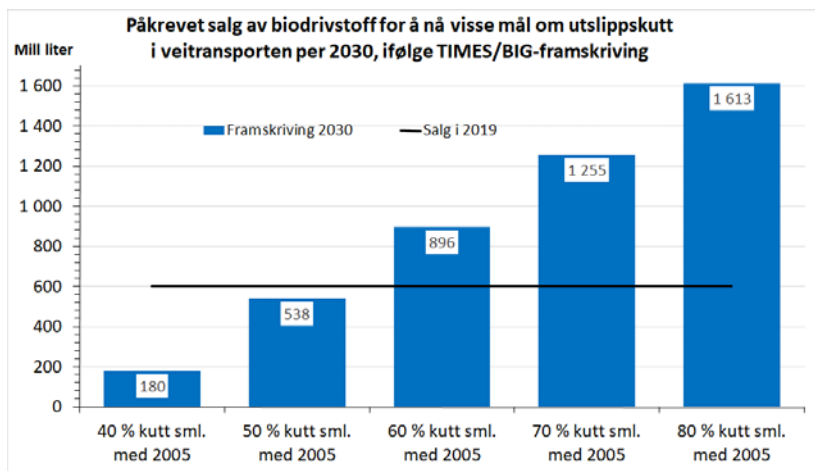
Hvor godt stemmer det beregnede utslippet i 2015 til 2020 med de offisielle utslippstallene fra Statistisk sentralbyrå (SSB)? Dette er vist i figur 5.9.



Figur 5.9: CO₂-utslipp i veitransporten 1990–2020, etter kjøretøytype, ifølge SSBs klimagasstatistikk, samt totalt før og etter fradrag for flytende biodrivstoff, ifølge TIMES/BIG-framskriving.

Ved sammenlikningen må en være klar over at TIMES/BIG-beregningene ikke inkluderer mopeder og motorsykler. På dette premisset er avviket mellom modellberegningene og SSB forholdsvis lite i 2015, 2019 og 2020, men større i årene 2016–2018. I SSBs tall er biodrivstoffet forutsatt klimanøytralt.

I 2019 ble det omsatt 600 millioner liter flytende biodrivstoff (bioetanol og biodiesel). Hvor høyt må forbruket være i 2030 for å nå et mål om et visst prosentvis kutt i veitransportens klimagassutslipp sammenliknet med 2005? Dette er vist i figur 5.10.



Figur 5.10: Påkrevet omsetning av klimanøytralt flytende biodrivstoff for å nå bestemte mål om CO₂-utslippskutt i veitransporten i 2030 sammenliknet med nivået i 2005.

Dersom målet er 50 prosent kutt, må biodrivstoffandelen være omtrent halvannen gang så høy som enn i 2019 – ca. 23 prosent. Men siden bruken av bensin og diesel vil være kraftig redusert (jf. figur 5.6) tilsvarer denne andelen et lavere absolutt volum, nærmere bestemt 538 millioner liter i 2030. Et 60 prosents kutt kan oppnås med en biodrivstoffomsetning på 896 millioner liter, tilsvarende 38 volumprosent andel. For å kutte 80 prosent av veitransportutslippene må en i 2030 blande inn eller omsette anslagsvis 69 prosent biodrivstoff, eller 1,613 millioner liter.

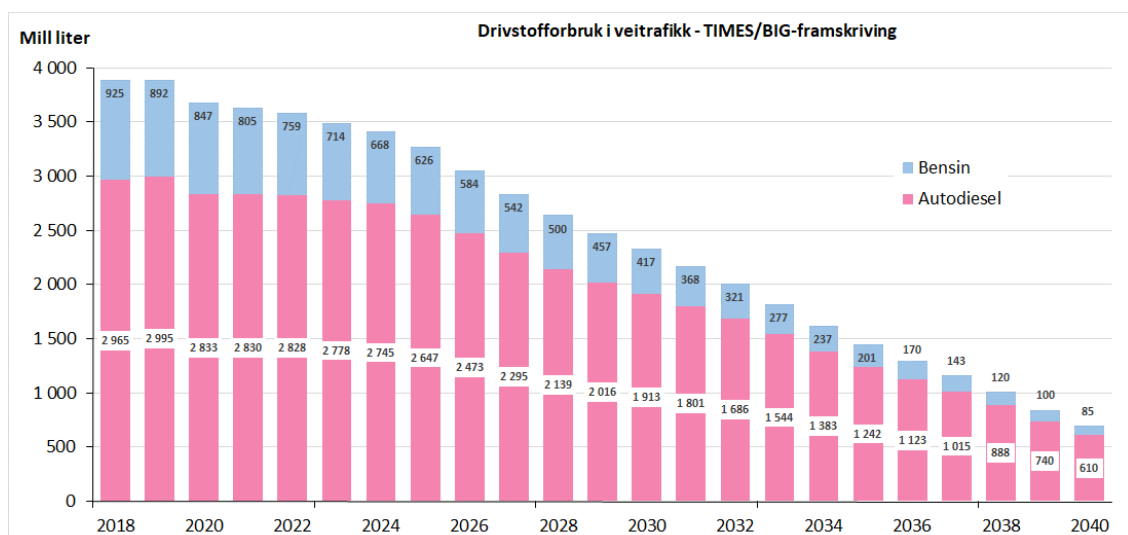
6 Milepæler og veivisere

For å finne veien og holde tempoet mot oppfyllelse av utslippsmålene vil det være å nyttig å ha etablert et sett sjekkpunkter – milepæler som skal nås på bestemte tidspunkt dersom prosessen (skissert i figur 5.1 til 5.8) ikke skal forsinkes. Milepælene må kunne sammenliknes med et fåtall forholdsvis lett observerbare statistiske variable og fungere som radarer for ‘tidlig varsling’. Vi har definert fem sett med slike variable:

- drivstoffsalget
- andelen nye nullutslippskjøretøy
- gjennomsnittlig spesifikt CO₂-utslipp fra nye kjøretøy
- prisene på kjøretøy og energi
- ladekapasitet

6.1 Drivstoffsalget

Salget av bensin og autodiesel, slik det følger av vår framskriving, er vist i figur 6.1. Vi har her sett bort fra at det forbrukes andre typer fossile drivstoff enn disse to – om nødvendig må en i tillegg ta høyde for økt bruk av parafin, naturgass e. l. På den annen side må, en for en nøyaktig sammenlikning med faktiske omsetningstall, ta hensyn til at det forbrukes bensin og autodiesel til noen flere formål enn veitransport på fire hjul – mopeder, (terreng)-motorsykler, lystbåter, snøskutere, snøfresere, gressklippere, motorsager og annet maskineri.



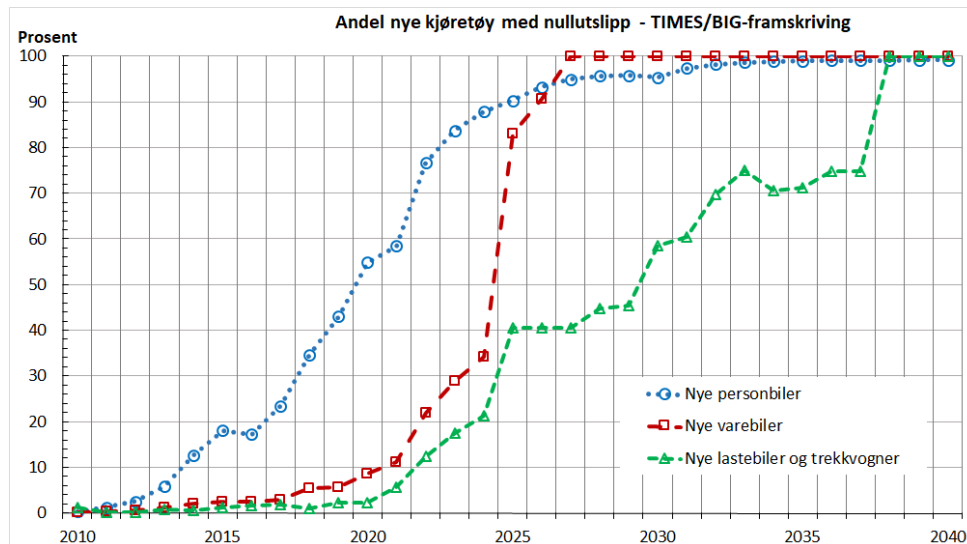
Figur 6.1: Forbruket av bensin og autodiesel i veitransport på minst fire hjul 2018–2040.

I 2023 skal det samlede forbruket av bensin og autodiesel i veitransport, om vi skal være ‘i rute’ i henhold til framskrivingen, ikke overstige 3,49 milliarder liter – 10,2 prosent mindre enn i 2019. I 2025 beregnes salget til 3,27 milliarder liter – 15,8 prosent mindre enn i 2019,

og i 2030 til 2,33 milliarder liter – dvs. 40,1 prosent ned fra 2019. Per 2035 skal forbruket ha sunket til 1,44 milliarder liter.

6.2 Andelen nye kjøretøy med nullutslipp

I figur 6.2 vises hvilken andel nye nullutslippskjøretøy det enkelte år som ligger til grunn for framskrivingsresultatene vist i figur 5.1 til 5.8.



Figur 6.2: Kjøretøy med nullutslipp som andel av nye personbiler, varebiler eller lastebiler/trekkbiler 2010–2040. Prosent.

For de nye *personbilenes* del legger framskrivingen til grunn samme andel nullutslipp som forutsatt i nasjonalbudsjettet 2021 (Meld. St. 1 2020–2021), dvs. 90 prosent i 2025 og 95 prosent i 2030.

[EU-forordning 2019/631](#) fastsetter, som nevnt i avsnitt 3.2, måltall for CO₂-utslippet fra den enkelte produsent av nye *varebiler*. Som gjennomsnitt for alle varebiler solgt i hele EØS-området er utslippsmålet 147 gCO₂/km i 2021, 125 gCO₂/km i 2025 og 92 gCO₂/km i 2030. Det blir enda lavere – 66 gCO₂/km i 2030 – hvis 'Fit for 55' blir vedtatt.

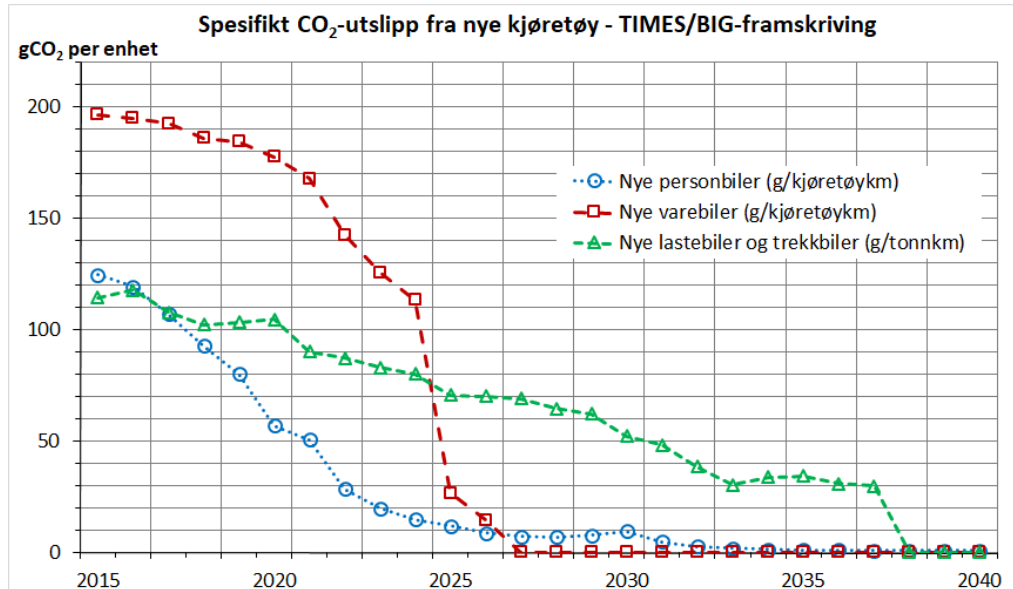
Disse utslippsmålene vil ikke kunne nås uten at en vesentlig andel av de nye varebilene blir helt utslippsfrie. Markedet for nye batterielektriske varebiler antas derfor å utvikle seg raskt i årene 2022–2030. Som en refleks av de kraftig skjerpede EU-kravene i 2025 og 2030 antas elbilenes andel av varebilsalget i Norge å øke til henholdsvis 83 og 100 prosent i disse to årene.

For *tunge godsbiler*, dvs. *lastebiler og trekkbiler* med mer enn 3,5 tonn tillatt totalvekt, antas markedet å bli sterkt påvirket av kravene i [EU-forordning 2019/1242](#) (se avsnitt 3.2). Også for tunge godsbiler vil utslippskravene skjerpes i 2025 og 2030. Vi har derfor lagt til grunn kraftig økt nullutslippsandel i nettopp 2025 og 2030. I 2025 er andelen snaut 41 prosent og i 2030 drøyt 58 prosent. Biogassdrevne godsbiler er da medregnet i andelen nullutslippskjøretøy.

[Statens vegvesen](#) oppgir markedsandeler for nye personbiler, busser, varebiler og lastebiler etter type drivlinje. Varebilene er inndelt i lette og tunge, med egenvekt over eller under 1785 kg. For sammenlikning med vår framskriving må en veie samme disse to gruppene.

6.3 Gjennomsnittlig CO₂-utslipp fra nye kjøretøy

Vår tredje veiviser er det gjennomsnittlige CO₂-utslippet fra nye kjøretøy, vist i figur 6.3. Her er utslippet beregnet i forhold til faktisk utkjørte vognkilometer eller lasttonnkilometer for det nyeste årskullet kjøretøy.



Figur 6.3: Framskrevet gjennomsnittlig spesifikt CO₂-utslipp fra nye kjøretøy 2015–2040. Gram CO₂ per kjøretøykm eller tonnkm.

For personbiler er det gjennomsnittlige typegodkjente CO₂-utslippet fra nye biler registrert hvert enkelt år tilgjengelig på nettsiden til Opplysningsrådet for veitrafikken (OFV). Datakilden er motorvognregistret i Statens vegvesen.

Ved sammenlikning må en ta høyde for at utslippet i virkelig trafikk, vist i figur 5.8, kan være høyere (eller lavere) enn ifølge typegodkjenningen, som ligger til grunn for OFV/Vegvesenets tall. Ifølge beregninger publisert av International Council on Clean Transportation (ICCT) var det virkelige utslippet fra nye personbiler solgt i EU i årene 2015–2018 nærmere 40 prosent høyere enn ifølge den tidligere brukte typegodkjenningstesten NEDC (Tietge mfl. 2019).

Med virkning fra 2020 har en ved typegodkjenningen gått over til den mer realistiske WLTP-testen. Denne gir anslagsvis 22–24 prosent høyere utslippstall enn NEDC. Det er likevel grunn til å regne med at utslippene under EU-forhold fortsatt kan være 13–14 prosent høyere enn ifølge typegodkjenningen. Avviket er muligens mindre i Norge, fordi [hastigheten på norske veier](#) er lavere enn i EU-landene (Dysvik & Bjørkås 2021) og trolig gir gjennomgående lavere drivstofforbruk per kilometer.

Vår framskriving innebærer et faktisk gjennomsnittsutslipp fra nye *personbiler* på 51,4 gCO₂/km i 2021 og 20,5 gCO₂/km i 2023. For *varebiler* beregnes utslippet til 155,2 gCO₂/km i 2021 og 120,5 gCO₂/km i 2023.

For *lastebiler og trekkbiler* er datatilgangen utfordrende. I prinsippet er alle nye, tunge gods-biler innplassert i EU-systemet under forordning 2019/1242 og har dermed en definert utslippsrate per kalkulatorisk nyttelasttonnkilometer. Men det er ikke trivielt å hente ut disse dataene eller å avgjøre hvordan en skal veie sammen utslippsratene og beregne gjennomsnitt. En særlig utfordring knytter seg trolig til data om de særnorske trekkbilene med tre aksler. Figur 6.3 viser likevel hvilket gjennomsnittsutslipp fra nye tunge lastebiler og trekkbiler som beregnes i vår framskriving.

6.4 Ladeinfrastruktur

Det er ingen entydig sammenheng mellom ladeinfrastrukturens kapasitet og omfanget av elektrisk drevet godstransport på vei. En antydning om hvilken ladekapasitet som må til i det scenariet vi har beregnet, framgår likevel av figur 4.3. Dersom den samlede ladekapasiteten blir vesentlig mindre enn det som der er vist, er det et varsel om at avkarboniseringen ikke vil gå like raskt som beregnet i vår framskriving.

6.5 Priser og kostnader

Prisene på ulike typer kjøretøy og energi er avgjørende drivere i avkarboniseringen av veitransport. I den grad prisene og kostnadene utvikler seg annerledes enn vist avsnitt 4.1.1 og 4.1.2, kan dette bære bud om at teknologiskiftet i veitransport vil ta enten kortere eller lengre tid enn beregnet. Det er grunn til å følge med på energiprisene, nærmere bestemt prisene på strøm, hydrogen, biogass og biodiesel sett i forhold til prisen på fossil diesel. Det vil også være nyttig å samle data om utviklingen i kjøretøyprisene og i de ulike teknologienes driftskostnader.

7 Syntese

7.1 Fem strategier for avkarbonisering

Veitransporten kan avkarboniseres (i henhold til det offisielle klimaregnskapet) ved hjelp av (i) batterier, (ii) strømledning, (iii) brenselceller, (iv) biogass eller (v) flytende biodrivstoff.

7.1.1 Batterier

Batterielektrisk drivlinje (i) synes velegnet for personbiler og innføres allerede i stort tempo i norske hushold, takket være en svært høy karbonpris i form av avgiftsfritak for elbiler. Full avkarbonisering av personbilparken forutsetter likevel en solid utbygging av lade-punkter i byene og langs hovedveiene, i tillegg til at alle bileiere må kunne parkere og lade kjøretøyet ved eller i nærheten av boligen.

Dersom elbilene, med sine lave driftskostnader, etter hvert utkonkurrerer kollektivtransporten, kan dette igangsette en ond sirkel, der tilbudet må reduseres i takt med sviktende billettinntekter, noe som i sin tur gir enda svakere inntjening. For å motvirke dette må en enten øke de offentlige tilskuddene eller begrense elbilbruken, eller begge deler. Økte tilskudd til kollektivtransporten kan vise seg å være en nødvendig indirekte kostnad, dersom en vil nå klimamålene.

Om også de fleste lette og tunge godsbiler skal bli batteridrevne, vil det bli behov for omfattende ladeinfrastruktur i knutepunkt og langs veinettet. For å unngå kødannelse må systemet ha en viss overkapasitet, med hensyn til så vel effekt (kW) som energimengde (kWh). Det kan i en overgangsfase bli nødvendig å subsidiere så vel kjøretøyene som ladestasjonene og strømmen, særlig dersom kraftmarkedet går over i et regime med høyere priser og/eller atskillig voldsommere prisvariasjoner enn før.

For nullutslipps tunge godsbiler kan fritak fra bompenger/veiprisering og adgang til kollektivfeltene være effektive klimavirkemidler.

7.1.2 Strømledning

Alternativ (ii) – å elektrifisere veiene ved hjelp av kjøreledning eller induktiv strømskinne – framstår som lite hensiktsmessig under norske forhold.

7.1.3 Brenselceller

I fravær av et batteriteknologisk gjennombrudd som resulterer i vesentlig forbedret energitetthet, framstår batteridrift som relativt mindre velegnet for tunge kjøretøy i langtransport. I denne markedsnisjen kan hydrogenteknologien (iii) komme til å vise seg konkurransedyktig overfor så vel diesel- som batteridrift.

Denne teknologien trenger imidlertid starthjelp fra det offentlige, eller gjennom næringslivssamarbeid (hydrogen-nav e.l.), for å få infrastrukturen på plass og oppnå kritisk masse. Det er sannsynlig at staten må påta seg en betydelig rolle, økonomisk så vel som regulatorisk, for å ta ned risikoen og marginalkostnadene for private næringsdrivende.

Et slikt inngrep kan neppe gjøres uten at en kompromisser med prinsippet om teknologinøytralitet. Men risikoen kan trolig reduseres dersom en starter i litt mindre geografisk skala, f.eks. i form av pilotprosjekt, som kan gi kunnskap om barrierer og muligheter og

reell brukserfaring under norske forhold. Kostnadene ved lagring og distribusjon av hydrogen kan bli betydelig redusert dersom brukerne har geografisk tilknytning til en industriklynge eller et anlegg for produksjon av hydrogen.

En viktig del av forberedelsene til hydrogendrift av kjøretøy vil være å finne fram til en dekkende og tilnærmet optimal plassering av fyllestasjoner langs hovedveiene.

7.1.4 Biogass

Biogass (iv) er å regne som en utslippsfri energibærer og kan fungere som en viktig overgangsteknologi. Men tilgangen på slik gass er for beskjeden til å drive mer enn en liten del av veitransporten.

7.1.5 Flytende biodrivstoff

Økt bruk av bioetanol og biodiesel (v) vil med stor sannsynlighet være nødvendig dersom Norge skal innfri sine klimaforpliktelser etter innsatsfordelingsforordningen i EU. Høykvalitets biodiesel av HVO-typen kan fullt og helt erstatte fossil diesel uten å påføre motorene skade. Mindre avanserte typer biodiesel vil kunne blandes inn i mer begrenset omfang. Det kan være nødvendig med strengere omsetningskrav eller sterkere avgiftsinsentiver dersom potensialet for biodrivstoffbruk skal realiseres. Enda viktigere er det trolig at avgiftene og tilgangen på biodrivstoff framstår som forutsigbare for transportutøvere, investorer og andre næringsdrivende. Omsetningspåbudet gir mer påregnelige rammevilkår og mindre risiko for uheldig innlåsing enn et avgiftsregime som kan endre seg med hvert statsbudsjett.

7.2 Prinsipielle avveininger og verdivalg

Avkarboniseringen av veitransporten vil støte på en rekke hindringer og innvendinger. Om vi ser det som maktpåliggende å innfri landets klimaforpliktelser, kan en del andre verdier, idealer og interesser måtte vike. Hensynene til buss og bane, til offentlige finanser, til teknologinøytralitet eller til samfunnsøkonomisk effektivitet er fire slike verdier.

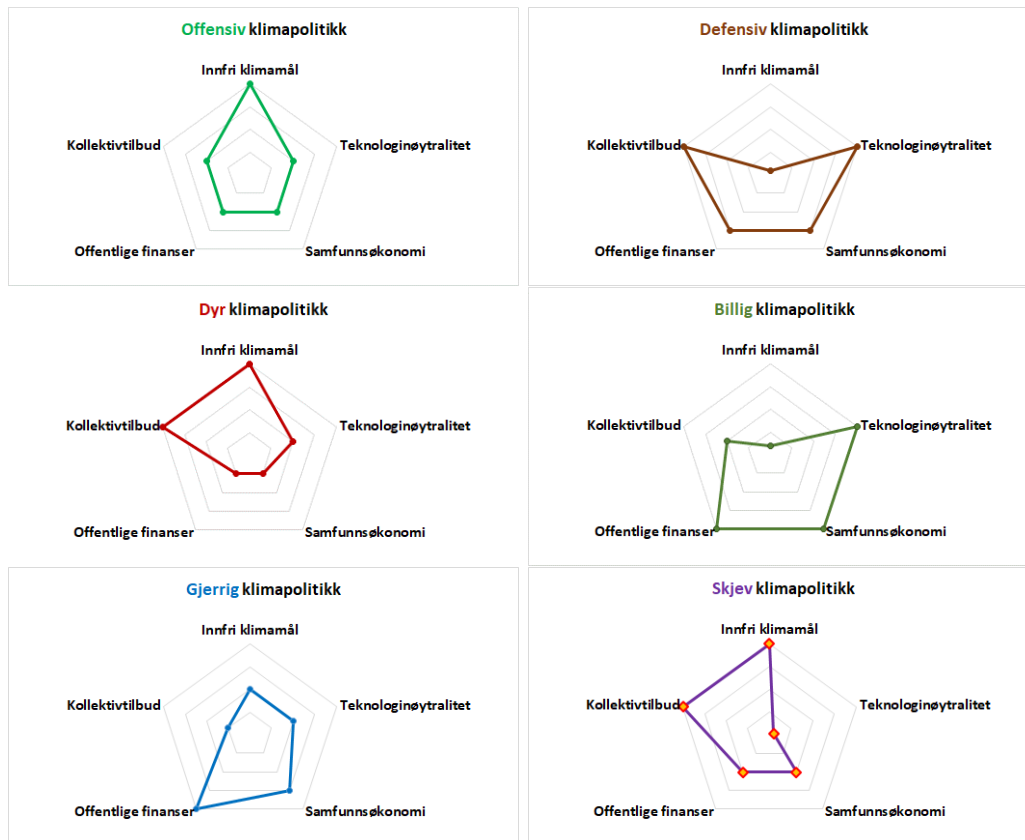
I figur 7.1 presenterer vi seks prinsippsskisser for hvordan klimahensynene kan tenkes avveid mot de nevnte fire samfunnsinteressene.

En **offensiv** klimapolitikk legger nesten all vekt på å innfri klimamålene og -forpliktelsene. Alle andre hensyn må vike.

Det motsatte – en **defensiv** klimapolitikk – legger i stedet vekt på at verdiskapingen skal være størst mulig, at offentlige finanser skal styrkes snarere enn svekkes, at politikken skal være teknologinøytral, og at kollektivtilbudet skal opprettholdes minst på dagens nivå og ikke møte for hard konkurranse fra elbiler. På disse premissene vil vi neppe kunne oppfylle klimamålene.

En **dyr** klimapolitikk er et verdivalg der samfunnsøkonomisk lønnsomhet og offentlige finanser tillegges liten vekt. Ganske særlig vil denne politikken medføre lavere verdiskaping enn vi ellers kunne fått til. Teknologinøytralitet er det heller ikke så nøye med, om vi først aksepterer å føre en dyr politikk. Men kollektivtransporten får de tilskuddene som trengs for å opprettholde tilbudet og helst forbedre det. Klimaforpliktelsene innfris.

En **billig** klimapolitikk, derimot, legger hovedvekten på verdiskaping og samfunnsøkonomisk effektivitet. Her gis det ikke ved dørene, verken til klimatiltak eller kollektivtransport. Skatte- og avgiftstrykket opprettholdes eller forsterkes. For å bekjempe veitrafikkens eksterne kostnader og finansiere veinettet innføres kanskje allmenn veiprisning, noe som rammer elbiler og eksosbiler i nesten samme grad og slik reduserer de utslippsfrie kjøretøyenes konkurransefordel.



Figur 7.1: Seks prinsipielt forskjellige typer klimapolitikk.

Den **gjerrige** klimapolitikken legger mindre vekt på foretakenes og husholdenes økonomi, men desto større vekt på de offentlige finansene. Kjærligheten til statskassen er her det bærende prinsippet. Både elbiler og eksosbiler får økte avgifter. Så får det heller være at vi ikke når klimamålene. Kollektivtransporten må seile sin egen sjø og klare seg med billettinntektene.

Den **skjeve** klimapolitikken innebærer en kraftig statlig satsing på bestemte nullutslippsteknologier – mest trolig hydrogen – i suveren forakt for teknologinøytralitet. Samtidig får kollektivtransporten rause tilskudd. Klimamålene nås, men til en høy samfunnsøkonomisk og statsfinansiell kostnad og risiko.

7.3 Veikartet

Vi har, ved hjelp av modellene IFE-TIMES-Norge, NGM og BIG, utarbeidet et scenario for den norske veitransportens energibruk og klimagassutslipp fram til 2050. Målet har vært å belyse under hvilke vilkår veitransporten kan bidra til at klimamålene i ikke-kvotepliktig sektor blir nådd. Særlig vekt har vi lagt på tungtransporten, der en foreløpig ikke er kommet særlig langt i energiomstillingen.

Vårt scenario er med hensikt lagt slik at klimamålene med en viss sannsynlighet vil bli nådd, uten at dette går utover mobiliteten til varer og personer. Etterspørselen etter transport, slik den er framskrevet i Nasjonal transportplan 2022–2033, blir tilfredsstillt.

For å få fram et slikt scenario har vi gjort til dels radikale forutsetninger. Nullutslippsteknologiene for godskjøretøy antas å modnes og tas i bruk nokså raskt. Både batteridrift, biogass og hydrogen tas i bruk i stor skala – hydrogen primært etter 2035, og da særlig for tunge godsbiler. Fram til da er det batteridrift og biogass som i stadig større grad erstatter dieseldrift.

Til grunn for denne omstillingen ligger en endring i de relative kostnadene for godsbiler med ulike drivlinjer. Diesebilene mister sin konkurransefordel, dels fordi de alternative teknologiene etter hvert blir billigere, men mest fordi diesel blir vesentlig dyrere. I 2030 regner vår framskriving med en dieselpriis på kr 29,81, hvorav drivstoffavgiften og moms utgjør 77 prosent. Kvoteprisen på drivstoff, som ventelig blir innført i EU/EØS fra 2026, er da tenkt innbakt i drivstoffavgiften.

Scenariet viser at vi, med et halvannen gang så høyt forbruk av klimanøytralt biodrivstoff som i 2019, vil kunne redusere CO₂-utslippene i veitransporten med 60 prosent fra 2005 til 2030.

I 2040 beregnes dieselpriis til kr 46,60, hvorav 85 prosent er avgift. Avgiftene på bensin og autodiesel i 2030 og 2040 svarer til en effektiv karbonpris på henholdsvis kr 6376 og kr 11 400 per tonn CO₂ ekskl. moms.

Dersom disse forutsetningen ikke oppfylles, må vi regne med at det tar lengre tid å avkarbonisere veitransporten. Som sjekkpunkt på veien mot nullutslippssamfunnet har vi etablert et sett indikatorer – ‘veivisere’ – som kan brukes til å fastslå om vi er i rute. Det dreier seg om drivstoffsalget, prisene på kjøretøy og energi, ladekapasitet langs veinettet, andelen nye kjøretøy med nullutslipp, samt nye kjøretøys gjennomsnittlige CO₂-utslipp. Ved å studere markedsandelene og CO₂-utslippet fra nye kjøretøy kan vi få en form for tidlig varsling om hvilken vei klimagassutslippene i veitransport vil utvikle seg. I beste fall kan denne informasjonen brukes til å korrigere tempoet eller kursen.

Dersom Norge i 2030–2040 blir stående alene om å ha høye drivstoffpriser, vil det gå hardt ut over norske utøvere i internasjonal konkurranse. Langt mindre problematisk vil det være dersom de økte drivstoffkostnadene kommer som følge av dyrere råolje eller høye priser i det nye kvotemarkedet for drivstoff.

Høye dieselpriiser vil vri etterspørselen etter godsbiler i retning av nullutslipp. Det er sannsynlig at lokal og regional lastebiltransport kan bli batterielektrisk drevet, mens det for tunge lastebiler på lengre transporter er mer usikkert hvilke teknologier som vil være best egnet under norske kjøreforhold. Når vi her til lands av framkommelighetshensyn foretrekker 3-akslede trekkbiler for semitrailere, kan dette bidra til å gi hydrogenteknologien et ekstra konkurransefortrinn sammenliknet med batteridrift.

Klimamålene kan trolig ikke nås dersom en skal holde prinsippene og målene om teknologinøytralitet og samfunnsøkonomisk lønnsomhet høyt i hevd, samtidig som en opprettholder kollektivtilbudet og det offentlige inntekter. Det er behov for en avklarende prinsipiell debatt om virkemiddelbruken og om hvordan de ulike verdiene og idealene skal veies mot hverandre.

Litteratur

- Azar C, Sandén B A (2011). The elusive quest for technology-neutral policies. *Environmental Innovation and Societal Transitions* **1**(1): 135-139.
- CCC (2018). Hydrogen in a low-carbon economy. Committee on Climate Change, London.
- Danebergs J, Rosenberg E, Espegren K A (2022). Impact of zero emission heavy-duty transport on the energy system. IFE/E-2021/002, Kjeller.
- Danmark (2021). Veje til klimaneutral lastbiltransport. Klimarådet, København.
- DNV (2021). Energy Transition Norway 2021. A national forecast to 2050. DNV AS, Høvik.
- Dysvik E, Bjørkås E (2021). Kvaliteten på det norske veinettet. En sammenligning med utvalgte europeiske land. Rapport 2021/42, Vista analyse, Oslo.
- EU (2021). Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union, Decision (EU) 2015/1814 concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emission trading scheme and Regulation (EU) 2015/757. [COM\(2021\) 551 final](#), Brussel.
- Fevang E, Figenbaum E, Fridstrøm L, Halse A H, Hauge K E, Johansen B G, Raaum O (2020). Hvem velger elbil? Kjennetegn ved norske elbileiere 2011-2017. TØI-rapport 1780, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fevang E, Figenbaum E, Fridstrøm L, Halse A H, Hauge K E, Johansen B G, Raaum O (2021). Who goes electric? The anatomy of electric car ownership in Norway. *Transportation Research Part D* **92**: 102727.
- Farstad F M, Hermansen E A T, Leiren M D, Wettestad J, Gulbrandsen L H, Søgaard G, Øistad K, Fridstrøm L, Knapskog M, Uteng T P (2021). [Klar for 55? EUs nye klimaregelverk og betydningen for Norge](#). Rapport 2021:07, CICERO, Oslo
- Finansdepartementet (2021a). [Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser](#). Rundskriv R-109, 25.6.2021.
- Finansdepartementet (2021b). [Karbonprisbaner for bruk i samfunnsøkonomiske analyser](#). Nettside datert 22.12.2021, besøkt 31.1.2022.
- Fridstrøm L (2017). From innovation to penetration: Calculating the energy transition time lag for motor vehicles. *Energy Policy* **108**: 487-502.
- Fridstrøm L (2018). Selvberging i skatte- og miljøperspektiv. *Samfunnsøkonomen* **132**(6): 13-16.
- Fridstrøm L (2019a). *Framskrivning av kjøretøyparken i samsvar med nasjonalbudsjettet 2019*. TØI-rapport [1689](#), Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fridstrøm L (2019b). *Dagens og morgendagens bilavgifter*. TØI-rapport [1708](#), Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fridstrøm L (2019c). [Snart forurenses veitrafikken mye mindre](#). *Samferdsel*, 9.4.2019
- Fridstrøm L (2021a). [Veibruksavgift eller CO₂-avgift: På tide å kalle spaden en spade](#). *Samferdsel*, 11.1.2021.
- Fridstrøm L (2021b). [The Norwegian Vehicle Electrification Policy and Its Implicit Price of Carbon](#). *Sustainability* **13**: 1346.
- Fridstrøm L (2021c). [Dieselbilene blir ikke borte om vi innfører nullutslippsoner](#). *Aftenposten* 31.10.2021.
- Fridstrøm L (2021d). [Nei, EU har ikke varslet forbud mot eksosbiler](#). *Samferdsel*, 20.7.2021

- Fridstrøm L, Alfsen K H (red.) (2014). *Vegen mot klimavennlig transport*. TØI-rapport [1321](#), Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fridstrøm L, Hovi I B, Kristensen N B, Madslie A, Bruvoll A, Gulbrandsen M U, Seeberg Aa, Aalen P (2020): *Transportmodeller for klimaanalyse*. TØI-rapport 1769, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fridstrøm L, Østli V (2016). *Kjøretøyparkens utvikling og klimagassutslipp*. *Framskrivninger med modellen BIG*. TØI-rapport [1518](#), Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fridstrøm L, Østli V (2021a). *Bilavgiftenes klimaeffekt*. TØI-rapport 1820, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fridstrøm L, Østli V (2021b). *Forsering eller hvileskjær? Om utsiktene til klimagasskutt i veitransporten*. TØI-rapport 1846, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fæhn T, Kaushal K R, Storrøsten H, Yonezawa H, Bye B (2020). *Abating greenhouse gases in the Norwegian non-ETS sector by 50 per cent by 2030. A macroeconomic analysis of Climate Cure 2030*. Rapport 2020/33, Statistisk sentralbyrå, Oslo.
- Gleditsch R F, Thomas M J, Syse A (2020). *Nasjonale befolkningsframskrivninger 2020. Modeller, forutsetninger og resultater*. Rapporter 2020/24, Statistisk sentralbyrå, Oslo.
- Gaasland I, Vårdal E (2017). Matforsyning og klimapolitikk. *Samfunnsøkonomen* **131**(6): 39-47.
- Hall D, Xie Y, Minjares R, Lutsey N, Kodjak D (2021). [Decarbonizing road transport by 2050. Effective policies to accelerate the transition to zero-emission vehicles.](#)
- Hovi I B, Mjøsund C S, Bø E, Pinchasik D R, Grønland S E (2021). *Logistikk, miljø og kostnader. Kjøretøydata som grunnlag for forskning, transportplanlegging og forbedringsarbeid*. TØI-rapport 1861, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Hovi I B, Pinchasik D R, Figenbaum E, Thorne R J (2020). Experiences from Battery-Electric Truck Users in Norway. *World Electric Vehicle Journal* **11**(1): #5. <https://doi.org/10.3390/wevj11010005>
- Hovi I B, Pinchasik D R, Thorne R J, Figenbaum E (2019). *User experiences from the early adopters of heavy duty zero-emission vehicles in Norway. Barriers and opportunities*. TØI-rapport 1734, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Innst. 460 S (2016–2017). [Innstilling fra transport- og kommunikasjonskomiteen om Nasjonal transportplan 2018–2029](#). Stortinget, Oslo.
- Innst. 468 S (2020–2021). Innstilling til Stortinget fra energi- og miljøkomiteen. Dokument 8:231 S (2020–2021). Stortinget, Oslo.
- IPCC (2018). Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development. Kap. 2 i *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. United Nations' Intergovernmental Panel on Climate Change, New York.
- Kanafani K, Lund A M, Worm A S, Jensen J D, Birgisdottir H, Rose J (2021). Klimaeffektiv renovering. Balansen mellom energibesparelse og materialepåvirkninger i bygningsrenovering. [BUILD Rapport 2021:24](#), Institutt for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet.
- Madslie A, Hovi I B (2021). *Framskrivninger for godstransport 2018-2050. Oppdatering av beregninger fra 2019*. TØI-rapport 1825, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Madslie A, Steinsland C, Hulleberg N (2021). *Framskrivninger for persontransport 2018-2050. Oppdatering av beregninger fra 2019*. TØI-rapport 1824, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Maxwell W J, Bourreau M (2014). Les trois facettes de la neutralité technologique. [Les Cahiers de l'Arcep](#), Octobre 2014, s. 16-19.
- Meld. St. 1 (2020–2021). *Nasjonalbudsjettet 2021*. Finansdepartementet, Oslo.
- Meld. St. 13 (2020–2021). *Klimaplan for 2021–2030*. Klima- og miljødepartementet, Oslo.
- Meld. St. 14 (2020–2021). *Perspektivmeldingen 2021*. Finansdepartementet, Oslo.
- Meld. St. 20 (2020–2021). *Nasjonal transportplan 2022–2033*. Samferdselsdepartementet, Oslo.

- Meld. St. 33 (2016–2017). *Nasjonal transportplan 2018–2029*. Samferdselsdepartementet, Oslo.
- Meld. St. 36 (2020–2021). *Energi til arbeid – langsiktig verdiskaping fra norske energiresurser*. Olje- og energidepartementet, Oslo.
- Miljødirektoratet (2020). Klimakur 2030. Tiltak og virkemidler mot 2030. M-1625/2020.
- Miotti M, Supran G J, Kim E J, Trancik J E (2016). Personal Vehicles Evaluated against Climate Change Mitigation Targets. *Environmental Science and Technology* **50**: 10795-10804.
- Nordbakke S T D, Nielsen A F (2021). *Korona, hjemmekontor og reisevaner*. TØI-rapport 1863, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- OECD (2021). *Effective Carbon Rates 2021*. Organization for Economic Cooperation and Development, Paris.
- Pinchasik D R, Figenbaum E, Hovi I B, Amundsen A H (2021). *Grønn lastebiltransport? Teknologistatus, kostnader og brukererfaringer*. TØI-rapport 1855, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Plötz P (2022). Hydrogen technology is unlikely to play a major role in sustainable road transport. *Nature Electronics* **5**: 8-10.
- Rosenberg E, Danebergs J, Espegren K A, Fridstrøm L, Hovi I B, Madslie A (2022). Modelling the interaction between the energy system and road freight. Paper submitted to *Transportation Research Part D*.
- Rødseth K L, Wangsness P B, Veisten K, Høye A K, Elvik R, Klæboe R, Thune-Larsen H, Fridstrøm L, Lindstad E, Riialand A, Odolinski K, Nilsson J-E (2019). *Eksterne kostnader ved transport i Norge. Estimer av marginale skadekostnader for person- og godstransport*. TØI-rapport 1704, Transportøkonomisk institutt, Oslo
- Samferdselsdepartementet (2020). [Anbefaling om bruk av CO2-prisbane i NTP 2022-2033](#). Brev til Avinor AS, Bane NOR SF, Jernbanedirektoratet, Kystverket, Nye Veier AS og Statens vegvesen. Oslo, 3.7.2020.
- Sandberg N H, Lindberg K B (2022). [Viktig sjanse til å spare strøm glipper når bygg renoveres](#). *Dagens Næringsliv*, 11.3.2022.
- Strand A, Næss P, Tennøy A, Steinsland C (2009). *Gir bedre veier mindre klimagassutslipp?* TØI-rapport **1027**, Transportøkonomisk institutt, Oslo
- Sverige (2020). [Klimatbonusbilar ska vara registrerade i fem år](#). Promemoria M2020/01180/R, Miljödepartementet, Regeringskansliet, Stockholm.
- Sverige (2021). Eldrivna transporter på väg. Elektrifieringskommisionens handlingsplan för elektrifiering av de mest trafikerade vägarna i Sverige. Regeringskansliet, Stockholm.
- Tietge U, Díaz S, Mock P, Bandivadekar A, Dornoff J, Ligterink N (2019). [From laboratory to road. A 2018 update of official and “real-world” fuel consumption and CO₂ values for passenger cars in Europe](#). ICCT, Berlin.
- Valle M (2022). Får gratis elbil i et halvt år – deretter kan den eksporteres til Norge. *Teknisk ukeblad*, 20.2.2022.
- Wolfram P, Weber S, Gillingham K, Hertwich E G (2021). [Pricing indirect emissions accelerates low-carbon transition of US light vehicle sector](#). *Nature Communications* **12**: 7121.
- Østli V, Fridstrøm L, Kristensen N B, Lindberg G (2021). Comparing the Scandinavian automobile taxation systems and their CO₂ mitigation effects. *International Journal of Sustainable Transportation* <https://doi.org/10.1080/15568318.2021.1949763>

Transportøkonomisk institutt (TØI) Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

TØI er et anvendt forskningsinstitutt, som mottar basisbevilgning fra Norges forskningsråd og gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag for næringsliv og offentlige etater. TØI ble opprettet i 1964 og er organisert som uavhengig stiftelse.

TØI utvikler og formidler kunnskap om samferdsel med vitenskapelig kvalitet og praktisk anvendelse. Instituttet har et verrfaglig miljø med rundt 90 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet utgir tidsskriftet Samferdsel på internett og driver også forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, artikler i vitenskapelige tidsskrifter, samt innlegg og intervjuer i media. TØI-rapportene er gratis tilgjengelige på instituttets hjemmeside www.toi.no.

TØI er partner i CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn, lokalisert i Forskningsparken nær Universitetet i Oslo (se www.ciens.no). Instituttet deltar aktivt i internasjonalt forsknings-samarbeid, med særlig vekt på EUs rammeprogrammer.

TØI dekker alle transportmidler og temaområder innen samferdsel, inkludert trafiksikkerhet, kollektivtransport, klima og miljø, reiseliv, reisevaner og reiseetterspørsel, arealplanlegging, offentlige beslutningsprosesser, næringslivets transport og generell transportøkonomi.

Transportøkonomisk institutt krever opphavsrett til egne arbeider og legger vekt på å opptre uavhengig av oppdragsgiverne i alle faglige analyser og vurderinger.

Besøks- og postadresse:

Transportøkonomisk institutt
Gautstadalléen 21
NO-0349 Oslo

22 57 38 00
toi@toi.no
www.toi.no