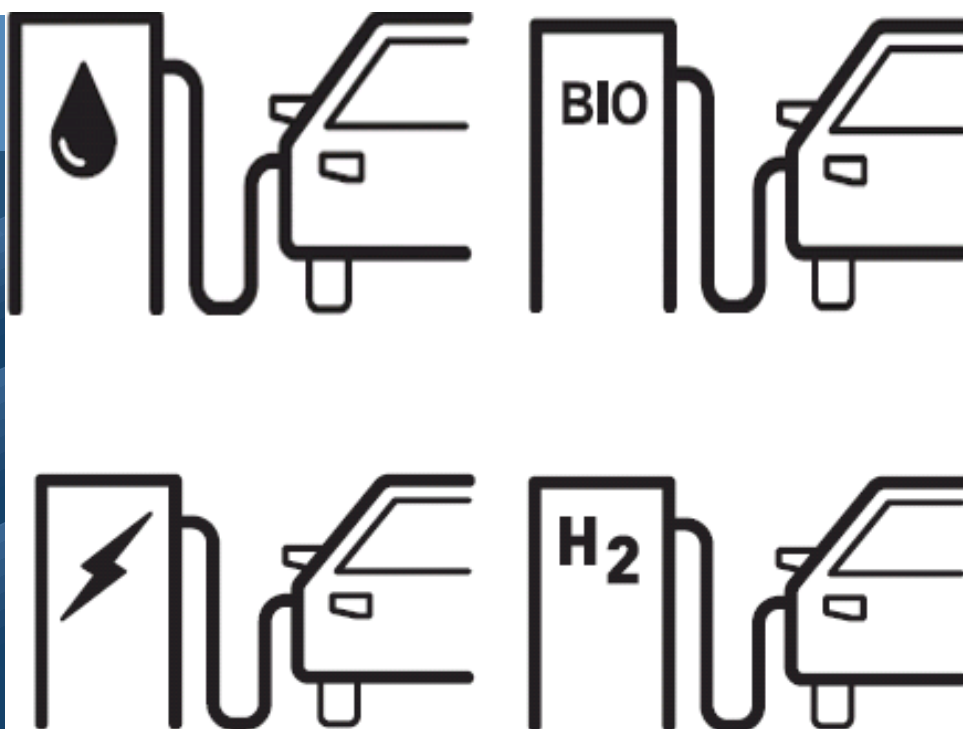


Energibruk til transport

Dag Spilde

73
2016



R
A
P
P
O
R
T

Rapport nr 73-2016

Energibruk til transport

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Dag Spilde

Forfattere: Dag Spilde

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 200

Forsidefoto: NVE

ISBN 978-82-410-1526-7

ISSN 1501-2832

Sammendrag: Samlet energibruk til innenlands transport, maskiner og redskaper var på ca. 69 TWh i 2015. Dette er en oppgang 39 prosent siden 1990. Det ble i tillegg brukt 9 TWh energi til utenriks sjøfart og luftfart i 2015. Veitrafikk har bidratt mest til oppgangen i energibruk, men flytrafikk vokser raskest.

Emneord: Transport, energibruk, strøm, biodrivstoff, hydrogen, bensin, diesel, elbiler

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

september 2016

Forord

Gjennom Stortingsmelding 13 (2014-2015) forpliktet Norge seg til en betinget felles løsning med EU om reduksjon av klimagasser. I juli 2016 foreslo EU at Norge reduserer utslippene i ikke-kvotepliktig sektor med 40 prosent fra 2005 til 2030. Utslipp fra transport, fiske, maskiner og redskaper står for rundt 60 prosent av klimagassutslippene i ikke-kvotepliktig sektor. Utslippene i transportsektoren må derfor reduseres betydelig om Norge skal nå målet om 40 prosent reduksjon i ikke-kvotepliktig sektor.

NVE har som oppgave å overvåke det norske energi- og kraftsystemet. En stor økning i etterspørsel etter elektrisitet i transportsektoren vil medføre at NVE må ta hensyn til dette i den videre planleggingen av kraftnettet og kraftforsyningen i Norge. NVE vil derfor følge med på utvikling i energibruk til transport fremover.

Vi håper rapporten vil være interessant og relevant for miljøer som jobber med miljøvennlig transport og tar gjerne imot tilbakemeldinger og meninger om innholdet.

Oslo, september 2016



Anne Vera Skriverhaug
avdelingsdirektør



Birger Bergesen
seksjonssjef

Innhold

Forord.....	3
Sammendrag.....	5
1 Innledning	6
2 Historisk utvikling i energibruk.....	7
2.1 Veitransport.....	11
2.2 Fly	15
2.3 Sjøtransport og fiske	16
2.4 Banetransport	20
2.5 Maskiner og redskaper	21
3 Fremtidens transportbehov	23
4 Energibruk til transport fremover.....	28
5 Hvor miljøvennlig er teknologiene?	33
5.1 Hvor miljøvennlige er batterielektriske kjøretøy?.....	35
5.2 Hydrogen.....	38
5.3 Biodrivstoff	38
6 Energibruk til transport i utlandet	40
Referanser	43

Sammendrag

Samlet energibruk til innenlands transport, maskiner og redskaper var på ca. 69 TWh i 2015. Dette er en oppgang 39 prosent siden 1990. Det ble i tillegg brukt 9 TWh energi til utenriks sjøfart og luftfart i 2015. Veitrafikk har bidratt mest til oppgangen i energibruk, men flytrafikk vokser raskest.

I 2015 ble 96 prosent av innenlands energibruk til transport, maskiner og redskaper dekket av fossile energivarer. Etter mange år med sterk vekst nådde energibruk til transport en topp i 2012. Utslipp av klimagasser fra transport har flatet ut og var på samme nivå i 2015 som i 2006. Lavere aktivitet innen sjøtransport og fiske, overgang fra bensin- til dieslbiler, strengere utslippskrav til biler og mer energieffektive motorer, ser ut til å være de sterkeste drivkreftene bak denne utviklingen. De siste årene har også økt andel elbiler og biodrivstoff redusert utslipp fra veitrafikk.

Uten grønn omstilling vil energibruk til transport øke

Forventet befolkningsvekst og økonomisk vekst i Norge vil gi økt transportbehov. Dersom transportsektoren ikke omstiller seg til utslippsfrie teknologier har NVE anslått at energibruk til transport, maskiner og redskaper kan øke med 25 prosent til over 80 TWh i 2050. Overgang til batterielektriske vil derimot gi lavere energibruk og lavere klimagassutslipp selv med økt transportarbeid. Dette kommer av at elektriske motorer er over tre ganger så effektive som dagens forbrenningsmotorer. Økt andel av befolkningen som kjører kollektivt, går, eller sykler vil også dempe vekst i energibruk til transport.

Batterielektrisk motor er den mest energieffektive teknologien og NVE antar at denne teknologien i økende grad vil bli brukt i de transportmidler der dette er praktisk mulig. Det vil si personbiler, varebiler, bybusser, lette lastebiler, ferger, passasjerskip, bane og en høy andel av maskiner og redskaper. Resten av transportsektoren kan bruke biodrivstoff og hydrogen i stedet for fossile energivarer.

Elektriske kjøretøy mest miljøvennlige

Sammen med elektrisk tog, er batterielektriske kjøretøy de mest miljøvennlige transportmidlene. Dersom det antas at elektrisiteten som brukes i Norge har CO-utslipp lik gjennomsnittet i EU, er imidlertid dieselbusser like miljøvennlige som tog og elbil. Fornybarandelen i europeisk kraft øker og dette vil favorisere elektriske kjøretøy.

Krevende å gjøre transportsektoren i verden fossilfri

Å oppnå reduksjon av klimagasser fra transport er en utfordring i hele verden. I 2013 ble det brukt over 30 000 TWh energi til transport. Av dette var 99 prosent fossil energi. Dersom dette skal erstattes av fornybar energi i fremtiden vil det kreve mer fornybar elektrisitet og biodrivstoff enn det er mulig å fremstille i dag. Det gjør det nødvendig med mer forskning og teknologiutvikling for å finne løsninger som kan bringe verden nærmere lavutslippssamfunnet. På kort sikt kan forbedringer av drivstofforbruk i fossile transportmidler bidra til å redusere eller dempe veksten i klimagassutslipp fra transportsektoren.

1 Innledning

Transport, inkludert fiskebåter, maskiner og redskaper, er sammen med petroleumsnæringen, sektoren med høyest klimagassutslipp i Norge. Dette henger sammen med et høyt forbruk av fossile energivarer som bensin, diesel, marine gassoljer og jetparafin. For å redusere klimagassutslippene i transportsektoren er det nødvendig å gå over til drivstoff produsert fra fornybare energikilder som vann, vind, sol, trevirke og andre fornybare ressurser.

I denne rapporten beskriver NVE historisk utvikling i energibruk til transport og status i dag. Det blir lagt vekt på å beskrive utviklingstrekk som har hatt stor betydning for energibruk og klimagassutslipp. Så blir behovet for transport framover beskrevet med utgangspunkt i grunnlagsdokument for Nasjonal transportplan 2018 til 2029. På bakgrunn av dette prøver NVE å anslå hvor mye energi som trengs til transport fremover, gitt ulike scenarier. Videre blir det gjort en sammenligning av de mest sentrale transportteknologiene i et systemperspektiv for å se hvor energieffektive og miljøvennlige de er. Det blir ikke gjort en fullstendig livsløpsanalyse, så ikke alle forhold rundt produksjon og bruk av de ulike energivarer og teknologier blir belyst. Målet her er å gi et bilde av de ulike teknologiene og energivarene brukt til transport. Til slutt er det et kapittel om samlet energibruk til transport i verden, for å sette energibruk til transport i Norge inn i et større perspektiv.

Rapporten er en av flere rapporter om energibruk i transport som NVE publiserer i 2016, som et ledd i å informere og øke kunnskapen om dette viktige temaet. Som forvaltningsetat innen energiområdet ser NVE det som sin rolle å analysere viktige endringer innen energi- og kraftsystemet i Norge. Det vil alltid være knyttet usikkerhet til og være ulike meninger rundt framtidig utvikling i en sektor. NVE vil derfor understreke at denne rapporten ikke er en offisiell prognose for hvordan energibruk til transport vil utvikle seg framover, men mer enn rapport som forsøker å belyse og drøfte hvordan dette kan utvikle seg.

2 Historisk utvikling i energibruk

Samlet energibruk til innenlands transport, maskiner og redskaper var på ca. 69 TWh i 2015. Dette er en oppgang 39 prosent siden 1990. Det ble i tillegg brukt 9 TWh energi til utenriks sjøfart og luftfart i 2015. Veitrafikk har bidratt mest til oppgangen i energibruk, men flytrafikk vokser raskest. Siden 2012 har det imidlertid vært nedgang i energibruk til transport. Mye av dette skyldes nedgang i sjøtransport og fiske. I tillegg har bedre motorer og overgang fra bensinbiler til dieslbiler bidratt til at energibruken innen veitransport har flatet ut.

Transportsektoren kan deles inn i fire hovedgrupper; Veitransport, banetransport, kysttransport og luftfart. I tillegg brukes det bensin og diesel til maskiner og redskaper. Drivstoff til fiskebåter er i denne rapporten gruppert under kysttransport. Sjøtransport og luftfart omfatter både innenlands og utenriks transport. Samlet innenlands energibruk til transport, maskiner og redskaper var på ca. 69 TWh i 2015. I tillegg ble det brukt 9 TWh i utenriks luftfart og sjøtransport.

Veitransport omfatter personbiler, varebiler, busser, lastebiler, trailere, tankbiler, mopeder og motorsykler. Den største gruppen både i antall og samlet forbruk av drivstoff er private personbiler. Lastebiler og busser bruker i snitt seks til syv ganger så mye energi per kilometer som personbiler og kjører flere ganger lenger per år enn personbiler og dette fører til et betydelig samlet forbruk av drivstoff også hos disse kjøretøyene. Tabell 2-1 viser detaljert statistikk for energibruk til transport for 2014. Statistisk sentralbyrå har ikke så detaljerte tall for 2015 ennå. I 2014 ble det brukt diesel og bensin tilsvarende 40,7 TWh til veitransport. Påbud om innblanding av biodrivstoff har ført til at veitransport i 2014 brukte 1,5 TWh biodrivstoff. Dette økte til 1,7 TWh i 2015. Stadig flere elektriske biler gjør at samlet forbruk av elektrisitet til veitransport nådde 0,1 TWh i 2014 og 0,2 TWh i 2015.

Kysttransport omfatter ferger og innenriks kysttransport. Det ble i 2014 brukt marine gassoljer, tungolje, LNG og bensin/diesel tilsvarende 8,5 TWh innen kysttransport. Fiskebåter i Norge bruker hovedsakelig marine gassoljer som drivstoff, men det inngår også noe tungolje. Totalt brukte fiskeflåten i Norge fossile drivstoff tilsvarende 4,3 TWh i 2014. Utenriks sjøfart tanket marine gassoljer i Norge tilsvarende 4,2 TWh i 2014.

Banetransport omfatter tog, T-bane og trikk. Tabell 2-1 viser at det meste av banetransporten ble drevet av strøm i 2014, men det er noen togstrekninger som bruker diesellokomotiv.

Innen lufttransport er det i dag jetparafin som er drivstoffet, men det er testet ut innblanding av biodrivstoff. Det ble i 2014 brukt jetparafin tilsvarende 4,8 TWh til innenlands flytrafikk og 5,9 TWh til utenriks flytrafikk.

Maskiner og redskaper omfatter alt fra traktorer, anleggsmaskiner, militære kjøretøy til gressklippere og motorsager. Maskinene går på diesel, mens redskapene bruker bensin. Det finnes ikke eksakt statistikk for hvor mye drivstoff som går med til maskiner og redskaper i Norge, men NVE har ut i fra ulike statistikker hos Statistisk sentralbyrå anslått samlet forbruk til ca. 7 TWh i 2014.

Tabell 2-1 Energi til transport, maskiner og redskaper i Norge i 2014. Kilde SSB.

	Sum energi	Bensin/ diesel	Marin ¹ gassolje	Jet- parafin	LNG	Strøm	Bio
	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh
Innenlands							
Veittransport	42,5	40,7			0,2	0,1	1,5
Kysttransport	8,5	0,5	6,8		1,2		
Fiskebåter	4,3		4,3				
Luftfart	4,8			4,8			
Banetransport	0,9	0,2				0,7	
Maskin / redskap	Ca. 7	7					0
Sum innenlands	68	48,2	11,1	4,8	1,4	0,8	1,5
Utenriks²							
Sjøfart	4,2		4,2				
Luftfart	5,9			5,9			
Sum utenriks	10,1		4,2	5,9			
Sum transport	77,9	48,2	15,3	10,7	1,4	0,8	1,5

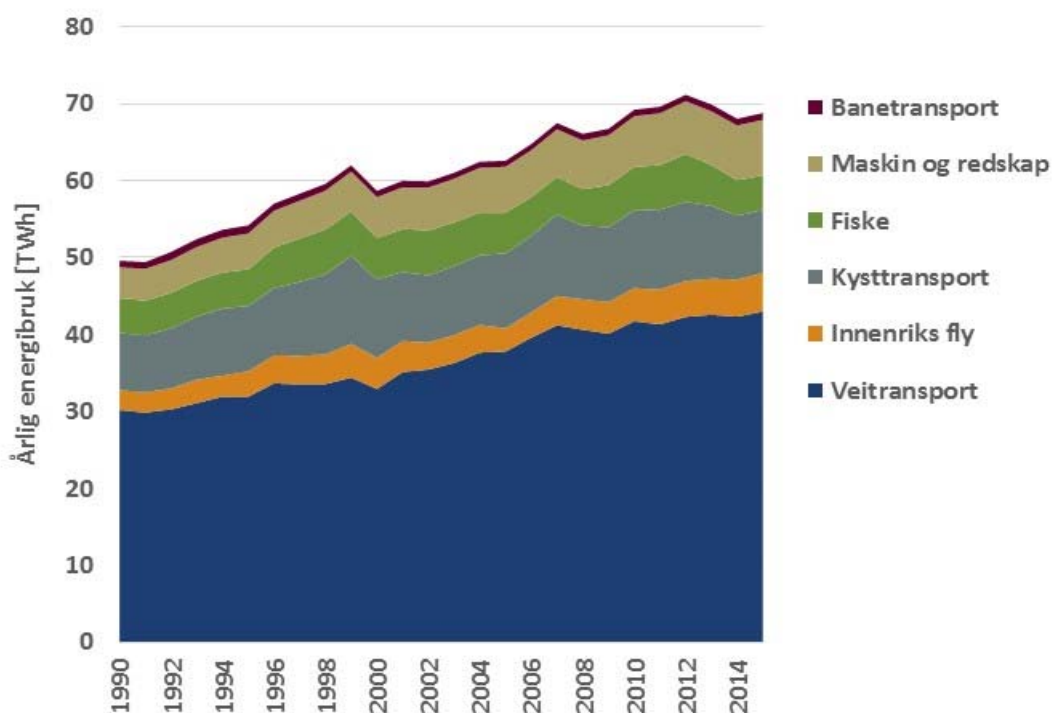
¹ Omfatter også tungolje.

² Utenriks transport omfatter energivarer tanket på norsk territorium.

Samlet innenlandsk energibruk til transport, maskiner og redskaper har steget med 39 prosent siden 1990. Veitrafikk har bidratt mest til oppgangen, med en økning i energibruk på over 12 TWh fra 1990 til 2014. I 1990 var det 1,6 millioner personbiler i Norge. I 2015 hadde dette vokst til over 2,6 millioner personbiler. Antall varebiler har doblet seg siden 1990. Den transportformen som har hatt størst vekst i energibruk siden 1990 er imidlertid fly. Flere fly og flere flyavganger har resultert i at energibruk til innenriks flytrafikk nesten har doblet seg siden 1990. Samlet energibruk til fly er likevel beskjeden sammenlignet med samlet energibruk til veittransport.

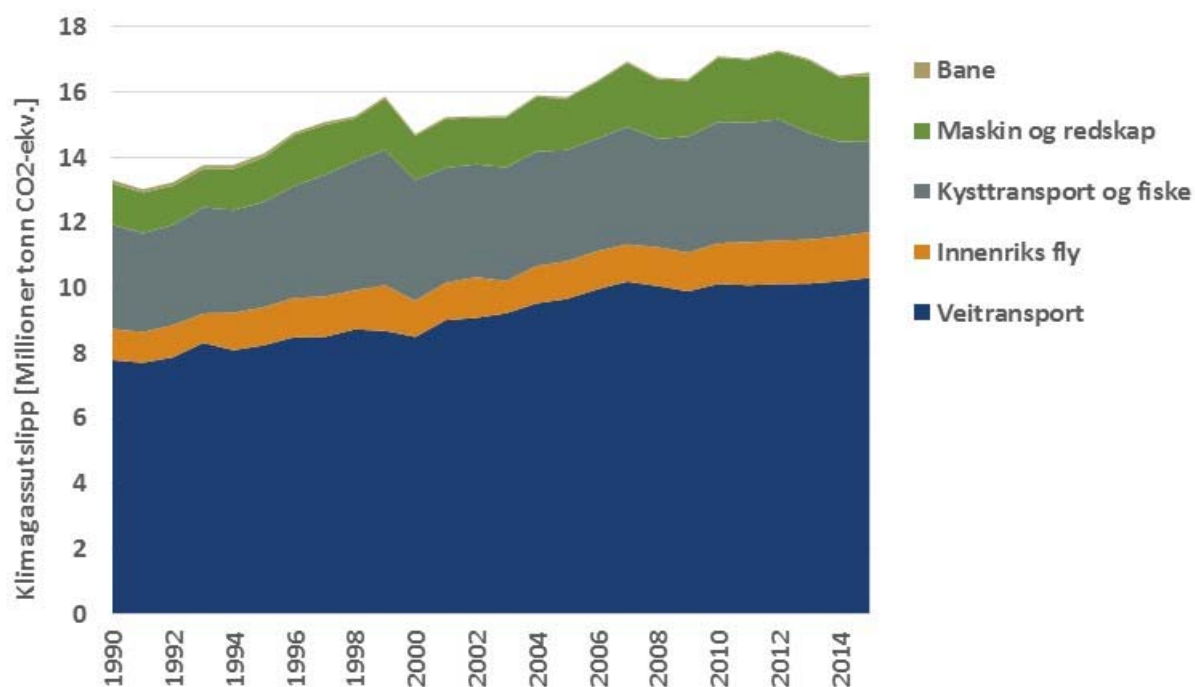
Utvikling i samlet energibruk til innenlands transport, maskiner og redskaper er vist i Figur 2-1. Figuren viser videre at det har vært en nedgang i energibruk til transport de siste årene. Dette skyldes først og fremst nedgang i energibruk til kysttransport og fiske. Mer effektive

motorer, overgang fra bensin til dieslbiler og flere elbiler har i tillegg bidratt til å dempe veksten i energibruk til veitransport.



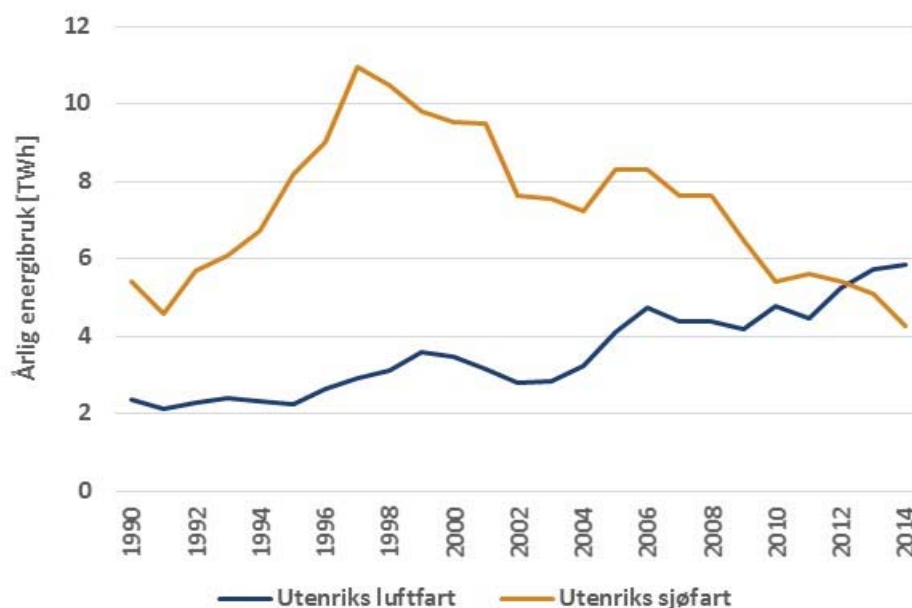
Figur 2-1 Samlet innenlands energibruk til transport, fiske, maskiner og redskaper. Kilde SSB. Bearbeidet av NVE.

Klimagassutslippene fra innenlands transport, maskiner og redskaper viser samme utvikling som samlet energibruk, med en vekst på 26 prosent fra 1990 til 2015. Se Figur 2-2. Grunnen til noe lavere vekst i klimagassutslipp enn energibruk er blant annet overgang fra utslippsintensive energivarer som tungolje og marine gassoljer til LNG innen skip og overgang fra bensin til dieslbiler. Den nevnte nedgangen innen kysttransport og fiske og generelt bedre motorer i alle typer transportmidler har også bidratt til å dempe veksten i klimagassutslipp fra innenlands transport. Samlede klimagassutslipp fra innenlands transport, maskiner og redskaper var på 16,6 millioner tonn i 2015, noe som er på nivå med utslippene i 2006. Transportsektoren står likevel for 30 prosent av de samlede klimagassutslippene i Norge.



Figur 2-2 Klimagassutslipp fra innenlands transport, maskin og redskap. Kilde SSB.

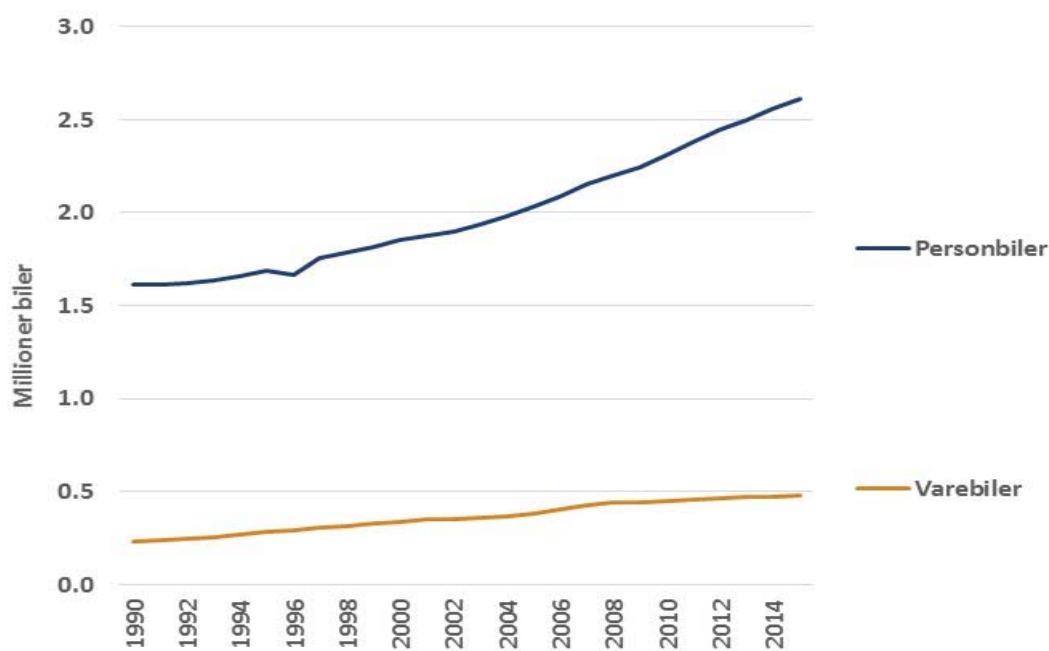
Energibruk til utenriks sjøfart og luftfart har hatt motsatt utvikling. Mens det har vært en kraftig nedgang i energi til utenriks sjøfart siden slutten av 1990-tallet, har det vært en stor oppgang i energibruk innen internasjonal luftfart. Figur 2-3 viser denne utviklingen. Nedgangen innen internasjonal sjøfart kan skyldes lavere aktivitet, bedre skip og at skipene fyller drivstoff i andre land, eller utenfor norsk farvann. Oppgang i energibruk til internasjonal luftfart skyldes sterk trafikkvekst og mange flere flyvninger. Flytrafikk fikk en nedgang etter terroraksjonen i USA i 2001, men har tatt seg opp igjen de senere år.



Figur 2-3 Energibruk til utenriks sjøfart og luftfart. Kilde SSB.

2.1 Veitransport

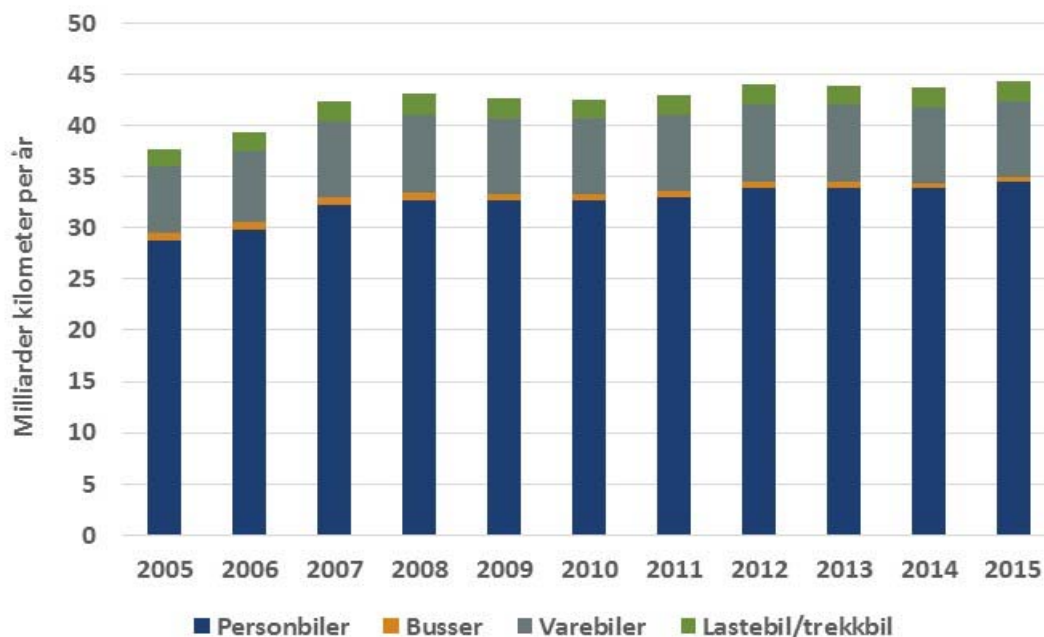
Personbiler er det dominerende kjøretøyet innen veitransport. Siden 1990 har antall personbiler i Norge steget fra 1,6 millioner til over 2,6 millioner 2015, tilsvarende en årlig vekst på to prosent. Tall for nyregistrerte biler i 2016, tyder på fortsatt sterk vekst i nybilsalget. Figur 2-4 viser utvikling antall personbiler i Norge siden 1990.



Figur 2-4 Registrerte personbiler i Norge. 1990 – 2015. Kilde SSB.

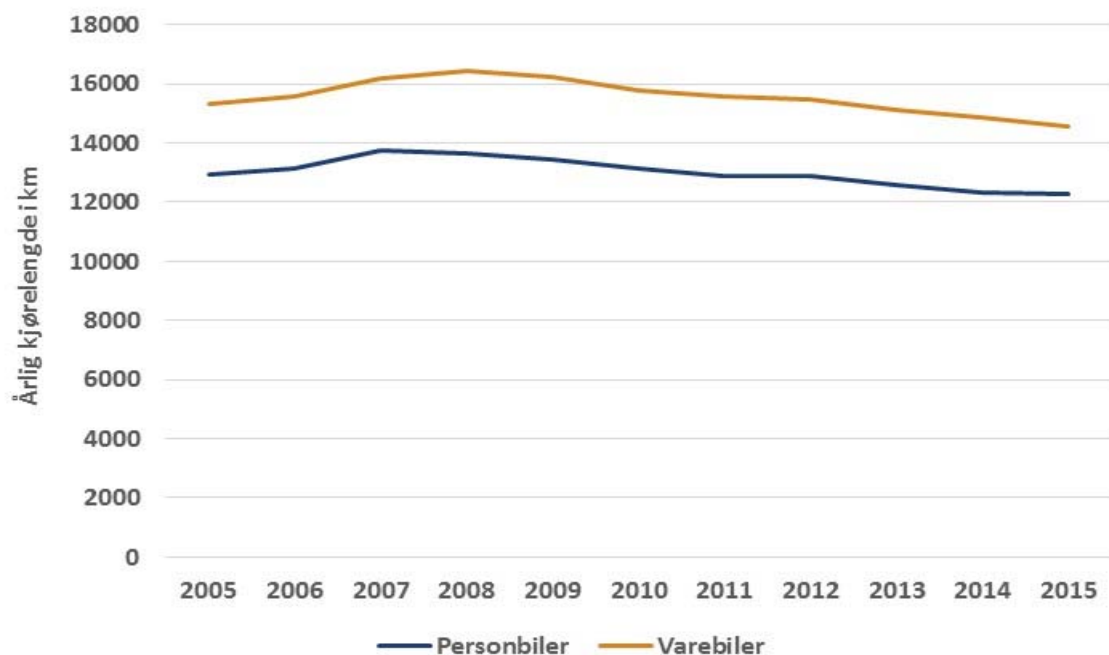
Etter personbiler, er det varebiler det finnes mest av i Norge. Denne kjøretøygruppen omfatter alt fra små varebiler, kombinerte biler og store varebiler med vekt opp til 7,5 tonn. Antall varebiler har doblet seg fra 240 000 til 480 000 fra 1990 til 2015. Dette tilsvarer en årlig vekst på fire prosent. Varebiler er med det den kjøretøygruppen innen veitransport som har vokst mest de siste 25 årene. Sterk økonomisk utvikling i Norge har gitt stort behov for transport av varer. Antall lastebiler er på samme nivå i 2015 som i 1990, men mengden gods fraktet med lastebil har likevel økt da det er blitt flere og større store lastebiler og trekkvogner. Buss er det eneste transportmidlet innen veitransport som det er færre av i 2015 enn i 1990.

Flere kjøretøy leder til lengre samlet kjørelengde for alle transportmidler til veitransport. Siden 2005 har samlet kjørelengde for alle norske personbiler steget med 20 prosent, mens samlet kjørelengde for alle varebiler og lastebiler/trekkbiler har steget med 12 prosent i samme periode. Mesteparten av denne veksten kom imidlertid i de to første årene i perioden. Siden 2007 har samlet kjørelengde for personbiler økt 7 prosent, tilsvarende en årlig vekst på 0,8 prosent, mens det har vært tilnærmet nullvekst i samlet kjørelengde for varebiler, lastebiler og busser. Dette har sammenheng med at årlig kjørelengde per kjøretøy har gått ned for de fleste kjøretøy. I tillegg har det vært stor nedgang i antall små lastebiler og såkalte kombinerte biler. Denne utviklingen vises i Figur 2-5 og Figur 2-6.



Figur 2-5 Samlet kjørelengde for alle kjøretøy. 2005 – 2015. Kilde SSB.

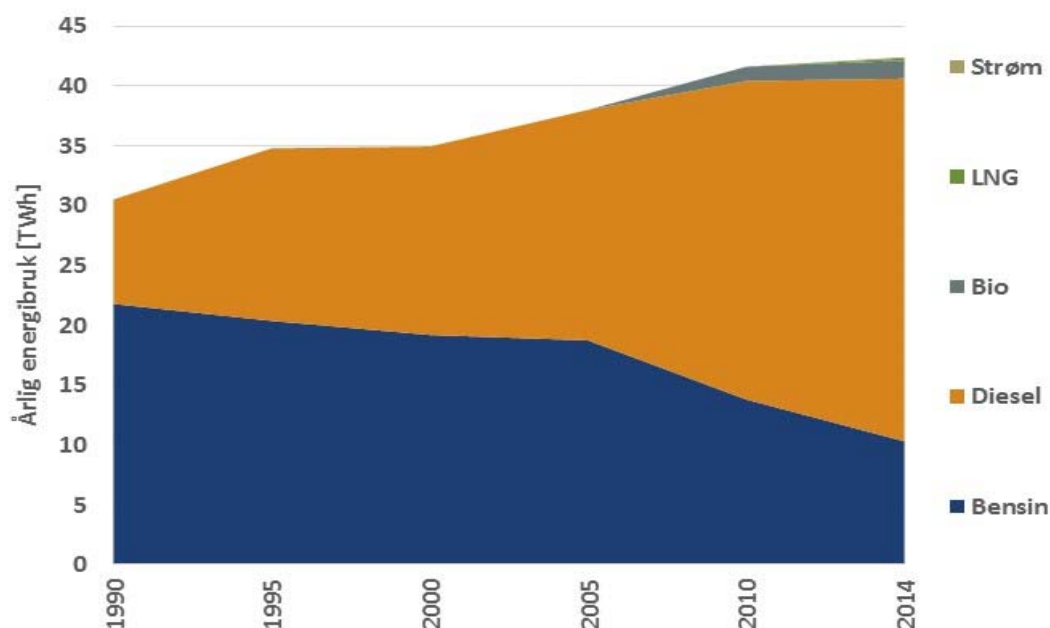
Trenden de siste årene ser dermed ut til å være flere kjøretøy, men at hvert kjøretøy i snitt kjører færre kilometer per år. Dette har bidratt til at energibruk og klimagassutslipp fra veitransport har økt mindre enn antall kjøretøy.



Figur 2-6 Årlig kjørelengde per bil. 2005 – 2015. Kilde SSB.

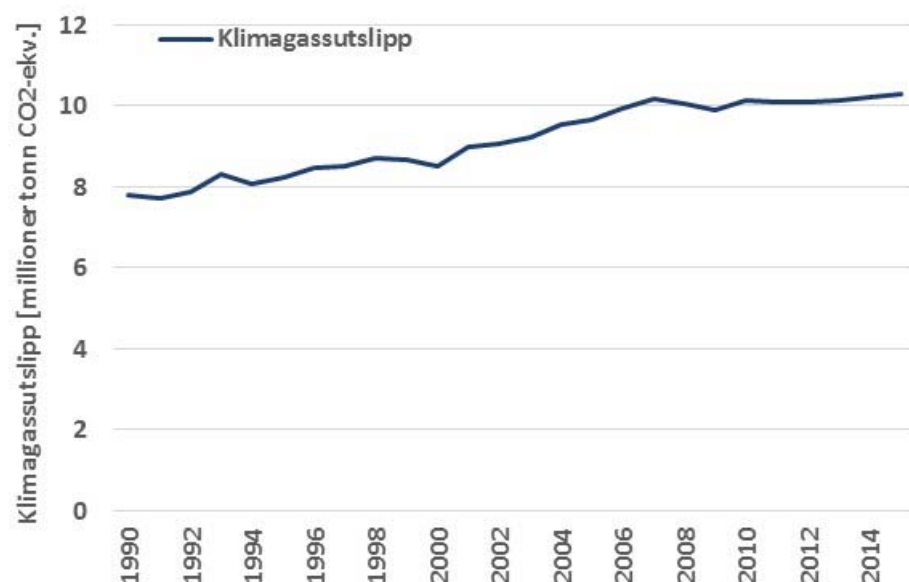
Figur 2-7 viser utvikling i energibruk til veitransport siden 1990. Det mest tydelige utviklingstrekket er skiftet fra bensin til diesel. Denne trenden akselererte fra rundt år 2005. Det har også vært en økning i bruken av biodrivstoff de siste årene på grunn av innblandingspåbud. I tillegg er det kommet inn litt LNG og elektriske kjøretøy de siste årene. Men dette forbruket utgjør fortsatt under 1 prosent av den samlede energibruken innen veitransport.

Mer effektive motorer, overgang fra bensin til dieslbiler og flere elbiler har bidratt til å dempe veksten i energibruk til veitransport de siste årene. Dette vises i Figur 2-7.



Figur 2-7 Energibruk til veitransport. Kilde Eurostat og SSB

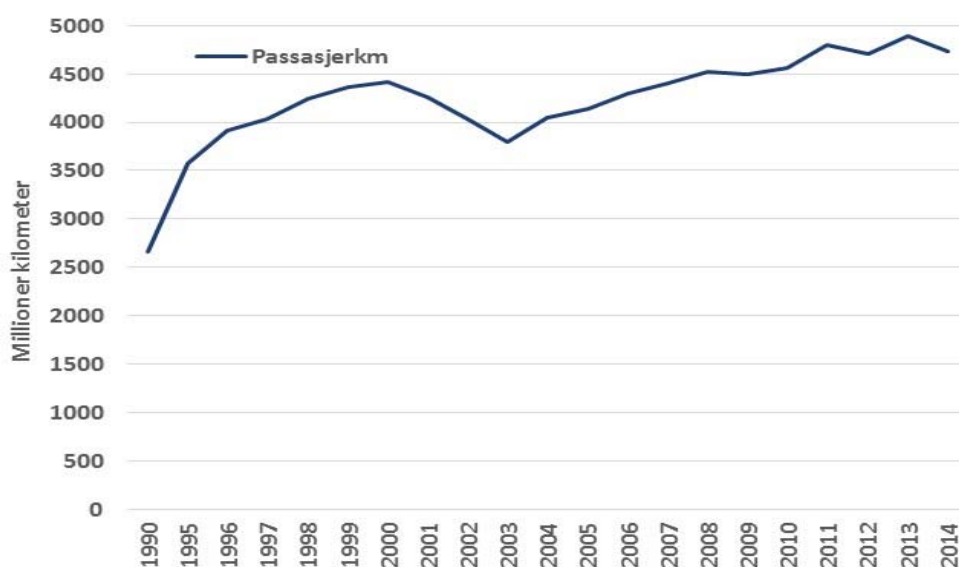
Figur 2-8 viser et det også har vært en utflating i klimagassutslipp fra veitransport. Klimagassutslipp fra veitransport var på 10,3 millioner tonn CO₂ i 2014, det samme som i 2007. Dette utgjøre 19 prosent av de samlede klimagassutslippene i Norge. Krav fra EU om grenser for CO₂-utslipp fra nye biler (nå maks 95 gram CO₂ per km i nye biler innen 2020), overgang fra bensinbiler til dieslbiler, innblanding av biodrivstoff og økt andel elbiler, er alle faktorer som forklarer utflating klimagassutslipp fra veitransport.



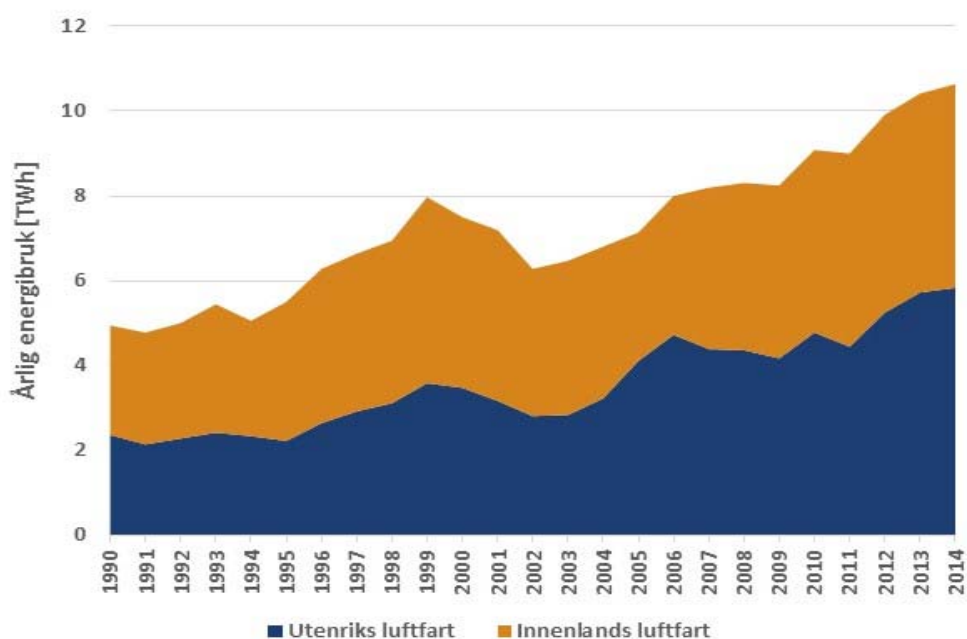
Figur 2-8 Klimagassutslipp fra veitransport. Kilde SSB.

2.2 Fly

Det meste av luftfarten i Norge er frakt av passasjerer. Figur 2-9 viser at frakt av passasjerer med fly nesten har doblet seg siden 1990. Folk reiser mer på ferie og det er mange som bruker fly i forbindelse med jobb. Dette forklarer oppgangen i energibruk til fly, vist i Figur 2-10. Det var en nedgang i flytrafikken etter terroraksjonen i USA i 2001. Siden 2004 har oppgangen fortsatt, men med lavere veksttakt.



Figur 2-9 Passasjerkilometer norsk luftfart, 1990 - 2014. Kilde SSB.



Figur 2-10 Energibruk i luftfart. Innenriks og utenriks, 1990 - 2014. Kilde SSB.

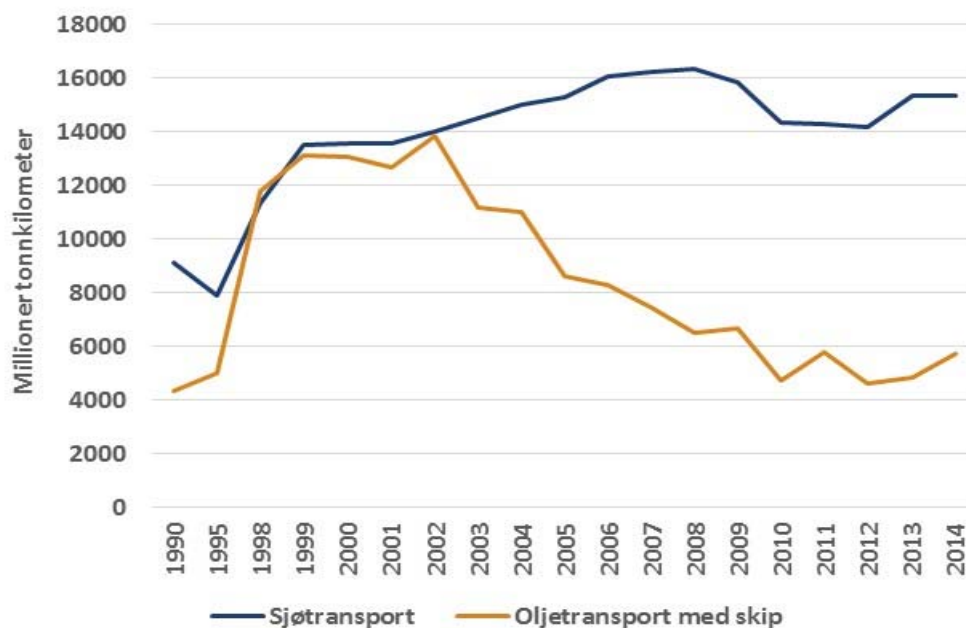
Den sterke veksten i trafikk og energibruk innen luftfart, har også medført at fly er det transportmidlet med sterkest vekst i klimagassutslipp siden 1990. Se Figur 2-11. Men utslippene i flytransport utgjorde til sammenligning bare 14 prosent av utslippene fra veitrafikk i 2014.



Figur 2-11 Klimagassutslipp fra innenlands luftfart. Kilde: SSB.

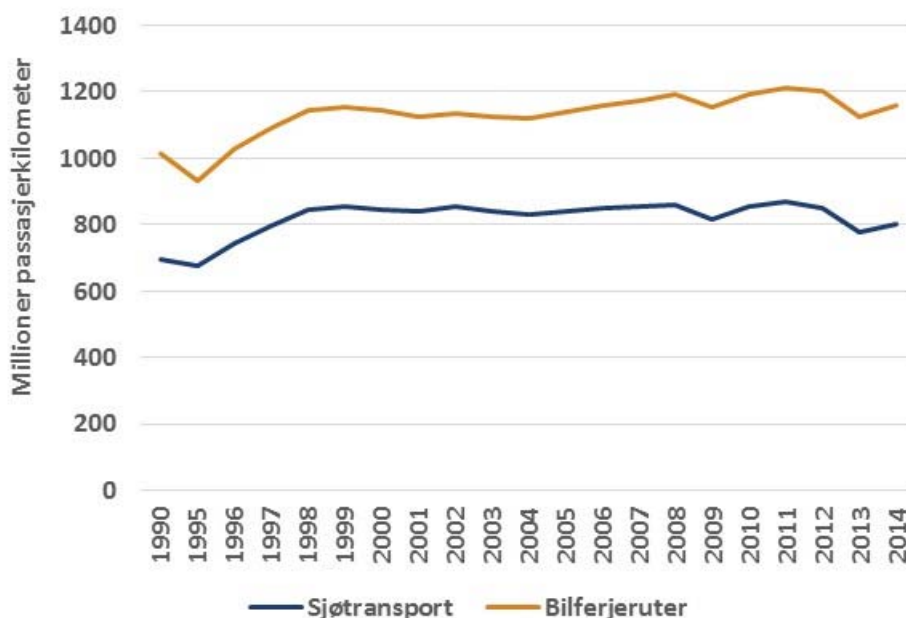
2.3 Sjøtransport og fiske

Etter mange år med oppgang i sjøtransport og fiske, har det snudd de siste årene. På sjøen er godstransport dominerende og toppen i godstransport ble nådd i 2008 med 16 333 millioner tonnkilometer. Etter finanskrisen i 2009 sank volumet og var nede i 14 200 tonnkilometer i 2012 som det laveste. Det har vært en liten oppgang etter dette, men i 2014 er godstransport på sjø fortsatt 7 prosent lavere enn før finanskrisen. Denne utviklingen vises i Figur 2-12. Figuren viser også at oljetransport med skip har gått kraftig ned siden 2002. Dette kan forklare hvorfor energibruk til utenriks sjøfart har sunket så mye de siste årene. Norsk oljeproduksjon nådde en topp i 2004 og har siden sunket. Gass blir i stor grad transportert gjennom gassrør.



Figur 2-12 Godstransport på sjø. 1990 - 2014. Kilde SSB.

Det har også vært en liten nedgang i passasjertransport med skip de siste årene. Nedgangen har vært på rundt 10 prosent siden toppen i 2011. Passasjertransport med ferger viser imidlertid fortsatt oppgang, men volumet er lite sammenlignet med annen transport på sjøen. Se Figur 2-13.



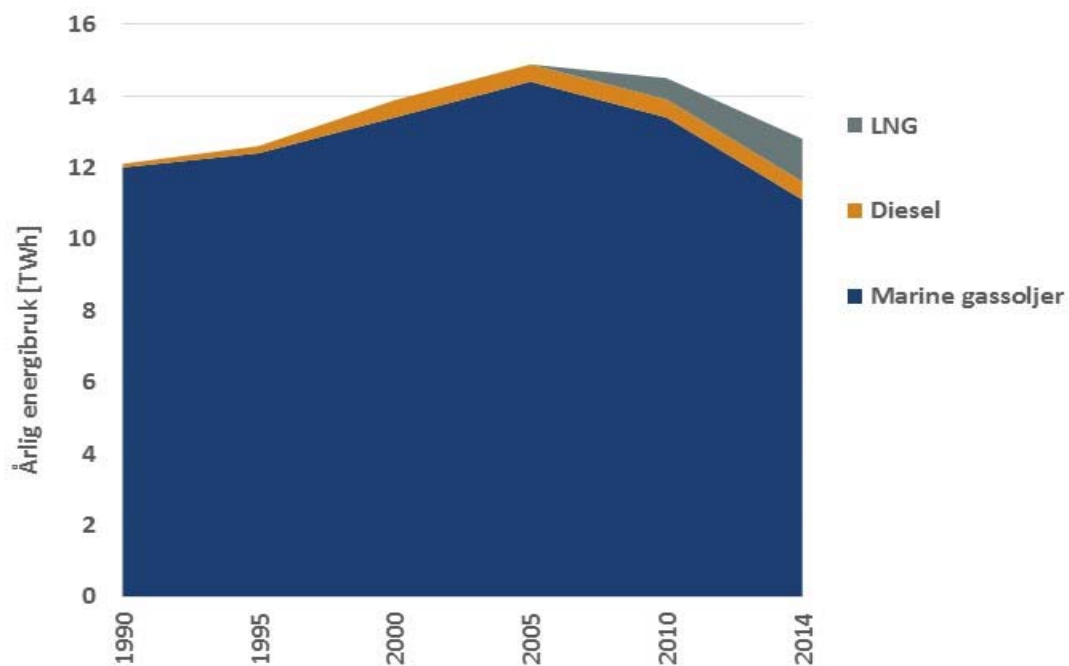
Figur 2-13 Persontransport på sjø. 1990 - 2014. Kilde SSB.

Innen fiske og fangst har det vært en nedgang i produksjon på 13 prosent siden toppåret 2010. Denne utviklingen vises i Figur 2-14. Før dette var det imidlertid mange år med oppgang i fiskerieringen.

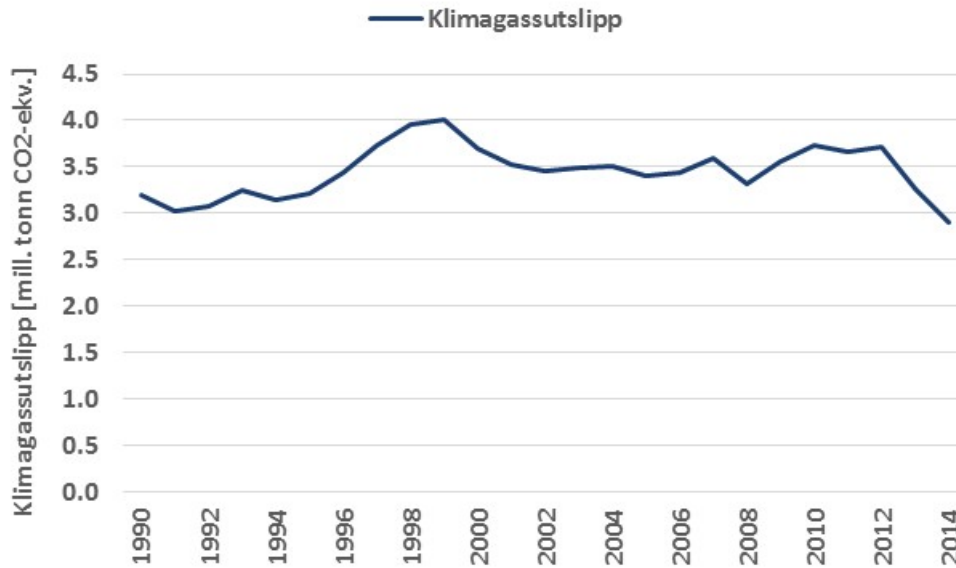


Figur 2-14 Fiske og fangst. Produksjon i faste 2005-priser. 1990 - 2014. Kilde SSB.

Nedgang i aktiviteten innen kysttransport og fiske er de viktigste forklaringsfaktorene på hvorfor energibruk og klimagassutslipp i disse næringene har gått ned de siste årene. I tillegg har det vært overgang fra forurensende energivarer som tungolje og marine gassoljer til mer miljøvennlige energivarer som LNG (flytende gass). Bedre skip og motorer har nok også bidratt til å forbedre energi- og utslippsintensiteten ved frakt på sjø. NOx-fondet har vært en viktig aktør for å få ned utslipp innen sjøfart. Figur 2-15 viser utvikling i energibruk innen innenriks sjøtransport og til fiskebåter siden 1990, mens Figur 2-16 viser tilsvarende utvikling innen klimagassutslipp.



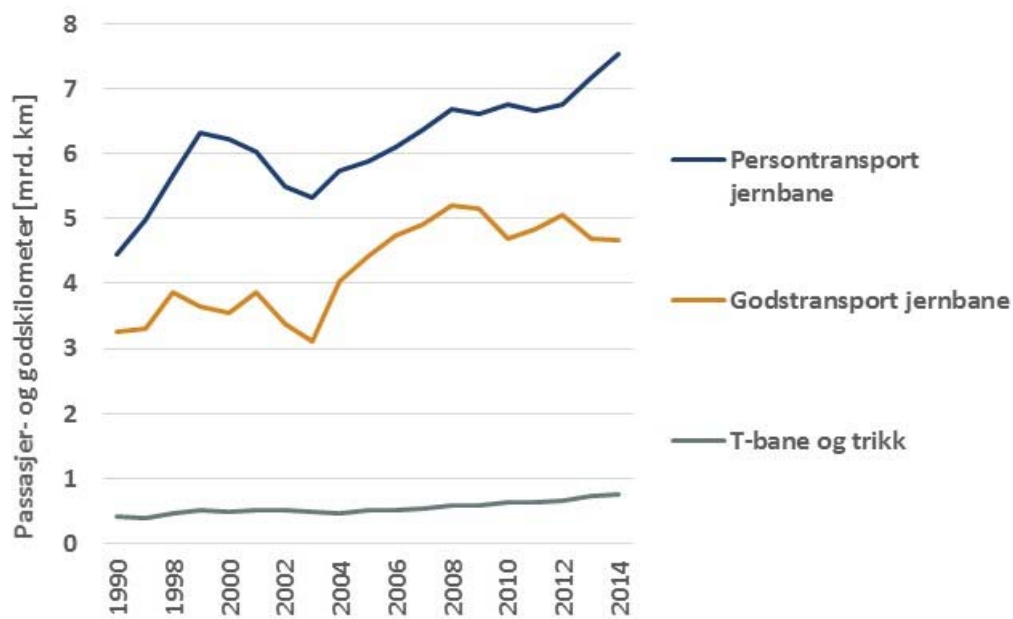
Figur 2-15 Energibruk innen innenriks sjøtransport og til fiskebåter. Kilde SSB og Eurostat.



Figur 2-16 Klimagassutslipp innen innenriks sjøtransport og til fiskebåter. Kilde SSB.

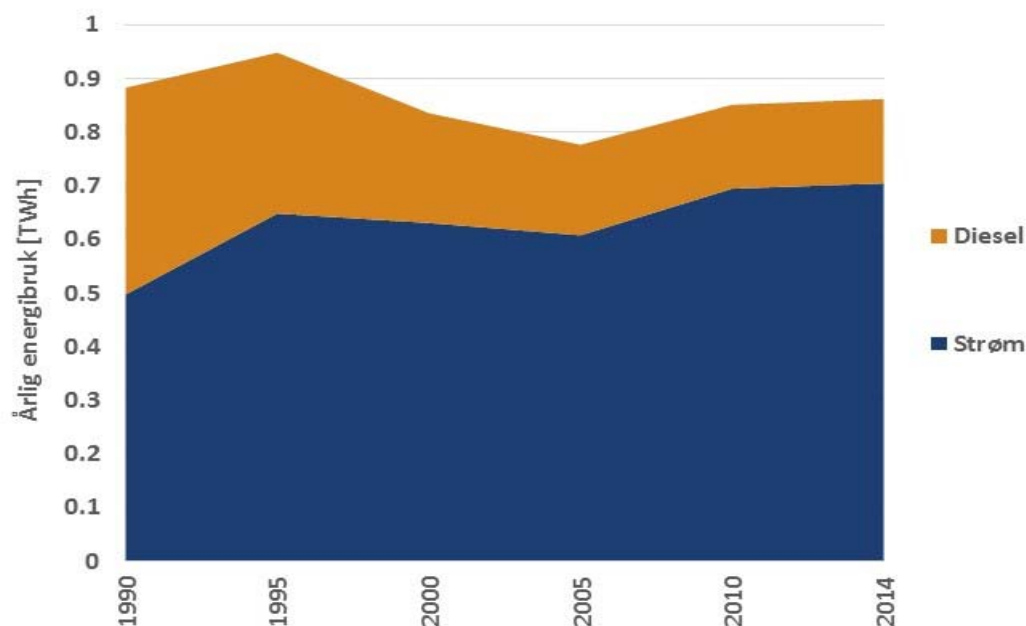
2.4 Banetransport

Passasjertransport med jernbane, T-bane og trikk har økt med over 70 prosent siden 1990. Etter noen år med nedgang på slutten av 1990-tallet og begynnelsen av 2000-tallet, har det vært en årlig vekst på fem prosent siden 2003. Banetransport er med dette den transportformen som har vokst raskest de siste 12 årene. Godstransport med tog har derimot hatt en tilbakegang siden 2009. Figur 2-17 viser den langsiktige utviklingen innen banetransport i Norge.



Figur 2-17 Passasjer- og godskilometer innen jernbane, T-bane og trikk. Kilde SSB.

Bruken av strøm til jernbane, T-bane og trikk har økt siden 1990, mens dieselbruken har gått ned. Dette kan ses fra Figur 2-18. Det er fortsatt noen jernbanestrekninger som går på diesel i Norge, men de fleste går på strøm. Sammen med mer energivennlig kjøring og energieffektivisering, har overgang fra diesel til strøm bidratt til at samlet energibruk i 2014 var på samme nivå som i 1990, til tross for sterk trafikkvekst. Siden strøm dekker hoveddelen av energibehovet innen bane er klimagassutslippene små.



Figur 2-18 Energibruk innen jernbane, T-bane og trikk. Kilde Eurostat og SSB.

2.5 Maskiner og redskaper

Maskiner og redskaper brukes i alle sektorer, men de største og mest energikrevende maskinene finnes innen jordbruk/skogbruk, i bygg og anlegg, i Forsvaret og på store industrianlegg. I tillegg finnes det et uttal mindre maskiner og verktøy innen tjenesteytende næringer og i husholdningene.

På grunn av det store antallet maskiner er det vanskelig å få god statistikk for energibruk til maskiner og verktøy, men ut fra energibalansen til SSB og statistikker fra de ulike sektorene, er det mulig å lage anslag. Tabell 2-2 viser energibruk til maskiner og redskaper innen de ulike sektorene. Totalt summerer energibruken seg opp til ca. 7 TWh.

Tabell 2-2 Energibruk i maskiner og redskaper i 2014. Kilde SSB og NVE.

Sektor	Energibruk	Type maskiner
Jordbruk	1,5 TWh	Traktorer, landbruksmaskiner
Bygg og anlegg	1,8 TWh	Anleggmaskiner,
Forsvaret	ca. 0,6 TWh	Kjøretøy, stridsvåpen, båter
Industri	ca. 1,5 TWh	Maskiner på industriområde, egen transp.
Tjenesteyting	0,8 TWh	Lagermaskiner, egen transport
Husholdning	0,8 TWh	Hagemaskiner etc.
Sum	ca. 7 TWh	

Statistikk fra SSB viser at klimagassutslipp fra maskiner og redskaper i Norge har steget med 56 prosent fra 1990 til 2014 og det er grunn til å anta at energibruken har steget tilsvarende. Totalt slapp maskiner og redskaper ut 2 millioner tonn CO₂ i 2014 og sto med det for nesten fire prosent av de samlede klimagassutslippene i Norge dette året.



Figur 2-19 Klimagassutslipp fra maskiner og redskaper. Kilde SSB.

3 Fremtidens transportbehov

Transportøkonomisk institutt forventer 40 prosent vekst i persontransport og over 50 prosent vekst i godstransport i Norge mot 2050. Dette er basert på en sterk befolkningsvekst og betydelig vekst i norsk økonomi. En slik utvikling vil også lede til flere kjøretøy og NVE har beregnet at antall personbiler i Norge kan øke fra 2,6 millioner biler i 2015 til over 3,8 millioner i 2050.

I februar 2016 la transportetatene Avinor, Jernbaneverket, Kystverket og Statens vegvesen fra et grunnlagsdokument for nasjonal transportplan for perioden 2018 til 2029. Under arbeidet med denne rapporten lagde TØI (Transportøkonomisk institutt) grunnprognoser for utvikling i persontransport og godstransport mot 2050.

Transportetatene forventer fortsatt betydelig vekst innen både persontransport og godstransport fremover. Bakgrunnen for dette er befolkningsvekst og økonomisk vekst i Norge. Statistisk sentralbyrå anslår i sitt middelalternativ for befolkningsframskriving at folketallet i Norge skal vokse med 30 prosent fra 2015 til 2050. Denne befolkningsutviklingen er vist i Tabell 3-1. Tabellen viser at befolkningsveksten er sterkest i starten og så er antatt å avta i perioden frem 2050. I Perspektivmeldingen fra 2013 estimerer Finansdepartementet en fortsatt sterk vekst i økonomien i Fastlands-Norge. Nedgangen i petroleumssektoren de to siste årene, kan dempe veksten i økonomien noe, spesielt de nærmeste årene. Høyt salg av nye biler i Norge i 2015 og 2016, tyder imidlertid på at nedgangen i petroleumssektoren ikke har påvirket bilsalget.

Tabell 3-1 Folketall og befolkningsutvikling mot 2050 i Norge. MMMM. Kilde SSB.

Norge	2015	2030	2040	2050	Vekst 2015 - 2050
Folketall – antall personer	5,2 mill.	5,9 mill.	6,3 mill.	6,7 mill.	30 %
Årlig vekst	1 %	0,7 %	0,5 %		

Transportøkonomisk institutt forventer at antall personreiser i Norge vil øke i takt med befolkningsveksten, med en samlet vekst på ca. 30 prosent fra 2014 til 2050 (TØI rapport 1362/2014). De antar imidlertid at lange reiser vil øke mer enn korte reiser, slik at samlet kilometer personreiser vil øke med rundt 40 prosent fra 2014 til 2050. Det er antall kjørte kilometer som har betydning for energibruk til transport. Tabell 3-2 viser TØI sine anslag på utvikling i personreiser med ulike transportmidler mot 2050. På samme måte som i historisk utvikling forventer de størst vekst i persontransport innen bil, fly og bane. Veksten i persontransport med bil og fly forklares med økende befolkning og at flere vil bruke disse transportmidlene til lange reiser. Tog, T-bane og trikk har økt sin andel av samlet persontransport de siste årene og denne trenden er forventet å fortsette. Det er et ønske fra myndighetene at kollektivtrafikken skal ta en høy andel av trafikkveksten rundt byene i Norge.

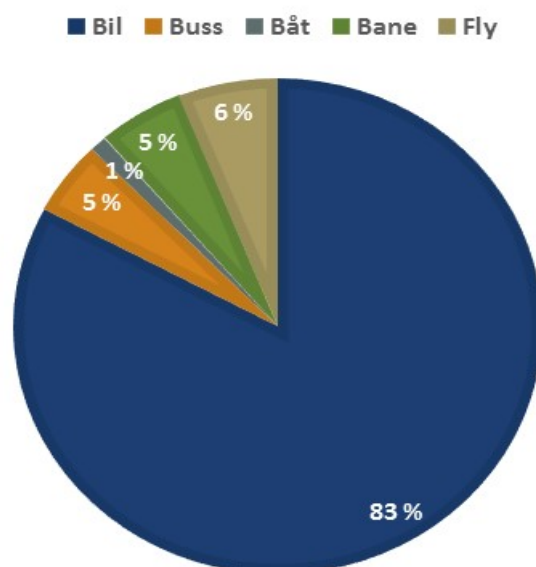
Tabell 3-2 viser også at veksten i persontrafikk med bil, fly og bane avtar utover i perioden frem mot 2050. Dette er konsistent med forventet avtagende befolkningsvekst mot 2050. Endringer i befolkningsveksten vil nok også endre vekstraten i persontransport og TØI understreker usikkerheten i vekstprognoser så lang frem i tid.

Tabell 3-2 Beregnet årlig vekst i persontransport. Personkilometer. Kilde TØI.

Periode	Bil	Buss	Båt	Tog	Trikk/bane	Fly
2014 - 18	2 %	0,1 %	-2,4 %	1,4 %	2,1 %	1,5 %
2018 - 22	1,5 %	0,4 %	-0,6 %	1,0 %	0,8 %	1,2 %
2022 - 28	1,3 %	0,7 %	0,3 %	1,0 %	0,6 %	1,1 %
2028 - 40	0,9 %	0,6 %	0,4 %	0,8 %	0,5 %	0,9 %
2040 - 50	0,6 %	0,4 %	0,3 %	0,7 %	0,2 %	0,7 %
Snitt 2014- 50	1.1 %	0,5 %	-0,1 %	0,9 %	0,6 %	1,0 %
Sum 2014- 50	47 %	18 %	-3 %	38 %	25 %	41 %

Figur 3-1 gir oversikt over fordeling av persontransport med ulike kjøretøy i 2014 og viser at privatbiler er det dominerende transportmiddelet for persontransport i Norge. Med TØI sine prognoser for vekst i ulike transportmidler fremover vil dette bildet holde seg. Det er derfor utvikling i samlet kilometer personreiser med bil som betyr mest for prognoser for energibruk til transport.

PASSASJERKILOMETER I NORGE 2014



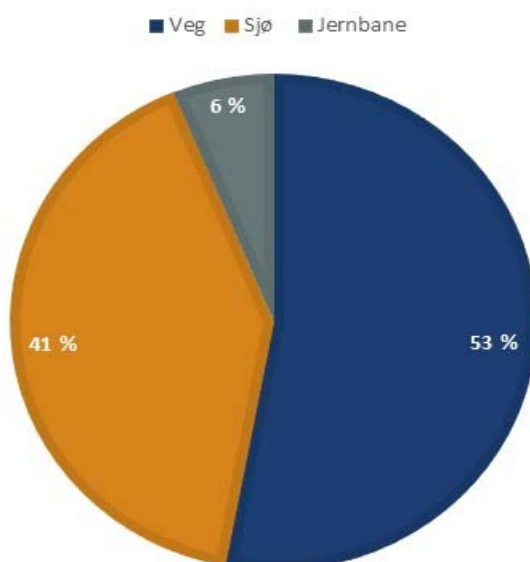
Figur 3-1 Persontransport i Norge i 2014. Kilde SSB. (Bane er tog, T-bane og trikk).

TØI forventer enda sterkere vekst i godstransport enn i persontransport. Transport på vei er den dominerende transportformen for gods i Norge og TØI forventer fortsatt sterk vekst i vegtransport mot 2050. Det transporteres også mye gods på båt og til tross for nedgangen i sjøtransport de siste årene, forventes det vekst i denne transportformen fremover. Jernbane er imidlertid den transportformen der det forventes sterkest vekst i godstransport fremover. I dag fraktes bare åtte prosent av norske varer med jernbane. Forventet vekst i transport på sjø og jernbane henger blant annet sammen med myndighetenes ønske om å flytte mer godstransport fra veg til sjø og jernbane. Figur 3-2 viser sammensetning av innenriks godstransport i 2014, mens Tabell 3-3 viser TØI sine prognose for fremtidig utvikling. Samlet tonnkilometer gods for alle transportformer er forventet å øke med over 50 prosent fra 2014 til 2050.

Tabell 3-3 Beregnet årlig vekst i innenriks godstransport. Tonnkilometer. Kilde TØI.

Periode	Veg	Sjø	Jernbane
2014 - 22	1,4 %	0,7 %	1,9 %
2022 – 28	1,7 %	1,2 %	2,0 %
2028 – 40	1,5 %	1,1 %	1,6 %
2040 - 50	1,5 %	1,0 %	1,6 %
Snitt 2014- 50	1,6 %	1,1 %	1,8 %
Sum 2014 - 50	61 %	43 %	72 %

TONNKILOMETER I NORGE 2014



Figur 3-2 Godstransport i Norge i 2014. Kilde SSB.

Basert på prognosene til TØI og de siste års utvikling i registrerte kjøretøy er det mulig å gjøre anslag på antall personbiler og varebiler fremover. Antall personbiler har hatt en årlig vekst på over 2 prosent i mange år og det er ingen tegn til at veksten avtar på kort sikt. Dersom utvikling i antall personbiler følger beregnet befolkningsvekst, er det likevel grunn til å anta at veksten i antall biler vil avta mot 2030 og videre mot 2050. På bakgrunn av dette har NVE estimert at antall personbiler i Norge vil vokse fra 2,6 millioner i 2015 til rundt 3,3 millioner biler i 2030 og rundt 3,8 millioner i 2050. Dette vises i Tabell 3-4.

Tabell 3-4 Beregnet utvikling i antall kjøretøy i norsk veitrafikk. Kilde NVE. (2015-tall fra SSB).

	2015	2020	2030	2040	2050
	1 000 enh.	1 000 enh.	1 000 enh.	1 000 enh.	1 000 enh.
Personbiler	2 610	ca. 2 800	ca. 3 300	ca. 3 600	ca. 3 800
Varebiler	480	ca. 500	ca. 600	ca. 700	ca. 800
Lastebiler	77	ca. 79	ca. 88	ca. 95	ca. 100
Busser	16,7	ca.17	ca. 18	ca. 18,5	ca. 19

Varebiler er tilsvarende antatt å vokse fra i underkant av en halv million biler i 2050 til rundt 600 000 i 2030 og nærmere 800 000 biler i 2050. Se Tabell 3-4. Antall varebiler vil med dette vokse noe raskere enn antall personbiler og dette er i tråd med TØI sine prognoser, som viser sterkere vekst for godstransport enn persontransport.

Innen tungtransport har utviklingen de siste årene vært at det blir transportert stadig mer gods med store lastebiler og trekkbiler/vogntog, mens antall mindre lastebiler har minnet. Dersom godstransport på ved skal øke slik TØI anslår, må nok både antall lastebiler og mengde gods per kjøretøy øke. Dette trekker mot en fortsatt økning i store lastebiler og trekkvogner som frakter mer gods per kjøretøy. NVE har derfor anslått en vekst i antall lastebiler fremover som er vist i Tabell 3-4.

Antall busser i Norge og samlet kjørelengde har gått nedover de siste ti årene. Det er likevel et ønske fra myndighetene at flere skal bruke kollektivtransport fremover. Transportøkonomisk institutt har beregnet en vekst i personkilometer for buss på 18 prosent fra 2014 til 2050. På bakgrunn av dette har NVE beregnet at også antall busser vil øke noe fremover. Se Tabell 3-4.

Det er viktig å presisere at NVEs beregning av utvikling i antall kjøretøy i norsk veitrafikk har betydelig grad av usikkerhet og må betraktes som et bilde av forventet utvikling og ikke en offisiell framskriving av antall kjøretøy i Norge. For å kunne anslå utvikling i energibruk til transport i Norge er det likevel nødvendig å ha en formening om hvordan transportbehovet og transportparken vil utvikle seg. I den sammenheng er både TØIs anslag på vekst i personkilometer og godskilometer og NVEs anslag på vekst i antall kjøretøy nyttige tall. I grunnlagsdokumentet for nasjonal transportplan 2018 – 2029 og i Miljødirektoratets rapport om klimatiltak fra 2014, er en stadig høyere andel av nye

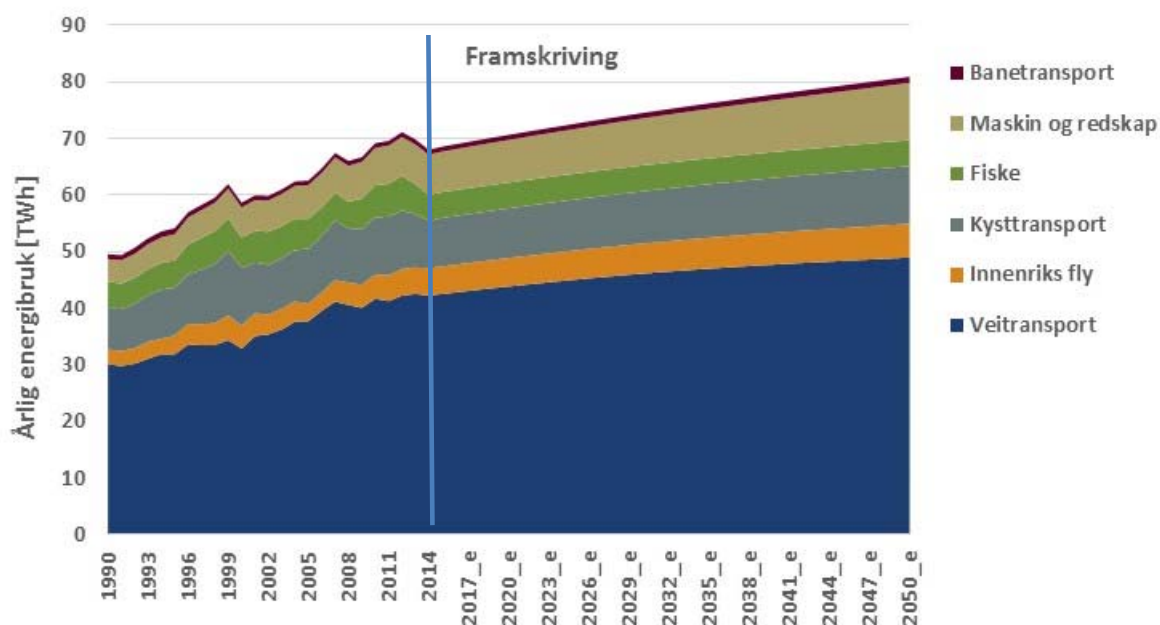
nullutslipps- og lavutslippskjøretøy ansett som nødvendig for å redusere klimagassutslippene fra transport. For å beregne effekter av virkemiddel for å stimulere en slik utvikling, er det nødvendig å ha kjennskap til årlig nybilsalg og vekst i bilparken.

For fly, båt og bane kjenner ikke NVE til salgsutvikling av nye transportmidler og bruker derfor SSBs statistikk for historisk utvikling i transportarbeid og TØIs prognoser for fremtidig transportarbeid som utgangspunkt for å beregne energibruk fremover.

4 Energibruk til transport fremover

Transportetatene i Norge foreslår å gjøre transportsektoren tilnærmet utslippsfri, eller klimanøytral i 2050. Dette betyr at alle kjøretøy må ha batterielektrisk drift, hydrogenelektrisk drift, eller bruke biodrivstoff i fremtiden. Batterielektrisk motor er den mest energieffektive teknologien og NVE antar derfor at det vil bli brukt i transportmidler der dette er praktisk mulig.

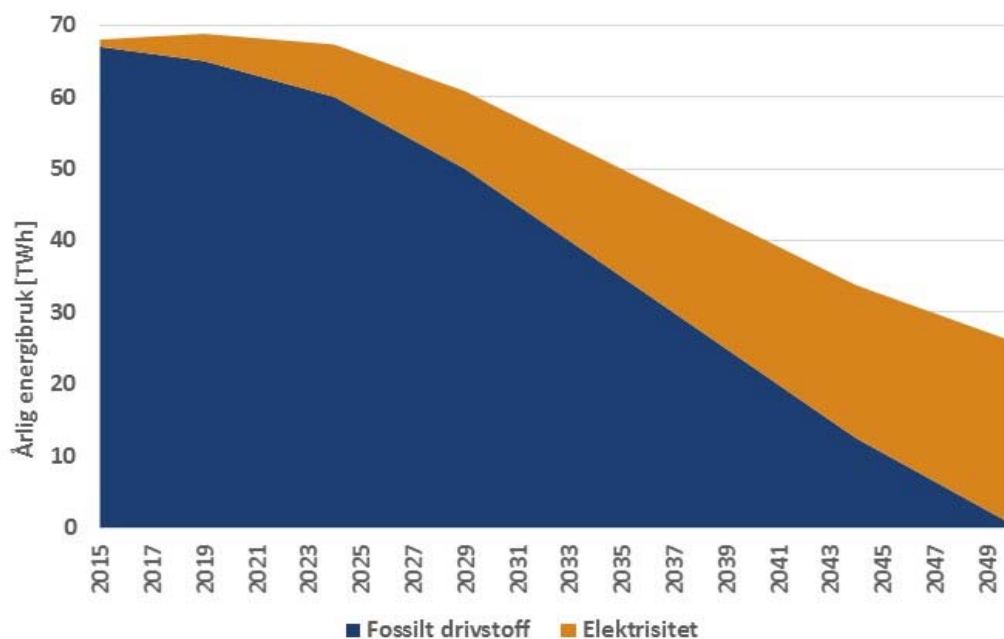
Økt transportarbeid og flere kjøretøy fremover vil lede til høyere energibruk. Mer energieffektive motorer og overgang til mer energieffektive teknologier vil imidlertid bremse veksten i energibruk til transport. Det er grunn til å anta at utviklingen med stadig mer effektive motorer vil fortsette. Det betyr at energibruk til transport mot 2050 vil vokse mindre enn de 40 prosents økning i personkilometer og 50 prosents vekst i godskilometer som TØI har beregnet. Gitt en årlig energiforbedring i motorer på 0,5 prosent framover kan veksten i energibruk bremses til et sted mellom 20 til 25 prosent fra 2015 til 2050, selv med fortsatt bruk av forbrenningsmotorer. Det betyr at samlet energibruk til transport, fiske, maskiner og redskaper vil øke fra 68 TWh i 2014 til over 80 TWh i 2050 ved fortsatt bruk av dagens fossile energivarer. Dette er vist i Figur 4-1. Større forbedringer i energieffektivitet i forbrenningsmotorer kan gi lavere vekst i samlet energibruk fremover.



Figur 4-1 Historisk utvikling i energibruk til innenlands transport og beregnet utvikling mot 2050 ved fortsatt fossil energibruk (e står for estimert). Kilde NVE.

Dersom transportsektoren skal bli utslippsfri/klimanøytral må alle transportmidler ha batterielektrisk/hydrogenelektrisk drift, eller bruke biodrivstoff. Ut fra dagens teknologi kan de fleste personbiler og varebiler bruke batterielektrisk motor. De samme gjelder de fleste busser. Lastebiler som ikke er for tunge og ikke skal gå for langt kan også bruke batterielektrisk motor. Ferger, passasjerskip og mange typer maskiner og redskaper kan også bruke batterielektrisk motor. Rekkevidde er problem for enkelte kjøretøy i dag, men ny og bedre teknologi vil redusere dette problemet. Tog, T-bane og trikk vil fortsatt ha elektrisk drift i fremtiden.

Batterielektriske motorer er over tre ganger så effektive som dagens forbrenningsmotorer. Det betyr at en fullstendig overgang fra fossilt til batterielektrisk vil redusere den samlede innenlandske energibruken til transport, fiske, maskiner og redskaper i 2050 fra over 80 TWh til et sted mellom 20 til 30 TWh. Dette er illustrert i Figur 4-2.



Figur 4-2 Illustrasjon av energibruk til innenlands transport i 2050 ved full elektrifisering av transportsektoren. Kilde NVE.

Det er noen transportmidler som i dag kan ha utfordringer med å bruke batterielektriske motorer. Det er spesielt kjøretøy som er veldig tunge og skal gå langt som kan ha problemer med å bruke batterielektrisk motor. Dette gjelder alt fra tungtransport på vei som kjører over store avstander, til store skip og fly. For disse transportmidlene vil dagens batteriteknologi vanskeliggjøre en effektiv transport og det kan også være sikkerhetsmessige aspekter ved å bruke batterielektrisk motor i fly. For disse transportmidlene kan biodrivstoff og hydrogen være et godt alternativ til dagens fossile drivstoff.

I Tabell 4-1 har NVE lagd en oversikt over hvilke transportmidler som kan bruke batterielektrisk drift og hvilke transportmidler som heller kan bruke andre

energivarer/teknologier som hydrogen og biodrivstoff. Beskrivelsen er basert på dagens kjente teknologi. Ny teknologi kan endre bildet.

Tabell 4-1 Oversikt over transportmidler som kan bruke elektrisk framdrift med dagens teknologi og transportmidler som heller kan bruke biodrivstoff eller hydrogen.

	Batterielektrisk/ elektrisk	Bioenergi/ Hydrogenelektrisk
Personbiler	Batterielektrisk	
Varebiler	Batterielektrisk	
Busser	Batterielektrisk	
Lastebiler	Batterielektrisk	
Langtransport/trekkvogner		Bio og/eller hydrogen
Tog, T-bane, trikk	Elektrisk	
Ferger, havner, passasjerskip	Batteriel./elektrisk	
Skip og fiskebåter		Bio og/eller hydrogen
Maskiner og redskap	Batterielektrisk	Bio
Innenlands luftfart		Bio

For noen transportmidler kan det bli en blanding av kjøretøy som bruker elektrisitet, hydrogen og/eller biodrivstoff. Markedsforhold, økonomiske og tekniske faktorer vil påvirke hvilken teknologi og energivare som blir brukt. Hydrogenelektriske motorer og motorer som går på biodrivstoff er ikke så energieffektive som batterielektriske motorer. Det betyr at det blir mindre nedgang i energibruk til transport ved overgang fra fossilt til hydrogenelektrisk fremdrift og overgang til biodrivstoff gir ingen nedgang i energibruk. Dette blir nærmere beskrevet i kapittel 5.

I grunnlagsdokumentet for nasjonal transportplan 2018 – 2029 foreslår transportetatene i Norge å halvere klimagassutslippene fra transportsektoren innen 2030 og gjøre den tilnærmet utslippsfri eller klimanøytral i 2050. For å klare dette foreslår de følgende tiltak:

- Nye ferjer og hurtigbåter skal bruke biodrivstoff, lav- eller nullutslippsteknologi
- Innen 2025 skal landstrøm være tilgjengelig i de største havnene
- Etter 2025 skal nye privatbiler, bybusser og lette varebiler være nullutslippskjøretøy
- Innen 2030 skal nye tyngre varebiler, 75 prosent av nye langdistansebusser og 50 prosent av nye lastebiler være nullutslippskjøretøy
- Innen 2030 skal 40 prosent av nærskipfart bruke biodrivstoff eller være nullutslippskjøretøy
- Innen 2030 skal minst 30 prosent av drivstoff til innenriks- og utenriks luftfart være biodrivstoff
- I 2050 skal transporten være tilnærmet utslippsfri/klimanøytral

I tillegg ønsker transportetatene nullvekst for personbiltrafikk i byområder, vekst i persontransport i byområdene skal tas med kollektivtrafikk, gående og syklende og overføre mer gods fra vei til sjø og bane.

Gitt en slik utvikling som transportetatene skisserer er det mulig å anslå hvor mange nullutslippsbiler, busser og lastebiler det vil være på norske veier fremover og hvor mye miljøvennlige energi som må til for å dekke energibehovet for en grønn transportsektor.

Miljøvennlig transport

- Nullutslippskjøretøy: batterielektrisk og hydrogenelektrisk
- Klimanøytralt: biodrivstoff
- Lavutslipp: ladbare hybrider

I følge Opplysningsrådet for veitrafikk ble det registrert 150 686 nye personbiler i Norge i 2015. 17 prosent, eller 25 788 biler, av nybilsalget var nullutslippsbiler. I tillegg ble det registrert 7 964 ladbare hybridbiler. Nybilsalget av personbiler har ligget mellom 140 000 til 150 000 i året de siste årene. Antall nye varebiler i 2015 var på 33 254. Av dette var 712 varebiler nullutslippsbiler. I tillegg ble det registrert 5 176 nye lastebiler og 970 nye busser i 2015. Dersom man antar at nybilsalget av personbiler, varebiler, lastebiler og busser vil holde seg rundt nivået fra 2015 fremover og andelen nullutslippsbiler gradvis blir høyere mot 2025, er det mulig å lage anslag på hvor mange nullutslippskjøretøy man har i 2030.

Tabell 4-2 viser NVEs anslag på antall personbiler og varebiler som er nullutslippskjøretøy i 2030, dersom en gradvis høyere andel av nye kjøretøy er nullutslippskjøretøy og alle nye kjøretøy er nullutslipp fra 2025. En slik utvikling kan bety at rundt 1,5 millioner personbiler og 300 000 varebiler er nullutslippsbiler i 2030. Dersom dette er elbiler vil det årlig kreve rundt 4 TWh strøm for å drive personbilene og rundt 1 TWh strøm for å drive varebilene i 2030. Dette scenarioet forutsetter en rask økning i salg av elbiler fremover. Andre utviklingsbaner enn det som er skissert her, vil selvsagt gi andre tall for antall elbiler fremover. Det er antatt at elbilene har en levetid på 15 år i snitt, slik at det vil være en viss avgang/vraking av gamle elbiler fra midten av 2020-tallet og fremover.

Tabell 4-2 Anslag på antall elbiler mot 2030 dersom alle nye personbiler og varebiler er elbiler fra 2025. Kilde NVE.

År	Andel nybilsalg	Bestand elbil personbiler	Bestand elbil varebiler
	%	antall	antall
2015	17 %	70 000	
2020	40 %	200 000	30 000
2025	100 %	700 000	150 000
2030	100 %	1 500 000	300 000

Det var i 2015 to elektriske busser som kjørte mellom Sandnes og Stavanger. Erfaringene fra disse bussene kan brukes ved innføring av busser i andre byområder. Utviklingen innen elektriske busser i Norge har kommet noe kortere enn for elbiler, så NVE antar at antallet elbusser vil vokse relativt sakte de første årene og skyte fart når teknologien fungerer tilfredsstillende. Dersom alle nye bybusser er nullutslippskjøretøy fra 2025 og et stadig økende antall langdistansebusser blir det samme, vil dette bety flere tusen elbusser i Norge i 2030. Den samme utviklingstrenden kan gjelde for lastebiler.

5 Hvor miljøvennlig er teknologiene?

Batterielektrisk motor er den mest energieffektive teknologien til transport i et systemperspektiv. Sammen med elektrisk tog, er batterielektriske kjøretøy de mest miljøvennlige transportmidlene. Dersom det antas at elektrisiteten som brukes i Norge har CO-utslipp lik gjennomsnittet i EU, er imidlertid dieselbusser like miljøvennlige som tog og elbil. Fornybarandelen i europeisk kraft øker og dette vil favorisere elektriske kjøretøy.

Dersom målet er å gjøre transportsektoren utslippsfri eller klimanøytral er det viktig å ha kunnskap om hvor miljøvennlig ulike typer teknologier og energivarer er. Når man skal sammenligne ulike teknologier bør man gjøre dette i et systemperspektiv, fra produksjon til sluttbruk. Det er likevel ikke mulig å fange opp og kvantifisere alle faktorene som ligger bak livssyklusen til de ulike teknologiene og energivarene, så dette kapitlet gir bare et bilde av de ulike transportteknologiene.

I Tabell 5-1 er det oversikt over systemvirkningsgrad for de vanligste transportteknologiene i Norge. Tabellen viser at det for alle teknologier er tap gjennom hele verdikjeden, men at det likevel er store forskjeller i samlet systemvirkningsgrad. Høyest systemvirkningsgrad har batterielektriske kjøretøy med strøm produsert fra vann og vind. For denne teknologien sitter man igjen med 73 prosent av den opprinnelige energien. Dersom elektrisiteten produseres fra fossile energivarer som kull og gass blir bildet annerledes, med mye lavere systemvirkningsgrad og store klimagassutslipp.

Hydrogenelektrisk framdrift er den nest mest effektive transportteknologien, men har likevel en systemvirkningsgrad som ligger langt under batterielektrisk. Grunnen til dette er at det tapes mye energi under produksjon, kjøling og komprimering av hydrogen.

I andre enden av skalaen er biodiesel fra flis, der rundt halvparten av energien i flisen blir borte i produksjonsprosessen. En bil drevet med biodiesel har omtrent samme virkningsgrad som en bil kjørt med fossil diesel, 26 prosent, men energiinnholdet per liter biodiesel er rundt 10 prosent lavere enn for fossilt diesel. Totalt ender man da opp med en systemvirkningsgrad på 12 prosent for biodiesel til transport. Ved sammenligning med fossilt diesel er det viktig å påpeke at det kreves store mengder energi til utvinning av råolje som er råvaren ved produksjon av fossilt diesel. Denne energien er ikke med i denne oversikten.

Alle teknologiene slipper også ut CO₂ ved produksjon av energivaren, bortsett fra produksjon av strøm fra vann og vind. Fossilt drivstoff og biodrivstoff slipper også ut CO₂ ved sluttbruk. Biodrivstoff fra trevirke regnes likevel som fornybart og klimanøytralt fordi det i løpet av 50 til 100 år vokser opp nye trær som binder opp karbonet som frigjøres ved forbrenning.

En energivare som ikke er vist i Tabell 5-1 er gass. Flytende gass, LNG, brukes i dag som drivstoff både i skip/båter og i veitransport. Flytende gass har lavere klimagassutslipp enn andre fossile energivarer som diesel, marine gassoljer og tungolje.

*Tabell 5-1 Systemvirkningsgrader for ulike energivarer/teknologier innen transport.
Kilde NVE, SSB, Miljødirektoratet.*

Virkningsgrad	Bensin	Diesel	Biodiesel fra flis	Strøm fra vann/vind¹	Strøm fra gass/kull	Hydrogen fra strøm²
	%	%	%	%	%	%
Primærenergi³	Råolje	Råolje	Skog	Vann/vind	Gass/kull	Vann/vind
Konver. tap produksjon	15 %	10 %	50 %	0 %	50 %	30 %
Tap kjøling og komprimering						20 %
Overføringstap				10 %	10 %	
Virkningsgrad sluttbruk	22 %	26 %	23 %	81 %	81 %	65 %
Teknologi sluttbruk	Forbrenn. motor	Forbrenn. motor	Forbrenn. motor	Batteri - elektrisk	Batteri - elektrisk	Hydrogen- elektrisk
System- virkningsgrad	19 %	23 %	12 %	73 %	36 %	36 %
Utslipp	CO ₂	CO ₂ og NO _x	CO ₂ og NO _x		CO ₂	
Fornybart	Nei	Nei	Ja	Ja	Nei	Ja

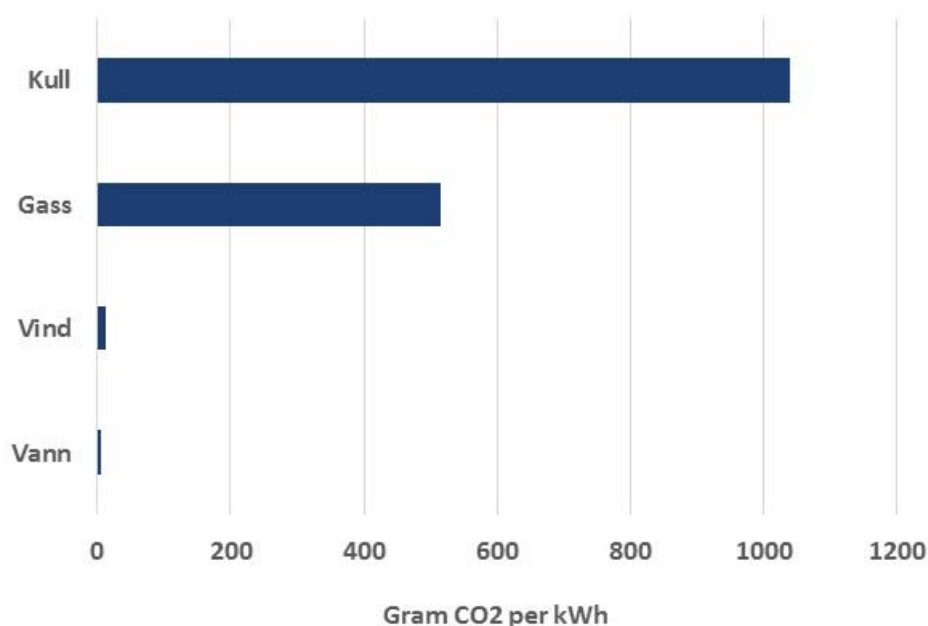
¹ vann og vind betraktes her som ubegrensede fornybare ressurser. I praksis er det et lite tap i transformatorer, generatorer og turbiner i kraftverk. Har likevel satt virkningsgrad til 100 % her.

² Kilde til disse dataene er Miljødirektoratet og Norsk hydrogenforum (hydrogen.no).

³ For flere energivarer, som olje, gass, kull og skog brukes det også energi ved utvinning/avvirkning av energivaren og ved transport frem til produksjonsanlegg. Dette tapet tas ikke med i denne oversikten, men bør tas hensyn til ved sammenligning av ulike teknologier/drivstoff til transport.

5.1 Hvor miljøvennlige er batterielektriske kjøretøy?

Tabell 5-1 viser at det er store forskjeller i systemvirkningsgrad og klimagassutslipp ved bruk av elektrisitet, avhengig av hvordan elektrisiteten blir produsert. Dette påvirker hvor miljøvennlig batterielektriske kjøretøy er. I Figur 5-1 er det oversikt over CO₂-utslipp fra de mest vanlige produksjonsteknologiene for elektrisitet. Figuren viser at kullkraft er den desidert mest forurensende måten å produsere elektrisitet på, fulgt av gasskraft. Vann- og vindkraft gir derimot minimale klimagassutslipp.

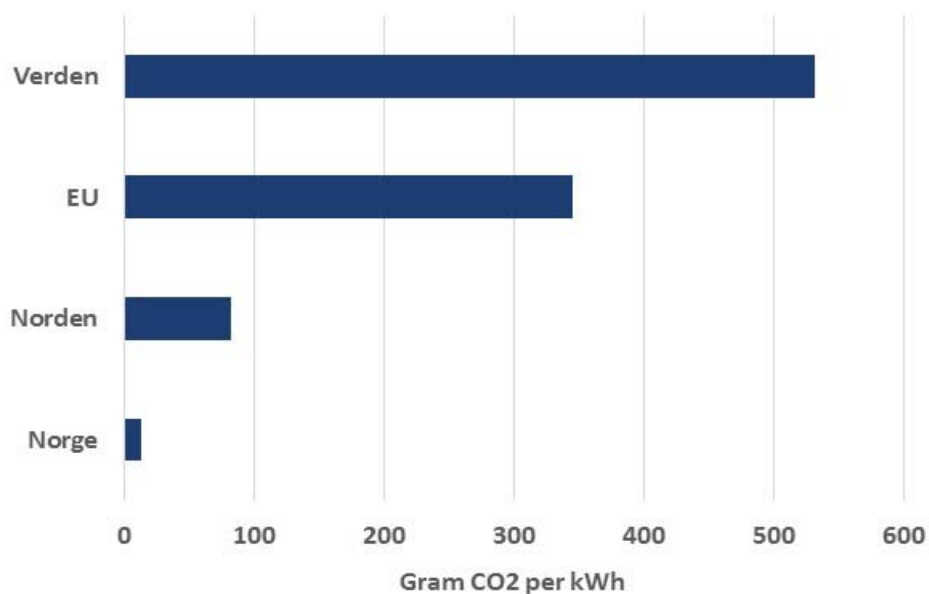


Figur 5-1 Gram CO₂ fra produksjon av elektrisitet fra utvalgte teknologier. Kilde IEA, Grexel, AIB

I Norge blir 98 prosent av kraften produsert fra vann og vind, noe som medfører svært lave klimagassutslipp fra norsk kraftproduksjon. IEA har beregnet at det i snitt slippes ut 14 gram CO₂ per kWh fra norsk kraftproduksjon. Utvider man området til Norden, øker gjennomsnittlig CO₂-utslipp til 83 gram CO₂ per kWh, fordi det produseres mer kraft fra fossile energikilder i våre naboland. For EU totalt har IEA beregnet gjennomsnittlig klimagassutslipp til 345 gram CO₂ per kWh. I Figur 5-2 er det oversikt over CO₂-utslipp fra kraftproduksjon i utvalgte områder.

Det norske kraftsystemet er tett knyttet til Sverige og Danmark gjennom flere kraftledninger og sjøkabler. Det er også en sjøkabel til Nederland og det er planlagt ny kabel til Tyskland og England. Denne sterke forbindelsen til det europeiske kraftsystemet gjør at det i mange sammenhenger blir sett på som mest riktig å bruke en nordisk eller

europaisk (EU) kraftmiks når man skal vurdere hvor miljøvennlig det er med batterielektriske kjøretøy i Norge.

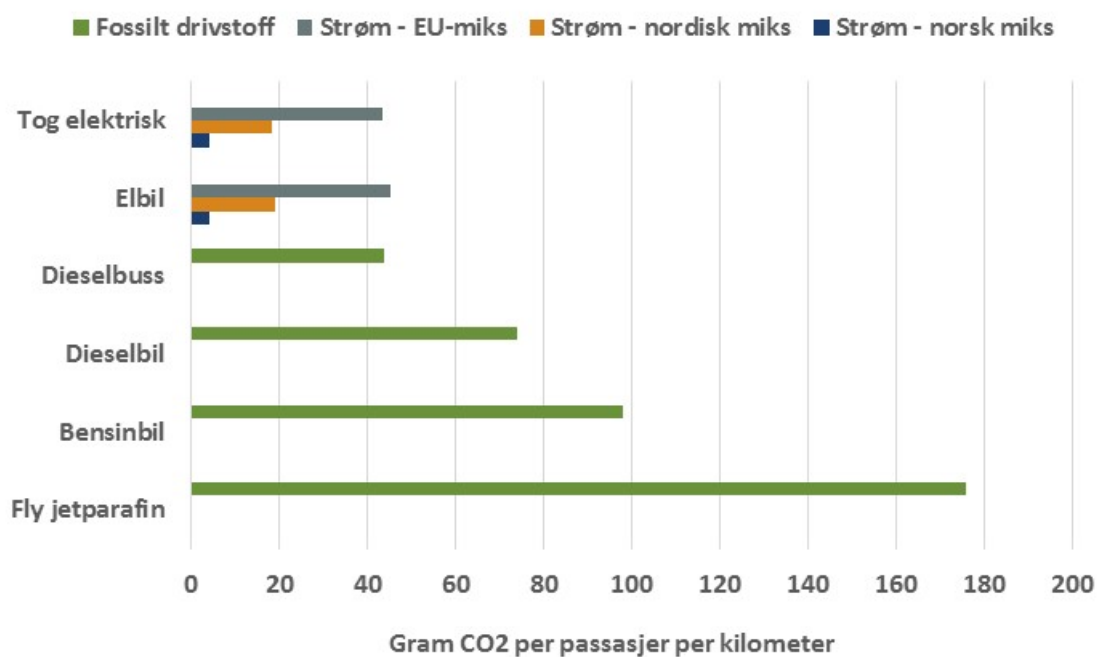


Figur 5-2 Gjennomsnittlig CO₂-utslipp fra kraftproduksjon i utvalgte geografiske områder. Kilde: IEA.

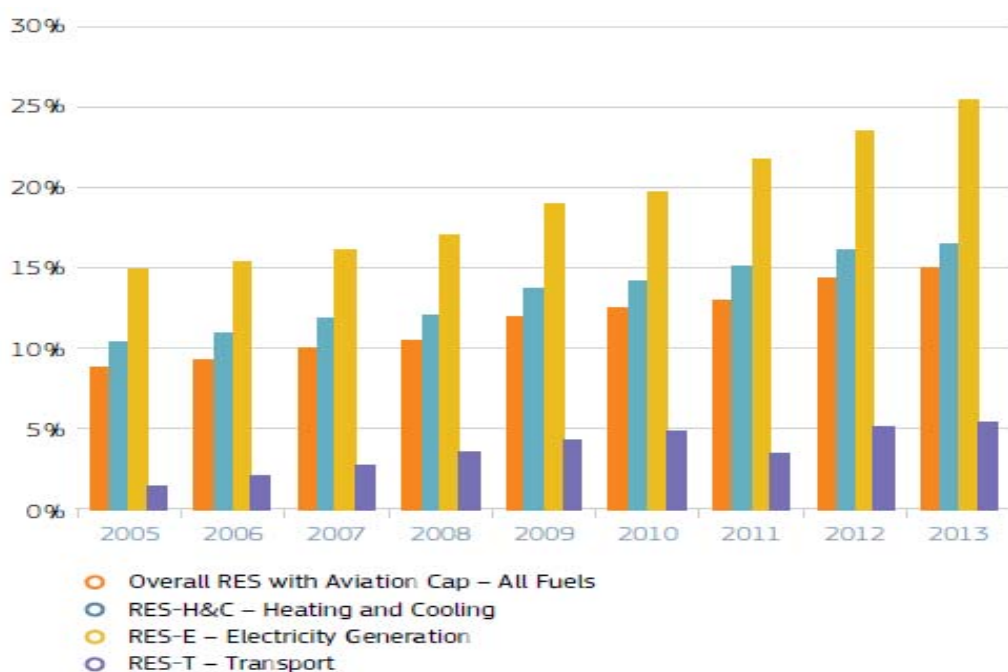
NSB (Norges statsbaner) har en miljøkalkulator hvor man kan regne ut hvor miljøvennlig det er å reise med ulike transportmidler, der de også tar hensyn til hvor strømmen er produsert. I Figur 5-3 er det vist klimagassutslipp per person per kilometer for reiser med elektrisk tog, elbil, dieselbuss, dieselbil, bensinbil og fly. Figuren viser at tog og elbil er det mest miljøvennlige reisealternativet dersom man antar en norsk og nordisk kraftmiks. Hvis man bruker europeisk miks (EU) for kraftproduksjon, er tog, elbil og dieselbuss omtrent like miljøvennlige. Fly er den minst miljøvennlige reisemåten. Det er i disse beregningene brukt to personer per bil og 50 prosent dekning på fly, tog og buss.

Klimagassutslippene i Figur 5-3 baserer seg på sluttbruk av energi (drivstoff) i kjøretøyene. Hvis man skal få det fullstendige bildet av hvor miljøvennlige ulike kjøretøy er, bør det gjennomføres livssyklusanalyser av hver teknologi. Dette blir ikke gjort i denne rapporten, men det er kjent at det brukes betydelige ressurser og energi til å lage batteriene i batterielektriske kjøretøy og at det brukes mye energi og slippes ut mye klimagasser ved utvinning av olje og gass og videre raffinering av til diesel, bensin og jetparafin. Det er vanskelig å si hvilke av produksjonsprosessene som påvirker miljøet mest negativt. Petroleumssektoren er sammen med transportsektoren den sektoren som slipper ut mest klimagasser i Norge.

Figur 5-4 viser at fornybarandelen i europeisk kraftproduksjon vokste mye fra 2005 til 2013 og det er et mål for myndighetene og øke denne andelen ytterligere fremover. Dette vil gjøre elektriske kjøretøy mer miljøvennlige fremover.



Figur 5-3 Klimagassutslipp i gram CO2 per passasjer per kilometer for utvalgte kjøretøy. Kilde NVE/NSB. Forutsetning: 2 personer per bil og 50 % dekning (halvfulle) tog, buss og fly.



Figur 5-4 Fornybarandel i europeisk kraftproduksjon. Kilde EU energy statistical pocket.

5.2 Hydrogen

Hydrogen kan fremstilles på ulike måter, som dampreforming av naturgass og ved elektrolyse av vann. Ved elektrolyse brukes elektrisitet til å spalte vannmolekyler i hydrogen og oksygen. Hydrogenet må så kjøles ned og komprimeres før det kan fylles på drivstofftanken i et kjøretøy. Det er vanlig å anta at 40 til 45 prosent av energiinnholdet i tilført elektrisitet blir borte ved produksjon, nedkjøling og komprimering av hydrogen. Større anlegg vil ha høyere virkningsgrad enn små anlegg. Det vil også gå med noe energi til eventuell transport av hydrogen frem til forbruker. Man kan derfor grovt regne at det går med 2 kWh elektrisitet til å produsere hydrogen med et energiinnhold på 1 kWh. Dette er betydelig høyere enn ved bruk av elektrisitet direkte i en batterielektrisk motor, der man regner med 10 prosent tap i overføringsnettet og 10 prosent tap under lading av batteriet. Brenselcellen i hydrogenkjøretøyet har en virkningsgrad på 60 til 70 prosent, noe som også er lavere enn for batterielektriske kjøretøy. Hydrogenelektriske motorer er likevel over dobbelt så effektive som bensin- og dieselmotorer, som har en virkningsgrad på rundt 25 prosent.

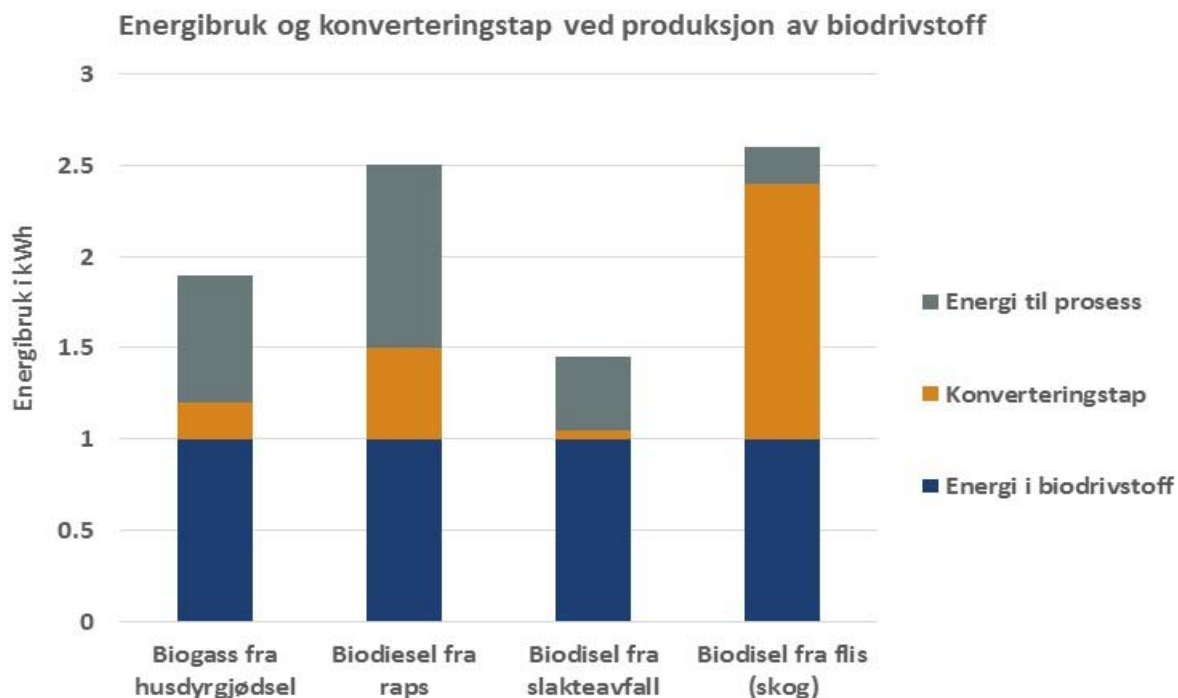
Summert opp er bruk av hydrogen til transport om lag halvparten så energieffektivt som batterielektrisk fra produksjon til sluttbruk, men er mer energieffektiv enn dagens bensin- og dieslbiler på grunn av høyere virkningsgrad i den hydrogenelektriske motoren. Hydrogen kan ha en rolle i fremtidens transport og kraftsystem fordi hydrogenelektriske kjøretøy har lang rekkevidde og at hydrogen kan produseres og lagres når elektrisiteten i et område har få alternative anvendelsesmuligheter. Det betyr at hydrogen kan være et bra alternativ for kjøretøy som skal kjøre langt og det kan fungere som et lager for overskuddskraft. Dessuten belaster ikke hydrogenkjøretøy kraftnettet med lading av batteri. Produksjon av hydrogen kan derfor bli en ny stor forbruksgruppe av elektrisitet i Norge. Hydrogenselskapet NEL utreder mulighetene for storskala hydrogenproduksjon i Norge.

5.3 Biodrivstoff

Biodrivstoff kan være både bioetanol og biodiesel og produseres fra en rekke ulike energivarer. Både slakteavfall, raps, trevirke og flere andre biologiske materialer kan brukes til å produsere biodrivstoff. Det er store forskjeller i energibruk ved de ulike produksjonsformene. Det mest energieffektive er å produsere biodrivstoff fra landbruksprodukter, matolje og slakteavfall. Denne typen produksjon har imidlertid utfordringer i forhold til bærekraft og tilgang på råstoff. Framtidens biodrivstoff vil nok derfor i stor grad produseres fra skogsvirke. Ved produksjon av biodiesel fra skogsvirke blir under halvparten i energiinnholdet i skogsvirket igjen i biodieselen. Det vil derfor kreves store mengder tømmer for å produsere de mengdene drivstoff som skal til for å dekke dagens behov for drivstoff til transport. I tillegg trengs det energi til å drive prosessene ved produksjon av biodrivstoff. Dette kan være kombinasjoner av overskuddsvarme fra prosessen og elektrisitet. Energibruk og konverteringstap ved produksjon av ulike typer biodrivstoff er vist i figuren under.

Fordelen med biodrivstoff er at det kan brukes i dagens forbrenningsmotorer og som innblanding i bensin og diesel. Det gjøre det enkelt å skifte fra fossilt drivstoff til biodrivstoff. Flere transportselskap, som Ruter og Avinor, bruker biodrivstoff til henholdsvis busser og fly. Biodrivstoff kan være et alternativ for transportmidler som i

dag vanskelig kan bruke batterielektrisk drift. Fra 2015 er det krav om at 5,5 prosent av omsatt drivstoff til veitransport skal være biodrivstoff. Det er i tillegg ute på høring et forslag om å øke dette til 7 prosent fra 2017.



Figur 5-5 Energibruk og konverteringstap ved produksjon av biodrivstoff. Kilde NVE-rapport 10/2011.

Bioenergi og klima

Bioenergi er klimanøytralt på den måten at CO₂ som slippes ut ved forbrenning tas opp gjennom fotosyntesen når det organiske materialet vokser. Landbruksprodukter som raps har kort omløpstids fra planting til modent størrelse. Skog har derimot lang omløpstid på 50 til 100 år i Norge.

Utfordringen med bruk av landbruksprodukter til bioenergi kan være konkurranse med annen anvendelse av arealet, som matproduksjon.

Bruk av skog til bioenergi kan være mer bærekraftig i Norge. Utslipp av CO₂ ved forbrenning av skog kan ha negativ effekt på klima på kort sikt men positiv effekt på lang sikt.

6 Energibruk til transport i utlandet

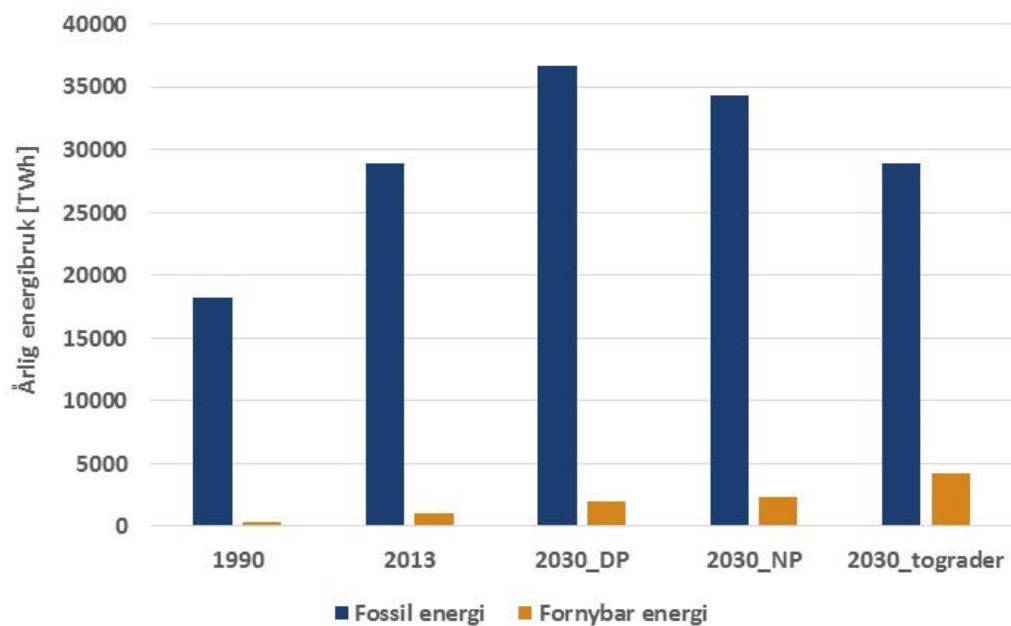
På samme måte som i Norge er fossile energivarer dominerende i transportsektoren i resten av verden. Det ble i 2013 brukt over 30 000 TWh energi til transport i verden og 99 prosent av dette var fossile energivarer. Det har likevel vært vekst i bruk av fornybare energivarer og spesielt biodrivstoff. Dersom verden skal nå sine klimamål må både dagens forbrenningsmotor effektiviseres og andelen fornybar energi må økes. Det vil nok være svært krevende å erstatte all fossil energi til transport med fornybar energi i løpet av de neste 20 til 30 årene.

Innenlands energibruk til transport, fiske, maskiner og redskaper i Norge var på 68 TWh i 2014, tilsvarende 33 prosent av samlet innenlands sluttbruk av energi. 97 prosent av energibruken til transport i Norge i 2014 var fossile energivarer. Internasjonalt er bildet det samme. I følge IEA (det internasjonale energibyrået) ble det brukt over 30 000 TWh energi til transport i verden i 2013 og 99 prosent av dette var fossile energivarer. Energi til transport utgjorde med dette 33 prosent av samlet sluttbruk av energi i verden dette året. Om maskiner og redskaper er inkludert i energitallet for transport i verden er usikkert. Energibruk til transport i verden har økt med over 60 prosent siden 1990. Figur 6-1 viser utvikling i energibruk til transport i verden.

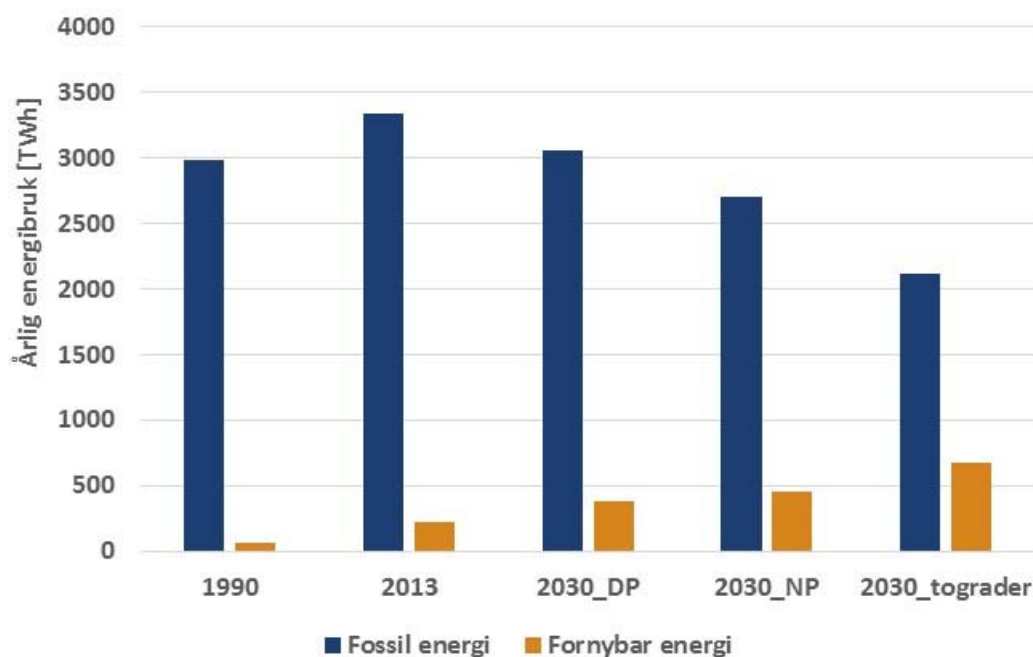
IEA forventer at med dagens politikk vil energibruk til transport øke til over 38 000 TWh i 2030. Dersom vedtatte planer for ny politikk innen energi og klima blir fulgt, vil veksten bli dempet til i overkant av 36 000 TWh i 2030. Dersom den globale temperaturøkningen skal begrenses til to grader, vurderer IEA at veksten i energibruk til transport må begrenses til 33 000 TWh i 2030 og at over tolv prosent av energibruken må være fornybar energi fra elektrisitet og biodrivstoff. I dette siste scenarioet må energibruken til transport videre etter 2030 reduseres, samtidig som andelen fornybar energi må øke mye. IEAs scenarioer for transport er vist i Figur 6-1.

Energien til transport i EU er litt mer fornybar enn for verden totalt. I 2013 var seks prosent av energi til transport fornybar. EU har som mål at 10 prosent av energibruk i transport skal være fornybar innen 2020, noe som har bidratt til en sterk vekst i bruk av fornybar energi de siste årene. Det meste av den fornybare energien er biodrivstoff. Figur 6-2 viser at fossile energivarer likevel var dominerende i EU i 2013 og det ble brukt over 3000 TWh fossile energivarer til transport i EU dette året.

Dersom EU skal nå sine klimamål må både energibruken til transport reduseres/effektiviseres og andelen fornybar energi må økes. Figur 6-2 viser IEAs scenarioer for utvikling i energibruk til transport, gitt de samme utviklingsbanene som de har for hele verden. Jamfør Figur 6-1.

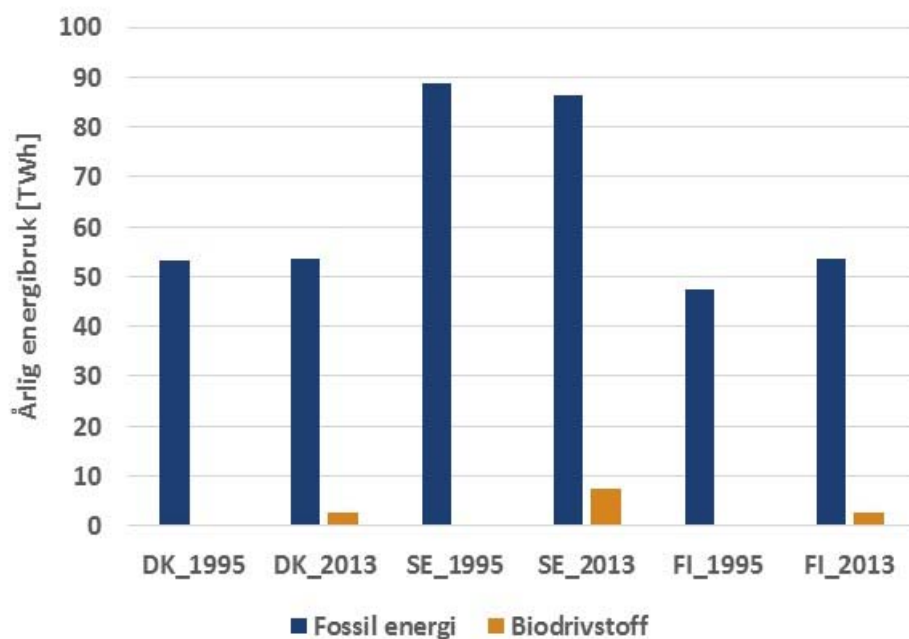


Figur 6-1 Energibruk til transport i verden. Kilde IEA - WEO 2015.
DP = dagens politikk, NP = ny politikk.



Figur 6-2 Energibruk til transport i EU28. Kilde IEA - WEO 2015/Eurostat
DP = dagens politikk, NP = ny politikk.

Fossile energivarer er også dominerende i transportsektoren i våre naboland. Dette vises i Figur 6-3. Sverige utmerker seg med den høyeste fornybarandelen Norden på åtte prosent¹. Biodrivstoff er den dominerende fornybare energivaren. Norge skiller seg fra resten av landene i Norden med sin høye andel elektriske kjøretøy.



Figur 6-3 Energibruk til transport i Sverige, Finland og Danmark. Kilde EU energy.

Statistikken til IEA og EU viser at bruken av fossile energivarer til transport i verden har økt mye siden 1990-tallet og at fossile energivarer er helt dominerende innen dagens transportsektor. Det vil være svært krevende å erstatte dagens forbruk på over 30 000 TWh fossil energi til transport i verden med fornybar energi og det vil ta tid. Det betyr at mer effektive motorer og krav til maksimalt utslipp fra motorer vil ha stor betydning for å begrense og redusere klimagassutslippene fra transportsektoren fremover. IEA har mest tro på økning i biodrivstoff innen fornybar energi til transport. Det vil nok likevel være vanskelig å erstatte hele dagens fossile energibruk til transport med biodrivstoff. I tillegg vil transportbehovet og dermed energibruk til transport vokse med økende befolkning og økende handel i verden.

¹ Fornybarandel til transport i fornybardirektivet blir beregnet på en annen måte. Biodrivstoff og elektrisitet til transport blir multiplisert med en faktor.

Referanser

EU. Energy statistical pocket.

Hydrogen.no (Hydrogenforum). *Ofte stilte spørsmål.*

International Energy Agency. *World Energy Outlook 2015.*

Miljødirektoratet. (M-386 – 2015). *Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030.*

Meld. St. 13 (2014 – 2015). *Ny utslippsforpliktelse for 2030 – en felles løsning med EU.*

Meld. St. 25 (2015 – 2016). *Kraft til endring. Energipolitikken mot 2030.*

Nasjonal transportplan (2016). *Grunnlagsdokument for nasjonal transportplan 2018 – 2029.*

Norges Statsbaner. *Miljøkalkulator.*

Norges vassdrags- og energidirektorat (rapport 10/2011). *Energibruk og konverteringstap ved bioenergiproduksjon.*

Regjeringa.no (20.07.2016). *EU foreslår klimamål for Noreg.*

Statistisk sentralbyrå (Notat 2015/22). *Utslipp fra veitrafikken i Norge.*

Statistisk sentralbyrå (Rapport 2015/34). *Samferdsel og miljø 2015.*

Transportøkonomisk institutt (TØI rapport 1362/2014). *Grunnprognoser for persontransport 2014 – 2050.*

Transportøkonomisk institutt (TØI rapport 1393/2015). *Grunnprognoser for godstransport 2018 – 2050.*



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no