



Jernbane-  
direktoratet

# Energieeffektivitet i transportsektoren

Jernbanens rolle

Dokument nr: 01

Dato: 20.06.2024

Utarbeidet av WSP Norge v/Therese Skåtun, Johannes Raustøl, Joachim Dyrdaahl og Simon Wikström	
Godkjent av Are Kristiansen	Dokumentnummer 01
Dato 20.06.2024	Versjon 01
Endringslogg:	

# Sammendrag

Rapporten gir et kunnskapsgrunnlag om energieffektivitet i norsk transportsektor og ulike strategier for å nå nullutslipp fra transportsektoren. Rapporten gir innsikt i sentrale drivere og forutsetninger i arbeidet for en energieffektiv transportsektor på nasjonalt nivå.

Innledningsvis beskrives det indirekte energiforbruket (Well-to-tank) og det direkte energiforbruket (Tank-to-wheel) for transportmidler med ulike energibærerkombinasjoner. Utover referansebanen er det etablert tre scenarier som synliggjør ulike strategier for å oppnå nullutslipp fra transportsektoren.

Scenario 1, kalt «naturvernerens drøm», beskriver en strategi med svært restriktive tiltak for å unngå vekst i transportarbeidet og redusere energikrevende transport som eksempelvis fly. Scenario 2, kalt «samfunnsøkonomens drøm», beskriver en strategi for optimalisering av kapasitet og energieffektivitet i transportsystemet. Scenario 3, kalt «teknologioptimistens drøm», beskriver en situasjon uten betydelige restriktive virkemidler, men heller økt bruk av nye energibærere og ytterligere elektrifisering.

Analysene og resultatene viser tydelig at økt kraftbehov er grunnleggende for alle scenarier for å nå målet om nullutslipp i transportsektoren. Samtidig kan andre virkemidler bidra. Samfunnsøkonomiske konsekvenser eller andre virkninger av de ulike virkemidlene er ikke analysert. Energieffektivitet, klima og konsekvenser for det nasjonale transportsystemet og jernbanen har vært fokus i denne rapporten.

Resultatene analyseres i et systemperspektiv for de tre nevnte scenariene og for referansebanen. Referansebanen representerer et «normal-scenario», det vil si forventet utvikling uten tiltak som beskrevet i de tre scenariene. Analysene presenteres for årene 2020, 2030 og 2060. Resultatene er utledet fra energimodellen Motus, utviklet av WSP.

## **Jernbane med elkraft er det mest energieffektive av transportmidlene**

Tall på nasjonalt nivå viser at godstransport med jernbane på elkraft eller diesel er mer energieffektivt enn eksempelvis lastebil eller stykkgodsskip på elkraft eller diesel. For persontransport er lettbane (T-bane og trikk) mest energieffektiv, mens persontransport på bane med elkraft er litt mer energieffektivt enn elbuss. Personbiler på diesel har eksempelvis fem ganger så høyt direkte energiforbruk som persontog på el. Ferge og fly er minst energieffektive.<sup>1</sup> Tallene er en gjennomsnittsbetraktning på nasjonalt nivå og lokale forhold vil kunne påvirke resultatene.

I Referansebanen transporteres omtrent 5 % av personkm og tonnkm på nasjonalt nivå med jernbane. Rapporten viser hvordan økt andel av transportarbeidet med energieffektive transportformer, som jernbanen, vil redusere energibehovet for transportsektoren.

## **Elektrifisering av transportsektoren vil redusere det direkte energiforbruket**

I referansebanen er det lagt til grunn en betydelig elektrifisering av transportsektoren fram mot 2060.<sup>2</sup> Dette er basert på nasjonalbudsjetter og nasjonale framskrivninger. Dette videreføres og forsterkes i scenariene med ytterligere elektrifisering, hvor det også i større grad innføres andre utslippsfrie energibærere.

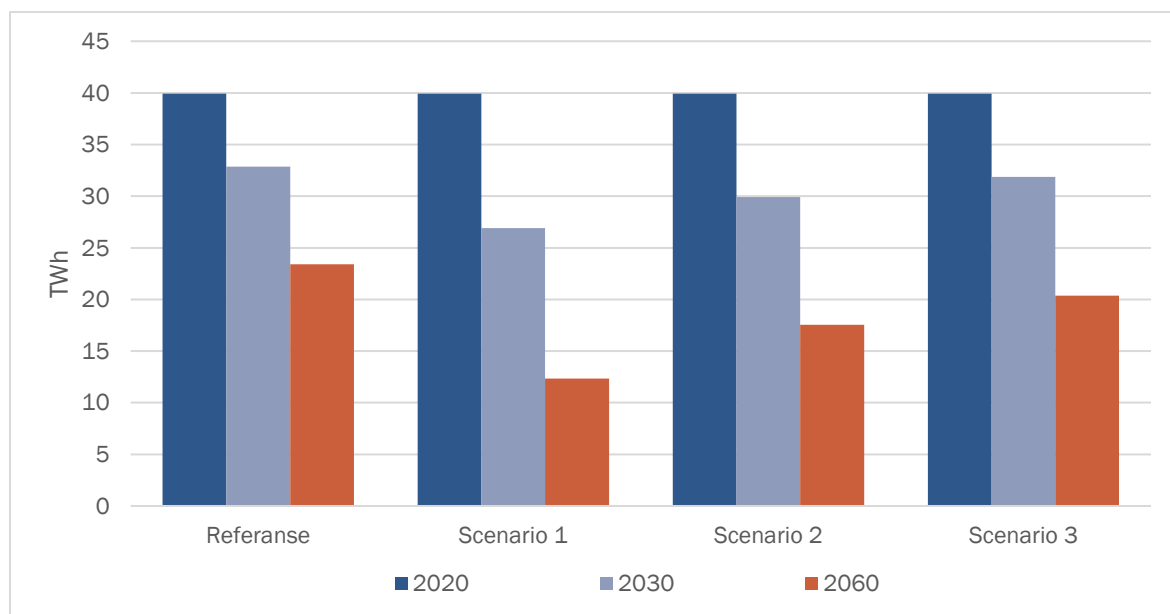
De ulike scenariene belyser ulike strategier for overgangen til nullutslipp fra transportsektoren. Overføring av mer transportarbeid til jernbanen er ett av virkemidlene som vil redusere energibehovet fra transportsektoren. Dette benyttes som virkemiddel i scenario 1 og 2. Scenario 1 forutsetter utover dette kraftige virkemidler som holder transportarbeidet konstant frem til 2060. I scenario 2 utnyttes blant annet ombordkapasiteten i transportnettet bedre og annen optimalisering som gjør at transportarbeidet vokser mindre enn referansebanen. I scenario 3 er det økt teknologiutvikling og nullutslippsløsninger som reduserer behovet for andre regulerende tiltak. I scenario 3 vokser transportarbeidet utover referansebanen.

---

<sup>1</sup> Tallene er basert på gjennomsnittlig belegg på disse transportmidlene i dag på nasjonalt nivå.

<sup>2</sup> Referansebane for transportarbeidet er i hovedsak basert på nasjonalbudsjettet, SSB, og TØIs grunnprognoser for persontransport og gods.

Reduksjon i direkte beregnet energiforbruk i prosent mot referansebanen er vist i figuren under for hvert av scenariene. For scenario 1 er endringen på 18 prosent i 2030 og 47 prosent i 2060 sammenlignet med referansebanen. For Scenario 2 er prosentvis reduksjon på 9 prosent for 2030 og 15 prosent for 2060, mot referansebane. For scenario 3 er det en økning på 4 prosent for 2030 og reduksjon på 6 prosent for 2060, mot referansebane.



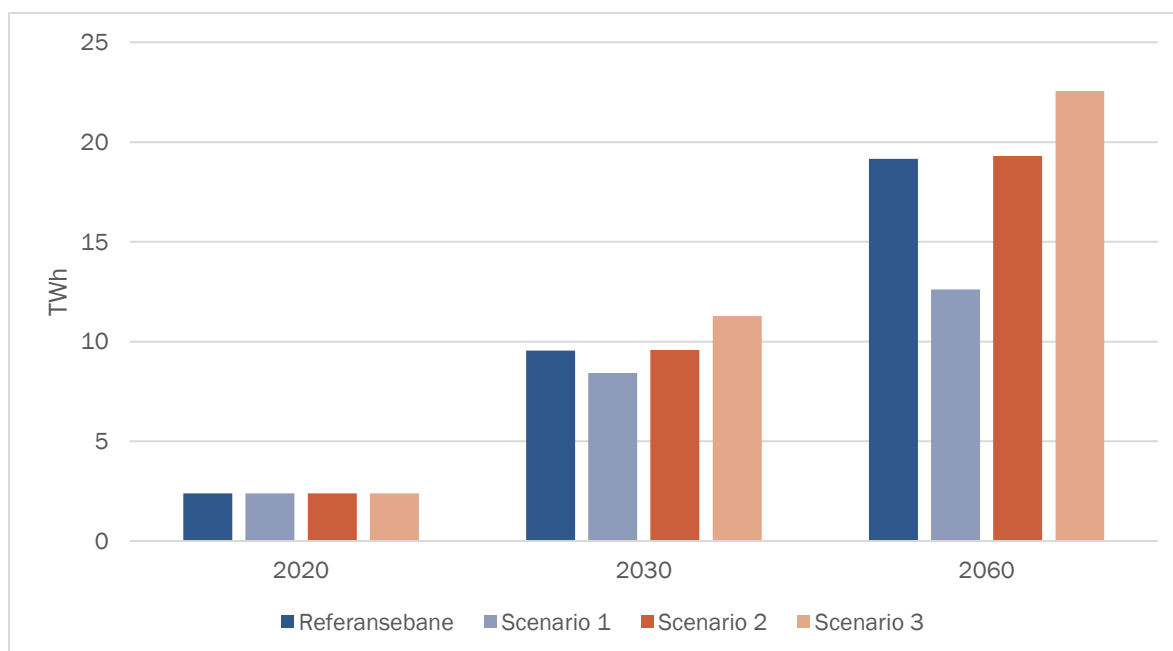
Figur 1 Direkte beregnet energiforbruk i transportsektoren i dag, i 2030 og 2060, for de analyserte scenarioene

### Rask elektrifisering av transportsektoren, kombinert med nye utslippsfrie energibærere, øker kraftbehovet betydelig fram mot 2030 og 2060

Grunnleggende for alle scenariene er økning i el-andelen utover referansebanen kombinert med nye, utslippsfrie energibærere. Dette øker kraftbehovet fra transportsektoren kraftig fram mot 2060. Som vist i figuren under øker energibehovet med fram mot 2060 med x8 for referansebanen, x5,3 for scenario 1, x8 for scenario 2 og x10,2 for scenario 3. Lavere energibehov i scenario 1 og 2 skyldes i hovedsak lavere netto transportarbeid i disse scenariene, som følge av restriktive virkemidler.

*Motus* tar utgangspunkt i 74 % av energiforbruket i transportsektoren, sammenlignet med SSBs statistikk for 2020.<sup>3</sup> Transportarbeid utover dette er ikke inkludert i denne versjonen av energimodellen. Inkludering av dette transportarbeidet vil kreve ytterligere behov for elektrisk kraft (direkte eller som inngang til andre nullutslippsløsninger). Store deler av transportarbeidet som ikke er inkludert er kraftkrevende, som industritog og tung skipslast blant annet. Det totale kraftbehovet ved å elektrifisere all innenlandsk transport i Norge ligger derfor over det nivået som vises i figuren under.

<sup>3</sup> Rapporten er basert første versjon av beregningsmodellen *Motus*. I denne modellen er det gjort en del forenklinger. Blant annet inkluderer modellen bare innenlandsk transport. En annen begrensning er antallet sett av transportmiddel-energibærer kombinasjoner som inngår. En del av transportarbeidet er også utelatt i denne modellversjonen. For persontransporten gjelder dette i hovedsak moped/motorsykkel og hurtigbåter. For godstransporten inkluderes transporter som har en grenseflate mellom de aktuelle transportmidlene, dvs. en viss grad av intermodalitet, som er med. En stor del av bulk og industritransport er ikke med i beregningsgrunnlaget. Det er kombitransporten på jernbane som inngår i beregningene for jernbanen, og kun stykkgodsskip (containerskip, ro-ro og annet intermodalt) som inngår til sjøs. Godstransport med fly er også utelatt, som følge av at den har en ubetydelig andel av innenlands godstransport. Innenlands godstransport på vei inngår i beregningsmodellen.



Figur 2 Samlet elkraftbehov (Well-to-wheel) i transportsektoren i 2020, i 2030 og 2060, for de analyserte scenarioene. Dekker 74 prosent av nasjonalt, innenlandsk energiforbruk i transportsektoren. Kilde: Motus

### I 2030 er det risiko for kraftunderskudd som vil gi negative effekter for transportsektoren og jernbanen

Rapporten viser at Norge trolig styrer mot et betydelig udekket kraftbehov i 2030. Det er en risiko for at utbygging av fornybar kraft i perioden fram mot 2030 ikke er nok til å dekke kraftbehovet fra transportsektoren alene, dersom ambisjonene om nullutslipp skal følges opp. I tillegg kommer økt kraftbehov fra nye batterifabrikker, hydrogenprosjekter, prosessindustri, olje og gass sektoren og datasentre. Dette vil trolig føre til lavt krafttilbud i perioder og høye kraftpriser.

Konsekvensene av lav tilgang på kraft og høyere strømpriser er trolig at realisering av nullutslipp i transportsektoren skyves ut i tid, ettersom overgangen til elkraft blir mindre lønnsomt for forbrukere og industri. For jernbanen vil det bety at eksisterende rullende materiell og maskiner på diesel blir relativt mindre lønnsomme å fase ut, alt annet likt.

I tillegg vil høyere priser på strøm trolig redusere mobiliteten i samfunnet generelt (mot referansebanen) fordi det blir dyrere å reise. Dette vil påvirke både transport av person og gods med jernbane – i tillegg til annen transport i samfunnet. Økte fraktkostnader vil redusere konkurransekraften til norsk industri mot andre land. Økt strømpris ved transport med jernbane er en innsatsfaktor i enkelte deler av industrien og annen næringsvirksomhet. Denne industrien vil da oppleve økte kostnader, som kan gi økte priser senere i verdikjeden.

Elkraft er den grunnleggende innsatsfaktoren i all relevant nullutslippsteknologi innen transportsektoren. Alle transportformer med nullutslippsteknologi vil derfor rammes hardt av økte priser på strøm, og de minst energieffektive transportformene vil rammes hardest. I en situasjon med høye strømpriser blir derfor jernbanens rolle ekstra viktig.

# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Introduksjon</b> .....	<b>8</b>
<b>2 Operasjonalisering av energieffektivitet</b> .....	<b>9</b>
<b>3 Framtidig energitilgang og energiforbruk</b> .....	<b>11</b>
3.1 Produksjon og forbruk av ulike energibærere .....	11
3.1.1 Kraft .....	11
3.1.2 Fossile drivstoff .....	15
3.1.3 Biodrivstoff.....	16
3.1.4 Hydrogen.....	17
<b>4 Transportmidler og -energibærere</b> .....	<b>19</b>
<b>5 Energieffektivitetsfortrinn</b> .....	<b>22</b>
5.1 Godstransport.....	23
5.1.1 Energiforbruk.....	23
5.1.2 Utvikling i energiforbruk .....	23
5.1.3 Effekt av transportkapasitetutnyttelse.....	24
5.2 Persontransport.....	25
5.2.1 Energiforbruk.....	25
5.2.2 Utvikling i energiforbruk per energibærer fram mot 2060 .....	27
5.2.3 Effekt av transportkapasitetutnyttelse.....	27
<b>6 Scenarioanalysenes oppbygning</b> .....	<b>29</b>
6.1 Referansebanen.....	29
6.2 Scenarioene.....	29
6.3 Avgrensninger.....	30
<b>7 Referansescenario</b> .....	<b>31</b>
7.1 Utvikling i transportarbeid .....	31
7.1.1 Persontransport: Referansebanen viser avtakende vekst i transportarbeidet fram mot 2060	31
7.1.2 Godstransport.....	33
7.2 Andre forutsetninger .....	35
7.2.1 Utvikling i fordeling mellom energibærere.....	36
7.2.2 Teknologisk utvikling.....	37
7.2.3 Annet.....	38
7.3 Oppsummering av drivere for endring av energiforbruk .....	38
7.4 Utvikling i energiforbruk .....	39
7.4.1 Utvikling i energiforbruk etter mode.....	40
7.4.2 Utvikling i energiforbruk etter energibærer .....	42
7.5 Klimagassutslipp .....	45
<b>8 Scenarioanalyser</b> .....	<b>48</b>
8.1 Scenario 1: Naturvernerens drøm .....	48
8.1.1 Transportarbeid .....	49
8.1.2 Energieffektivitet .....	51
8.1.3 Energiforbruk i transportsektoren .....	53
8.1.4 Energitilgang etter energibærer .....	55
8.1.5 Klimagassutslipp .....	57

8.2	Scenario 2: Samfunnsøkonomens drøm .....	58
8.2.1	Transportarbeid .....	59
8.2.2	Energieffektivitet .....	61
8.2.3	Energiforbruk i transportsektoren .....	61
8.2.4	Energibehov etter energibærer .....	63
8.2.5	Klimagassutslipp .....	65
8.3	Scenario 3: Teknologioptimistens drøm .....	65
8.3.1	Transportarbeid .....	66
8.3.2	Energieffektivitet .....	68
8.3.3	Energiforbruk i transportsektoren .....	70
8.3.4	Energibehov etter energibærer .....	72
8.3.5	Klimagassutslipp .....	74
8.4	Sammenligning av scenarioene .....	74
<b>9</b>	<b>Konsekvenser for nasjonale klima- og miljømål og jernbanens rolle .....</b>	<b>79</b>
<b>10</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>85</b>
<b>11</b>	<b>Vedlegg 1: Datakilder og forutsetninger for beregningsmodellen .....</b>	<b>88</b>
11.1	Energieffektivitet Well-to-tank .....	88
11.2	Energiforbruk tank-to-wheel .....	90
11.2.1	Generelle forutsetninger for hver energibærer .....	90
11.2.2	Bane .....	91
11.2.3	Vei .....	92
11.2.4	Luftfart .....	92
11.2.5	Sjøtransport .....	92
11.3	Klimagassutslipp .....	93
11.4	Andre forutsetninger .....	94
11.4.1	Utnyttelse av kapasiteten om bord i transportmidlet .....	94
11.4.2	Lastbærere og personvekt .....	95
11.4.3	Tomkjøring .....	95
<b>12</b>	<b>Vedlegg 2: Underlagstabeller med forutsetninger for scenarioene .....</b>	<b>97</b>
12.1	Referansescenario .....	97
12.1.1	Transportarbeid og energibærerfordeling .....	97
12.1.2	Energiforbruk .....	98
12.1.3	Klimagassutslipp .....	100
12.2	Scenario 1 .....	101
12.2.1	Transportarbeid og energibærerfordeling .....	101
12.2.2	Energiforbruk .....	102
12.2.3	Klimagassutslipp .....	105
12.3	Scenario 2 .....	105
12.3.1	Transportarbeid og energibærerfordeling .....	105
12.3.2	Energiforbruk .....	107
12.3.3	Klimagassutslipp .....	109
12.4	Scenario 3 .....	109
12.4.1	Transportarbeid og energibærerfordeling .....	109
12.4.2	Energiforbruk .....	111
12.4.3	Klimagassutslipp .....	113
<b>13</b>	<b>Vedlegg 3: Begrepsliste .....</b>	<b>114</b>
<b>14</b>	<b>Kilder .....</b>	<b>116</b>

# 1 Introduksjon

Norge har under Parisavtalen forpliktet seg til å redusere utslippene av klimagasser med minst 55 % innen 2030 sammenlignet med 1990-nivå<sup>4</sup>. Norge har videre et lovfestet mål om å bli et lavutslippssamfunn i 2050. I Nasjonal transportplan 2022-2033 var ambisjonen å halvere utslippene fra transportsektoren innen 2030 sammenlignet med 2005<sup>5</sup>.

NOU 2023:25 indikerer at utslippene i 2050 bør forbeholdes matproduksjon i jordbruket, samt noe fra utvinning av petroleum og andre små kilder det er krevende å gjøre noe med<sup>6</sup>. Det er med andre ord ikke rom for utslipp fra transportsektoren i det framtidige lavutslippssamfunnet.

I dag står fossile drivstoff i transportsektoren for omtrent en tredel av klimagassutslippene i Norge. For å kutte utslippene må både reisevaner tilpasses, transportkapasiteten optimaliseres og fossile drivstoff byttes ut med klimavennlige alternativer. Samlet sett må transportarbeidet innen gods- og persontransport flyttes til mer energieffektive og klimavennlige alternativer.

Jernbanen har et lavt energiforbruk per kilometer, og vil kunne spille en viktig rolle i overgangen til lavutslippssamfunnet. For å kunne nå transportsektorens utslippsmål er det viktig med et godt beslutningsgrunnlag. Jernbanedirektoratet har derfor tildelt WSP oppdraget med å utarbeide en rapport for å øke kunnskap om energieffektivitet i transportsektoren for gods- og persontransport både i dag og framover. Videre skal utredningen analysere scenarioer for kraftbehov i transportsektoren på bakgrunn av utviklingen i energieffektivitet for ulike transportformer, beskrive hvordan energieffektivitet har betydning for nasjonale klima- og miljømål og utvikle kunnskap om jernbanens rolle i et transportsystem med økende energieffektivitet.

---

<sup>4</sup> I 2021 lovfestet EU målet om å redusere netto utslipp av klimagasser med 55 pst. fra 1990 til 2030. Gjennom klimaavtalen med EU har Norge allerede forpliktet seg til å samarbeide med EU om å redusere utslippene med minst 40 prosent innen 2030 sammenlignet med 1990-nivå.

<sup>5</sup> Dette målet er tatt ut av NTP 2025-2036. I pressemeldingen om ny NTP med tittelen «En grønnere transport som tar bedre vare på klima og natur» presiseres det at «Nasjonal transportplan 2025–2036 er ett av fem mål at transportsektoren skal bidra til å nå Norges klima- og miljømål».

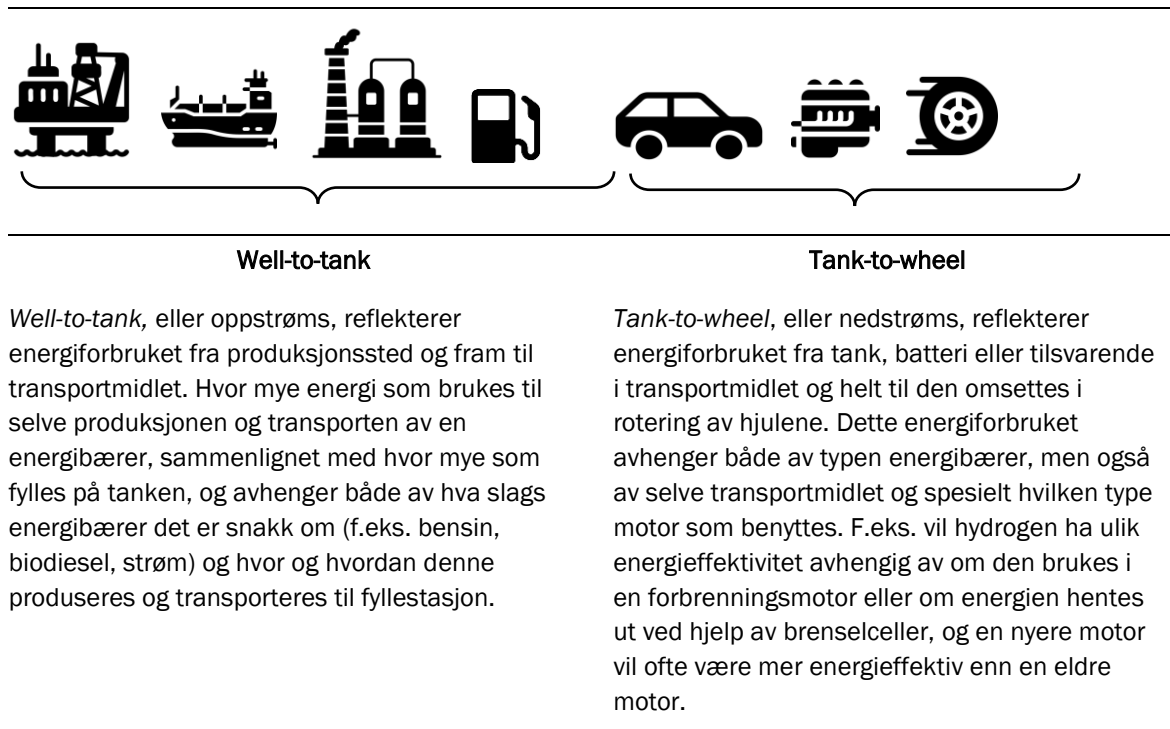
<sup>6</sup> NOU 2023:25 Omstilling til lavutslipp Veivalg for klimapolitikken mot 2050, Klimautvalget 2050 - Klima- og miljødepartementet 2023



## 2 Operasjonalisering av energieffektivitet

Innen transport brukes begrepet energieffektivitet til å reflektere forholdet mellom tilbakelagt avstand av passasjerer eller varer og energiforbruket på samme strekning (Store Norske Leksikon, 2023). Sagt med andre ord, så måles og sammenlignes energieffektivitet ved å måle og sammenligne energiforbruket for tilsvarende transportarbeid<sup>7</sup>: hvor mye energi kreves f.eks. for å forflytte én passasjer eller ett tonn over én kilometer med ett transportmiddel versus et annet?

Ved måling av energieffektivitet benyttes begrepet *well-to-wheel* for å omtale det totale energiforbruket fra energibærerens opprinnelse (f.eks. en oljebønn) frem til gjennomført transportarbeid. Dette begrepet deles ofte inn i to deler:



Figur 3 *Well-to-tank* og *tank-to-wheel* i transportsektoren. Ikoner: flaticon.com

*Well-to-wheel* angir den totale energieffektiviteten fra *well-to-tank* og *tank-to-wheel*. Begrepene brukes både til å sammenligne energiforbruk mellom ulike transportmetoder, og til å beregne det totale utslippet av klimagasser i transportsektoren. De omfatter imidlertid ikke energiforbruk eller utslipp knyttet til produksjon av transportmidlet (kjøretøy/fartøy), tanker og/eller batterier.

I et samfunnsperspektiv har imidlertid energieffektivitet nok en dimensjon. I tillegg til at hvert transportmiddel er energieffektive, er det relevant at de ulike energibærerne brukes/fordeles på en hensiktsmessig måte mellom sektorer og transportmidler. Det er spesielt relevant i situasjoner der det er begrenset tilgang på en energibærer eller en bestemt type energi, eller der oppnåelse av Norges

<sup>7</sup> Transportarbeid måles ofte i personkilometer og tonnkilometer. Personkilometer er «produktet av reiselengde og antall personer som er transportert. Eksempel: En bil med 2 personer som kjører 10 kilometer har utført et persontransportarbeid på  $2 \times 10 = 20$  personkilometer.» Tonnkilometer er «produktet av godsmengde og transportavstand. Eksempel: En lastebil som transporterer 2 tonn gods i 10 kilometer har utført et godstransportarbeid på  $2 \times 10 = 20$  tonnkilometer.» Kilde: SSB Innenlandsk transport, <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/landtransport/statistikk/innenlandsk-transport#om-statistikken>

klimaforpliktelser krever lavt forbruk av en gitt type energi. Dette gjelder spesielt energibærere som i ulik grad medfører utslipp av klimagasser, og særlig de med fossilt opphav.

En tredje dimensjon av energieffektivitet i transportsektoren, i et samfunnsperspektiv, er hvordan transportarbeidet fordeles mellom transportmidler og energibærere. Ved sine iboende egenskaper (bl.a. om de beveger seg i/på vann, luft, skinner eller asfalt) har de ulike transportmidlene store forskjeller i energiforbruk, i tillegg til ulik transporttid, fleksibilitet, og egnethet for små eller store volum.

For å bidra til reduksjon i jernbanenes og samfunnets samlede behov for energi, er et effektmål at framtidige energibærere skal bidra til mer effektiv bruk av samfunnets samlede energiressurser.

Kort oppsummert, så vil et transportsystem som bidrar til effektiv bruk av samfunnets samlede energiressurser, og som bidrar til å realisere lavutslippssamfunnet, ha følgende egenskaper:

- 
1. Hvert enkelt transportmiddel bruker energieffektive og klimanøytrale energibærere i kombinasjon med energieffektive kjøretøy/fartøy.
  2. Knappe energibærere (som følge av begrenset produksjon eller nødvendigheten av å begrense forbruk) prioriteres brukt i sektorer som ikke har andre gode alternativer for å redusere sine klimagassutslipp.
  3. Transportarbeidet er fordelt slik at det transportmidlet som samlet sett gir lavest energiforbruk og lavest klimagassutslipp benyttes til den aktuelle transporten.
- 

Oppnåelsen av hver av disse egenskapene er et gradsspørsmål. Det er flere synergier mellom disse tre aspektene av energieffektivitet, men det kan også være konflikter. Eksempelvis, så kan optimalisering av energieffektivitet i en type transportmiddel skje på bekostning av muligheten for å bruke en gitt energibærer i andre sektorer.

Denne sammensatte forståelsen av energieffektivitet vil legges til grunn for det videre arbeidet i rapporten. Som de følgende kapitlene vil vise, er det imidlertid enklere å håndtere energieffektivitet og klimanøytralitet i kjøretøy og energibærere i kvantitative analyser, enn spørsmålet om optimal fordeling av energibærerne og transportarbeidet. Overgangen mellom akseptable konsekvenser og priser og uakseptable konsekvenser og priser vil være gradvis, og avhenge av hvor presserende den aktuelle aktøren anser at tilgangen til den aktuelle energitypen er. Det å finne en god fordeling av transportarbeid mellom transportmidlene, vil i praksis ikke kunne gjøres kun med utgangspunkt i energiforbruk og klimagassutslipp, men må også ses i lys av hva som er formålstjenlig for den aktuelle transporten, med hensyn til framføringstid, frekvens, punktlighet, pålitelighet, pris, mv. I et samfunnsperspektiv, så vil kvalitativ så vel som kvantitativ vurdering av energieffektivitet være vesentlig i den videre analysen.

Avslutningsvis, så er det verdt å trekke fram at nødvendige investeringer i infrastruktur og transportmidler kan kreve et høyt energiforbruk og medføre betydelige klimagassutslipp i seg selv. Slike vurderinger og analyser inngår ikke i dette utredningsarbeidet, og skyldes blant annet at produksjon av materialer til infrastruktur og transportmidler i stor grad utføres i andre land enn Norge, og at dette dermed ikke direkte påvirker det nasjonale energi- og klimagassregnskapet. Det er også usikkerhet knyttet til energiforbruk og klimagassutslipp som følge av produksjon av kjøretøy/fartøy og lade-/fylleutstyr og etablering av annen infrastruktur, både som følge av at enkelte av teknologiene i analysen er relativt umodne, og som følge av at hvor og hvordan produksjon og bygging skjer har stor innvirkning på type energi som forbrukes.

# 3 Framtidig energitilgang og energiforbruk

Utviklingen i markedet for energi innen transportsektoren vil stå foran store endringer i tiårene framover, der nullutslippsteknologi vil være drivende for transisjonen for energimarkedet og ulike former for energibærere. Hvordan utviklingen og tempoet blir for ulike transportmidler og energibærere vil være avgjørende for utviklingen.

Hvor stort Norges framtidige energiforbruk vil være, og hvilke energikilder som vil etterspørres, avhenger i stor grad av hvilke forutsetninger som legges til grunn for framskrivningen.

NVE og Statnett har ulike forutsetninger for tempoet i produksjonsøkningen, der Statnett forutsetter oppnåelse av Norges klimaforpliktelser, med en høyere produksjon av kraft, mens NVE tar utgangspunkt i en videreføring av dagens regelverk og tiltak, og ligger på en noe lavere produksjonskurve. Dette innebærer at basisprognosene for både forbruk og produksjon av kraft spriker mellom de to analysemiljøene. Blant annet ligger NVEs (2023) basisprognose under lavprognosen til Statnett (2023), som vises i Figur 5.

Kraftforbruket i ny, grønn industrivirksomhet vil være avgjørende for nivået på kraftforbruket i årene som kommer. Hydrogen og grønn industriutvikling vil ha et stort energiforbruk som bare fungerer i samspillet med en høy andel utbygget ikke-regulerbar fornybar energi (vind, sol). Uten sikker og trygg tilgang på denne overskuddsenergien vil trolig ikke prosjektene etableres, ettersom prosjektene vil miste sin logikk og trolig ikke kunne regnes som lønnsomme som følge av dyre kraftpriser i en situasjon der energitilgangen ikke er stor nok til å imøtekomme dagens behov. En annen usikkerhet er hvor mye kraft som vil brukes til elektrifisering av petroleumsnæringen, da et høyt forbruk kan fortrenge annen energiomstilling dersom ikke tilgangen på kraft er tilstrekkelig. En annen usikkerhet er nivået på utbygging av annen energiproduksjon i Norge eller naboland, og i hvor stor grad denne energien vil bli tilgjengelig på det norske markedet.

## 3.1 Produksjon og forbruk av ulike energibærere

I dette kapitlet omtaler vi produksjons- og tilbudssiden for ulike former for energi i transportsektoren, og hvordan etterspørselen etter disse ventes å utvikle seg på et nasjonalt nivå. For å være konsistent med energibærerne vi omtaler senere i rapporten tas det utgangspunkt i:

- Kraft (dvs. strøm)
- Fossile drivstoff (herunder diesel og bensin)
- Biodrivstoff
- Hydrogen

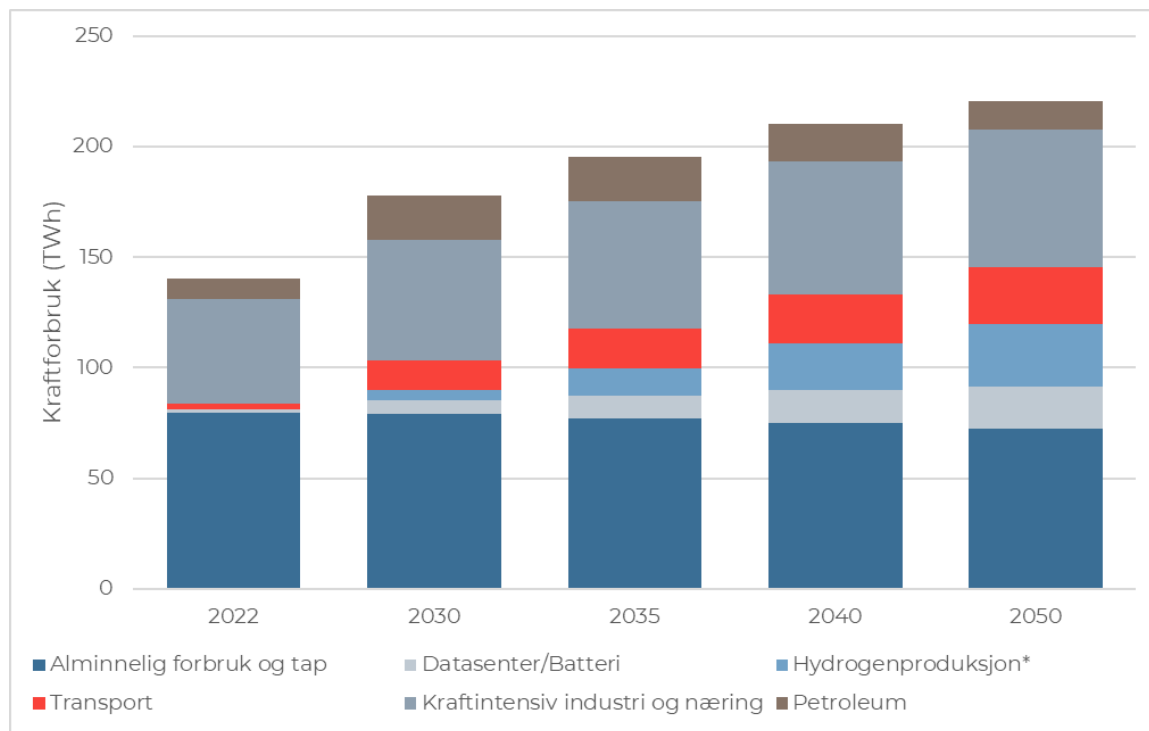
Det er disse energibærerne vi finner det mest hensiktsmessig å undersøke med henblikk på modenhet og aktualitet i det norske transportmarkedet. I avsnittene under redegjøres det for tilbudet og etterspørselen i det norske transportmarkedet etter de fire kategoriene av energibærere.

### 3.1.1 Kraft

#### Overgang til kraft som energibærer i transportsektoren vil øke betydelig

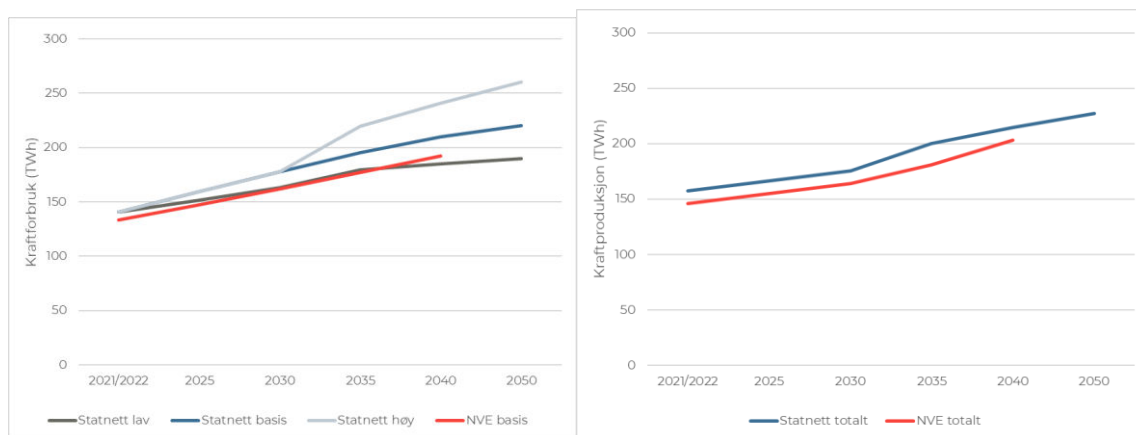
Det tilbakelagte tiåret har vært preget av en overgang fra fossil til fornybare energikilder i transportsektoren – og da særlig elkraft gjennom batteriteknologi i personbiler og busser. Denne overgangen til nullutslipp vil fortsette – usikkerheten er knyttet til tempo. Statnett (2023) forventer at kraftforbruk innen transportsektoren i Norden vil øke betydelig fra dagens 5 TWh til 80 TWh i 2050, som følge av at store deler av transportsektoren i denne perioden vil elektrifiseres. Utviklingen i Norge er vist i Figur 4 der kraftbehovet i transportsektoren (i rødt) spås å øke betydelig fram mot 2050. I dag fordeler energibruken i innenriks transport seg på omtrent 65 prosent til veitrafikk, 7 prosent til luftfart, og omtrent 27 prosent til sjøfart (NOU, 2023: s.87). Jernbane står for mindre enn 1 prosent av energibruken.

Det vil også være behov for nye energibærere for de transportformene som frakter store volumer over lange avstander, ettersom dagens batteriteknologi eger seg bedre til korte turer med god ladetid. Nye, sterkere batterier kan være en løsning i kombinasjon med et godt utbygd hurtigladdenettverk, og det er mye forskning på dette området. Hydrogen er en annen kandidat og omtales lengre ned i kapitlet. I så måte vil produksjonen av energi være avgjørende da dette vil være dimensjonerende for prisene og tilgangen på kraft i markedet ved produksjon av hydrogen.



Figur 4 Utvikling i kraftforbruk i Norge i basisscenarioet til Statnett (2023)

Statnett (2023) og NVE (2019) viser begge at kraftproduksjon øker betydelig fram mot 2050 og med en høyere årlig vekst enn årene vi har lagt bak oss (Figur 5). NVE legger imidlertid ikke til grunn at klimamålene nås, og forutsetter at kraftbehovet og produksjon blir lavere enn Statnett i sine prognoser.



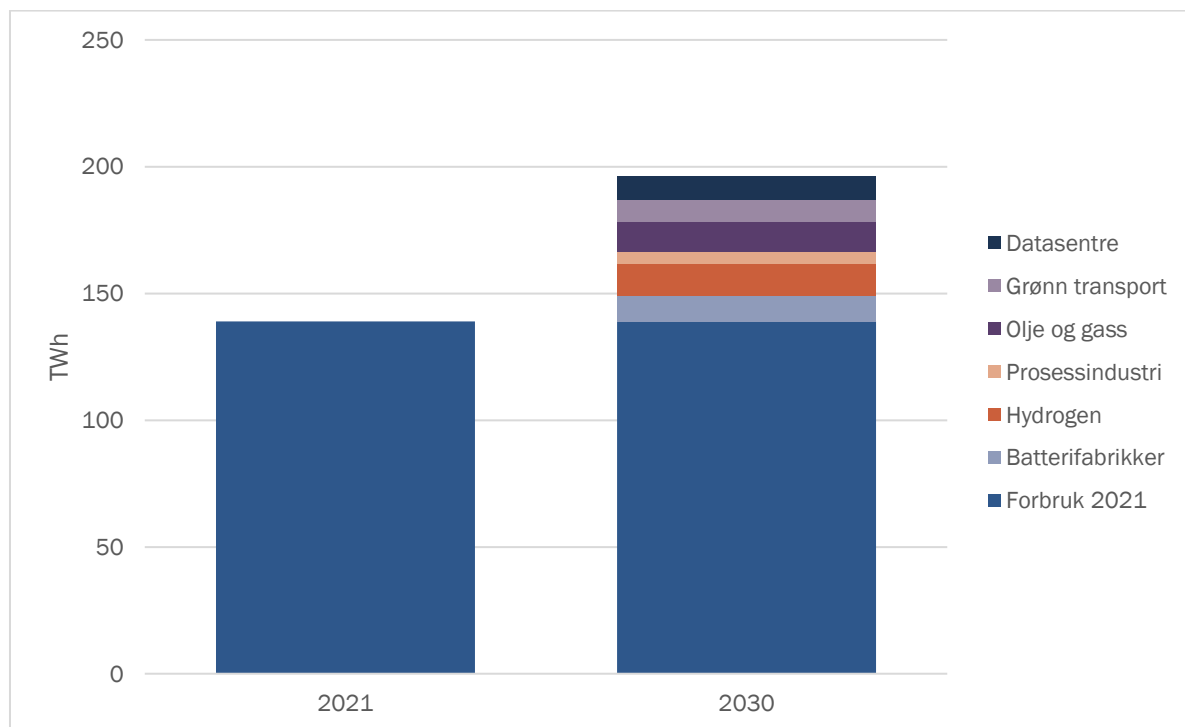
Figur 5 Forventet utvikling i kraftforbruk (tv.) og kraftproduksjon (th.) iht. Statnett (2023) og NVE (2023)

Begge analysemiljøer forventer at særlig havvind vil stå for store deler av produksjonsøkningen i Norge og våre naboland. Havvindutbygging er dimensjonerende for de ulike prognosene, der eksempelvis høyprognosen til Statnett (2023) forutsetter omtrent fem ganger så mye havvindutbygging som i lavscenariet.

Kostnadene i havvinds-sektoren og tildeling av konsesjoner blir sentralt for tempoet i teknologiutviklingen innen havvind. Norge har mye dypt vann som gjør at havvind-teknologien må modnes mer før den er lønnsom. Landbasert havvind (samt bunnfast havvind) og solkraft er i dag lønnsomt, men begge energiformer opplever krevende arealkonflikter. Det samme gjelder store nettutbygginger som vil være avgjørende for kunne fordele den økte kraftproduksjonen til ulike deler av landet. Samlet sett gir dette stor usikkerhet knyttet til produksjonsveksten og muligheten til å nå klimamålene. På bakgrunn av blant annet arealkonflikter har enkelte argumentert med atomkraft i Norge – eller import av atomkraft fra Sverige, ettersom Sverige har et betydelig større miljø og erfaring med utbygging og drift av denne energiformen. I Sverige ser vi en økende investering i atomkraft og trolig vil dette påvirke krafttilgang og priser i Norge på sikt.

### Risiko for kraftunderskudd på kort sikt

Thema consulting (2022) har på oppdrag fra NHO beregnet at på kort sikt er det en risiko for kraftunderskudd i 2030. I tillegg til en voldsom omstilling innenfor transportsektoren vil flere andre sektorer og prosjekter konkurrere om kraften de neste årene. Batterifabriker, hydrogen, prosessindustri, olje og gass sektoren og datasentre vil gi økt behov for kraft fram mot 2030. Thema (2022) beregner det nye behovet for kraft til 47 TWh. Dette er fratrukket energi-effektivisering på 10 TWh.



Figur 6 Økt kraftbehov fram mot 2030. Kilde: Thema consulting (2023)

I sitt sannsynlige scenario legger Thema consulting (2022) opp til en utbygging av ny kraft fram mot 2023 på 12 TWh. Dette er om lag 26 prosent av behovet fram mot 2030. Dette vil legge et kraftig press på energitilgangen i årene framover som trolig vil øke prisene. Trolig vil dette føre til at en del av prosjektene over ikke blir realisert.

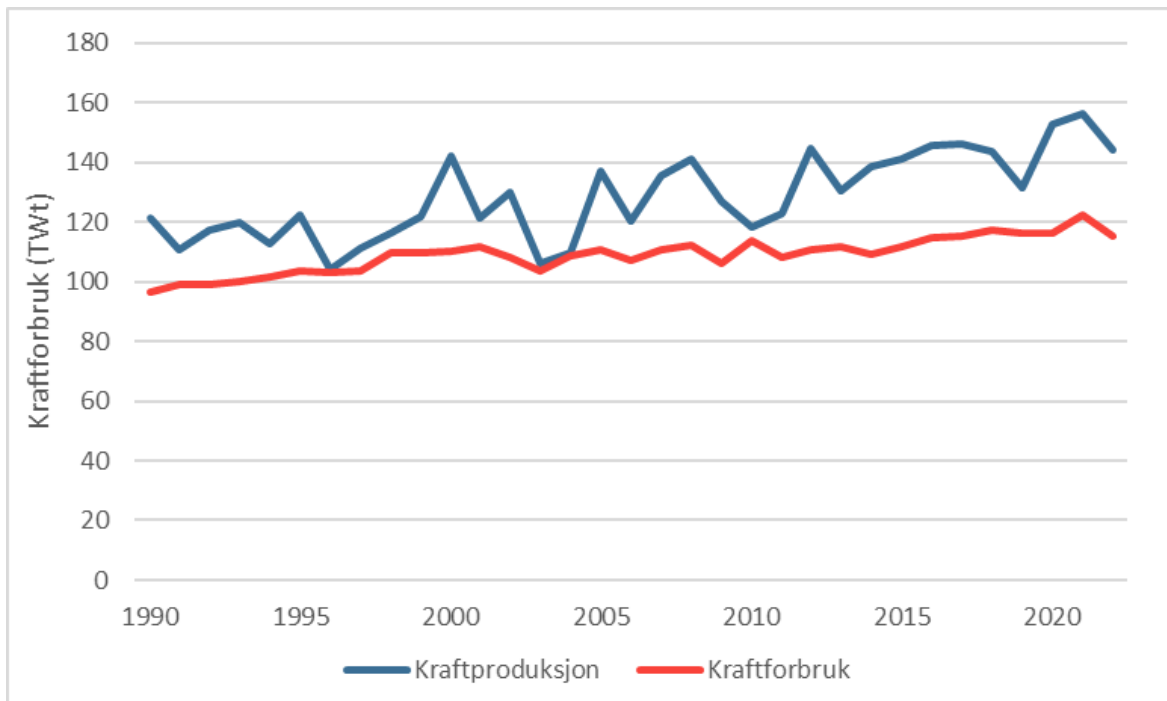
Data fra SSB viser at Norge hadde lavest utbygging av ny kraftproduksjon i 2023. I 2023 ble det i Norge bygget ut 0,85 ny TWh, der 60 prosent var solkraft. Dersom den samme årlige utbyggingstakten fortsetter fram mot 2030 vil dette bety omtrent 6 TWh akkumulert ny kraftproduksjon. Dette er mindre enn behovet for transportsektoren alene og halvparten av det Thema (2022) beregner.

### I en periode med stor elektrifisering kan nasjonale kraftressurser presses betydelig

Historisk har Norge produsert mer kraft enn vi har forbrukt, og produksjon og forbruk av kraft har historisk holdt følge med hverandre, som vist i figuren under. Det er en risiko for at dette bildet er i endring etter

hvert som etterspørselen antas å øke - blant annet som følge av økt forbruk av kraft blant annet i transportsektoren. Kapittelet over viser også flere andre kilder som kan bidra til et udekket kraftbehov.

NVE (2023) antar at sammenhengen mellom forbruk og produksjon av innenlandsk kraft vil fortsette, men at den raske omstillingen av samfunnet som klimakrisen krever, kan innebære forstyrrelser i balansen fram til produksjonskapasiteten tilpasses. I en periode med stor elektrifisering av samfunnet viser Thema (2022) at kraftressursene vil presses betydelig.



Figur 7 Historisk kraftproduksjon og kraftforbruk 1990-2022. (SSB tabell 11561)

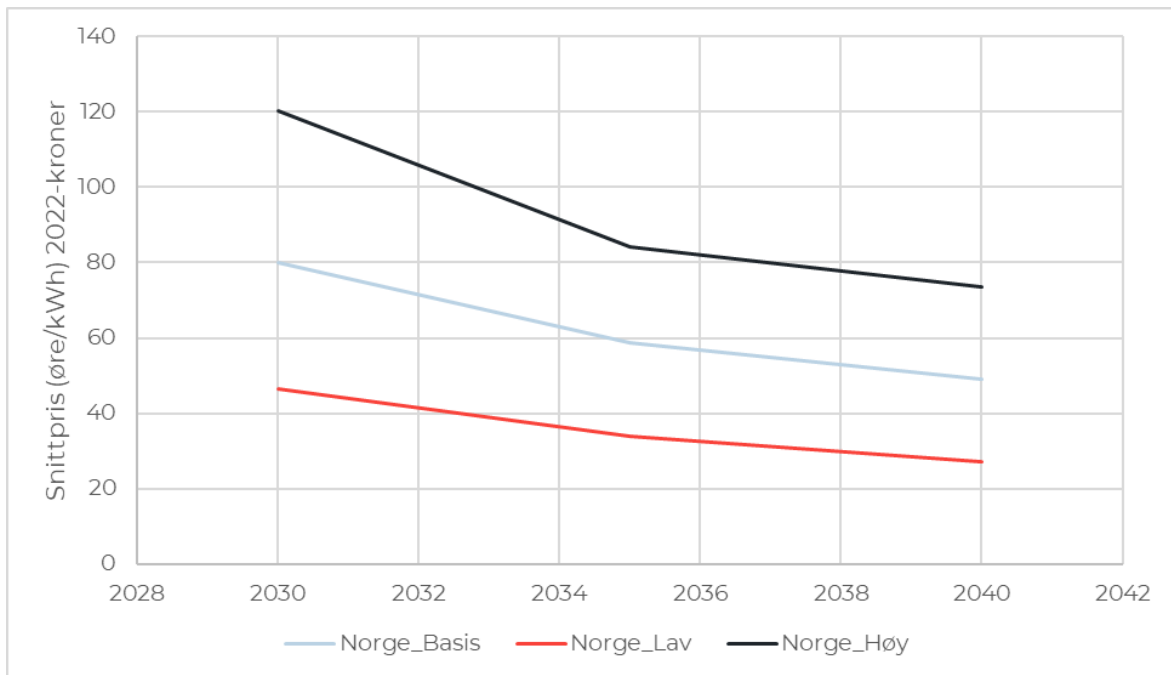
### Prisene på kraft vil være presset fram mot 2030 for deretter å kunne normaliseres

NVE (2023) forventer et press på kraftressursene fram mot 2030. Dette viser også NVE at vil gi høyere priser enn normalt i denne perioden (se Figur 8) og særlig for prisområdene sør i Norge. Etter 2030 forventer NVE at kraftproduksjonen tar seg opp som vil imøtekomme det økte kraftforbruket.

Med en forutsetning om at Norge innfrir sine klimaforpliktelser forventer Statnett (2023) et moderat kraftoverskudd (5-7 TWh i perioden 2035-2050, mot 17 TWh i 2022). På kort sikt (fram mot 2030) melder Statnett, i likhet med NVE, at det kan være underskudd på kraft. Statnett har i sine beregninger et netto underskudd på 3 TWh for denne perioden.

I NVE (2023) er det laget prognoser for kraftprisene fram mot 2040. I figuren nedenfor gjengis landsgjennomsnittet basert på de fem prisområdene. Prisbildet er svært usikkert, men trenden i NVE sine prognoser vil det være fallende strømpriser fram mot 2040. Fallet er størst mellom 2030-2033, og vil deretter flate ut på et lavere nivå, men noe høyere priser enn vi har vært vant med, særlig i perioden fram til 2030. Prognosene spriker en god del mellom høy, lav og basisprognose, og avhenger av produksjon og forbruk som har vært diskutert i dette kapittelet. I disse prognosene er det forutsatt at Norge ikke når sine klimamål, verken i 2030 eller i 2050.

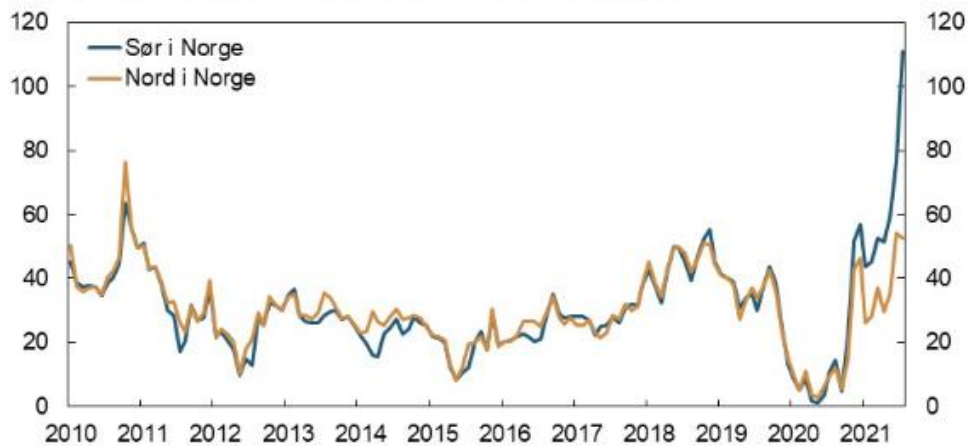
Kraft har en svært stor andel av energibehovet innen jernbane – høyest av alle transportformer i Norge. Dette gjør jernbanen særlig sårbar for økte kraftpriser. Trolig vil jernbanen unngå de største svingningene i kraftpris som følge av at kraften i stor grad handles inn gjennom langsiktige kraftavtaler (via Bane NOR Energi og Eress). Imidlertid vil trolig kraftprisene på langsiktige avtaler også gå opp som vil gi store kostnadsøkninger for sektoren. Historiske kraftpriser i perioden 2010-2020 har i Norge ligget rundt 30 øre per kilowatttime ifølge Norges bank (2021).



Figur 8 Snittpriser (øre/kWh) på strøm 2030-2040. Norge 2022-kroner. Kilde: Snitt basert på NVE (2023)

## Norske kraftpriser

Øre per kilowatttime, Mars 2010 – september 2021



Figur 9 Historiske kraftpriser Norge. Kilde: Norges bank (2021)

### 3.1.2 Fossile drivstoff

**Fossile energibærere står for om lag en tredel av norske klimagassutslipp og må skiftes ut for å oppnå klimamålene**

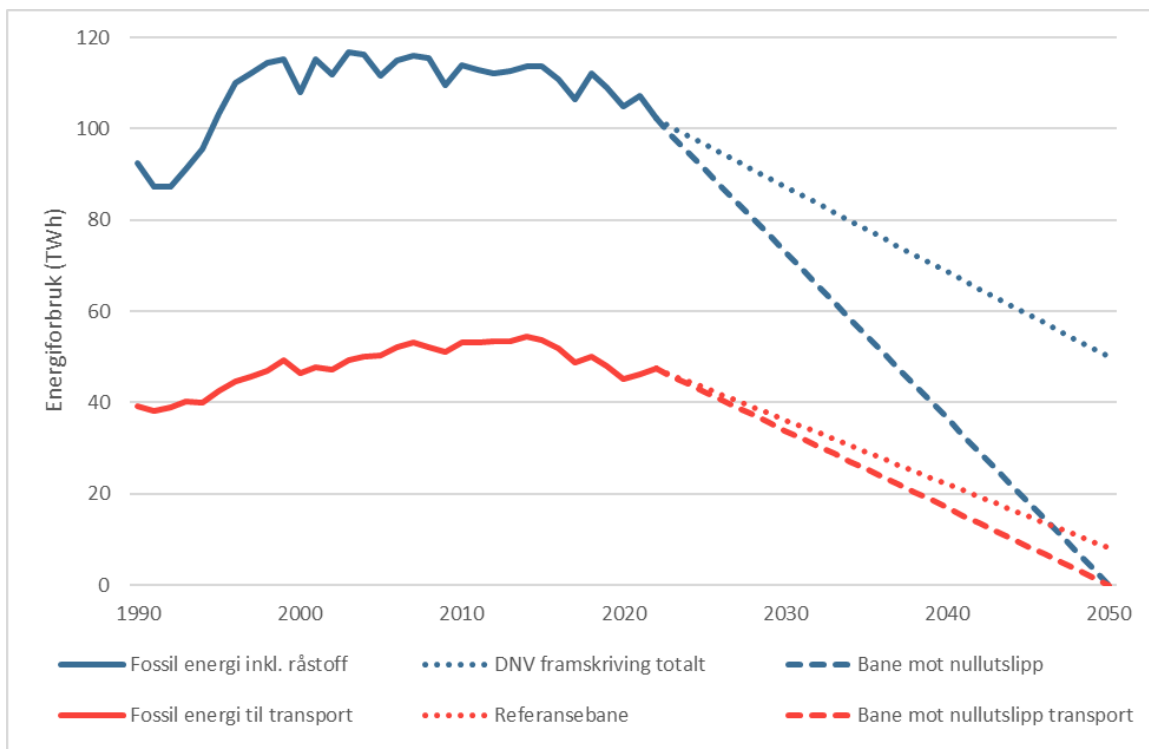
Gitt kjente reserver av olje, kan det ikke forventes noen reell knapphet på fossilt drivstoff til transportsektoren. Dersom klimamålene skal nås, må imidlertid fossile energikilder fases ut fram mot 2050. I dag står fossile drivstoff i transportsektoren for omtrent en tredel av klimagassutslippene i Norge

(Miljødirektoratet, 2023, SSB, 2023). NOU 2023:3 (s.11) fra Energikommisjonen legger vekt på at det er tidskrittisk å øke utbyggingstakten av kraft for å komme så nær klimamålene i 2030 som mulig.

Overgangen til nullutslippsteknologi i hele transportsektoren blir i denne sammenhengen sentral. Her forventes en videre vekst i bruken av batteriteknologi og at disse vil bli billigere og med lengre rekkevidde. Dette vil være en driver for økt nybilsalg av nullutslippskjøretøy fram mot 2050. Hvor raskt nullutslippskjøretøy står for hele nybilsalget og hvor raskt norske husholdninger og virksomheter kvitter seg med gamle, fossile kjøretøy vil være avgjørende for hvor raskt fossile drivstoff ikke lenger etterspørres i transportsektoren.

TØI har på oppdrag fra transportvirksomhetene som utarbeider NTP framskrevet transportarbeid og fordeling mellom ulike transportmidler. Sammen med framskrevet utvikling av kjøretøyflåten på vei til Nasjonalbudsjettet 2021, vil andelen nullutslipp øke fram mot 2050.

Imidlertid er det store deler av transportsektoren som per i dag ikke har noen reelle nullutslippsalternativer til energibærere som skip og fly samt en del tungtransport. Som vist i figuren under er det stor avstand mellom DNVs prognose og utvikling mot nullutslipp innen 2050. Hvor raskt de minst modne nullutslippsteknologiene vil utvikles framover vil være avgjørende for omstillingstakten mot nullutslipp.



Figur 10 Historisk og forventet utvikling i bruk av fossile energibærere, inkl. som råstoff (Kilder: SSB tabell 11561 for historisk, DNV 2021, TØIs grunnprognoser til NTP2025-2036, Nasjonalbudsjettet 2021)<sup>8</sup>

### 3.1.3 Biodrivstoff

#### **Biodrivstoff er en begrenset ressurs og bruken bør være strategisk rettet mot former for transport som har minst moden nullutslippsteknologi**

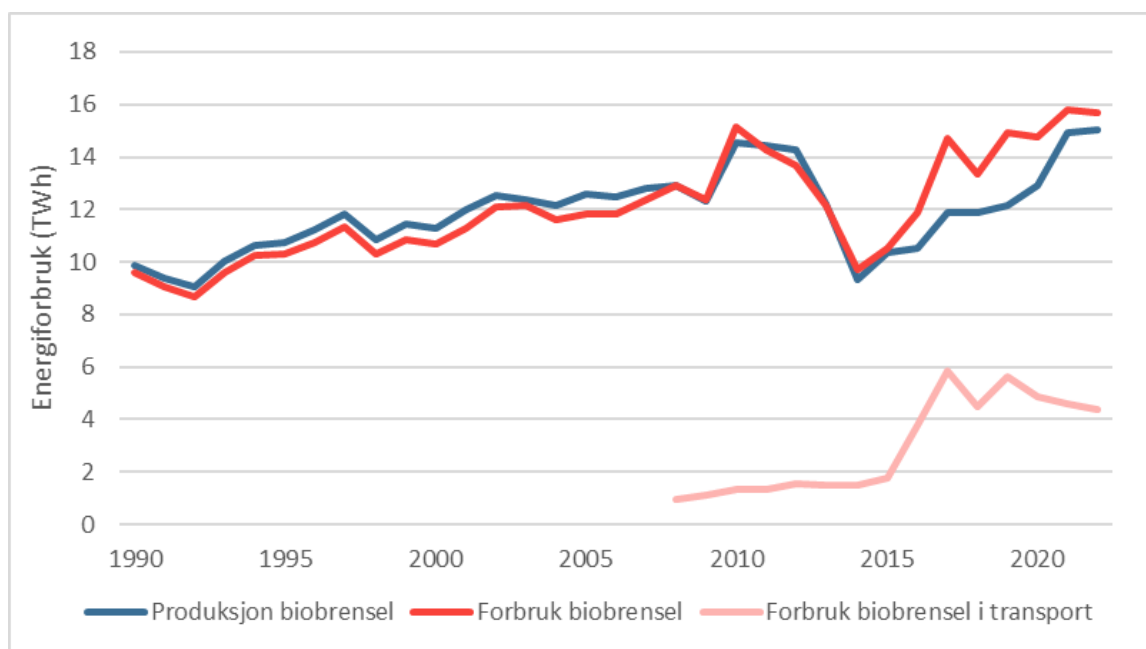
Avansert biodrivstoff lages av biologiske materialer, fortrinnsvis avfalls- og restmaterialer. Det er en begrenset ressurs, i den forstand at mange bioressurser egner seg bedre til andre formål enn energiproduksjon, og det vil være ekstremt arealkrevende å hente ut store mengder råstoff for å øke produksjonen av biodrivstoff nok til å møte energibehovene i framtidens transportsektor. Eksempelvis viser

<sup>8</sup> Referansebanen tar utgangspunkt i 74% av det innenlandske transportarbeidet, jf. beregningsmodellen *Motus*.



en analyse av Argus Media at global produksjon av avansert biodiesel (HVO og andre typer biodiesel) er under 8 milliarder liter i 2023, og estimert til å kunne øke til 15 milliarder liter i 2035. Til sammenligning var totalt salg av drivstoff i Norge på omtrent 9 mrd. liter i 2022, ifølge SSB<sup>9</sup>, og det er lite realistisk å anta at verdens totale produksjon blir brukt til å dekke Norges behov alene.

I dag brukes bioråstoff innen mange næringer og har også en viss innblandingsprosent i drivstoff – såkalt avansert biodrivstoff (HVO). Dersom mye av denne energien skal tilgjengeliggjøres til transportsektoren blir det mindre til andre næringer. Også internt i transportsektoren kan det være nyttig å tenke strategisk over hvor biodrivstoffet anvendes, ettersom eksempelvis flybransjen vil ha en mer krevende overgang til nullutslipp enn personbiler, som allerede har kommet langt i bruken av batterier.



Figur 11 Historisk produksjon og forbruk av biobrensel (SSB tabell 11561)

### 3.1.4 Hydrogen

**Etableringen av et velfungerende hydrogenmarked vil trolig være avgjørende for å oppnå nullutslipp innen hele transportsektoren**

Selv med storstilt utvikling innenfor batteriteknologi vil trolig en del transportmidler fortsatt være avhengig av en annen energibærer enn batteristrøm. Batterier er per i dag for tunge og tar for lang tid å lade for å fungere innen en del tungtransport, skipsfart og større fly. I dag er ulike former for diesel energiformen som benyttes innenfor disse transportmidlene. Hydrogen framheves som en aktuell energibærer for å sikre nullutslipp for hele transportsektoren.

Overgangen til nullutslippssamfunnet vil føre med seg storstilt utbygging av ikke-regulerbar sol- og vindkraft. En måte å fange opp overproduksjonen på vil være gjennom hydrogenproduksjon. Statnett (2023) forutsetter at elektrolysekapasiteten i Norge vil øke betydelig fram mot 2050 i takt med at overskuddsenergien fra uregulerbar kraft øker betydelig. Virkningsgraden ved produksjon av grønt hydrogen og ammoniakk er lav og det vil derfor gå med mer kraft ved å produsere disse energiformene som energibærer i transportsektoren enn å utnytte kraften direkte gjennom eksempelvis batteri. På grunn av lav virkningsgrad vil produksjon av hydrogen bare være lønnsomt i perioder med høyt innslag av overproduksjon av uregulerbar kraft med få alternative bruksområder for denne kraften.

<sup>9</sup> <https://www.ssb.no/energi-og-industri/olje-og-gass/statistikk/sal-av-petroleumsprodukt>

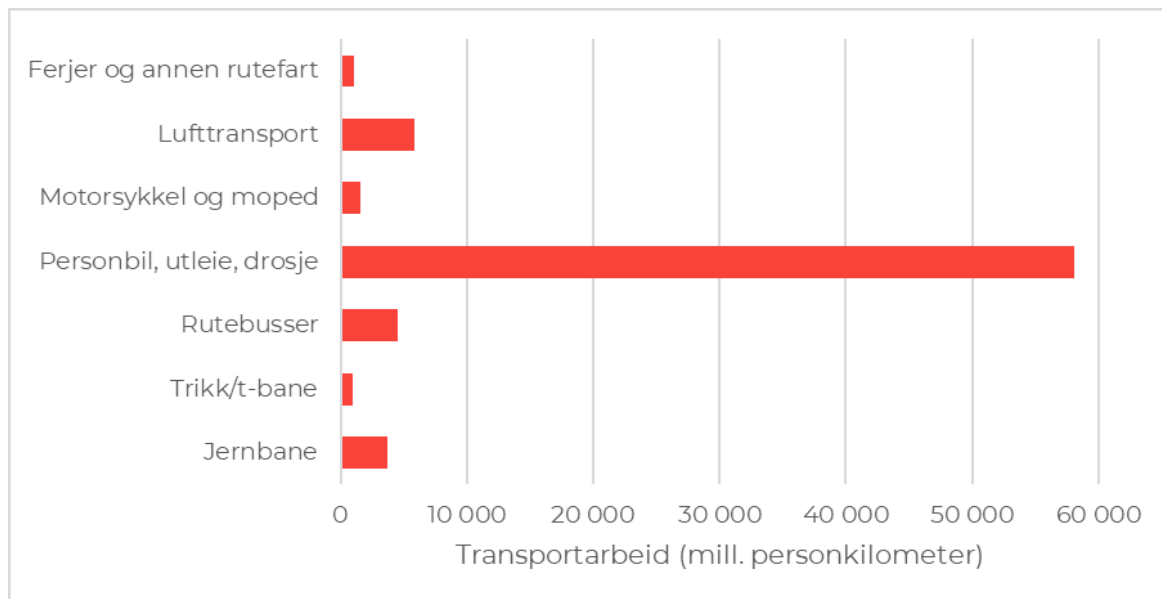
Statnett (2023) legger til grunn stor hydrogenproduksjon i sitt basisscenario. I 2050 forutsetter Statnett (2023) at omkring 25 % av norsk kraftforbruk går til hydrogenproduksjon. Mye av hydrogenet (produsert på kraft, eller med gass med CO<sub>2</sub>-lagring i tomme oljefelt i Nordsjøen (Equinor, 2023)) vil etter planen sendes i rør til Tyskland, eller til ammoniakkproduksjon (Yara, 2023) som er særlig tiltenkt skipsfart.

Tilbudet av hydrogen som drivstoff vil i stor grad avhenge av hvor vellykket og hvor stor utbyggingen av den uregulerte kraften blir og lønnsomheten i sektoren. Statnett (2023) påpeker eksempelvis at geologien i Finland og Sverige ikke er like egnet som på kontinentet til å utvikle billig lagring av hydrogen i saltgruver. Bruken i Norge kan derfor også være avhengig av utvikling av gode logistikk-løsninger og lagringsalternativer.

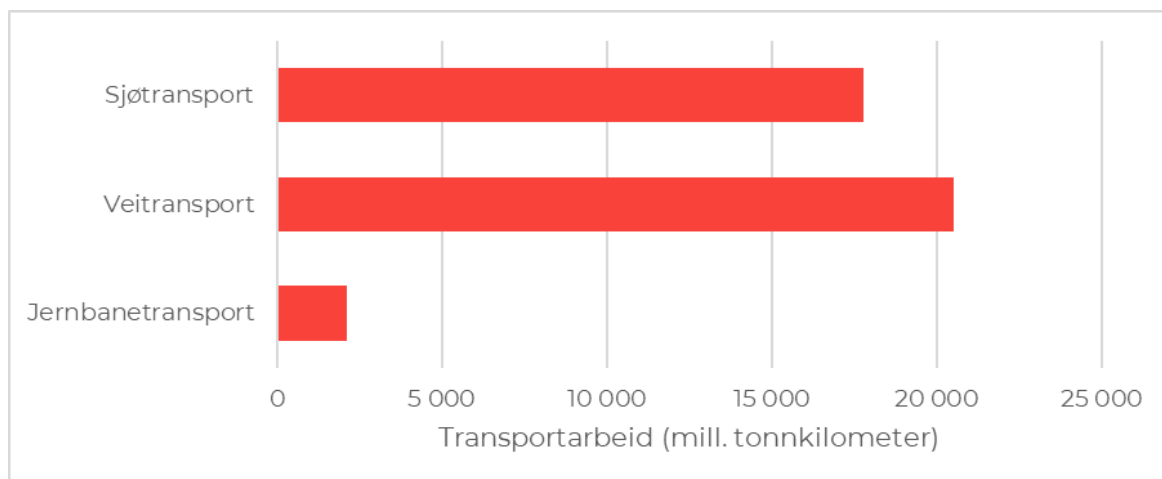
## 4 Transportmidler og -energibærere

Transportarbeidet i Norge er i dag fordelt på svært mange ulike transportmidler. Disse har ulike bruksmønstre og beveger seg på og gjennom ulike medium. Transportmidlene deles som oftest inn etter hvilket medium de beveger seg på eller gjennom: vei, bane, sjø eller luft. I rapporten vil disse omtales som «mode». Mode kan deles inn i to overordnede segmenter – de som brukes til persontransport og de som brukes til godstransport. Innenfor hvert segment finnes ulike transportmiddelkategorier.

Som figurene under viser, har de ulike transportmidlene ulike roller og ulik andel av transportarbeidet.



Figur 12 Transportarbeid for persontransport i 2019 (SSB tabell 03982)



Figur 13 Transportarbeid for godstransport (inkl. kabotasje) i 2019 (SSB tabell 11403)

For å gjøre en vurdering av energiforbruket i transportsektoren, er transportarbeidet i Norge forenklet ned til noen få overordnede kategorier, der de som dominerer statistikken er valgt ut. WSP har bygget opp en egen beregningsmodell (Motus) som verktøy for beregningene.

Tabell 1 Transportmiddelkategorier for gods- og persontransport som inngår i beregningsmodellen

Mode	Transportmiddelkategorier for persontransport	Transportmiddelkategorier for godstransport
Vei	Personbil	Lastebil
	Buss	
Bane	Persontog	Godstog
Sjø	Ferje	Stykkogdsskip
Luft	Fly	

For hver transportmiddelkategori er det lagt til grunn 1-5 ulike energibærere, som beskrevet i følgende tabell. Vurderingen av hvilke energibærere som inngår er basert på dagens andeler av transportarbeidet og prognoser og forventninger om hvilke energibærere som vil erstatte fossile drivstoff. Miljødirektoratets rapport om kraftbehov til transport (Miljødirektoratet 2022) er blant annet lagt til grunn for vurderingen av hvilke energibærere som inngår.

Av hensyn til oppdragets omfang er antallet kombinasjoner av transportmiddel- og energibærere begrenset til de kombinasjonene som beskrives i tabellen under. Som følge av omsetningskrav til biodrivstoff, er det lagt til en bio-basert energibærer som er egnet for innblanding med det fossile drivstoffet som er lagt til grunn, samt e-fuel for flytransporten. For personbiler er det fossile segmentet forenklet til kun diesel som energibærer.

Tabell 2 Transportmiddeltype- og energibærerkombinasjoner som er implementert i beregningsmodellen. Persontransport og godstransport.

Transportmiddel-type	Elkraft	Fossil	Biodrivstoff m.m.	Hydrogen
Persontransport				
Persontog	Banestrøm*	Diesel fossil	Diesel bio	
Lettbane	Banestrøm			
Personbil	Punktlading (batteri)	Diesel fossil	Diesel bio	
Buss	Punktlading (batteri)	Diesel fossil	Diesel bio	
Fly		Flydrivstoff fossil	Flydrivstoff bio	Hydrogen grønn
			Flydrivstoff e-fuel	Hydrogen blå
Bilferjer	Punktlading (batteri)	MGO fossil	MGO bio	Hydrogen grønn
				Hydrogen blå
Godstransport				
Godstog	Banestrøm*	Diesel fossil	Diesel bio	
Lastebil	Punktlading (batteri)	Diesel fossil	Diesel bio	Hydrogen grønn
				Hydrogen blå

Stykkodsskip	MGO fossil	MGO bio	Ammoniakk grønn
			Ammoniakk blå

\*Banestrøm benyttes på jernbanen også ved forutsetning om overgang til lading av batteri i fart, slik utredet i KVV GREEN.

Det er flere mulige og aktuelle kombinasjoner som ikke er nevnt i tabellen, og etter hvert som nye energibærere utvikles og tas i bruk som erstatning for fossile drivstoff, forventes antallet aktuelle kandidater å øke. Dersom man ønsker å se på ytterligere energibærere for en transportmiddeltype, supplere med nye transportmiddeltyper, eller gjøre en finere inndeling innenfor en energibærerkategori, er det mulig å utvide beregningsmodellen med disse, forutsatt at man har tilgang på nødvendig informasjon.

Som tabellen viser, er kontaktledning og batteri på bane håndtert som den samme løsningen. Det skyldes at de har svært likt energiforbruk, og de forsynes av banestrøm.

For hver av disse transportmiddel- og energibærerkombinasjonene er det identifisert et representativt transportmiddel som legges til grunn i beregningsmodellen. For hver energibærer er stort sett én produksjonsmetode forutsatt i beregningen. For hydrogen og ammoniakk er imidlertid både grønt og blått hydrogen vurdert, og for elkraft skilles det mellom banestrømforsyning og punktlading.

Det henvises til Kapittel 11 - Vedlegg 1 for nærmere beskrivelse av de konkrete forutsetninger som er lagt til grunn i beregningsmodellen.

# 5 Energieffektivitetsfortrinn

Energieffektivitetsfortrinn, slik det er benyttet i denne rapporten, henviser til hvor mye eller lite energi en gitt transport vil kreve sammenlignet med en annen. I det følgende kapittelet vil dette temaet belyses gjennom et overordnet bilde på energiforbruk for transport av ett tonn eller én person over én kilometer.

Gjennomgangen viser at det er store variasjoner i energiforbruk mellom de aktuelle transportmidlene. Hvor mye energi som brukes av et transportmiddel, avhenger av flere sentrale faktorer:

- Motorteknologi: Er det en forbrenningsmotor, en brenselcellemotor, eller en ren elektrisk motor?<sup>10</sup>
- Transportmedium: Beveger transportmiddelet seg på asfalt, på stålskiner, i vann eller i luft?
- Transportmidlets vekt: Hvor mye veier transportmidlet og eventuelle lastbærere?

I tillegg påvirkes energiforbruket av to faktorer som ikke direkte avhenger av selve transportmidlet, og hvor menneskelige faktorer, i samspill med støtteteknologier (slik som automatisk framføring, krengetog), er avgjørende.

- Adferd: Hvor energieffektivt framføres transportmidlet?
- Hastighet: Hvor raskt beveger transportmidlet seg?
- Bakker og svinger, samt kurvatur

Hvor mye energi som brukes på en gjennomsnittlig person- eller tonnkilometer avhenger også av hvor mye som fraktes med det aktuelle transportmidlet (gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse):

- Transportkapasitet: Hvor mange eller mye kan fraktes per transportmiddel, og i hvilken grad brukes denne kapasiteten i en gjennomsnittlig transport?

I figurene og diskusjonen som følger, brukes i stor grad tall for 2019 som representativt for dagens situasjon. 2020 baserer seg i stor grad på tall fra 2019 for å ta høyde for ujevnheter i dataene som følge av pandemien, særlig de som omhandler persontransport. Det skyldes at kildedokumentene for energiforbruk har noe variasjon i dato og tidsperspektiv. Det er en god del usikkerhet knyttet til utviklingen av energieffektiviteten i transportmidlene og i produksjonskjeden fram mot 2060. Prognoser og forskningsrapporter er kartlagt for å sannsynliggjøre den langsiktige utviklingen, men det er nødvendigvis usikkert om det som har latt seg gjøre i laboratorier de seneste årene vil implementeres i store deler av kjøretøy- og fartøyflåtene fram mot 2060. På den annen side kan det også hende at nye teknologiske gjennombrudd i årene som kommer vil prege den transportmiddelflåten vi har i 2060.

Det er lagt til grunn en 15 % energieffektivisering i alle transportmidler, som omfatter endringer i motorteknologi, kjøretøyets vekt, samt føreradferd. Det er tatt utgangspunkt i forskningsartikler som beskriver hva laboratoriestudier antyder at vil være mulig for forbrenningsmotorer, elmotorer, brenselcelleteknologi osv. Anslagene ligger på om lag 25% effektivisering for de fleste teknologier, men det er spredning i anslagene. Det er i beregningene lagt til grunn et mer konservativt anslag på 15% energieffektivisering i referansescenario, og 30% i teknologioptimist scenario for alle transportmidler. I denne effektiviseringsgevinsten ligger følgende type effekter (ikke kun effektivisering av motoren):

- Utskifting av dagens kjøretøyflåte til mer energieffektiv teknologi som allerede finnes på markedet
- Forbedringer i motorteknologi ut over det som finnes på markedet i dag
- Forbedringer i transportmidlenes vekt og aerodynamikk og annet som innvirker på energiforbruk
- Mer energieffektiv kjøreadferd som følge av bl.a. økt automasjon og/eller systemer som hjelper føreren å kjøre mer energieffektivt

---

<sup>10</sup> I praksis brukes brenselceller og i noen tilfeller også forbrenningsmotorer (typisk på jernbanen) til å utvinne elektrisitet som så mates inn i en elektrisk motor. Det er imidlertid store energitap i denne omdanningsprosessen, som normalt er enda større i forbrenningsmotorer enn i brenselceller. Energitalpet ved mating fra strømførende ledning/kabel (jernbane og lettbane) eller batteri er betydelig mindre.

Det påpekes at vurderingen og drøftingen kun tar utgangspunkt i energiforbruk som følge av selve transporten. Energiforbruk til produksjon av kjøretøy/fartøy og infrastruktur til fylling, lading eller strømovertføring, samt infrastruktur og/eller transportmidler til distribusjon av energien, inngår ikke i analysen.

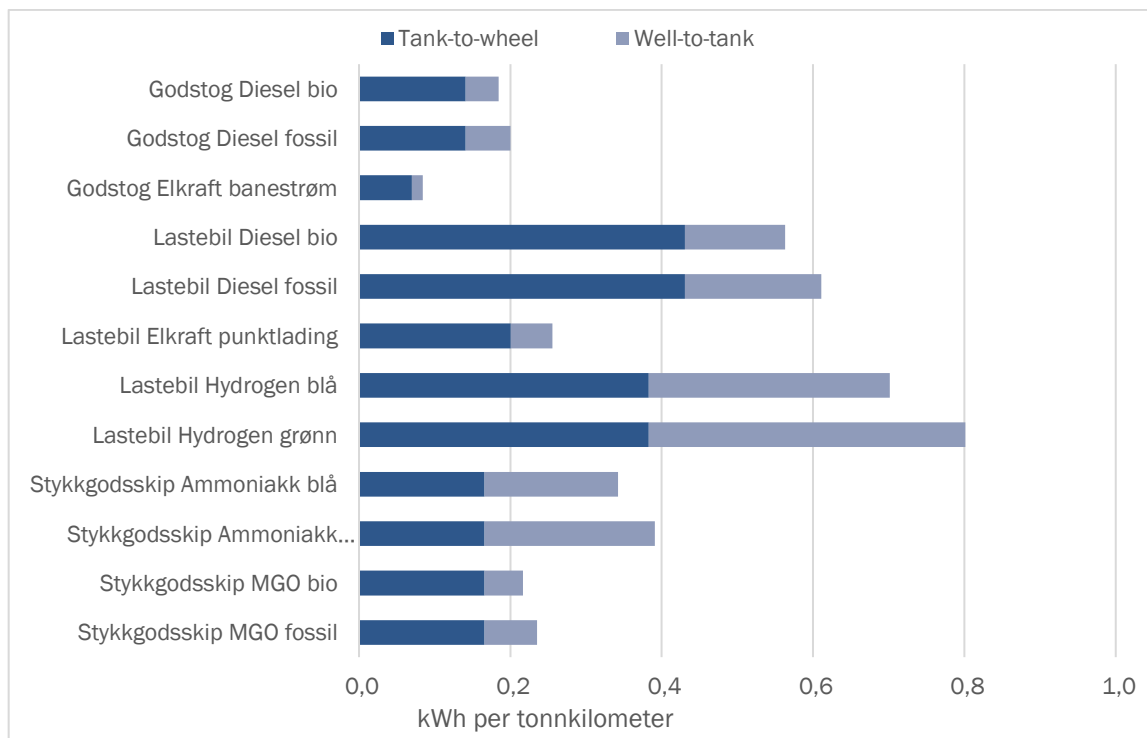
I det følgende vises resultater fra beregningsmodellen *Motus*. Det henvises til Kapittel 11 - Vedlegg 1 for nærmere beskrivelse av informasjonskilder, forutsetninger for analysen og metodiske valg.

## 5.1 Godstransport

### 5.1.1 Energiforbruk

Vurderingen av det relative energiforbruket for godstransporten viser tydelig effekten av ulike motorteknologi. Innenfor hver transportmiddeltype er det elektrisk motor med kontaktledning eller batteri som energibærer som gir lavest energiforbruk. Det er også en forskjell i størrelsesorden mellom tog og lastebil som transportform. Toget har den fordel at det kan frakte store mengder. Dette, kombinert med at stålhjul mot stålskinne gir mindre friksjon, gir lavere energibehov per tonn enn transport med lastebil.

Energi behovet per tonnkilometer for elektriske lastebiler er noe høyere enn godstog med diesel og biodiesel, men her kan det forventes at individuelle forskjeller mellom transportmiddel (bl.a. som følge av alder, utnyttelse av ombordkapasiteten, etc.) i praksis vil avgjøre hvilket transportmiddel som er mest energieffektivt. I et energiperspektiv kan dieseldrevne godstog dermed vurderes som like energieffektive løsninger, i alle fall inntil elektriske lastebiler videreutvikles.



Figur 14 Energiforbruk tank-to-wheel og well-to-tank per tonnkilometer for ulike transportmiddel- og energibærerkombinasjoner for godstransporten i dag

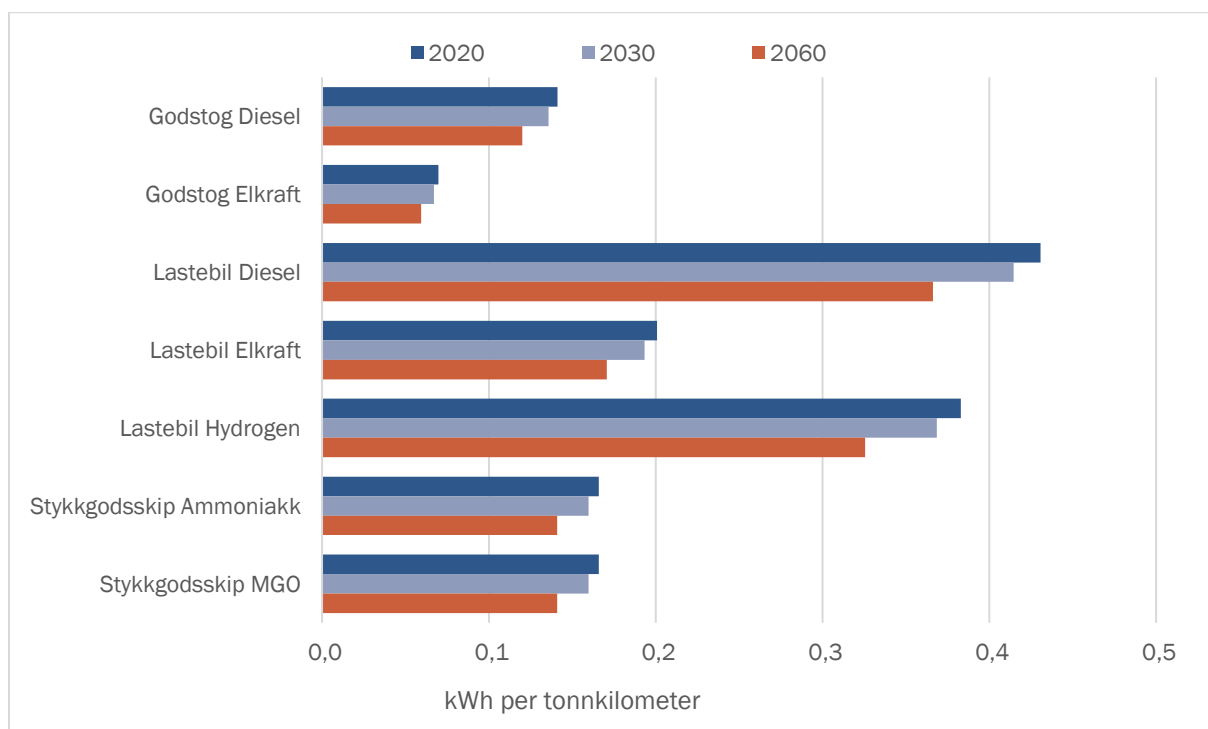
### 5.1.2 Utvikling i energiforbruk

Det vil være en utvikling innen motorteknologi og effektivisering ved framstilling av energi fram mot 2060. Det er usikkerhet knyttet til denne utviklingen, og vanskelig å vurdere potensialet i én teknologi og energikilder opp mot andre. Det er derfor forutsatt en generell forbedring på 15 % fram mot 2060 for alle

transportmidler i beregningsmodellen, se Figur 15. For energibærerne videreføres dagens verdier for energieffektivitet. Dette er en forenkling som er gjort for å redusere utfallet av skjønnsmessige vurderinger for hvert enkelt transportmiddel og energibærer, se drøfting innledningsvis i kapittel 5.

Det forventede utviklingsbildet er preget av at det for elektriske transportmidler og framstilling av elektrisitet er ganske energieffektive løsninger som benyttes i dag. Det pågår en rask utvikling av nye batterier innen både personbil (som har kommet lengst) og tyngre kjøretøy, og trolig vil det være forbedringer av dagens teknologier frem mot 2060 eller nye batterityper på markedet.

Selv om disse har relativt likt energiforbruk i dag, er forbrenningsmotoren en mye mer moden teknologi enn brenselceller, der mye av potensialet for energieffektivisering allerede er realisert. Det samme gjelder well-to-tank energiforbruk, der storskala produksjon av grønt hydrogen og ammoniakk er veldig tidlig i utviklingsløpet, i motsetning til utvinning og raffinering av fossile drivstoff. Derfor en trolig verdien for energieffektivisering knyttet til nye energibærere konservativt i modellen. Dagens verdier er valgt på grunn av svært høy usikkerhet knyttet til fremtidige anslag.



Figur 15 Energiforbruk tank-to-wheel per tonnkilometer for ulike transportmiddel- og energibærerkombinasjoner for godstransport i dag, i 2030 og i 2060

### 5.1.3 Effekt av transportkapasitetutnyttelse

I hvilken grad transportkapasiteten om bord i et transportmiddel brukes fullt ut eller ikke, har stor innvirkning på energiforbruket per tonn. Det er to forhold som innvirker på transportkapasitetutnyttelsen. Den ene er om kjøretøyet fylles opp med maks antall lastbærere (maks antall containere ol.). Den andre er hvor fulle lastbærerne er i snitt. Figuren under viser effekten av å øke antallet lastbærere per kjøretøy til maks. Det er fremdeles forutsatt gjennomsnittlig fyllingsgrad i selve lastbærerne.

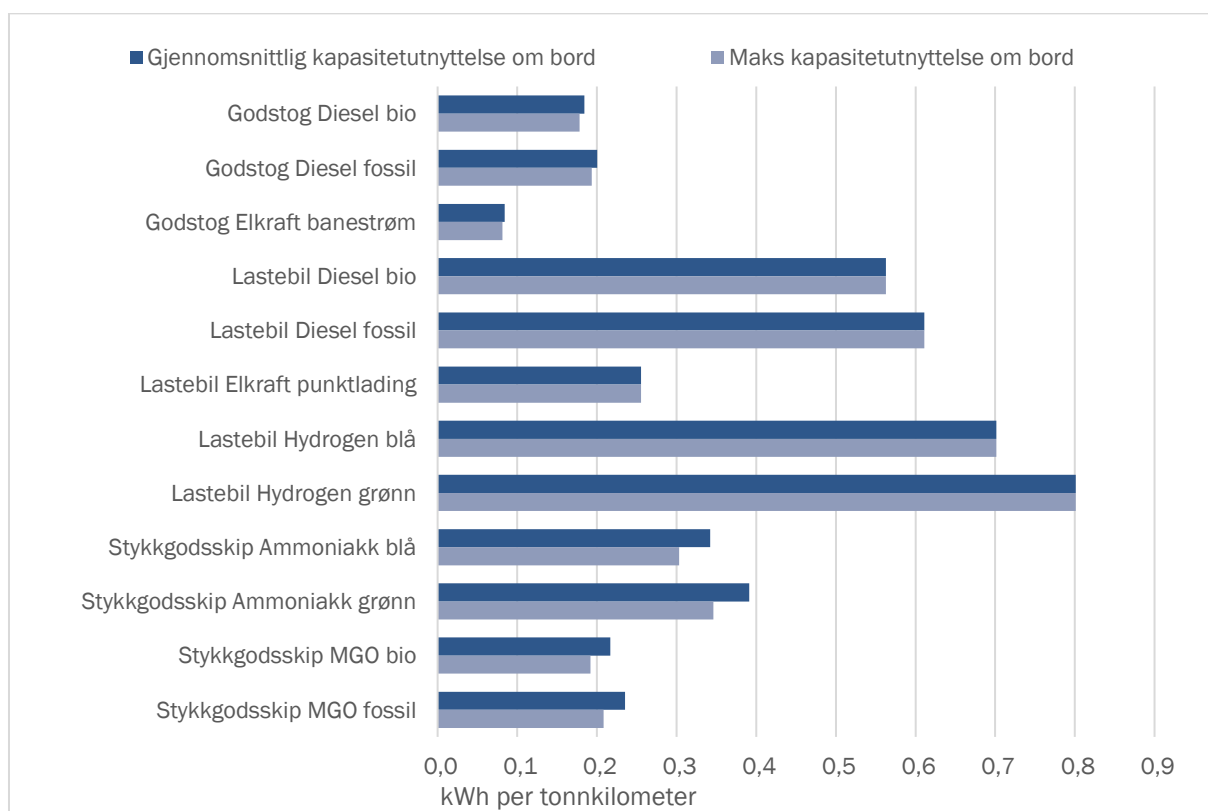
Det er i analysen forutsatt lastebiler med plass til én containere, og den tar ikke høyde for muligheten for å bytte til lastebiler som har plass til to semitrailere per lastebil. Dette er en forenkling, ettersom det ikke foreligger data på i hvilken grad lastebiler kjører uten lastbærere. Det foreligger imidlertid data fra SSB som viser at lastebilene kjøres uten last ca. 39 % av kjørte kilometer (finn kilde). Dette fanges opp i gjennomsnittlig kapasitetutnyttelse i lastbærerne, og utgjør et betydelig effektiviseringspotensial.



For de andre transportmidlene er det forutsatt 76 % utnyttelse av ombordkapasiteten i togstammen på jernbanen, og 69 % på skip. I figuren under, er denne kapasitetsutnyttelsen økt til 100 %. Forsjøtransporten er kapasitetsutnyttelsen viktig for energieffektiviteten, ettersom størrelsen på transportmidlet ikke skaleres opp eller ned iht. fraktmengden. På jernbanen så er det forutsatt at togstammen skaleres opp med antallet lastbærere (dvs. at det i liten grad kjøres tomme vogner), og effektiviseringspotensialet består da i å øke togstammens lengde. Det er en forenkling som nok bidrar til å underdrive effektiviseringspotensialet på jernbanen.

Det er imidlertid også potensiale for økning i kapasitetsutnyttelsen om bord lastbærerne på vei, jernbane og sjøtransporten som ikke fanges opp i Figur 16. Hvor stort dette potensialet er foreligger det ikke data for, ettersom det ofte er volum og ikke vekt som begrenser fyllingsgraden i containere for mange intermodale vareslag (som er de det er fokusert på her). Fraktdata foreligger imidlertid kun i tonn. Når vi ser på andelen tomme containere, eller sammenligner med gjennomsnittlig fyllingsgrad på vei, ser vi at det potensielt er mulig å effektivisere energiforbruket per transporterte tonn mye dersom kapasitetsutnyttelsen om bord i lastbærerne økes.

Som en forenkling i metoden er ikke energitettheten og vekt for den enkelte energibærer inkludert i analysen. Ved videreutvikling av modellen er dette mulig å innarbeide, da det vil påvirke rekkevidde og lastekapasitet.



Figur 16 Energiforbruk well-to-wheel per tonnkilometer i dag, forutsatt gjennomsnittlig og maks kapasitetsutnyttelse av plassen om bord (maks antall lastbærere)

## 5.2 Persontransport

### 5.2.1 Energiforbruk

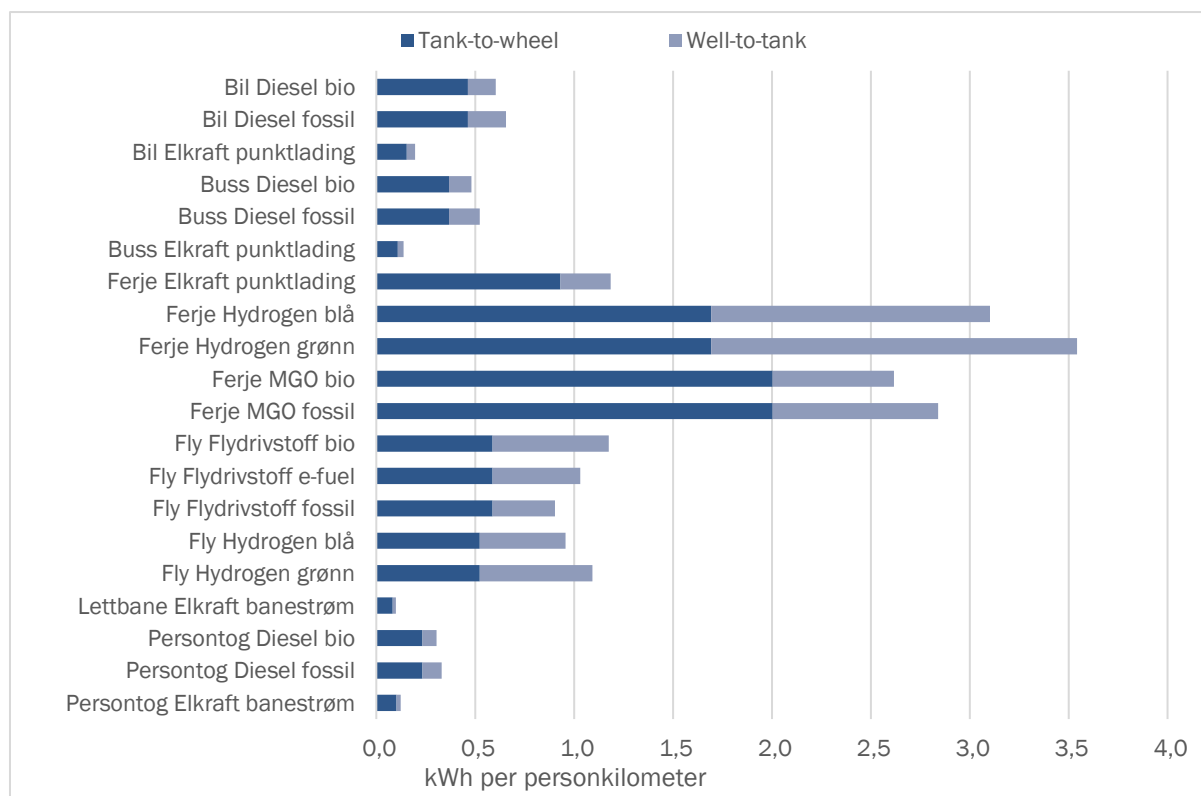
For persontransporten så ser vi at det mest avgjørende for energiforbruket er om transporten foregår på land, i vann eller i luften. Det å løfte lasten (de reisende) opp i luften, og hastighetene som flytransporten krever, gir betydelig høyere energiforbruk enn for landgående transport.

Innenfor den landgående transporten ser vi igjen at motorteknologi, og spesielt om motoren er en ren elektrisk motor eller om den omsetter energi fra et drivstoff, er avgjørende for energieffektiviteten.

Den transportformen som kommer ut som aller mest energieffektiv er lettbane. Det skyldes at den har de beste forutsetningene på alle punkter, framfor øvrige transportmidler: Den går på stålhjul mot stålskiner og har dermed lav friksjon samtidig som den er et rent elektrisk transportmiddel med små energitap well-to-wheel. Sammenlignet med persontog, som har de øvrige fordelene, har den en lettere konstruksjon. Dette har sammenheng med at den ikke skal opp i like store hastigheter. Som følge av at lettbane brukes til relativt korte reiser og er større og mer stabil enn en buss, har den også størst ombordkapasitet per lengdemeter, sammenlignet med tog og buss. For å gjøre en «rettferdig» sammenligning mellom transportmidlene, må det også hensyntas at transportmidlene er tilpasset markedene de betjener. Elektrisk lettbane, buss og lokaltog er gode komplimenter til hverandre i byområdene, og aktuelle erstatninger for bil, spesielt fossile biler. Over lengre distanser er jernbane, ikke lettbane, et aktuelt alternativ til flytransport.

Det transportmidlet som kommer dårligst ut i beregningene er sjøtransport. Det skyldes den store motstanden ferjene møter i vannet, samt relativt lav utnyttelse av kapasiteten om bord. Ferjer er imidlertid sjelden et alternativ til andre transportmidler, men et transportmiddel som inngår som en del av eller et supplement til veitransporten, primært personbiltransporten. Per kilometer kommer ferjer dårligere ut enn fly, men det er verdt å merke seg at en ferjereise sjelden strekker seg mer enn noen få kilometer, mens en flyreise gjerne foretas over flere hundre kilometer.

Det presiseres her også at framstillinger av energieffektivitetsfortrinn, slik det gjengis i Figur 17, først og fremst er relevant som prioriteringskriterium i samfunnssammenheng: Hvilket transportmiddel er det ønskelig å tilrettelegge for at de reisende benytter på en gitt relasjon? Her peker elektrifisering, og landgående transport, framfor lufttransport og sjøtransport, seg ut som de viktigste grepene. Der mange skal fraktes, peker skinnegående transport og buss seg ut som det mest effektive.



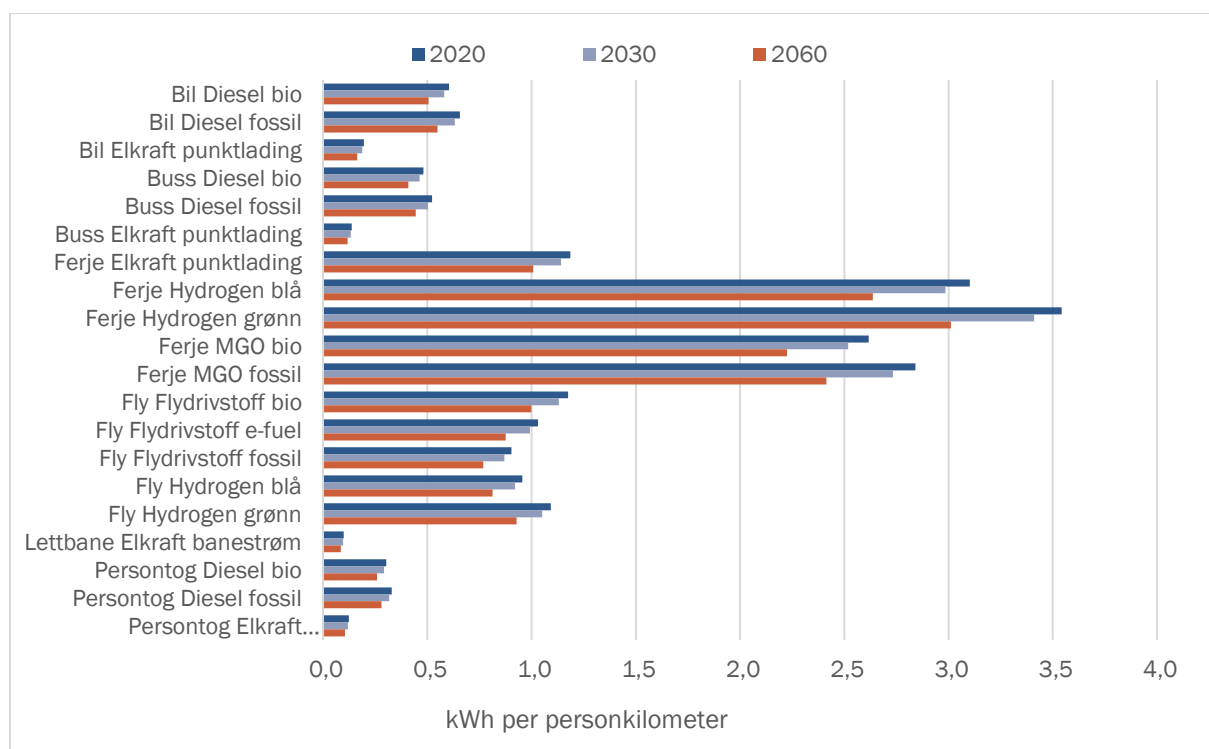
Figur 17 Energiforbruk tank-to-wheel og well-to-tank per tonnkilometer for ulike transportmiddel- og energibærerkombinasjoner for persontransporten i dag.

Figur 17 er på samme måte ikke like relevant som prioriteringskriterium for individer som ønsker å foreta en reise. Dette skyldes at man da ikke er en gjennomsnittlig passasjer, men på kollektive transportmidler vil være en marginal passasjer, dvs. en reisende som kommer i tillegg på en avgang som uansett vil kjøres.

### 5.2.2 Utvikling i energiforbruk per energibærer fram mot 2060

Det er forventet forbedring i energieffektiviteten for alle transportmidler og energikilder fram mot 2060. Som for godstransport, vil den relative forbedringen være størst for de nyeste drivstofftypene (f.eks. hydrogen) og drivstoff med lav energieffektivitet til tross for at de er mer modne teknologier (f.eks. framstilling av fossile drivstoff og forbrenningsmotorer). Biodrivstoff havner i midtsjiktet, i den forstand at well-to-tank delen av verdikjeden er relativt ny, og framtidige teknologiske gjennombrudd kan forventes, mens forbrenningsmotoren er en moden og allikevel lite energieffektiv teknologi.

Figur 18 viser at selv om forbedringer i drivstoffteknologi skulle bli enda større enn forventet, er elektrisk kraft via kontaktledning eller batterier som energikilde det mest energieffektive. Denne vurderingen omfatter imidlertid kun selve energiforbruket til transport, ikke nødvendig infrastruktur eller selve transportmidlet.



Figur 18 Energiforbruk well-to-wheel per tonnkilometer for ulike transportmiddel- og energibærerkombinasjoner for persontransport i dag, i 2030 og i 2060

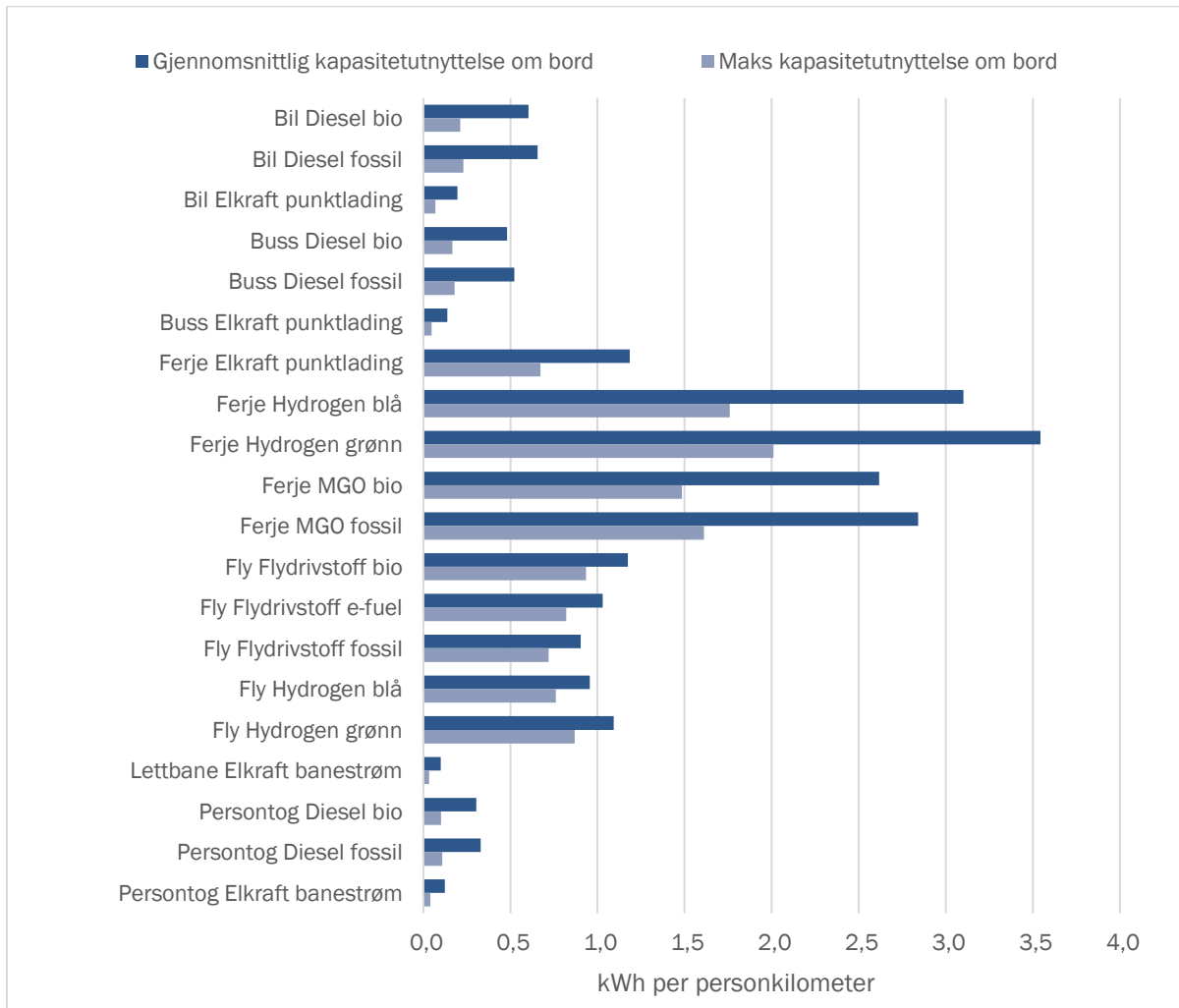
### 5.2.3 Effekt av transportkapasitetutnyttelse

Beregningene viser at det er et betydelig potensiale for å redusere energiforbruket per personkilometer ved å fylle opp kjøretøy og fartøy i større grad enn det som gjøres i dag. Her er potensialet i persontransporten mye større enn for godstransporten.

Det er imidlertid mye mer krevende å fylle opp transportmidlene i virkeligheten enn i en analyse. Samfunnet er innrettet slik at vi reiser mer på ukedagene enn i helgene og retningsbalansen er ikke jevnt over døgnet. Et sete som går til en annen tid eller i en annen retning enn det man ønsker, kan ikke enkelt omdisponeres. Et velfungerende kollektivtilbud krever i tillegg at det kjøres avganger på tidspunkt på døgnet med lavere etterspørsel.

Økt utnyttelse av ombordkapasiteten er imidlertid den rimeligste måten å øke energieffektiviteten i transportsystemet på. Det gir heller ikke behov for flere transportmidler eller mer infrastruktur. Som Figur 19 viser, vil et fullt dieseldrevet tog ha omtrentlig samme energiforbruk per passasjer som et gjennomsnittlig fullt el-tog der ca. 65 av 286 seter blir benyttet. Det er imidlertid ikke et realistisk alternativ å kjøre helt fulle tog hele tiden.

Som en forenkling i metoden er ikke energitettheten og vekt for den enkelte energibærer inkludert i analysen. Ved videreutvikling av modellen er dette mulig å innarbeide, da det vil påvirke rekkevidde og lastekapasitet.



Figur 19 Energiforbruk well-to-wheel per personkilometer i dag, forutsatt gjennomsnittlig og maks kapasitetsutnyttelse.

# 6 Scenarioanalysenes oppbygning

## 6.1 Referansebanen

Som grunnlag etableres en referansebane/scenario basert på etablert statistikk og prognoser. Referansescenarioet er sentralt for analysene ved at det fastsetter den mest sannsynlige utviklingen av transportarbeid for gods- og persontransport over analyseperioden. Referansebanen representerer et grunnlag med framtidig utvikling ved en videreføring av dagens politikk. Det gjelder utviklingen i transportarbeid, men også utviklingen i fordeling mellom energibærere og den teknologiske utviklingen.

## 6.2 Scenarioene

Mot referansebanen måles tre scenarier for utvikling i energiforbruk og -effektivitet i transportsektoren. Scenarioene representerer tre ulike strategier for å oppnå nullutslipp for transportsektoren. Ved å tydeliggjøre egenskapene i hvert scenario gir det et målbart bilde på effekten av ulike strategier. I Tabell 3 beskrives scenarioene som analyseres.

Tabell 3 Overordnet beskrivelse av strategier og drivere i de analyserte scenarioene

Scenario	Hovedstrategier mot nullutslippssamfunnet	Sentrale drivere
<b>1 Naturvernerens drøm</b>	Redusere transportarbeidet, redusere trafikkarbeidet ved å bruke transportkapasiteten mer effektivt	Gjennom holdningsendringer og målrettet politikk reduseres transportarbeidet og dermed klimautslipp. Optimalisering reduserer trafikkarbeidet per transportarbeid.
<b>2 Samfunnsøkonomens drøm</b>	Flytte transportarbeid til mer energieffektive transportmidler	Prising, avgifter og støtteordninger flytter transportarbeidet over til transportmidler og motorteknologier som er mer energieffektive og har nullutslipp.
<b>3 Teknologioptimistens drøm</b>	Forbedre teknologien i transportmidlene	Teknologisk utvikling gjør transportarbeidet mer klimavennlig i framtiden. Muliggjøres gjennom private og offentlige investeringer og høy bruk av ny teknologi.

For å realisere nullutslippssamfunnet, er imidlertid alle scenarioene avhengige av å flytte transportarbeidet til transportmidler uten utslipp av klimagasser, ettersom en reduksjon i transport (scenario 1) eller effektivisering av energiforbruket i transportmidlene (scenario 3) ikke alene er tilstrekkelig.

Gjennom en egen beregningsmodell (Motus) utviklet for dette formålet beregnes og måles effektene på direkte og indirekte energibruk, og gjennom dette beregnes konsekvensene for utslipp av klimagasser. Målet med analysen av de tre scenarioene er å få fram effekter av retningsvalg, der reduser, flytt og forbedre, representerer ulike ytterpunkter. Trolig vil en løsning på den raskeste veien til nullutslipp innebære en kombinasjon av de ulike strategiene. For å få til en nyttig pakke med politiske insentiver, samfunnsmessige endringer og private løsninger vil effektene og konsekvensene av de ulike strategiene være nyttige å synliggjøre.

Strategiene som her diskuteres vil også kunne kreve endringer i, eller ha påvirkning på, andre faktorer i samfunnet. Dette gjør nettoeffekten av strategiene mer komplisert å tallfeste. Blant annet vil strategiene ha påvirkning på hurtigheten i teknologisk utvikling (i alle fall for transportmidler der Norge utgjør en betydelig andel av markedet), investeringer i klimavennlig teknologi og energi, hyppighet i utskifting av bilparken,

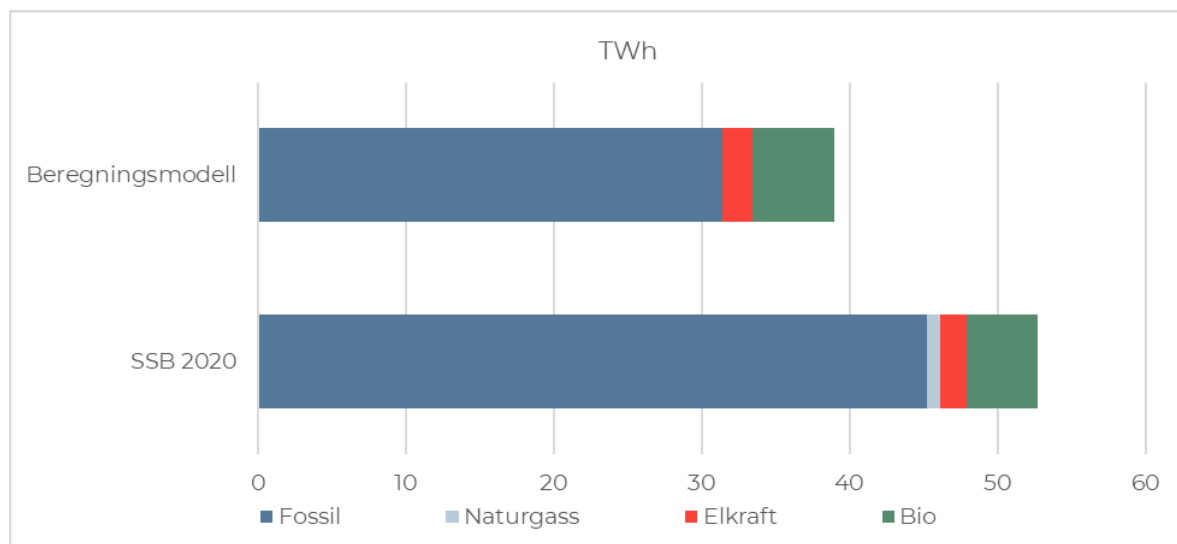
reisevaner, gjenvalg ved demokratiske valg og økonomisk velstand for å nevne noen. Dette er alle eksempler på elementer i samfunnet som vil kunne påvirke og som påvirkes av strategiene over. Som indirekte effekter er disse elementer vanskelige å tallfeste og ligger utenfor omfanget og formålet med rapporten. Likevel er det nyttig å være klar over slike sidevirkninger og enkelte steder i scenariodiskusjonen kommer vi inn på kvalitative vurderinger av disse.

### 6.3 Avgrensninger

Analysene som er gjennomført omfatter store deler av transportarbeidet i Norge, men ikke alt. Den primære avgrensningen er at det er kun innenlands transport, dvs. transport som starter og ender i Norge, som inngår. Transport til offshorevirksomhet i Nordsjøen inngår ikke. Kabotasje inngår.

Som beskrevet i kapittel 4, er transportsektoren forenklet til et utvalg av transportmidler. Transporter som ikke naturlig passer inn i noen av disse transportmidlene, er utelatt. For persontransporten gjelder dette moped/motorsykkel og hurtigbåter. For godstransporten er det i hovedsak transport som har en grenseflate mellom de aktuelle transportmidlene, dvs. en viss grad av intermodalitet, som er med. Det innebærer at det er kombitransporten på jernbane som inngår i beregningene for jernbanen, og kun stykkgodsskip (containerskip, ro-ro og annet intermodalt) som inngår til sjøs. Godstransport med fly er også utelatt, som følge av at den har en ubetydelig andel av innenlands godstransport. Innenlands godstransport på vei inngår i beregningsmodellen.

En konsekvens av dette er at det totale transportarbeidet, energiforbruket, og klimagassutslippet som omfattes av beregningene i denne rapporten er mindre enn det totale fotavtrykket til norsk transportsektor. Med de beskrevne avgrensningene gjenskaper beregningsmodellen *Motus* 74 % av energiforbruket i transportsektoren, sammenlignet med SSBs statistikk for 2020 (tabell 11561). Som Figur 20 viser, er andelen elkraft noe høyere i beregningsmodellen, noe som bl.a. skyldes at det primært transportmidler som i liten grad er elektrifisert som er utelatt (spesielt bulktransport til sjøs). Andelen biodrivstoff er også noe større i beregningsmodellen, noe som skyldes at det er innblandingskrav for 2023 som er lagt inn i referansebanen, og disse økte fra 2020 til 2023.



Figur 20 Energiforbruk i beregningsmodellen og iht. SSB (tabell 11561) i 2020.

# 7 Referansescenario

Referansebanen er sentral for analysene ved at den fastsetter grunnlaget for transportarbeid for gods- og persontransport over analyseperioden. Referansebanen representerer et grunnlag for framtidig utvikling ved en videreføring av dagens politikk. Det gjelder utviklingen i transportarbeid, men også utviklingen i fordeling mellom energibærere og den teknologiske utviklingen.

## 7.1 Utvikling i transportarbeid

Utgangspunktet for referansebanen er 2020 (basert på 2019-tall<sup>11</sup>). 2020-tallene baserer seg i størst mulig grad på statistikk fra transportmyndighetene og SSB. Prognosene for transportarbeidet i 2030 og 2060 er basert på TØI sine grunnprognoser for person- og godstrafikk fra etatenes arbeid med NTP 2025-2036. Tall for 2020 framskrives med indeks for grunnprognosen til 2030 og 2060. Alle tall er innenlandsk transportarbeid.

I referansebanen gis også en prognose for endring i energibærere per kjøretøykategori som er basert på fordelingen per energibærere per transportmiddel i Nasjonalbudsjettet (2021). Nasjonalbudsjettet (2021) har energifordeling fram til 2050 som gjøres gjeldende for 2060 i denne analysen. Tallene er tilgjengeliggjort av Miljødirektoratet.

### 7.1.1 Persontransport: Referansebanen viser avtakende vekst i transportarbeidet fram mot 2060

Referansebanen viser nivået på transportarbeidet for både gods- og persontransport fram til 2060.

Referansebanen vises for persontransport i Figur 21 der blå linje viser samlet transportarbeid (i mrd. personkilometer) og grå søyler er andel personkilometer med elkraft. Veksten for både persontransport er avtakende fram mot 2060. Merk at i Figur 21 er det ikke jevn avstand mellom årstall på x-aksen.

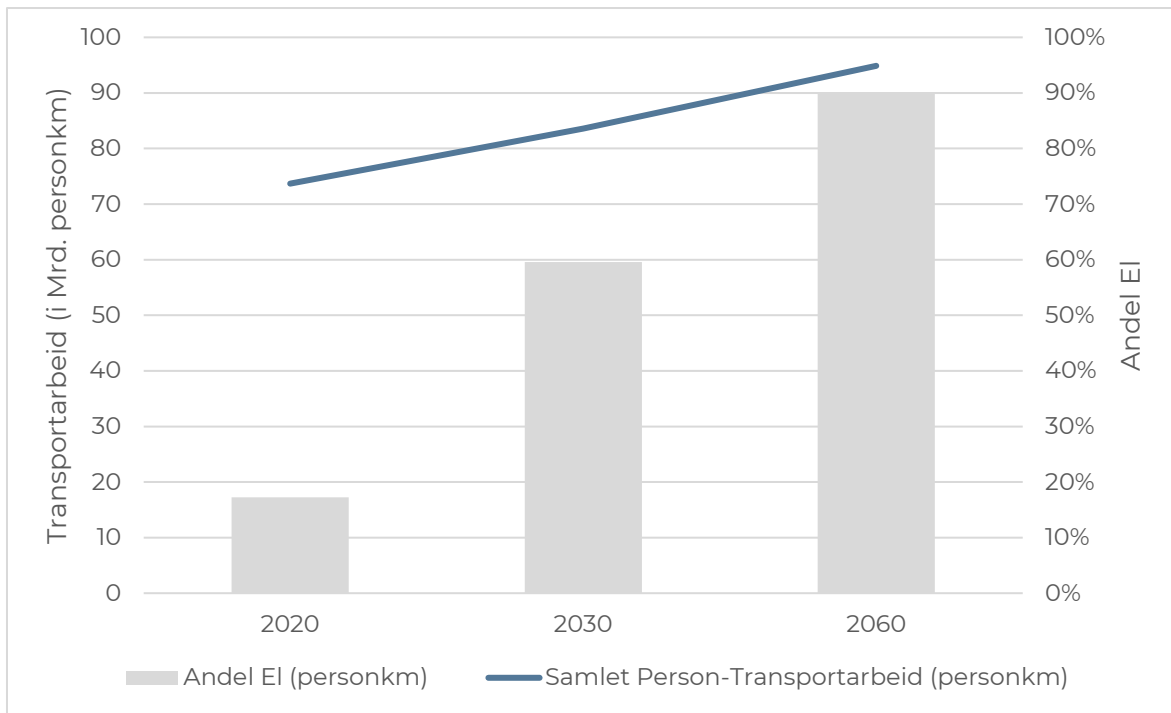
De grå søylene, som kan avleses på høyreakse, viser andel Elkraft for persontransport over prognoseperioden. Som vist vil andelen Elkraft i personmarkedet vokse betydelig fram mot 2030.

Indeksert (2020=1) vil veksten i persontransport være på 13 prosent fram til 2030 og 29 prosent fram til 2060. For godstransport vil veksten fram til 2030 være på 13 prosent og veksten fram til 2060 på 44 prosent. Med andre ord er veksten sterkest i starten, for deretter å avta mot slutten av prognoseperioden – særlig for persontransporten.

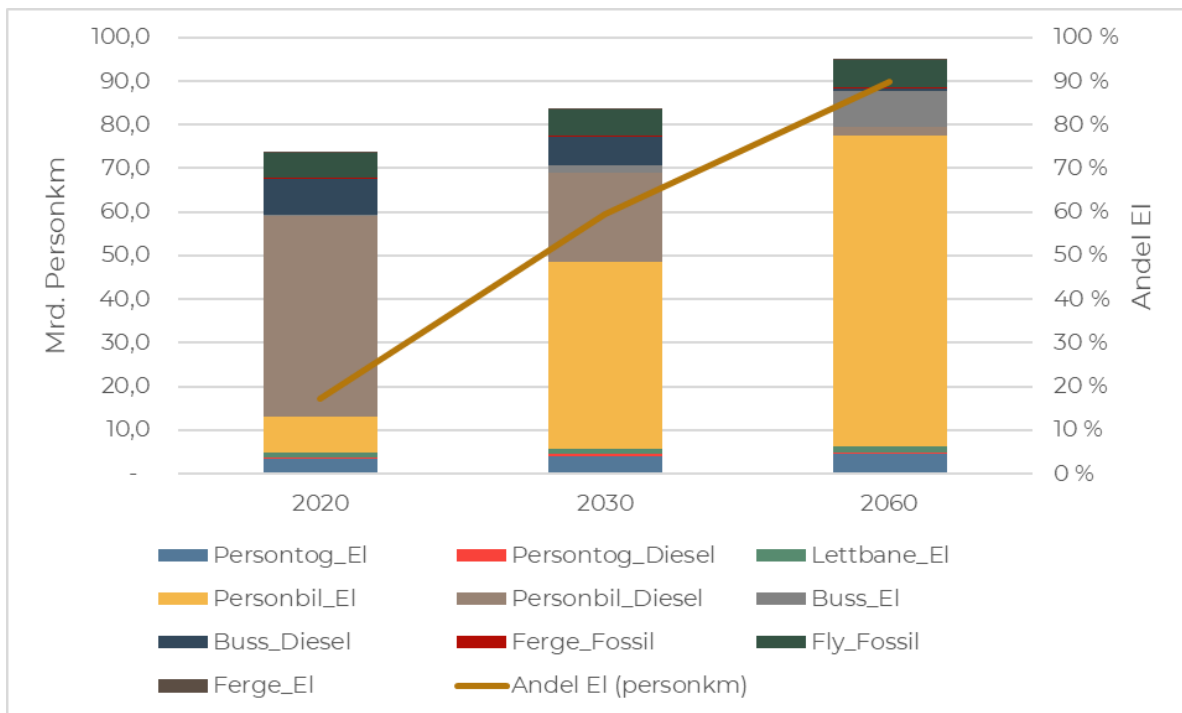
For persontransport utgjør andelen personkm med bil den største delen. For personbil kan vi i Figur 22 lese av høyre akse at det vil skje en stor overgang til elkraft som energibærer fram til 2030. I henhold til nasjonalbudsjettet vil økningen være på om lag 40 prosentpoeng. Etter 2030 vil veksten være lavere, med en økning på 30 prosentpoeng mellom 2030 og 2060. I 2060 er omtrent alt av persontransport utslippsfritt, med unntak av luftfarten. For luftfarten er det forutsatt en overgang til SAF (sustainable aviation fuels) iht. Europeiske krav om overgang til 70 % SAF, hvorav minst 35 % må være e-fuel, innen 2050. Analysen legger til grunn overgang til 35 % e-fuel og 35 % biobasert flydrivstoff.

---

<sup>11</sup> Grunnet nedstigning på grunn av pandemien i mars 2020.

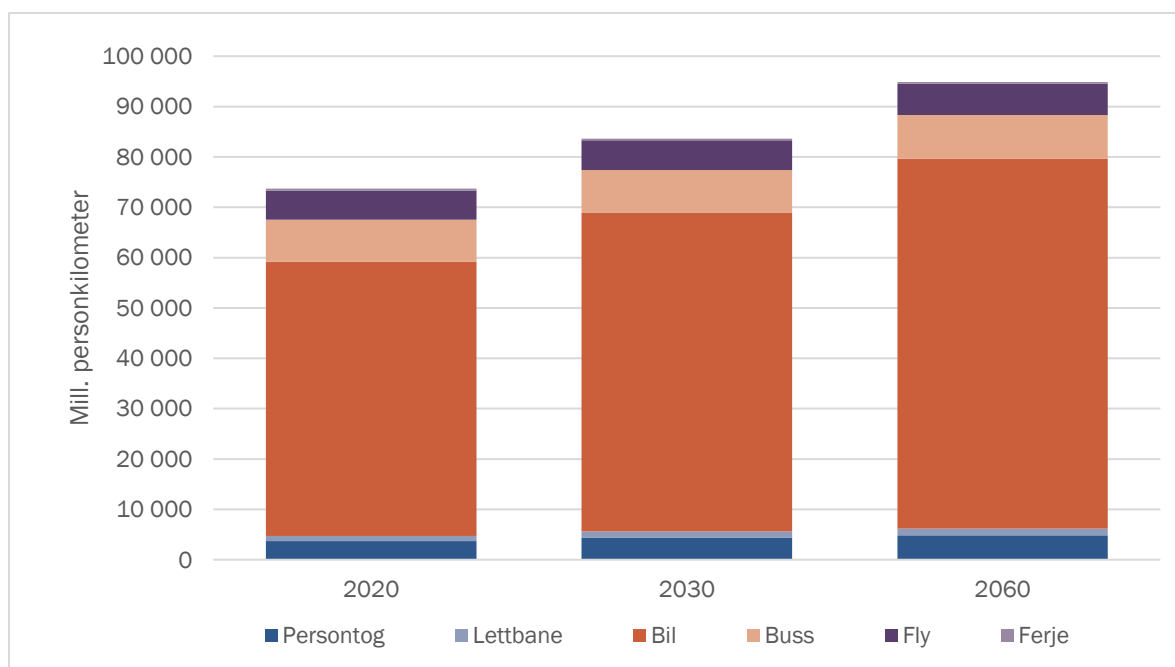


Figur 21 Referansebane Persontransport. Venstre akse: Graf Transportarbeid (personkm). Høyre akse: Søylar Andel el. Kilde: SSB og TØI grunnprognose



Figur 22 Referansebane persontransport. Transportarbeid per energibærer. Venstre akse: Personkm søylar. Høyre akse: Graf andel el. Kilde: NB2021, SSB og TØI grunnprognose





Figur 23 Transportarbeid i dag, i 2030 og 2060, for persontransport og per kjøretøykategori, i referansescenarior

I Figur 23 vises transportarbeidet fordelt på de analyserte transportmidlene for persontransport.

Prognose for transportarbeidet i 2030 og 2060 baserer seg på TØIs grunnprognoser (2022) for gods- og persontransport. Det er benyttet tall for innenlandsk transportarbeid i arbeidet med denne rapporten.

Til grunn for prognosene ligger en rekke forutsetninger som også beskrives i TØIs dokumentasjonsrapport (TØI, 2022). Person- og godsprognosene baserer seg på de siste befolkningsprognosene fra Statistisk Sentralbyrå (2022), økonomisk utvikling fra Perspektivmeldingen (2021) og nye infrastrukturtiltak der det foreligger vedtak om bevilgning. Tall for dagens situasjon og prognose baseres på det landsomfattende modellsystemet for persontransport, bestående av modellene NTM6 og RTM for persontransport.

All bompengeneinnkreving utenom byene avvikles i tråd med vedtak for det enkelte prosjekt og det innføres ikke nye tiltak for å nå nullvekstmålet i byene. Elbiler innføres i personbilparken i tråd med Nasjonalbudsjettet for 2023 uten at det innføres nye avgifter på bruk av disse. Dette betyr at det forutsettes at bilbruken blir langt billigere i framtiden enn i dag. Dette gjelder også for lastebil i godsanalysen. Modellene er basert på kartlagte reisevaner og det er følgelig ikke forutsatt endringer i folks holdninger eller preferanser over tid.

I prognosene antas transportarbeidet (ekskl. gang og sykkel) å øke mer enn befolkningsveksten fram mot 2060. Befolkningsveksten som ligger inne, er 14 prosent i samme periode. Inkludert gang og sykkel turer beregnes transportarbeidet å øke mindre. Forfatterne påpeker at modellene ikke er like gode på å beregne utvikling i gang- og sykkel turer som skyldes flere forhold beskrevet i grunnlagsrapporten.

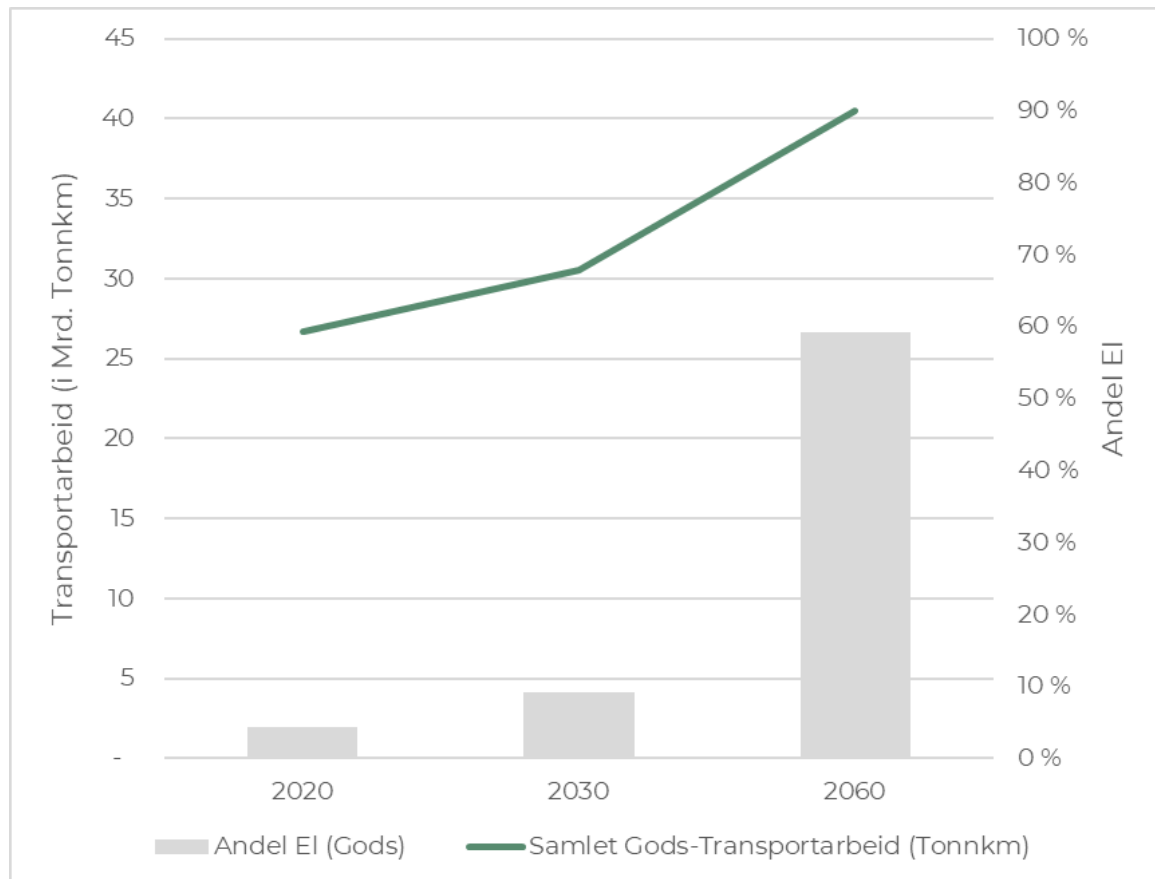
TØI (2022) påpeker at 2020 var et avviksår på grunn av pandemien, og at det derfor er gjort sammenligninger mot statistikk i 2019 for dette første året i prognoseperioden. Dette passer inn i vår tilnærming til år 2020, som i stor grad tar utgangspunkt i 2019.

### 7.1.2 Godstransport

Referansebanen for gods vises i Figur 24 der grønn linje er samlet transportarbeid (i mrd. tonnkilometer) og grå søyler viser andel tonnkilometer med elkraft.

Veitrafikk står for den største andelen av transportarbeidet med gods, og det er også her den største overgangen til bruk av elkraft vil inntreffe. For godstransporten vil den største økningen i elektrifisering skje etter 2030.

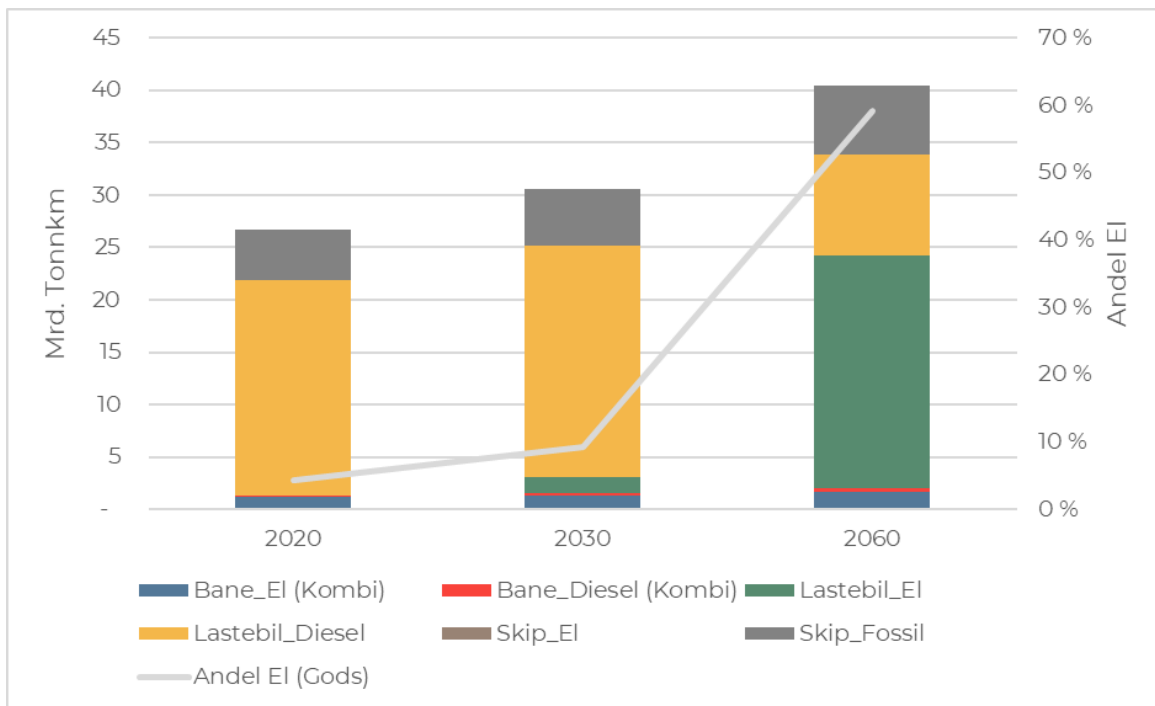
Figur 24 viser at det er ventet vekst i transportarbeidet med gods frem fremt til 2030 og 2060 basert på TØIs vekstprognoser.



Figur 24 Referansebane Godstransport. Venstre akse: Graf Transportarbeid (Tonnkm.). Høyre akse: Andel el. søyler. Kilde: SSB og TØI grunnprognose

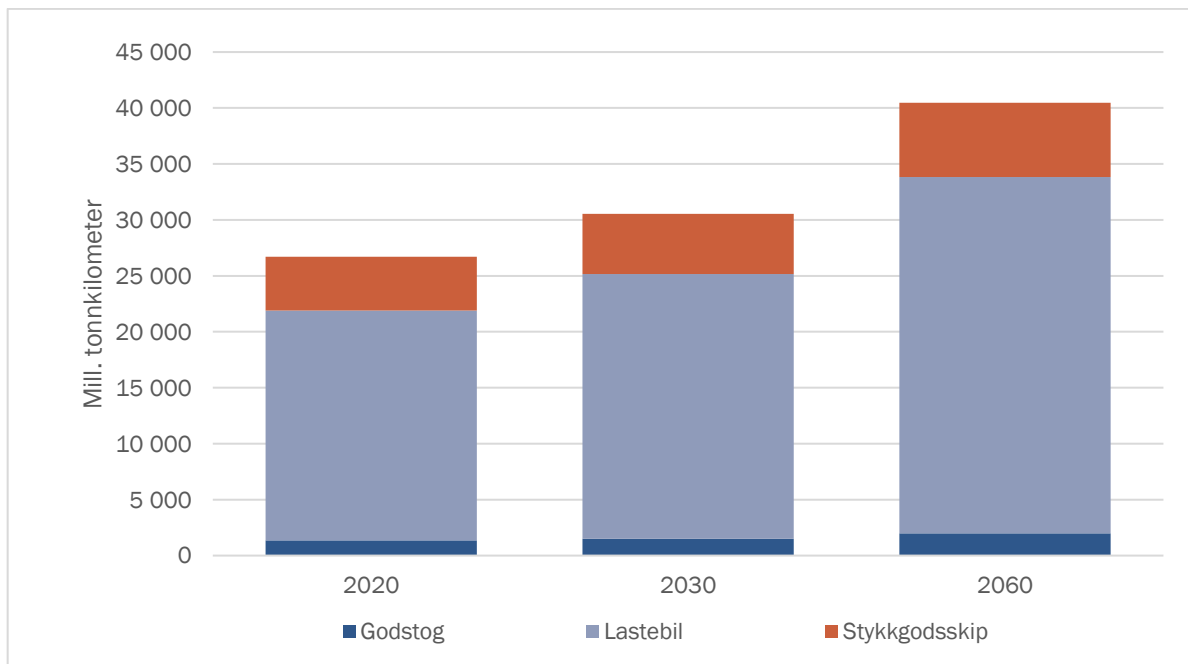
Figur 25 viser utviklingen i transportarbeidet for godstransport fordelt på energibærere. Figuren illustrerer at det mot 2030 antas en vekst i elkraft-andelen på 5 prosentpoeng. Fra 2030 forventes imidlertid veksten å være betydelig høyere, med omtrent ytterligere 50 prosentpoengs økning fram til 2060. I 2060 antas derfor at andelen tonnkm på elkraft vil være 59 prosent for hele godssektoren som inngår i vår analyse.

For godstransporten utgjør lastebil (i gult) og skip (i grått), se Figur 25, de to største delene av transportarbeidet. Det er gjort en forutsetning om ingen overgang til nullutslippsteknologi for skipsfarten i referansebanen ettersom teknologien fortsatt er på forsknings- eller pilotstadiet, og det ikke foreligger prognoser eller lovkrav som kan legges til grunn.



Figur 25 Referansebane Gods. Transportarbeid per energibærer. Venstre akse: Tonnkm søyler. Høyre akse: Graf andel el. Kilde: NB2021, SSB og TØI grunnprognose

I Figur 26 vises transportarbeidet fordelt på de tre analyserte transportmidlene for godstransport.



Figur 26 Transportarbeid i dag, i 2030 og 2060, for godstransport og per kjøretøykategori, i referansescenario

## 7.2 Andre forutsetninger

Det henvises til vedlegg 2 for full oversikt over alle forutsetninger som er lagt til grunn for beregning av hvert scenario.

### 7.2.1 Utvikling i fordeling mellom energibærere

Det er lagt til grunn en utvikling i fordeling mellom energibærere der det foreligger prognoser eller beslutninger om framtidige krav som vil drive en slik utvikling. Tabell 4 gjengir fordelingen som er lagt til grunn i referansescenariet.

I beregningene skilles det mellom endring i energibærerkategorier, dvs. endring i energikilder som også krever endring i motorteknologi, og endring i energibærertype, dvs. endring i produksjonsmetode for energibærere som i bruk er like eller tilnærmet like. I den siste kategorien inngår endring i krav til innblanding av biodrivstoff og e-fuel.

Tabell 4 Fordeling og endring i energibærerkategorier fra i dag til 2030 og 2060 i referansescenario

Transportmiddel	Energibærerkategori	2020	2030	2060	Kilde/merknad
Persontog	Elkraft	92 %	92 %	92 %	SSB, tabell 10484: Persontransport med jernbane, etter togstrekning, statistikkvariabel og år, 2019
Persontog	Diesel	8 %	8 %	8 %	SSB, tabell 10484: Persontransport med jernbane, etter togstrekning, statistikkvariabel og år, 2019
Godstog	Elkraft	86 %	86 %	86 %	Godsstatistikk TIOS 2019, andel for kombi/vognlast
Godstog	Diesel	14 %	14 %	14 %	Godsstatistikk TIOS 2019, andel for kombi/vognlast
Lettbane	Elkraft	100 %	100 %	100 %	Nasjonalbudsjettet 2021
Bil	Elkraft	15 %	68 %	97 %	Nasjonalbudsjettet 2021
Bil	Diesel	85 %	32 %	3 %	Nasjonalbudsjettet 2021
Buss	Elkraft	1 %	20 %	94 %	Nasjonalbudsjettet 2021
Buss	Diesel	99 %	80 %	6 %	Nasjonalbudsjettet 2021
Lastebil	Elkraft	0 %	6 %	70 %	Nasjonalbudsjettet 2021
Lastebil	Diesel	100 %	94 %	30 %	Nasjonalbudsjettet 2021
Lastebil	Hydrogen	0 %	0 %	0 %	Nasjonalbudsjettet 2021
Fly	Flydrivstoff	100 %	100 %	100 %	EU-krav
Fly	Hydrogen	0 %	0 %	0 %	Ingen H2 fly i operasjon i dag, ingen krav om det i framtiden.
Ferje	Elkraft	37 %	37 %	37 %	Tilnull.no
Ferje	Marine gassoljer	63 %	63 %	63 %	Tilnull.no

Ferje	Hydrogen	0 %	0 %	0 %	En hydrogenferje er satt i drift, ingen krav eller prognoser foreligger.
Stykkgodsskip	Marine gassoljer	100 %	100 %	100 %	Alternativer til gassoljer er foreløpig ikke i drift
Stykkgodsskip	Ammoniakk	0 %	0 %	0 %	Ammoniakk er foreløpig ikke i drift, ingen krav eller prognoser foreligger.

Tabell 5 viser innblandingsprosentene som er forutsatt for hvert mode, dvs. vei, bane, sjø og luft. Beregningsmodellen skiller foreløpig ikke på ulike typer biodrivstoff, men det er mulig å implementere.

Tabell 5 Omsetningskrav for biodrivstoff og andre alternativer til fossile drivstoff.

Mode	Energibærer-kategori	Energibærer-type	2020/2023*	2030	2060	Kilde/merknad
Vei	Diesel	fossil	83 %	83 %	83 %	Produktforskriften §3-3, forutsatt bare avansert biodrivstoff
Vei	Diesel	bio	17 %	17 %	17 %	Produktforskriften §3-3, forutsatt bare avansert biodrivstoff
Bane	Diesel	fossil	90 %	90 %	90 %	Produktforskriften §3-3c
Bane	Diesel	bio	10 %	10 %	10 %	Produktforskriften §3-3c
Sjø	Marine gassoljer	fossil	94 %	94 %	94 %	Produktforskriften §3-3b
Sjø	Marine gassoljer	bio	6 %	6 %	6 %	Produktforskriften §3-3b
Luft	Flydrivstoff	fossil	99,5 %	94 %	30 %	Produktforskriften §3-3a for 2023-krav. "Regulation (EU) 2023/2405 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 on ensuring a level playing field for sustainable air transport (ReFuelEU Aviation)" for 2030 og 2060 (krav i 2050 er videreført til 2060).
Luft	Flydrivstoff	bio	0,5 %	4,8 %	35,0 %	
Luft	Flydrivstoff	e-fuel	0,0 %	1,2 %	35,0 %	

\* Det er omsetningskravene for 2023 som er benyttet i beregningen for 2020.

For elkraft skiller det mellom banestrømforsyning og punktlading (opplading av batterier for vei og sjø), ettersom det er noe større energitap knyttet til opplading av batterier enn overføring av elkraft via kontaktledning (antatt 0,95 effektivitet i omformerstasjon og kontaktledningsanlegg vs. 0,90 effektivitet ved lading av batteri). Dette er imidlertid ikke lovregulert, men en funksjon av mode, dvs. om det er skinnegående kjøretøy eller ikke.

### 7.2.2 Teknologisk utvikling

Det er krevende å vite hvordan teknologien vil utvikle seg, selv for eksisterende teknologier, og enda mer krevende for teknologier som er under utvikling. I utarbeidelsen av referansescenarioet er det lagt til grunn

at alle motorteknologier vil ha en teknologisk utvikling fram mot 2060. Det er tatt utgangspunkt i forskningsartikler som beskriver hva laboratoriestudier antyder at vil være mulig for forbrenningsmotorer, elmotorer, brenselcelleteknologi osv. Anslagene ligger på om lag 25 % effektivisering for de fleste teknologier, men det er spredning i anslagene. Det er i beregningene lagt til grunn et mer konservativt anslag på 15 % energieffektivisering for alle transportmidler. I denne effektiviseringsgevinsten ligger følgende type effekter:

- Utskifting av dagens kjøretøyflåte til mer energieffektiv teknologi som allerede finnes på markedet
- Forbedringer i motorteknologi ut over det som finnes på markedet i dag
- Forbedringer i transportmidlenes vekt og aerodynamikk og annet som innvirker på energiforbruk
- Mer energieffektiv kjøreadferd som følge av bl.a. økt automasjon og/eller systemer som hjelper føreren kjøre mer energieffektivt

Anslaget er muligens mer optimistisk for kjente teknologier som forventes å få redusert sin markedsandel betydelig, spesielt forbrenningsmotorer, og noe pessimistisk for svært ny teknologi som kan bli viktige i markedet, slik som brenselcelleteknologi.

### 7.2.3 Annet

Det er ikke lagt til grunn endringer i adferd eller verdier. Det er heller ikke lagt til grunn endringer i transportkapasitetutnyttelse om bord eller i lastbærerne. Det er heller ikke lagt til grunn at andelen tomkjøring endrer seg. Det vil si at kjøring til/fra parkering og verksted, posisjonskjøring for å komme til starten eller fra enden av en rute, antas å være likt som i referansescenariot.<sup>12</sup>

## 7.3 Oppsummering av drivere for endring av energiforbruk

Tabell 6 oppsummerer hvordan de ulike driverne innvirker på energiforbruket.

Tabell 6 Oppsummering av utvikling i sentrale drivere for energiforbruk i referansescenariot.

Utvikling i	Hva som er lagt til grunn for framtidig utvikling	Effekt for energiforbruk
Transportarbeid	Persontransporten (personkm) forventes å øke med ca. 30 % mot 2060 og godstransporten (tonnkm) å øke med ca. 50 %. Kilde: TØI grunnprognoser, NB22021, Energieffektivitetsfortrinn omtalt i kapittel 5.	Økt energiforbruk
Transportmiddel-fordeling	Prognosene innebærer ikke store endringer i transportmiddelfordeling, men utviklingen for bil og bane er sterkere enn for buss og fly for persontransporten. For godstransporten vokser vei raskere enn jernbane, som igjen vokser raskere enn sjø (ca. 55, 46 og 28 %).	Noe økt energiforbruk, som følge av at veitransport er mindre energieffektivt enn sjø og bane.

<sup>12</sup> 2. Tomkjøring og kapasitetutnyttelse er to sider av samme sak i modellen. Hvis tomkjøringsprosenten øker, vil gjennomsnittlig kapasitetutnyttelse (når lastebilen går med last) også øke. Energiforbruket blir ca. det samme i modellen, selv om resultatene kan beregnes på to ulike måter. Slik det står nå i modellen, er gjennomsnittlig kapasitetutnyttelse i hver kontainer lav (dvs. totalt transporterte tonn er fordelt på totalt kjørte km (inkl. tomkjøringen)). Vi har ikke data på vei om hvilken andel av tomkjøringen som kjøres med en tom lastbærer vs. uten tom lastbærer. Denne valgte beregningsmetoden gir noe høyere energiforbruk, fordi det forutsettes at det alltid er et vekselflak på lastebilen. Dersom vi legger inn 39 % tomkjøring i modellen (og justerer transportkapasitetutnyttelsen i kontainerne tilsvarende) vil energiforbruket i snitt bli litt lavere, fordi det da forutsettes at lastebilene kjører 39 % av kjørte km uten et tomt vekselflak på lasteplanet.

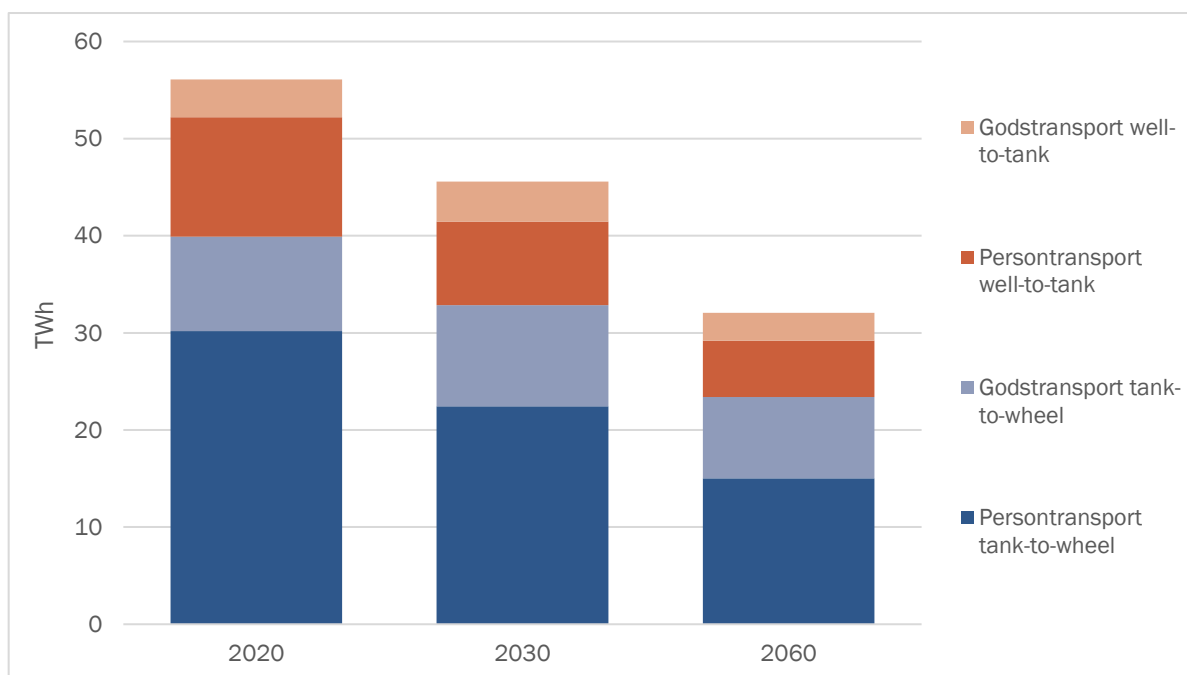
Energibærerfordeling	Det legges til grunn en betydelig overgang til elektriske transportmidler for veitransporten, som står for en stor andel av transportarbeidet.	Redusert energiforbruk.
Energiforbruk i transportmidlet	Det legges til grunn en teknologiutvikling som gir mer effektive motorer, redusert vekt og luftmotstand, samt mer energieffektiv føreradferd. Om lag 25 % forbedring mot 2060.	Redusert energiforbruk
Energiforbruk for energiproduksjon	Det legges til grunn en teknologiutvikling som gir mer energieffektiv produksjon av drivstoff og strøm, herunder også elektrifisering av større deler av produksjonskjeden.	Redusert energiforbruk
Utnyttelse av kapasitet i transportmidler og lastbærere	Det legges til grunn en videreføring av dagens transportkapasitetutnyttelse, om bord og i lastbærere.	Ingen effekt
Vekt per lastbærer	Det legges til grunn en videreføring av dagens lastbærere.	Ingen effekt
Tomkjøring, posisjonskjøring	Det legges til grunn en videreføring av dagens bruksmønster for transportmidlene.	Ingen effekt

#### 7.4 Utvikling i energiforbruk

Resultatene fra beregningene er illustrert i Figur 27. Resultatene viser en tydelig nedgang i energiforbruk i transportsektoren, til om lag 60 % av dagens forbruk for det direkte forbruket i energisektoren, og til ca. 40 % av det indirekte energiforbruket/tapet. Dette skjer til tross for at transportarbeidet øker, og at det ikke er forutsatt at transportmidlene brukes mer effektivt enn i dag. Hovedtrekkene i resultatene vises i figuren under, og indikerer en nær halvering i energiforbruk i transportsektoren i årene fram mot 2060. Resultatene vil drøftes mer inngående i det følgende.

Det er særlig energiforbruk tilknyttet persontransport tank-to-wheel som driver reduksjonen. Den viktigste årsaken er stor overgang til elkraft og dermed lavere energiforbruk i motor sammenlignet med dagens forbrenningsmotorer.

Beregningstallene for 2020 avviker fra tall gitt av SSB. Se kapittel 6.3 for en nærmere beskrivelse av dette.



Figur 27 Energiforbruk tank-to-wheel og well-to-tank i transportsektoren for i dag, 2030 og 2060, etter segment, i referansescenario

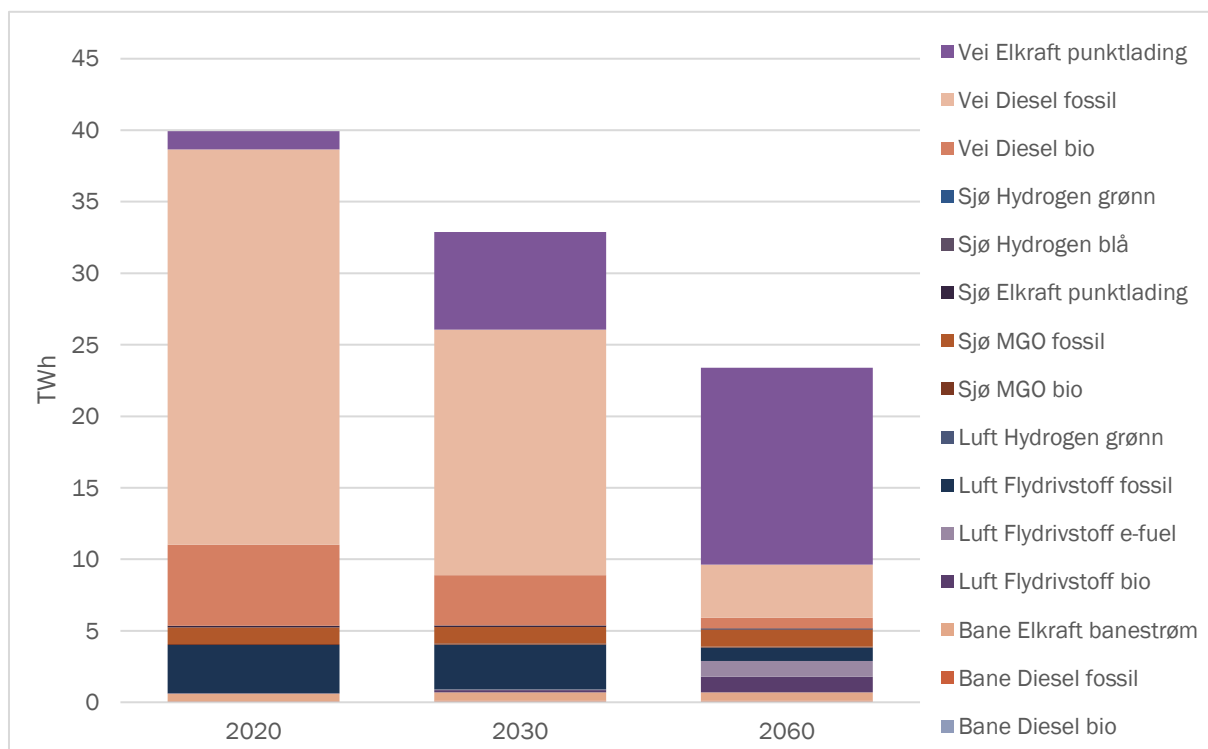
#### 7.4.1 Utvikling i energiforbruk etter mode

Som Figur 28 viser, vil energiforbruket i jernbane- og lufttransporten øke noe mot 2030, for så å reduseres noe igjen mot 2060. Dette skyldes at det er forutsatt større vekst i transportarbeidet per år fram mot 2030 enn i årene fram mot 2060, dvs. at veksten er avtagende. Det er derimot forutsatt en lineær utvikling i energieffektivitet i transportmidlene, som gir en knapp reduksjon i 2060.

Figuren illustrerer også at den største driveren av redusert energiforbruk i transportsektoren er at veitransporten elektrifiseres. Veitransporten står for størstedelen av energiforbruket av de transportstrømmene som inngår i analysen.<sup>13</sup>

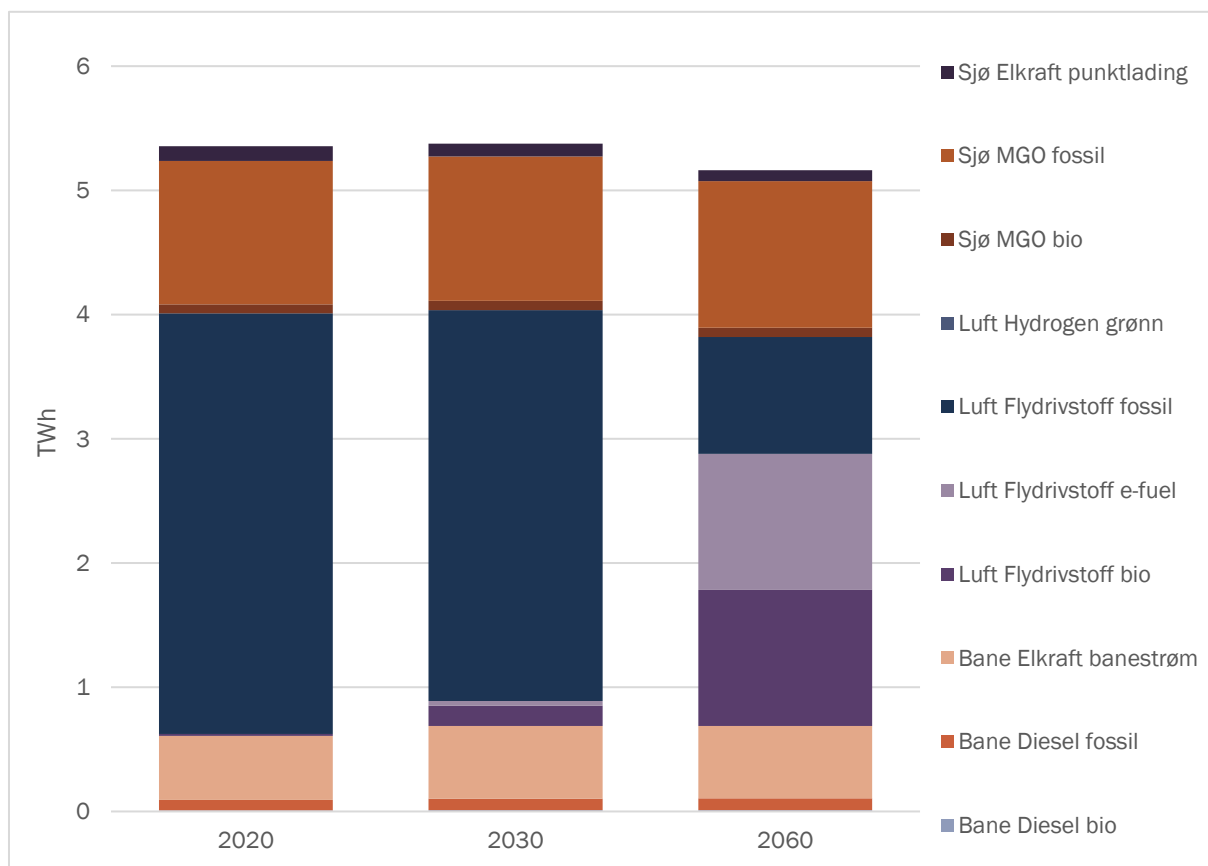
<sup>13</sup> Internasjonal transport, og sjøtransport med bulkskip, samt transport til/fra Nordsjøen, inngår ikke i analysen.





Figur 28 Energiforbruk tank-to-wheel i innenriks transport i dag, i 2030 og 2060, etter mode, i referansescenarior

Figur 29 viser et detaljert bilde av transportmodene utenom vei. Her vises bl.a. effekten av omsetningskrav for biodrivstoff (og e-fuel, for fly) i fossile drivstoff. Gjeldende omsetningskrav for jernbane og sjø er videreført. For luftfarten foreligger det imidlertid vedtatte europeiske krav, som ventes å bli gjeldende for Norge også, om opptrapping av andelen SAF, hvorav biodrivstoff og e-fuel er aktuelle varianter, og der andelen e-fuel også er fastsatt. Denne overgangen til biodrivstoff og andre alternativer vil ikke innvirke nevneverdig på energiforbruket i selve kjøretøyet, men det vil innvirke på klimagassutslippene.



Figur 29 Energiforbruk tank-to-wheel i innenriks transport i dag, i 2030 og 2060 i referansescenariet, etter mode (uten veitransport)

Oppstrøms, dvs. well-to-tank, vil overgangen fra fossile til bio-baserte drivstoff innvirke på energiforbruket, ettersom disse produseres på andre måter. Spesielt e-fuel er energikrevende å produsere, og kan kreve en betydelig mengde elkraft.

All oppstrøms elkraftforsyning forutsetter energieffektivitet tilsvarende norsk vannkraft, i mangel av andre kilder. Ved økende etterspørsel etter elkraft kan miksen se noe annerledes ut på sikt. Dette er mulig å innarbeide i en videreutvikling av modellen.

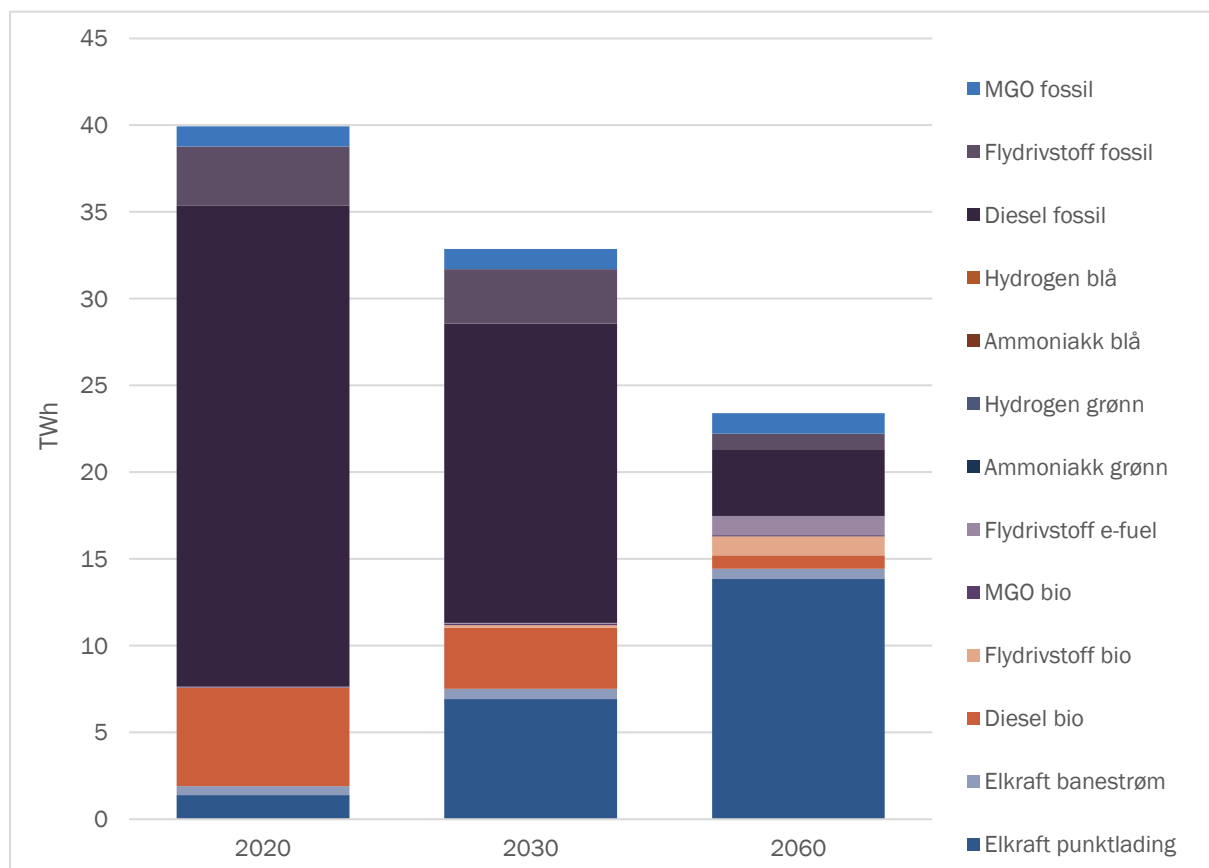
#### 7.4.2 Utvikling i energiforbruk etter energibærere

Med hensyn til fordelingen av energiforbruk etter energibærere, ser vi en tydelig overgang fra diesel til elkraft i referansescenariet. Dette drives av elektrifisering av veitransporten, hvor det foreligger prognoser for overgangen til nye energibærere, som utvikles i forbindelse med Nasjonalbudsjettet. Elkraft punktlading dekker elkraftforbruket til både vei- og sjøsektoren, der strømmen overføres til et batteri som forsyner kjøretøy og fartøy mens de er i bruk. Elkraft banestrøm dekker skinnegående transportmidler, der strømmen overføres med kontaktledning eller strømskinne som kontinuerlig mater kjøretøyet.

Tilsvarende prognoser foreligger ikke for sjøgående transport, hvor mye av teknologien for overgang til nye energibærere er mindre moden. Ferjetransporten er allerede delvis elektrifisert, men det foreligger ikke prognoser for overgangen til nye energibærere i ferjetransporten. Dagens el-andel på ca. 37 % er dermed videreført (tilnull.no). Det er nok en konservativ antagelse. Ferjetransporten står imidlertid for en veldig liten andel av norsk transportarbeid og energiforbruk, og er det eneste transportmidlet som forventes å reduseres i absolutte tall mot 2060 i grunnprognosene for NTP 2025-2036.

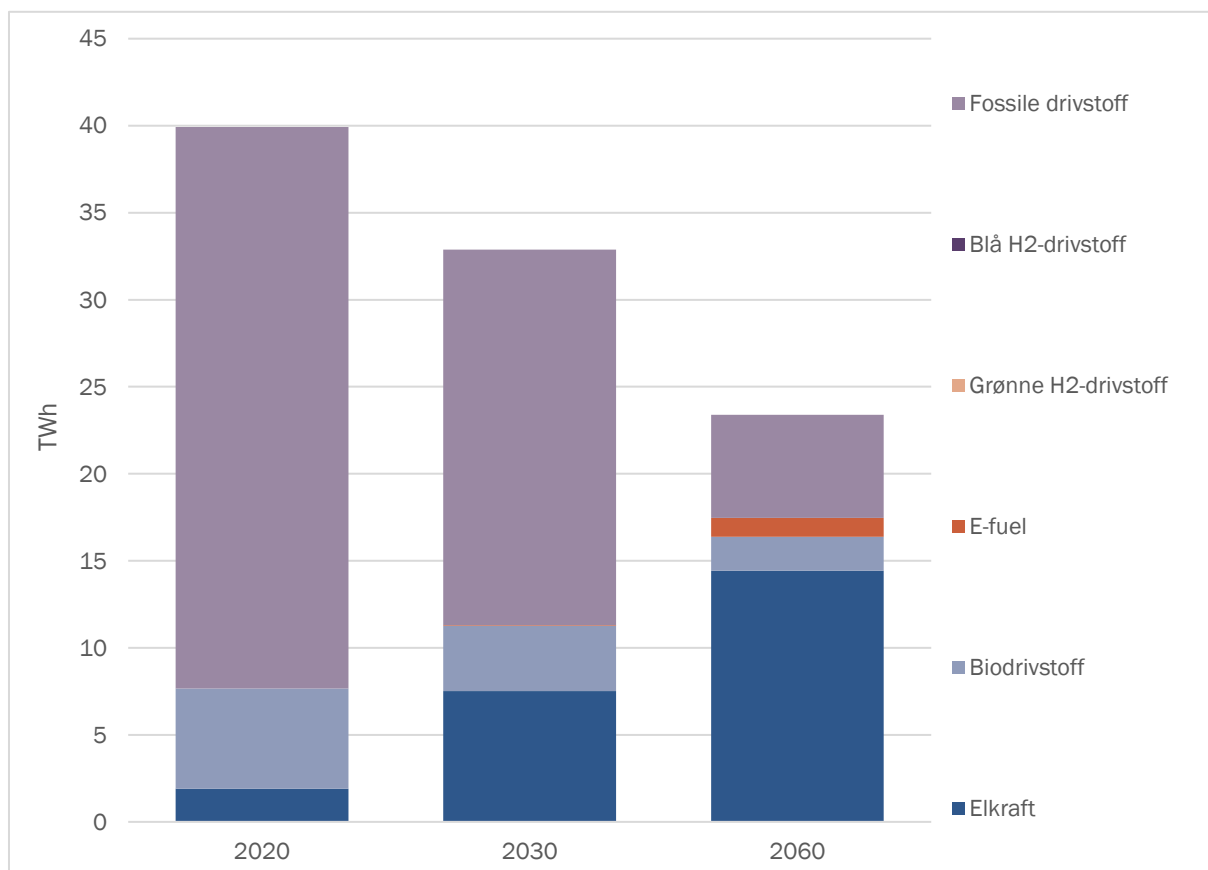
Det er identifisert en rekke nye og aktuelle energibærere som ikke inngår i referansescenariotet. Det skyldes primært at de er såpass nye at det ikke foreligger grunnlag for å framskrive trender. Dette gjelder spesielt for hydrogen og ammoniakk som energibærere.

Som følge av at omsetningskravet for biodiesel holdes konstant, mens dieselandelen av transportarbeidet faller, reduseres også biodieselens andel av den totale energimiksen, se Figur 30. Det er imidlertid kjent at økt omsetningskrav vil være et aktuelt virkemiddel for å sørge for at transportsektoren reduserer sine utslipp nok til at Norge kan innfri sine klimaforpliktelser. Gitt at referansescenariotet ikke innebærer at andelen fossile drivstoff i transportsektoren reduseres med 55 % innen 2030, eller reduseres til nær null i 2060, er det mulig at omsetningskravet vil øke. Det er ikke forutsatt i referansescenariotet, der omsetningskravet for 2023 er forutsatt videreført til 2060.



Figur 30 Energiforbruk tank-to-wheel i innenriks transport i dag, i 2030 og 2060, etter energibærere, i referansescenariotet

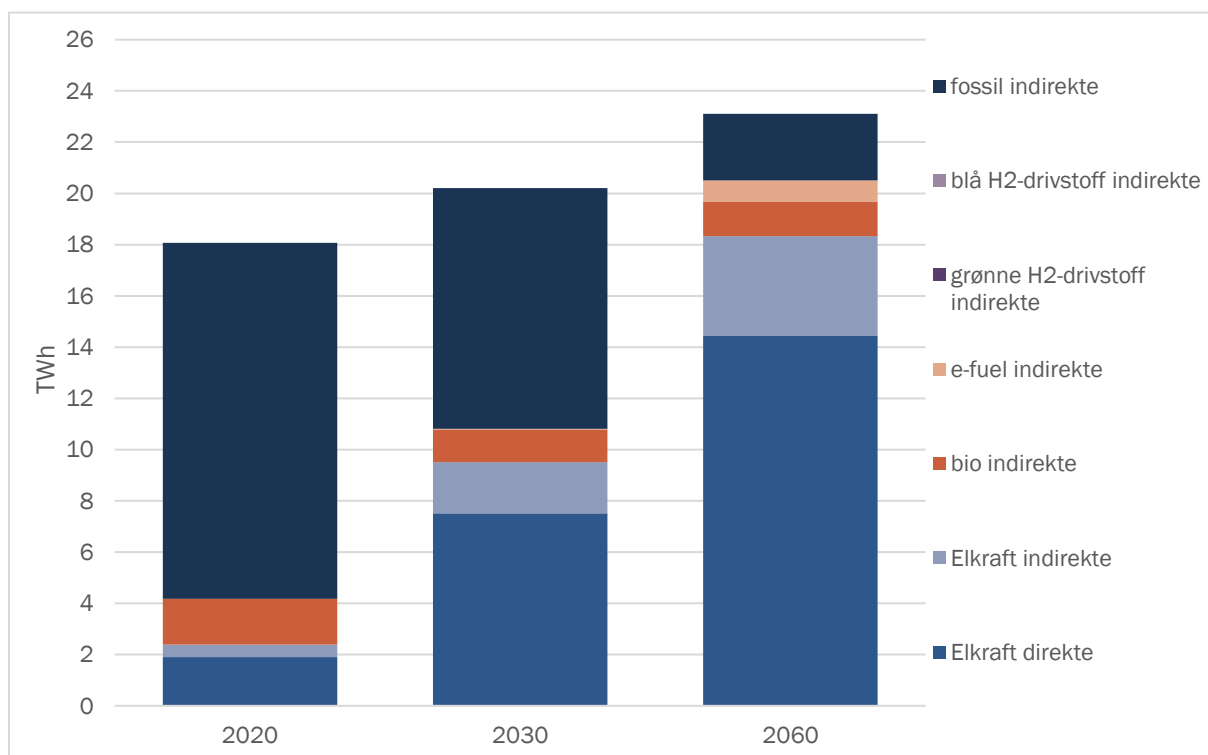
Fordelt kun etter energibærertype er det lettere å se trenden i utviklingen bort fra fossile drivstoff og over på elkraft og alternative drivstofftyper, som vist i Figur 31.



Figur 31 Energiforbruk tank-to-wheel i innenriks transport i dag, i 2030 og 2060, etter energibærertype, i referansescenario

Beregningene viser at det vil være en betydelig økning i behovet for elkraft til transportsektoren fram mot 2060. Figuren under viser det direkte behovet for elkraft. I tillegg vises det indirekte behovet for energi, hvorav en andel også vil bestå av elkraft, avhengig av i hvilken grad bl.a. petroleums- og landbrukssektoren elektrifiseres, samt bruk av elkraft til produksjon av grønt hydrogen og ammoniakk, samt e-fuel.

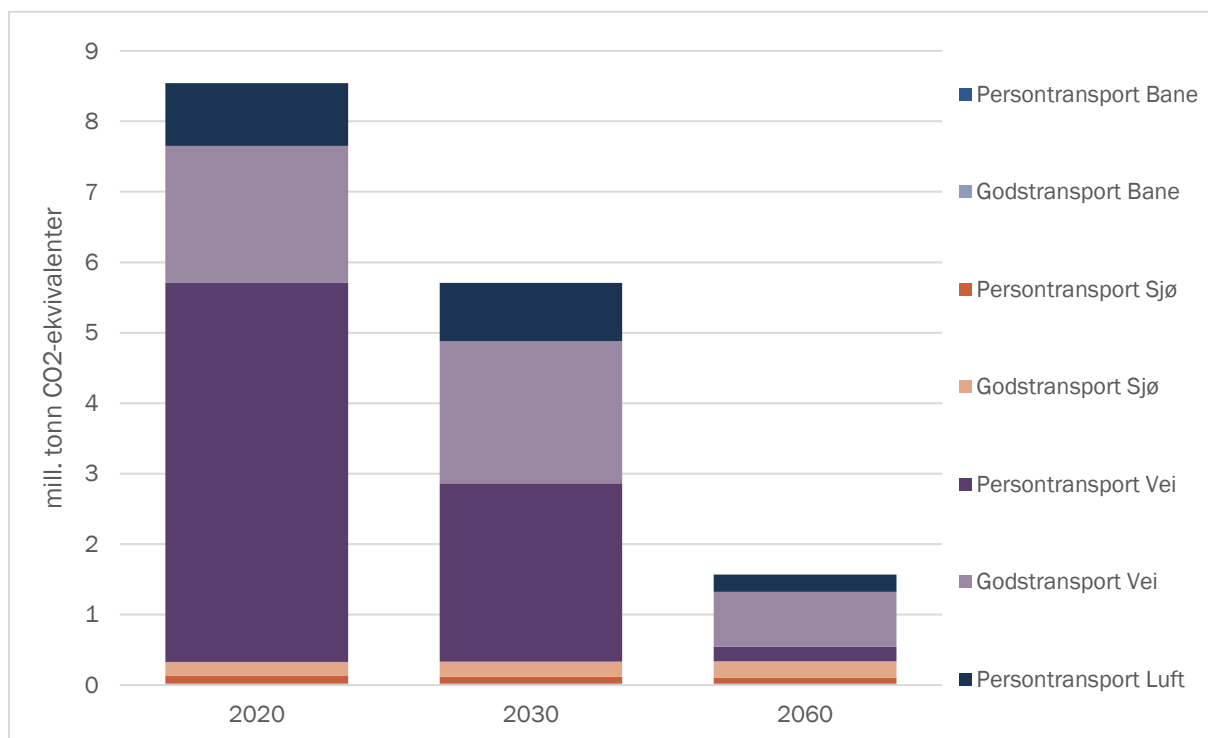
Figur 32 vises indirekte energiforbruk etter energibærertype. Det er imidlertid ikke alltid slik at energien som brukes til å produsere en energibærer er av samme type. Per i dag er det slik at mye av energien som går med til å produsere elkraft er elkraft, og mye av energien som brukes til å produsere fossile drivstoff, er fossil. For de nye energibærerne, vil imidlertid en blanding av energikilder benyttes oppstrøms, både elkraft (av ulik opprinnelse, avhengig av hvor produksjonen skjer) og fossile energikilder. Det forventes et skifte fra fossil til elkraft oppstrøms, dvs. well-to-tank.



Figur 32 Behov for elkraft og indirekte energibehov (energi til produksjon av energibærere) i dag, i 2030 og 2060, i referansescenario

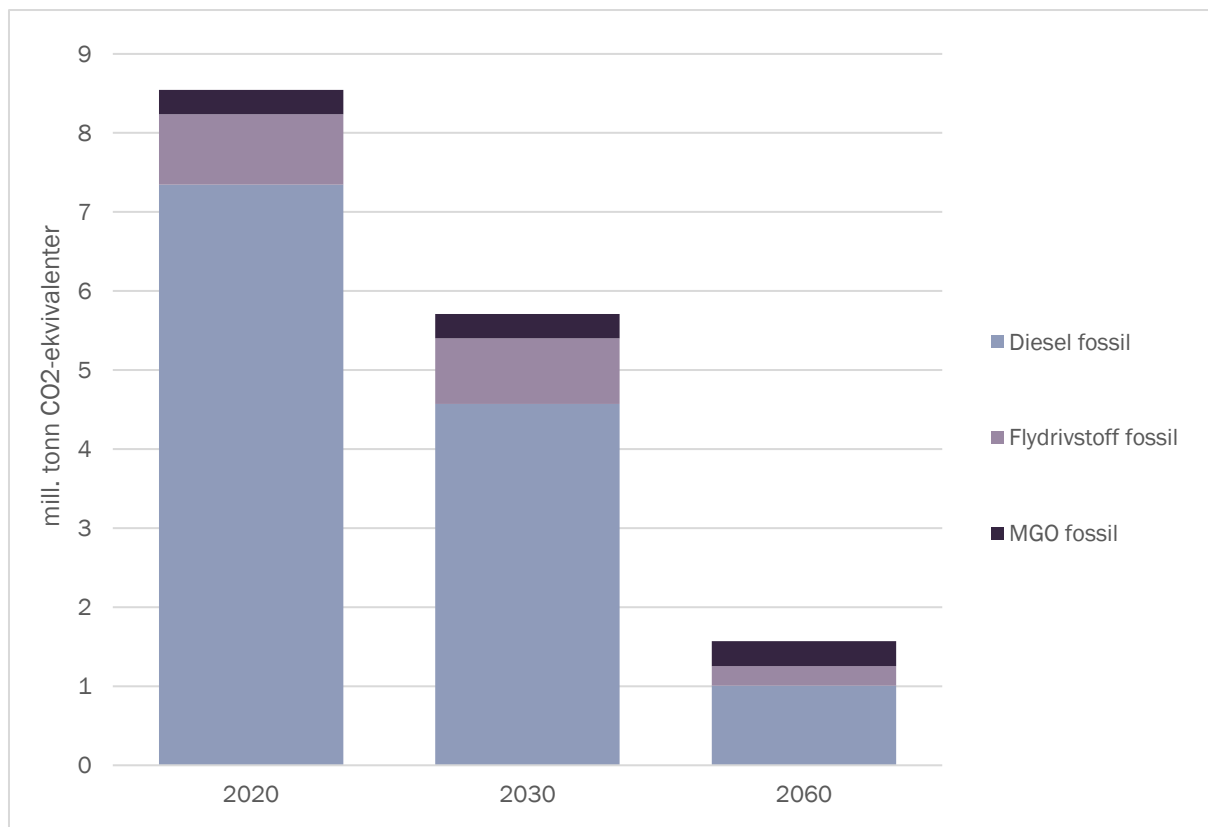
## 7.5 Klimagassutslipp

Beregningene viser at elektrifiseringen vil gi en betydelig nedgang i klimagassutslipp fra transportsektoren i perioden, som følge av pågående elektrifisering av veitransport, samt overgangen til 70 % SAF (sustainable aviation fuels) i luftfarten. Dette er illustrert i Figur 33. Ferje holdes på 37% el-andel i referanse. Imidlertid vil transportsektoren fremdeles stå for et ikke ubetydelig utslipp av klimagasser, og Norges klimamål kan ikke forventes nådd. Det er kun direkte klimagassutslipp knyttet til det som skjer i transportmiddelet som analyseres, og ikke eventuelle indirekte utslipp.



Figur 33 Direkte klimagassutslipp (CO<sub>2</sub>-ekvivalenter) fra transportsektoren, etter mode, i dag, 2030 og 2060, i referansescenario

Figur 34 viser kun direkte utslipp fra fossile drivstoff. Det er forutsatt at biodrivstoff ikke telles som direkte utslipp, dvs. en videreføring av dagens praksis. Videre er indirekte utslipp knyttet til produksjon av energibærere, ikke medregnet. I figuren under vises fordelingen mellom de ulike fossile energibærerne. Merk at kun en liten andel av sjøtransporten (innenlands transport av stykkgoods) inngår i beregningene, og at sjøtransporten ville stått for en mye større andel av utslippene dersom bulktransporten inngikk i beregningene. Mye av bulktransport på sjø som ikke dekkes i rapporten kan heller ikke erstattes av andre transportmidler.



Figur 34 Direkte klimagassutslipp (CO2-ekvivalenter) fra transportsektoren, etter energibærer, i dag, 2030 og 2060, i referansescenario

Klimagassutslippene er beregnet som en funksjon av energiforbruket per transportmiddel. Det innebærer at effektiviseringen i energiforbruk som forutsettes, også vil innvirke på klimagassutslippene. Klimaeffekter som ikke skyldes utslipp av klimagasser fra selve transporten, slik som effekten av svevestøv og partikler, inngår ikke. Studier tyder på at denne effekten kan være betydelig, spesielt for flytransporten, der klimaeffekten knyttet til bl.a. partikkelutslipp høyt i atmosfæren kan være større enn selve utslippet av klimagasser<sup>14</sup>. Det er ikke forutsatt overgang til hydrogen i referansescenarioet, men klimaeffekten av perkolering (lekkasje) av hydrogen fram til forbrenning, ville uansett ikke inngått i en beregning av direkte utslipp, ettersom produktet fra forbrenningen er vanddamp, og ikke inngår i klimagassregnskapet.

<sup>14</sup> Se EU Commission-dokument for mer detaljer: Updated analysis of the non-CO2 climate impacts of aviation and potential policy measures pursuant to EU Emissions Trading System Directive Article 30(4) <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/research-reports/report-commission-european-parliament-and-council>

# 8 Scenarioanalyser

Det er gjennomført analyser av tre alternative scenarier. Grunnlaget for scenarioene ble utarbeidet på en workshop med deltagere fra Jernbanedirektoratet, Miljødirektoratet og WSP, og bearbeidet videre for å vise tre ulike utviklingsbaner for energiforbruket i transportsektoren. PESTEL-metodikken, som innebærer å se på drivere innenfor politikk, økonomi, samfunn og demografi, teknologi, miljø og jus, ble benyttet som del av prosessen.

Det er en forutsetning at alle de tre valgte scenarioene skal innebære innfrielse av Norges klimaforpliktelser innen 2060. Det er lagt mindre vekt på 2030-perspektivet, ettersom tidshorisonten er såpass nære at effekten av ulike utviklingsbaner i mindre grad vil være synlige i et slikt perspektiv.

I tabellen som følger beskrives de primære driverne for hvert scenario. Disse er valgt med utgangspunkt i at de forutsetter en tydelig annerledes utvikling enn i referansescenarioet, og de er dermed ikke å anse som forventede eller nødvendigvis sannsynlige. Det er imidlertid forsøkt å utforme scenarioene slik at de allikevel kan anses å være innenfor mulighetsrommet for hva som *kan* skje fram mot 2060.

Scenario	Primære driver	Sekundære drivere
<b>Naturvernerens drøm</b>	Samfunn og demografi: Våre verdier endrer seg, og vi forbruker mindre og reiser mindre (økonomi).	Miljø: Smart arealplanlegging bidrar til å redusere behovet for lange reiser.  Teknologi: Ønsket om å skåne naturen gir økt fokus på få mer ut av det vi allerede har (optimaliserende teknologier).
<b>Samfunnsøkonomens drøm</b>	Politikk: staten tar en aktiv rolle i å bruke skatter, avgifter og investeringer til å drive omstillingen av samfunnet og transportsektoren.	Miljø: Vi bygger ut fornybar kraft, men energiprisene går allikevel kraftig opp og energi oppleves som et knapt gode.  Økonomi: Høye energipriser driver fram noe endring i adferd.
<b>Teknologioptimistens drøm</b>	Teknologi: teknologiske gjennombrudd for flere teknologier som er viktige for energisektoren og transportsektoren.	Miljø: Bedre teknologi for solceller, havvind osv. løser noen av arealkonfliktene knyttet til fornybar energi.

## 8.1 Scenario 1: Naturvernerens drøm

Scenario 1 gir ingen økning i transportarbeid, relativt til i dag. Forutsatt at befolkningen fortsetter å vokse, innebærer det redusert motorisert reising og transport per person, sammenlignet med i dag. Det innebærer at vi sykler og går mer, og at forbruket reduseres og vris i retning av mer kortreiste varer.

Scenarioet innebærer også betydelig satsing på optimalisering av bruken av det vi allerede har. Her forutsettes det en kombinasjon av informasjonssystemer, prisvirkemidler og statlig støtte/regulering for bedre koordinering i markedet. Tiltakene bidrar til å jevne ut rushtopper i persontransporten, og redusere retningsubalanse i godstransporten, samt andre virkemidler for å øke gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse med 10 prosentpoeng i 2060.

Tabell 7 oppsummerer hvordan driverne i dette scenarioet innvirker på transportsektorens energiforbruk. Det henvises til Vedlegg 2 for nærmere beskrivelse av alle forutsetningene som er lagt til grunn.



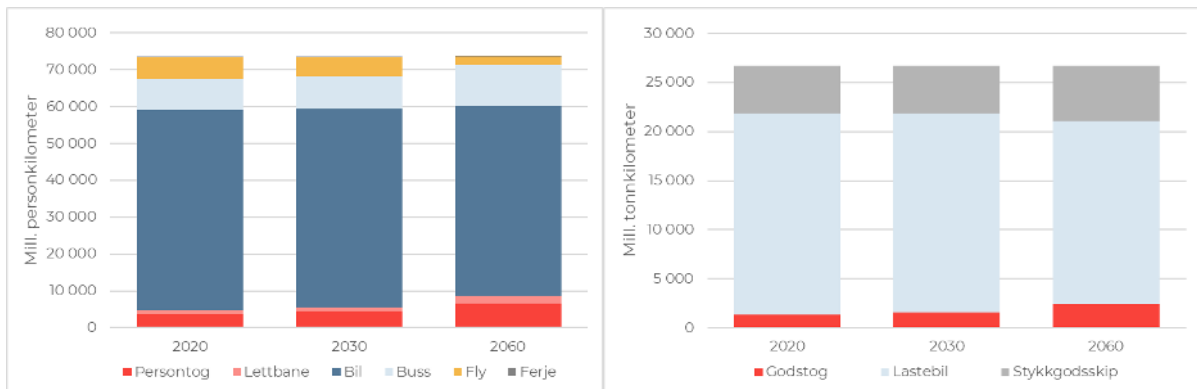
I tabellen betegnes en reduksjon eller økning i energiforbruk sammenlignet med referanse som «Effekt for energiforbruk». En stor reduksjon angis med mørk grønn, en mindre reduksjon med lys grønn. Tilsvarende illustreres en stor økning med mørk rød og en mindre økning med lys rød. Ingen endring angis uten farge.

Tabell 7 Oppsummering av utvikling i sentrale drivere for energiforbruk i scenario 1.

Utvikling i	Hva som er lagt til grunn for framtidig utvikling	Effekt for energiforbruk
Transportarbeid	Transportarbeidet holder seg på dagens nivå. Dette skyldes primært endring i vaner og verdier.	Redusert energiforbruk, også relativt til referanse.
Transportmiddel-fordeling	Transportmiddelfordelingen omlegges til de mer energieffektive transportmidlene. Reduksjon andel av fly- og ferjetransport, og mer på øvrig kollektivtransport. Noe godstransport flyttes til jernbane og sjø.	Redusert energiforbruk, også relativt til referanse.
Energibærerfordeling	Overgang til nullutslippskjøretøy, fortrinnsvis elektrifisering. Det er antatt 10 % hydrogen og 30 % ammoniakk i aktuelle segmenter (hvorav 20 % blått, resten grønt). Resterende forbrenningsmotorer (5 % for veigående kjøretøy og ferjer, 90 % av fly og 70 % av skip) er forutsatt å bruke biodrivstoff og e-fuel.	Redusert energiforbruk, også relativt til referanse.
Energiforbruk i transportmidlet	Det legges til grunn en teknologiutvikling som gir mer effektive motorer, redusert vekt og luftmotstand, samt mer energieffektiv føreradfærd. Om lag 15 % forbedring mot 2060, som i referanse.	Redusert energiforbruk, som i referanse.
Energiforbruk for energiproduksjon	Det legges til grunn en teknologiutvikling som gir mer energieffektiv produksjon av drivstoff og strøm, herunder også elektrifisering av større deler av produksjonskjeden.	Redusert energiforbruk, som i referanse.
Utnyttelse av kapasitet i transportmiddel og lastbærer	Det legges til grunn en økning i transportkapasitetutnyttelsen, om bord og i lastbærere. Lastebiler øker kapasitetutnyttelsen i lastbærere med 5 %, og jernbane og sjø settes lik (per TEU) 80 % av lastebil. Dette innebærer utjevning av retningsubalanser i transportstrømmene, men fremdeles utnyttelse av mindre enn 30 % av kontainerens vektkapasitet.	Redusert energiforbruk, også relativt til referanse.
Vekt per lastbærer	Det legges til grunn en liten reduksjon i vekt, sammenlignet med dagens lastbærere, på 5 %.	Noe redusert energiforbruk, også relativt til referanse.
Tomkjøring, posisjonskjøring	Optimalisering av logistikkjeder gir noe redusert tomkjøring, om lag 75 % av dagens kjørelengde.	Noe redusert energiforbruk, også relativt til referanse.

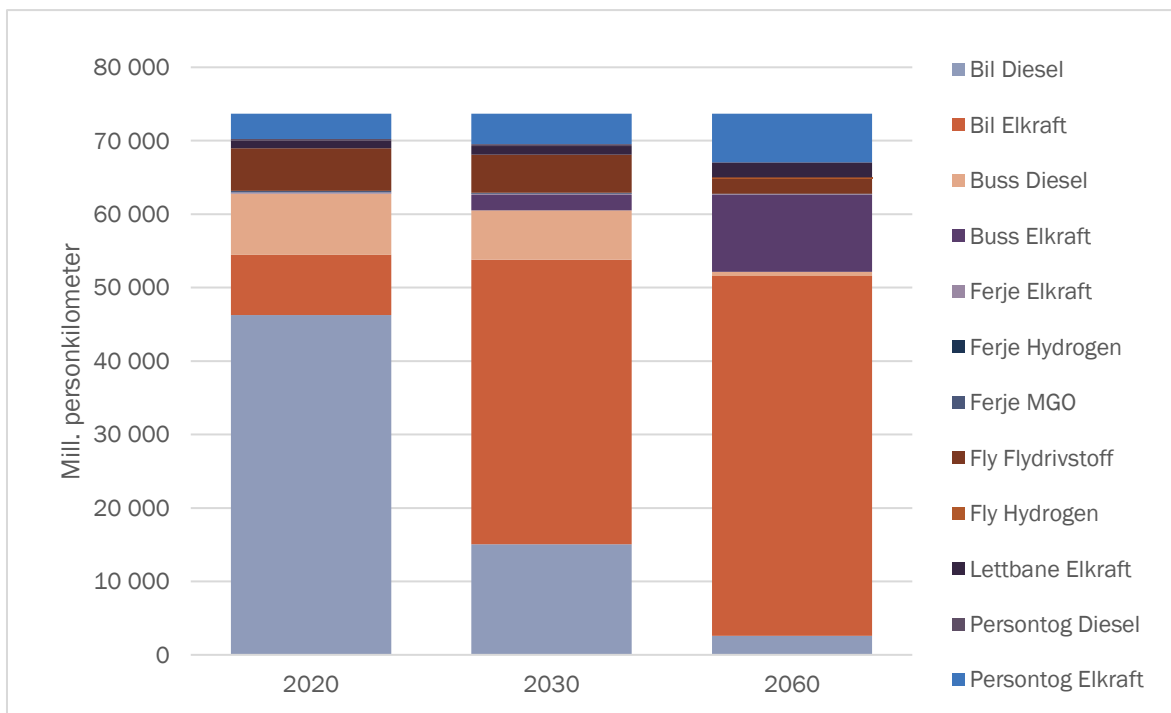
### 8.1.1 Transportarbeid

I dette scenarieret er det forutsatt at transportarbeidet ikke øker, se Figur 35. Fordelingen av transportarbeidet mellom ulike transportmidler er imidlertid endret noe, med en vridning mot energieffektiv kollektivtransport (jernbane, buss), på bekostning av fly- og personbiltrafikk.

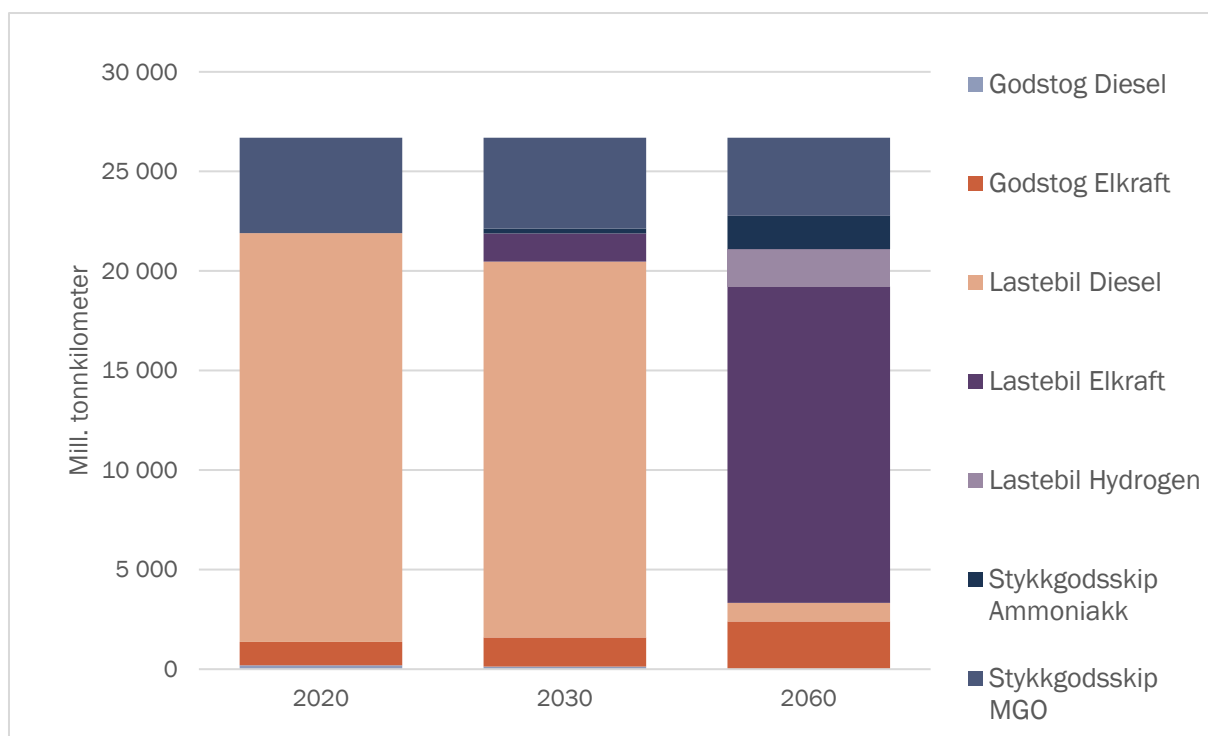


Figur 35 Transportarbeid i dag, i 2030 og 2060, etter segment og per kjøretøykategori, i scenario 1

I Figur 36 og Figur 37 vises person- og godstransportarbeidet fordelt per transportmiddel og energibærerkategori.



Figur 36 Transportarbeid i persontransporten i dag, i 2030 og 2060, per kjøretøykategori og energibærerkategori, i scenario 1



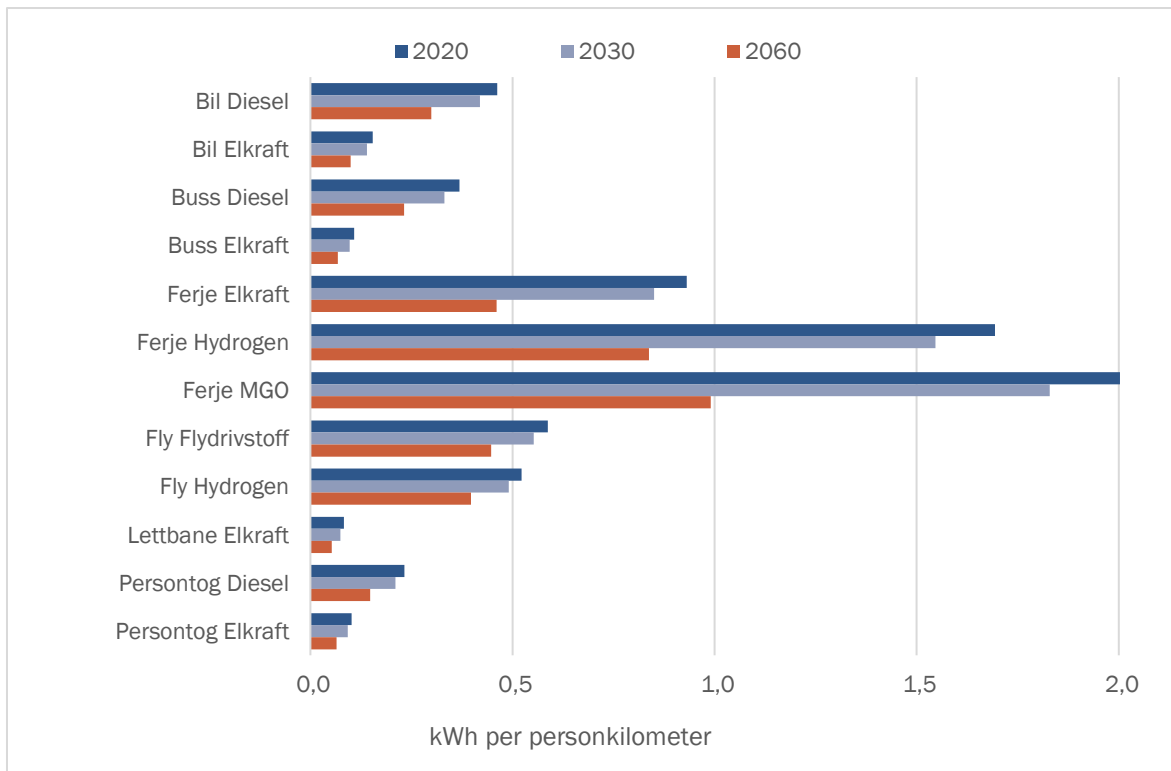
Figur 37 Transportarbeid i godstransporten i dag, i 2030 og 2060, per kjøretøykategori og energibærerkategori, i scenario 1

### 8.1.2 Energieffektivitet

Dette scenarioet forutsetter samme utvikling i energieffektivitet i kjøretøyene (tank-to-wheel) som i referansescenarioet, dvs. forbedring med 15 % til 2060, og 4 % til 2030 (etablert ved lineær interpolering mellom verdiene i 2020 og 2060). Utviklingen er illustrert i Figur 38.

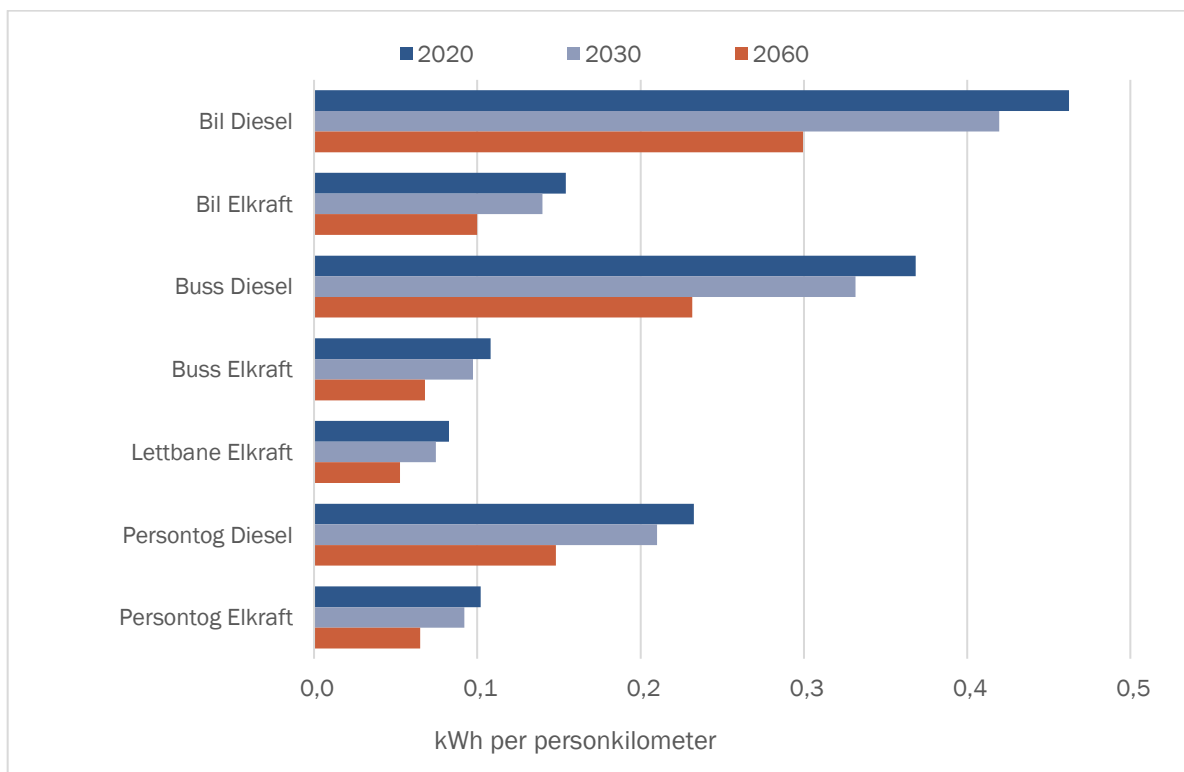
Som følge av at scenarioet forutsetter økt effektivitet i bruk av kjøretøyene, reduseres imidlertid energiforbruket per fraktet person eller tonn, sammenlignet med referansescenarioet. Det er her forutsatt at antall kjøretøykilometer skaleres ned. Videre er utnyttelse av ombordkapasitet økt med 10 prosentpoeng, og tomkjøring redusert med 25 %. Det er forutsatt en 5 % reduksjon i vekten for lastbærere, 5 % økning i transportkapasitetutnyttelse i lastebilers lastbærere og en økning i transportkapasitetutnyttelse per TEU på bane og sjø til 80 % av vei (opp fra hhv. ca. 50 % og 40 %). Merk at dette gjelder «kombigods», og at en slik økning ikke ville vært rimelig å forutsette for systemtransport, hvor utjevning av retningsubalanser ville vært enda mer krevende.

Det påpekes at det å øke gjennomsnittlig utnyttelse av kapasiteten om bord i lastbærere og om bord i kjøretøy kan kreve relativt omfattende tiltak, godt ut over den virkemiddelbruken som samferdselssektoren rår over. Beregningene viser imidlertid også at det er et effektivt virkemiddel, som i dette scenarioet gir om lag 25 % lavere energiforbruk per transportert person eller tonn i scenario 1 i 2060, sammenlignet med referansescenarioet.



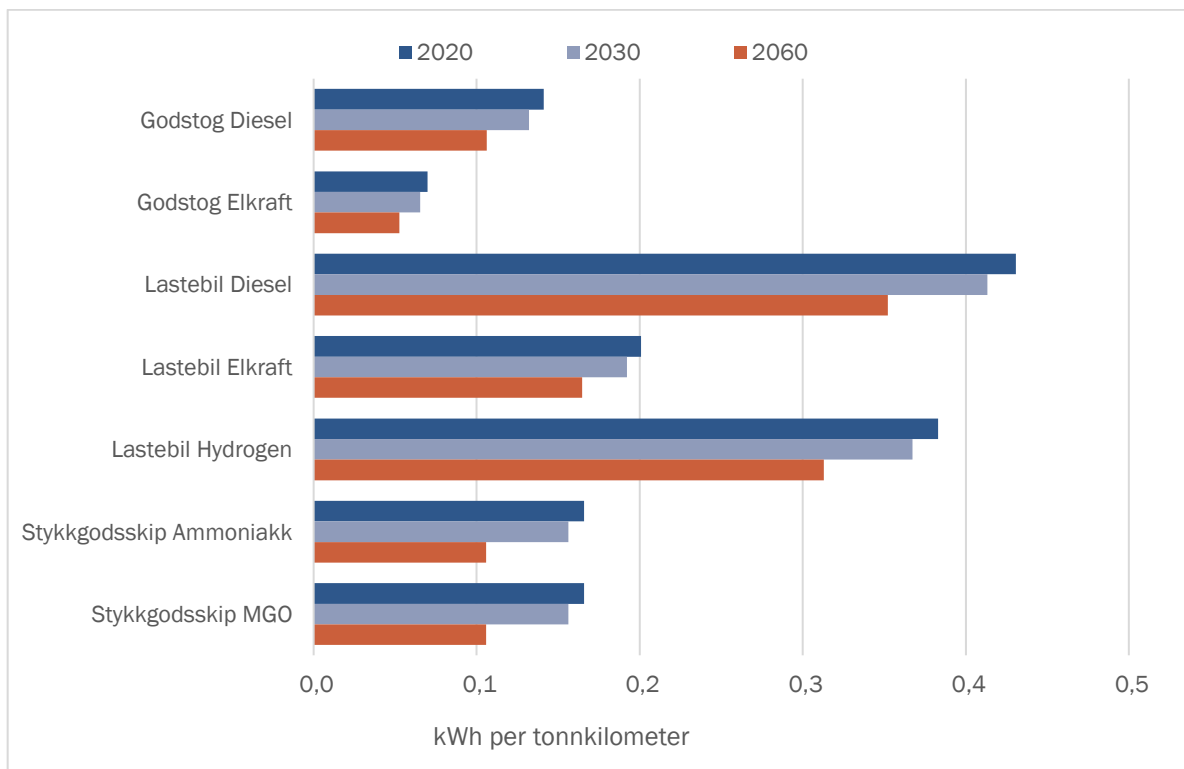
Figur 38 Energiforbruk per personkilometer, per transportmiddel- og energibærerkategori i dag, i 2030 og 2060, i scenario 1

Ettersom ferje- og flytransport har betydelig høyere energiforbruk per personkilometer enn landgående transportmidler, vises vei- og skinnegående transportmidler separat i Figur 39.



Figur 39 Energiforbruk per personkilometer for landgående kjøretøy i persontransporten, per transportmiddel- og energibærerkategori i dag, i 2030 og 2060, i scenario 1

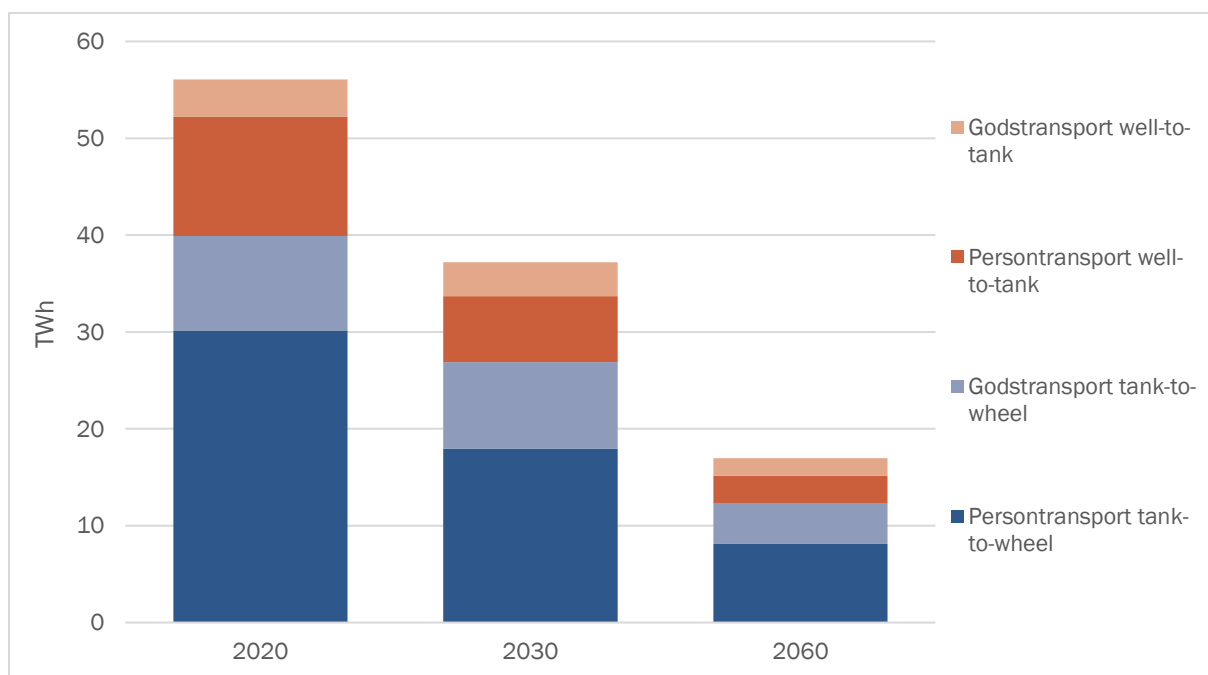
Energieffektivitet for godstransport per transportmiddel- og energibærerkategori er illustrert i Figur 40.



Figur 40 Energiforbruk per tonnkilometer, per transportmiddel- og energibærerkategori i dag, i 2030 og 2060, i scenario 1

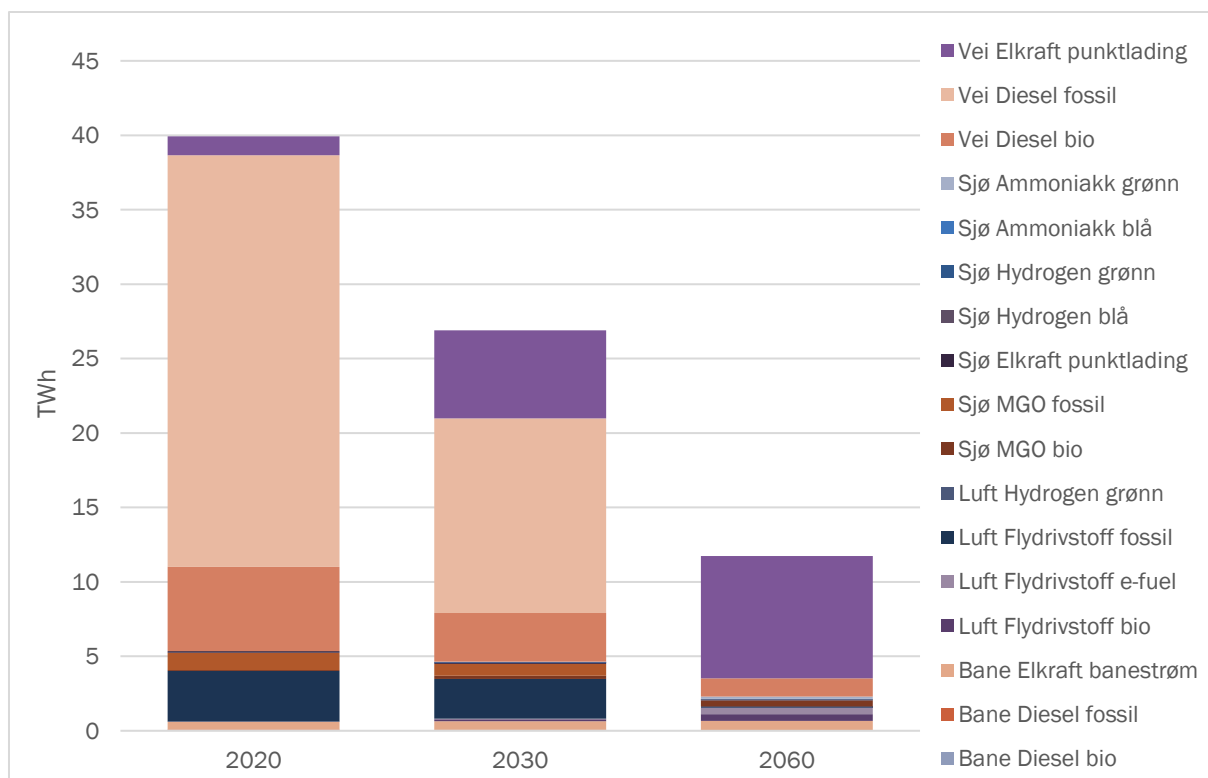
### 8.1.3 Energiforbruk i transportsektoren

I scenario 1 reduseres det direkte energiforbruket for transportsektoren i 2060 til om lag 30 % av energiforbruket i 2020, sammenlignet med en reduksjon til om lag 60 % i referansescenarioet. Se Figur 41.



Figur 41 Energiforbruk tank-to-wheel og well-to-tank i transportsektoren for i dag, 2030 og 2060, etter segment, i scenario 1

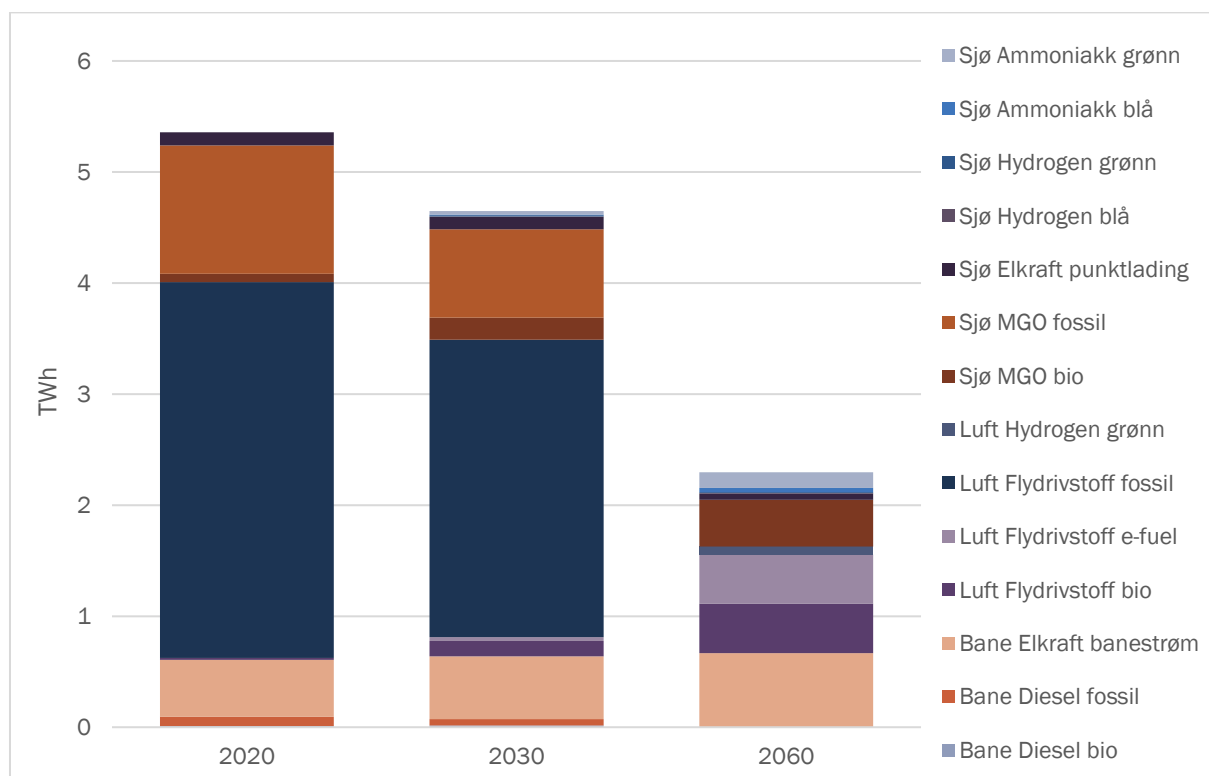
Som i referansescenariot er den største driveren av det reduserte energiforbruket at veitransporten elektrifiseres. Veitransporten står for den største andelen av transportarbeidet og energiforbruket i 2020, og vil fortsatt gjøre det i 2060. Forskjellen fra referansescenariot er at her reduseres også energiforbruket fra jernbanen (som følge av full elektrifisering) og flytransporten (som følge av redusert andel av transportarbeidet). Se Figur 42.



Figur 42 Energiforbruk tank-to-wheel i innenriks transport i dag, i 2030 og 2060, etter mode, i scenario 1

Ettersom veitransporten er dominerende for energiforbruket som inngår i beregningsmodellen, vises resultater for bane, luft og sjøtransporten separat i Figur 43.

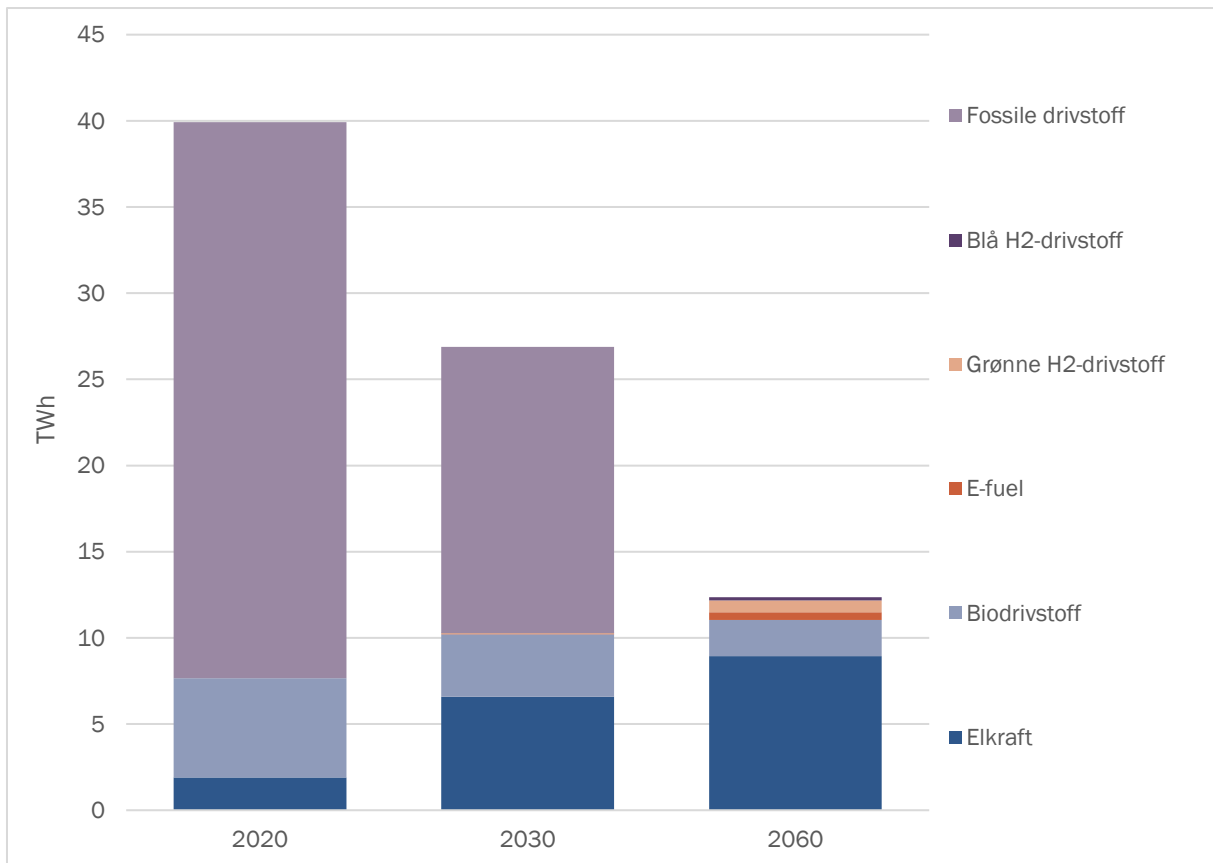
Mer av transportarbeidet i dette scenariet tas med jernbane, noe som gjør at jernbanens kraftforbruk øker.



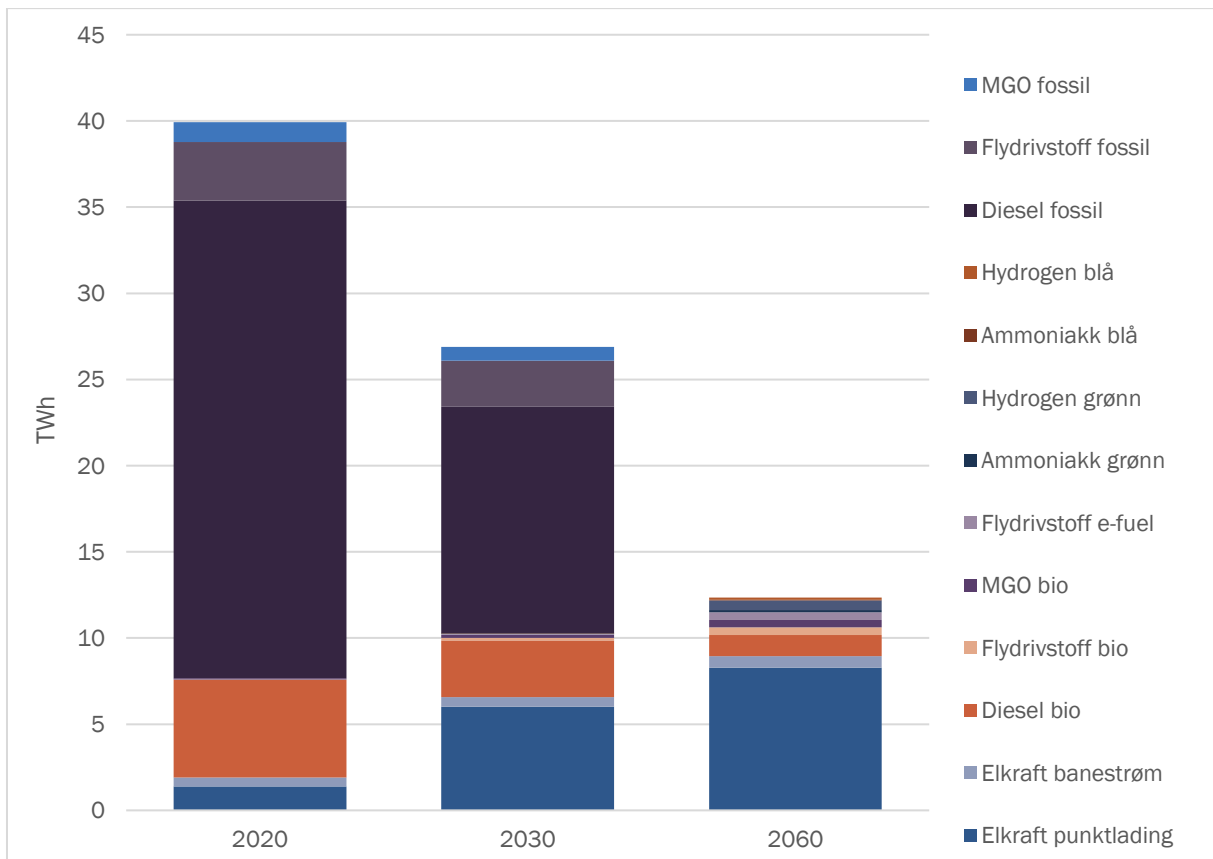
Figur 43 Energiforbruk tank-to-wheel i innenriks transport i dag, i 2030 og 2060, etter mode (unntatt vei), i scenario 1

#### 8.1.4 Energibehov etter energibærer

Som Figur 44 og Figur 45 viser, vil det være en utvikling i energibærersammensetning i transportsektoren fram mot 2060, primært som følge av elektrifisering. I dette scenarioet er det forutsatt at fossile drivstoff fases helt ut, og biodrivstoff og e-fuel brukes i resterende forbrenningsmotorer (samt ammoniakk på skip).



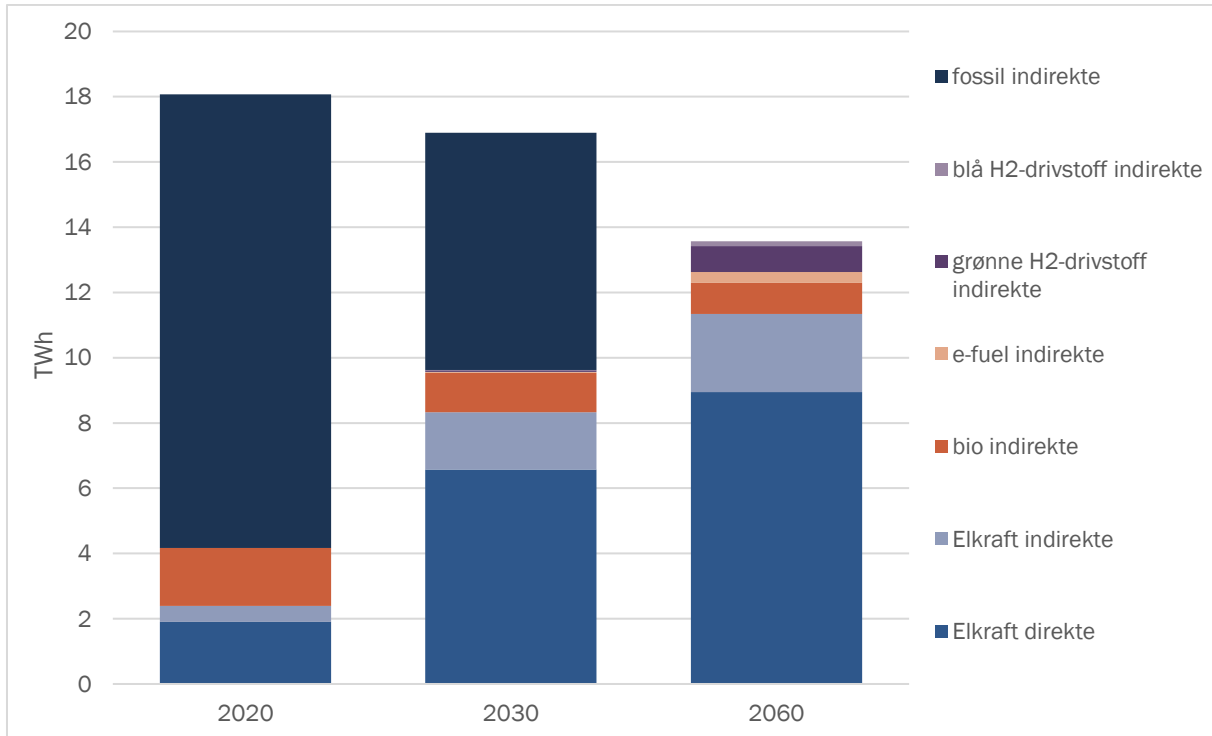
Figur 44 Energiforbruk tank-to-wheel i innenriks transport i dag, i 2030 og 2060, etter energibærertype, i scenario 1





Figur 45 Energiforbruk tank-to-wheel i innenriks transport i dag, i 2030 og 2060, etter energibærerkategori og -type, i scenario 1

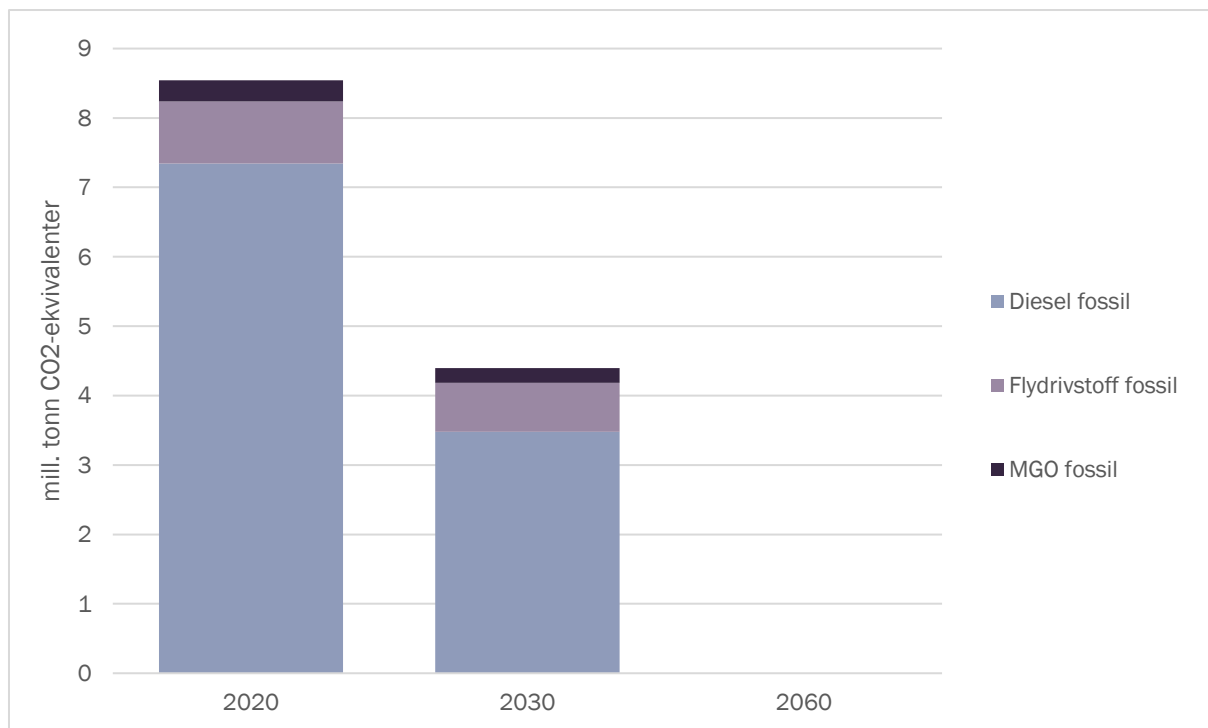
Behovet for elkraft til transportsektoren vil øke kraftig, også i scenario 1. Selv om elektrifiseringsgraden jevnt over er høyere enn i referansescenariot, så innebærer den reduserte transportmengden at behovet for elkraft til transportsektoren vil være ca. 40 % lavere enn i referansescenariot. Se Figur 46.



Figur 46 Behov for elkraft og indirekte energibehov (energi til produksjon av energibærere) i dag, i 2030 og 2060, i scenario 1

### 8.1.5 Klimagassutslipp

Det er i dette scenarioet forutsatt at de direkte utslippene av klimagasser fra transportsektoren opphører innen 2060. Effekten oppnås gjennom redusert transportarbeid, redusert trafikkarbeid som følge av optimalisering i logistikken (transportkapasitetutnyttelse, tomkjøring), og bytte til kjøretøy og energibærere uten direkte utslipp av klimagasser. Se Figur 47.



Figur 47 Direkte klimagassutslipp (CO2-ekvivalenter) fra transportsektoren, etter energibærer, i dag, 2030 og 2060, i scenario 1

## 8.2 Scenario 2: Samfunnsøkonomens drøm

Dette er et scenario der politisk vilje til å nå målene og omstille samfunnet gjør at vi når klimamålene, til tross for at fornybar energi blir knappere enn i dag (og prisene blir høyere). Her kommer hverken banebrytende teknologi eller drastisk endring av våre vaner og verdier oss til unnsetning. Det gjør derimot handlekraftige politikere som bruker sine muligheter til å presse fram en overgang til lavutslippsløsninger. Virkemidlene består i stor grad av skatter, avgifter, reguleringer og selektive investeringer. Dette gir priser som gjør at samfunnet som helhet ikke overskrider mulighetsrommet for å slippe ut klimagasser og forbruke energi.

Samfunnet har bygget ut fornybar kraftproduksjon, men ikke så mye som behovet tilsier. Energi er dermed et knapt og dyrt gode. Endringen i energiprisen påvirker vår adferd (vi reiser og kjøper noe mindre), selv om våre verdier i stor grad er som i dag.

Navnet spiller på viktigheten av pris som driver av endring i adferd og omstilling av transportmiddelflåten i dette scenarioet. Det skiller seg lite fra referansescenarioet, annet enn ved at det forutsettes at politisk ledelse og staten klarer å ta en ledende rolle i å sørge for riktige priser og betingelser for overgangen til lavutslippssamfunnet, til tross for at hverken teknologisk utvikling eller velgernes verdier er til stor hjelp i den prosessen.

Tabell 8 oppsummerer hvordan driverne i dette scenarioet innvirker på transportsektorens energiforbruk. Det henvises til Vedlegg 2 for nærmere beskrivelse av alle forutsetningene som er lagt til grunn.

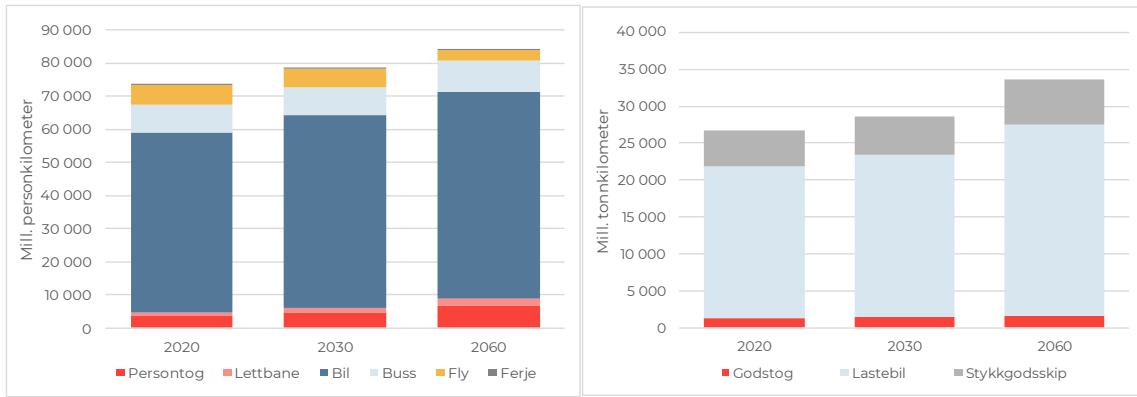
I tabellen betegnes en reduksjon eller økning i energiforbruk sammenlignet med referanse som «Effekt for energiforbruk». En stor reduksjon angis med mørk grønn, en mindre reduksjon med lys grønn. Tilsvarende illustreres en stor økning med mørk rød og en mindre økning med lys rød. Ingen endring angis uten farge.

Tabell 8 Oppsummering av utvikling i sentrale drivere for energiforbruk i scenario 2.

Utvikling i	Hva som er lagt til grunn for framtidig utvikling	Effekt for energiforbruk
Transportarbeid	Transportarbeidet øker relativt til i dag, men bare halvparten så mye som i referansescenarioet, både for person- og godstransport (hhv. 15 % og 26 %). Dette skyldes primært at energi er dyrt, og innvirker på prisen av å reise og på varer (både produksjon og transport).	Noe økt energiforbruk, men mindre enn i referanse.
Transportmiddel-fordeling	Scenarioet innebærer noe omfordeling av transportarbeidet til mer energieffektive former, relativt til referanse, slik at dagens andeler av bil og lastebil ikke øker, og fly reduseres noe.	Noe redusert energiforbruk, også relativt til referanse.
Energibærerfordeling	Storstilt elektrifisering i alle aktuelle segmenter (vei, bane, ferje). Det antas 10 % hydrogen i aktuelle segmenter, og 30 % ammoniakk i skipsfarten (med 20 % blått, resten grønt). Det er lagt til grunn 100 % biodrivstoff/e-fuel i resterende transportmidler som krever drivstoff (fly, skip), samt resterende prosenter (1-5 %) i andre sektorer.	Redusert energiforbruk, også relativt til referanse.
Energiforbruk i transportmidlet	Det legges til grunn en teknologiutvikling som gir mer effektive motorer, redusert vekt og luftmotstand, samt mer energieffektiv føreradfærd. Om lag 15 % forbedring mot 2060. Som i referanse.	Redusert energiforbruk, som i referanse.
Energiforbruk for energiproduksjon	Det legges til grunn en teknologiutvikling som gir mer energieffektiv produksjon av drivstoff og strøm, herunder også elektrifisering av større deler av produksjonskjeden. Som i referanse.	Redusert energiforbruk, som i referanse.
Utnyttelse av kapasitet i transportmidler og lastbærere	Det legges til grunn en videreføring av dagens transportkapasitetutnyttelse, om bord og i lastbærere.	Ingen effekt
Vekt per lastbærer	Det legges til grunn en videreføring av dagens lastbærere.	Ingen effekt
Tomkjøring, posisjonskjøring	Det legges til grunn en videreføring av dagens bruksmønstre for transportmidlene.	Ingen effekt

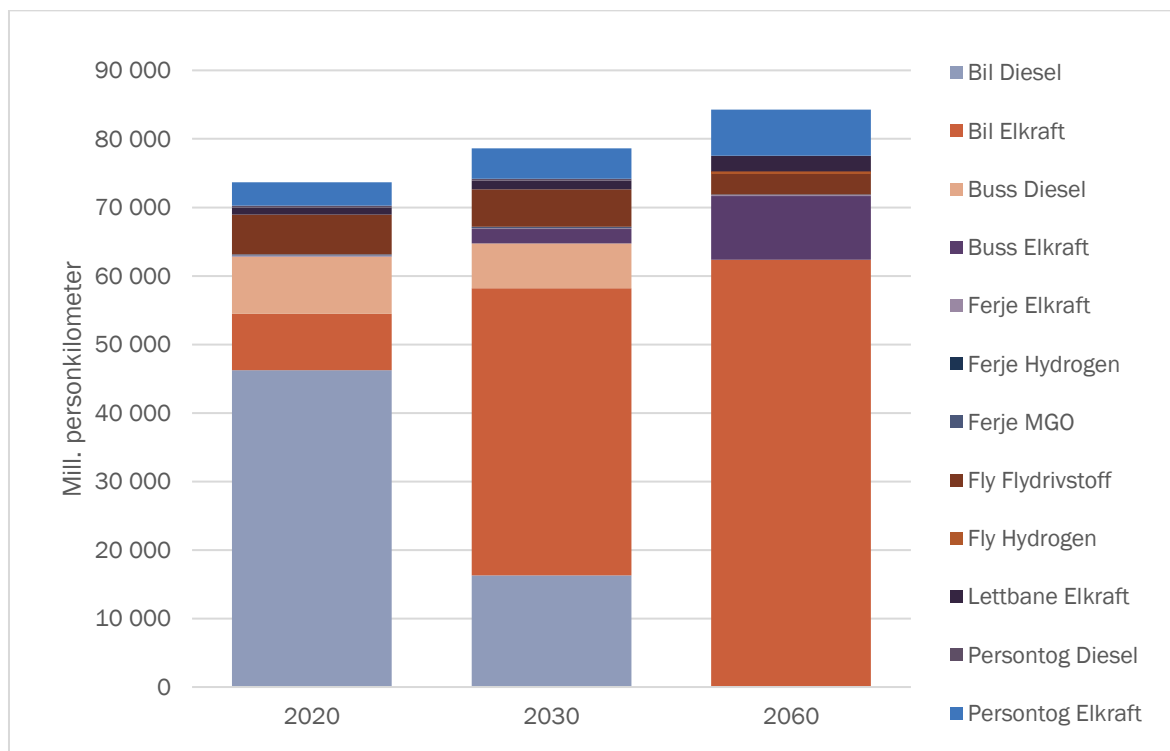
### 8.2.1 Transportarbeid

I dette scenarioet er det forutsatt en halvering av veksten i transportarbeidet sammenlignet med referansebanen, se Figur 48.

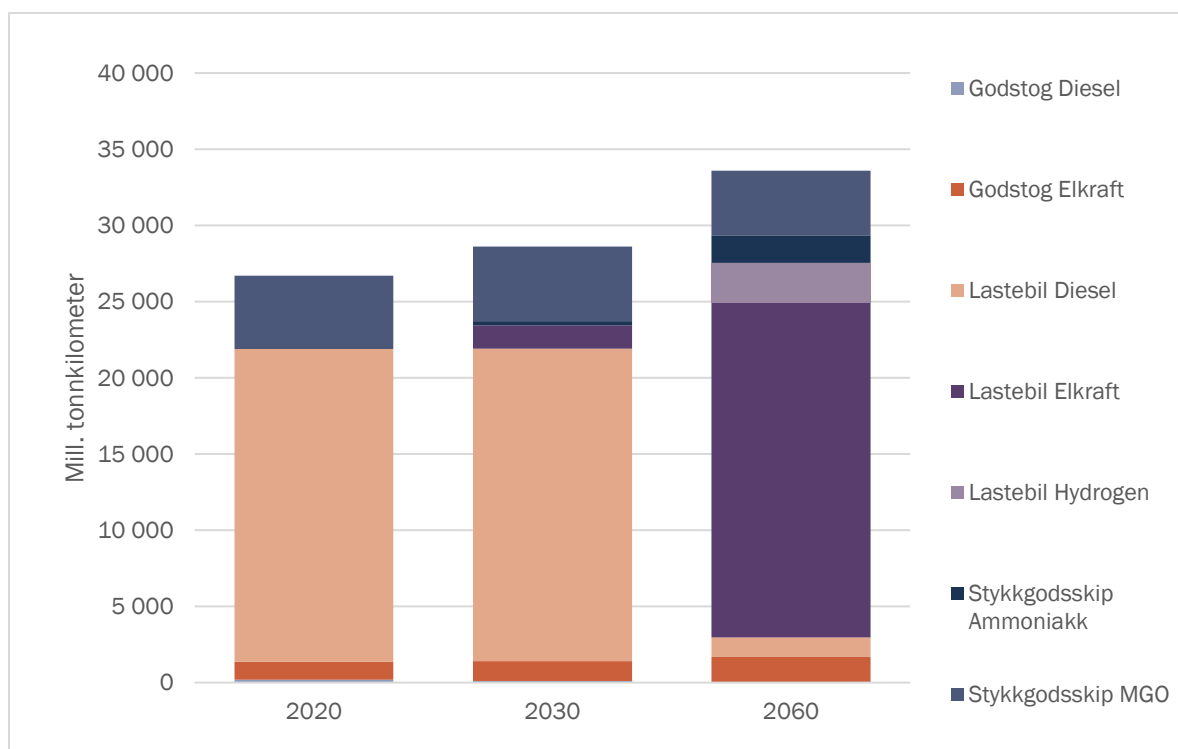


Figur 48 Transportarbeid i dag, i 2030 og 2060, etter segment og per kjøretøykategori, i scenario 2

I Figur 36, Figur 49 og Figur 50 vises person- og godstransportarbeidet fordelt per transportmiddel og energibærerkategori.



Figur 49 Transportarbeid i persontransporten i dag, i 2030 og 2060, per kjøretøykategori og energibærerkategori, i scenario 2



Figur 50 Transportarbeid i godstransporten i dag, i 2030 og 2060, per kjøretøykategori og energibærerkategori, i scenario 2

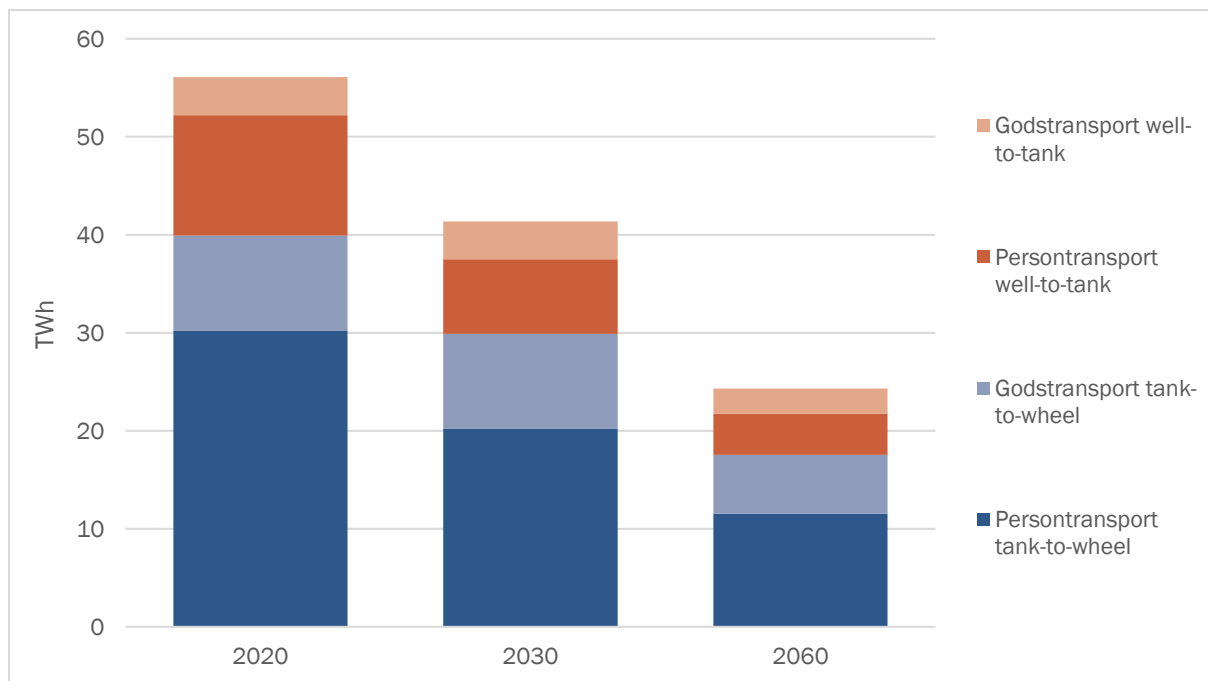
### 8.2.2 Energieffektivitet

Dette scenarioet forutsetter samme utvikling i energieffektivitet i kjøretøyene (tank-to-wheel) som i referansescenarioet, dvs. forbedring med 15 % til 2060, og 4 % til 2030 (etablert ved lineær interpolering mellom verdiene i 2020 og 2060). Det henvises til kapittel 5 for nærmere beskrivelse av energieffektivitet i referansescenarioet.

Det er ikke antatt økt utnyttelse av kapasiteten om bord i transportmidlene eller reduksjon i tomkjøring i dette scenarioet. Som vist i scenario 1 bidrar slik optimalisering av logistikken til økt energieffektivitet per transporterte person og tonn, og det kan tenkes at høye energipriser vil bidra til å drive fram noe bedre koordinering i transportmarkedet og mellom staten.

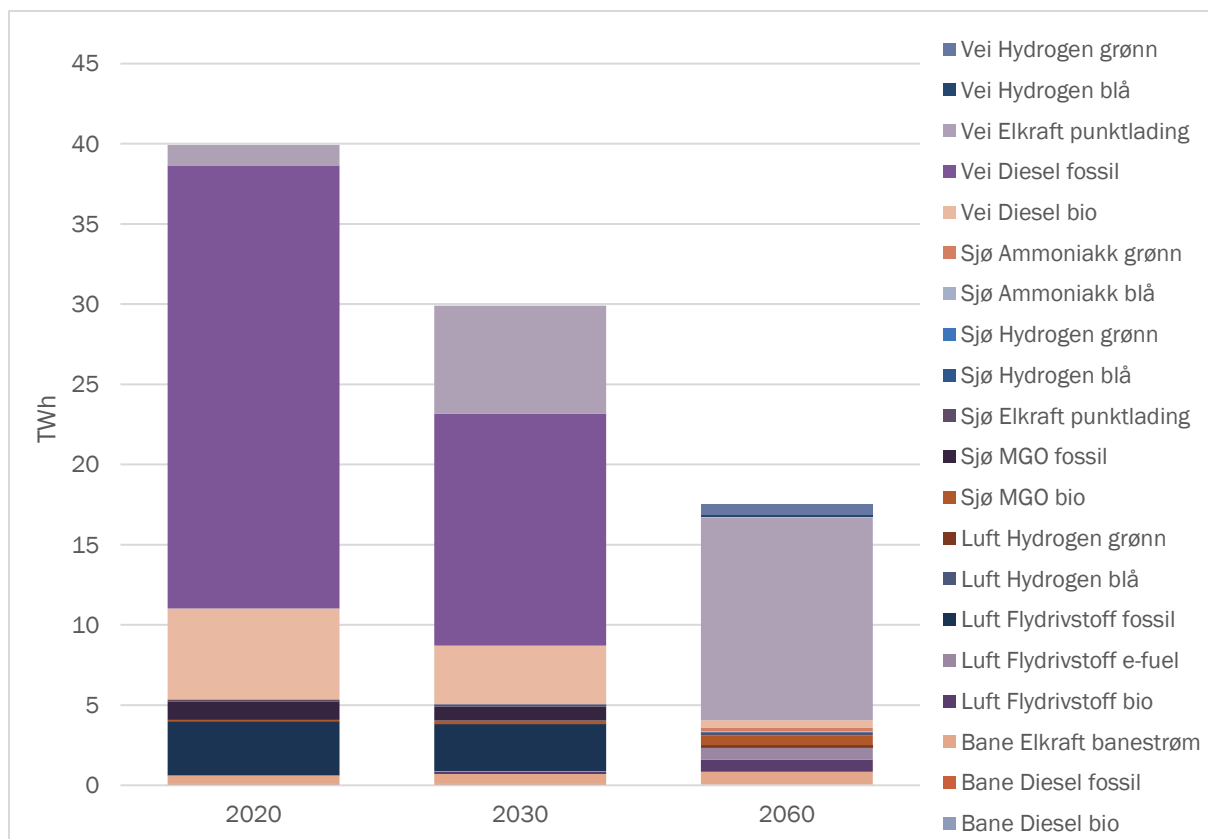
### 8.2.3 Energiforbruk i transportsektoren

I scenario 2 reduseres det direkte energiforbruket for transportsektoren i 2060 til om lag 45 % av energiforbruket i 2020, sammenlignet med en reduksjon til om lag 60 % i referansescenarioet. Se Figur 51.



Figur 51 Energiforbruk tank-to-wheel og well-to-tank i transportsektoren for i dag, 2030 og 2060, etter segment, i scenario 2

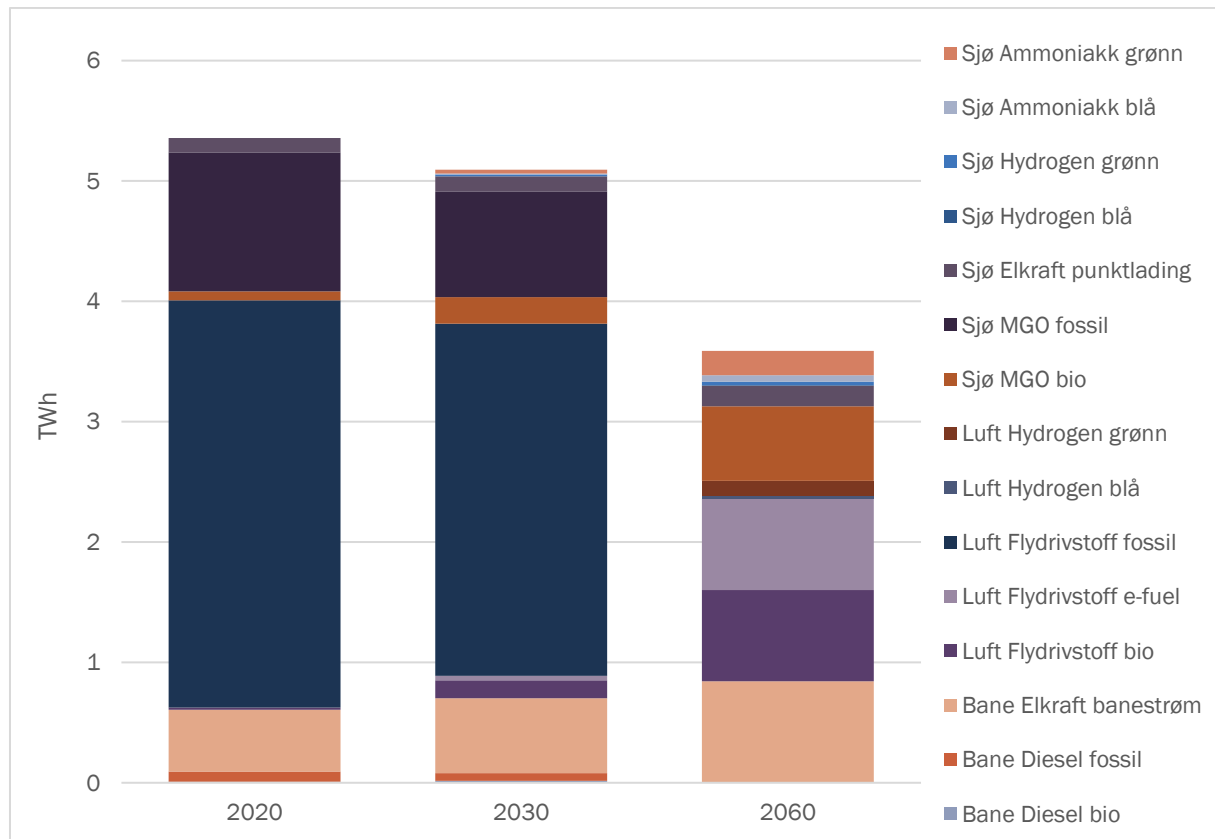
Som i referansescenariot er den største driveren av det reduserte energiforbruket at veitransporten elektrifiseres. Veitransporten står for den største andelen av transportarbeidet og energiforbruket i 2020, og vil fortsatt gjøre det i 2060. Forskjellen fra referansescenariot er at her reduseres også energiforbruket fra jernbanen (som følge av full elektrifisering) og flytransporten (som følge av redusert andel av transportarbeidet). Se Figur 52.



Figur 52 Energiforbruk tank-to-wheel i innenriks transport i dag, i 2030 og 2060, etter mode, i scenario 2

Ettersom veitransporten er dominerende for energiforbruket som inngår i beregningsmodellen, vises bane, luft og sjøtransporten separat i Figur 53.

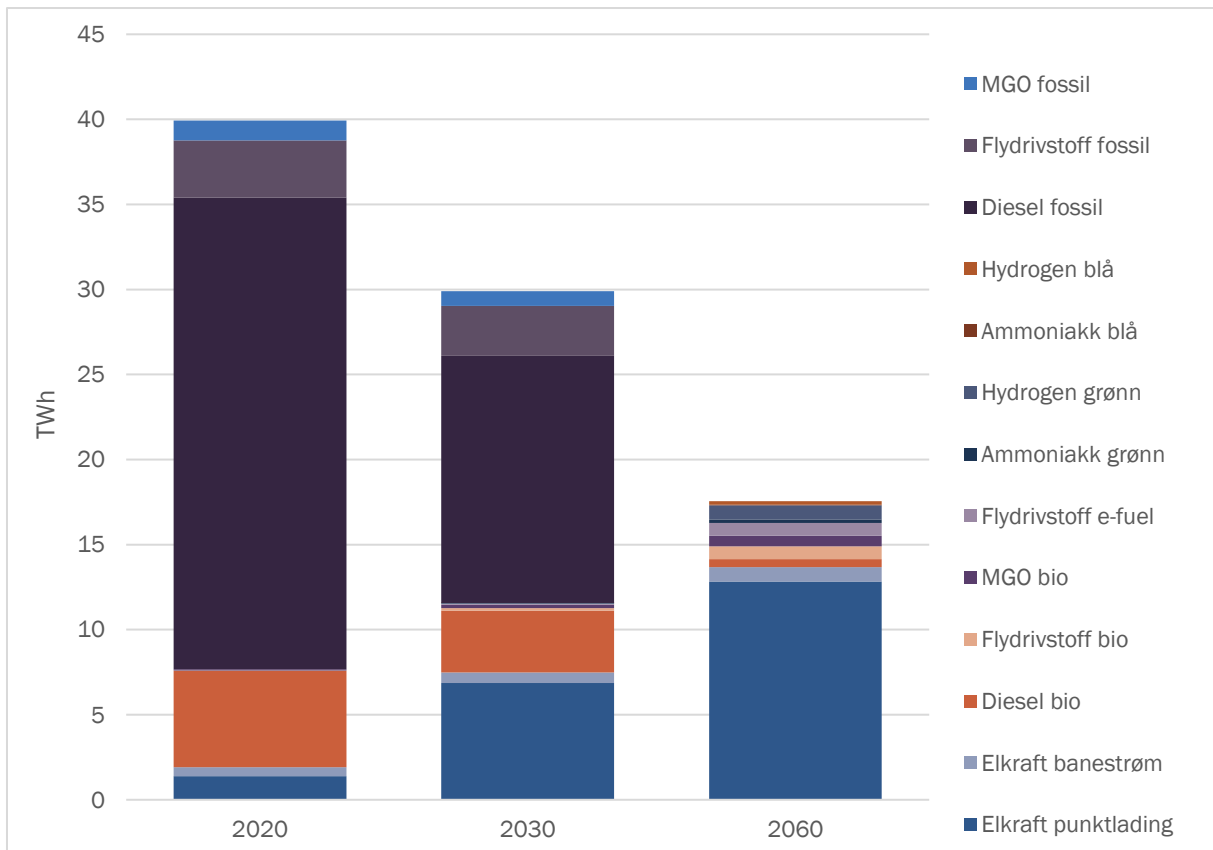
Mer av transportarbeidet i dette scenariet tas med jernbane som gjør at kraftforbruket til jernbanen øker.



Figur 53 Energiforbruk tank-to-wheel i innenriks transport i dag, i 2030 og 2060, etter mode (unntatt vei), i scenario 2

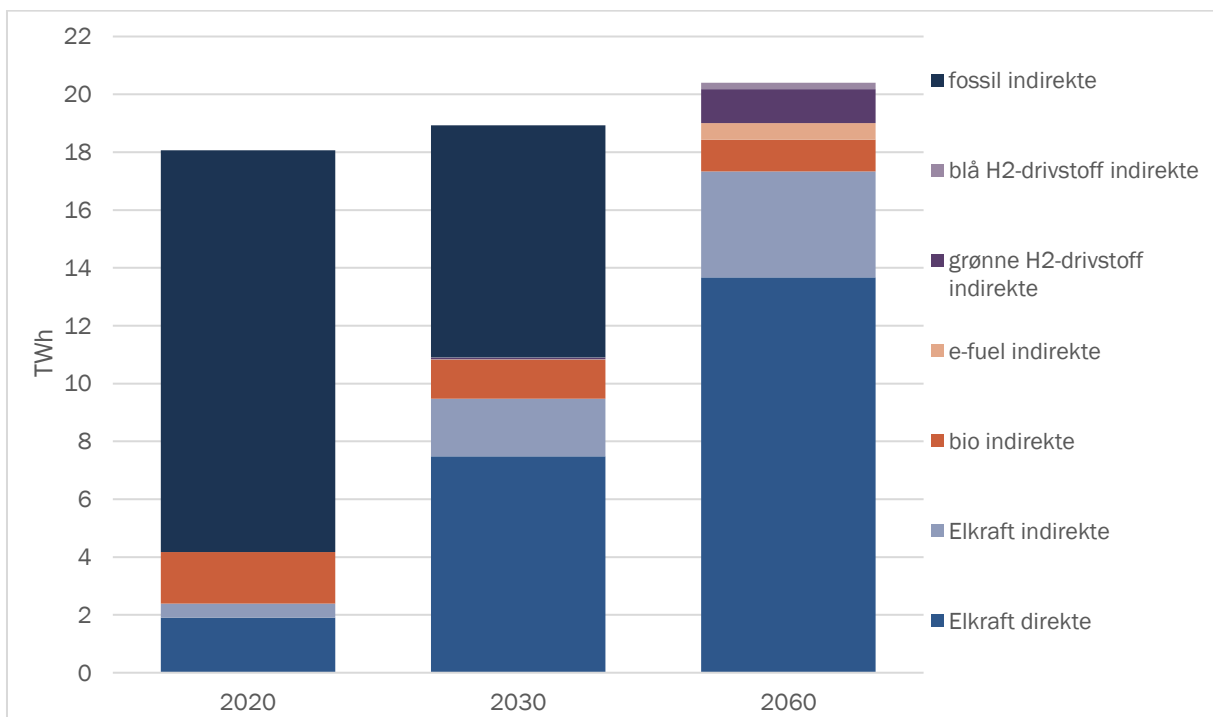
#### 8.2.4 Energibehov etter energibærer

Som Figur 54 viser, vil det være en utvikling i energibærersammensetning i transportsektoren fram mot 2060, primært som følge av elektrifisering. I dette scenarioet er det forutsatt at fossile drivstoff fases helt ut, og biodrivstoff og e-fuel brukes i resterende forbrenningsmotorer (samt ammoniakk på skip).



Figur 54 Energiforbruk tank-to-wheel i innenriks transport i dag, i 2030 og 2060, etter energibærerkategori og -type, i scenario 2

Behovet for elkraft til transportsektoren vil øke kraftig, også i scenario 2. Selv om elektrifiseringsgraden jevnt over er høyere enn i referansescenariot, så innebærer den reduserte transportmengden at behovet for elkraft til transportsektoren vil være 5-10% lavere enn i referansescenariot. Se Figur 55.

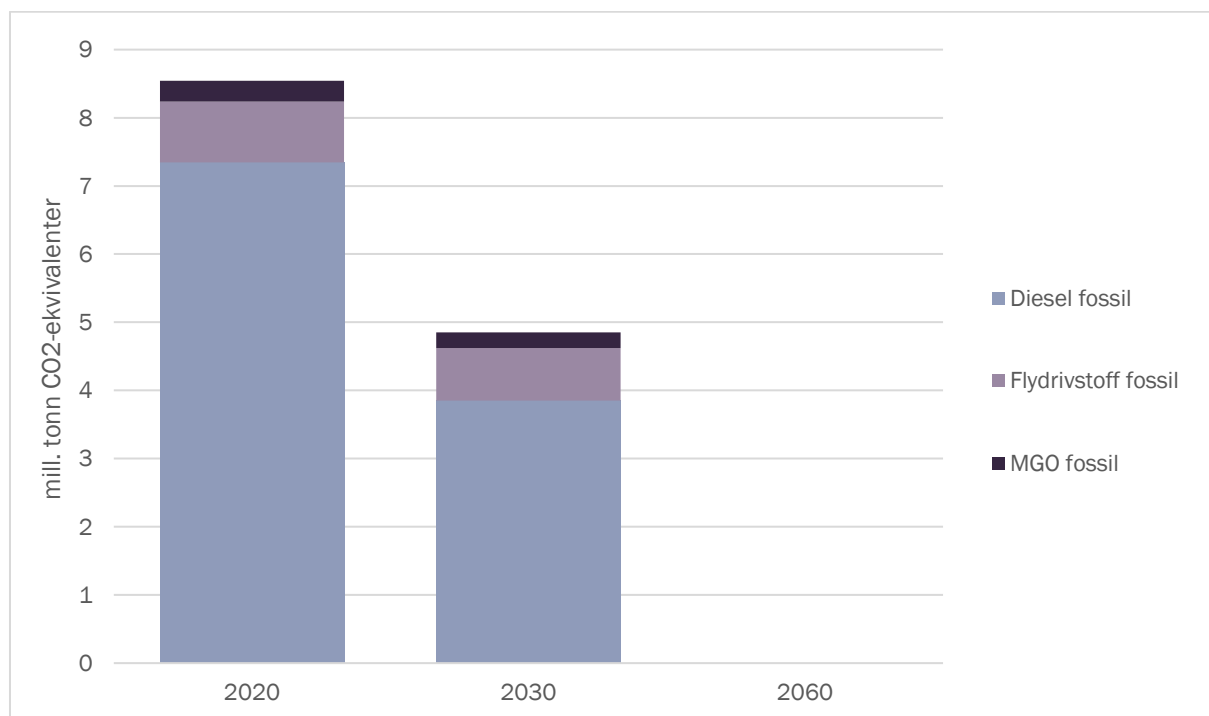




Figur 55 Behov for elkraft og indirekte energibehov (energi til produksjon av energibærere) i dag, i 2030 og 2060, i scenario 2

### 8.2.5 Klimagassutslipp

Det er i dette scenarioet forutsatt at de direkte utslippene av klimagasser fra transportsektoren opphører innen 2060. Effekten oppnås gjennom redusert transportarbeid sammenlignet med referansebanen, og bytte til kjøretøy og energibærere uten direkte utslipp av klimagasser. Se Figur 56.



Figur 56 Direkte klimagassutslipp (CO2-ekvivalenter) fra transportsektoren, etter energibærere, i dag, 2030 og 2060, i scenario 1

## 8.3 Scenario 3: Teknologioptimistens drøm

Det tredje scenarioet tar utgangspunkt i teknologit utvikling som den viktigste driveren for utviklingen av energiforbruk i transportsektoren. Det forutsettes at politisk ledelse og staten klarer å dra nytte av teknologiske gjennombrudd. I scenarioet Samfunnsøkonomens drøm må samfunnet gjennom en krevende omstilling til lavutslippssamfunnet, men denne overgangen blir lettere i dette scenarioet, som følge av at teknologit utviklingen gjør at energiprisene stiger mindre. Andre nyvinninger gir også kostnadsreduksjoner for andre drivere av kostnader i transportsektoren (lønninger, kjøretøyproduksjon, m.m.), slik at de totale transportkostnadene ikke øker.

Dette scenarioet innebærer fortsatt økning i reiser og forbruk (godstransport) og er det scenarioet som i størst grad gjenspeiler en videre velstandsvekst. Det er et scenario som forutsetter flere betydelige teknologigjennombrudd, uten at scenarioet i seg selv forklarer disse.

Tabell 9 oppsummerer hvordan driverne i dette scenarioet innvirker på transportsektorens energiforbruk. Det henvises til Vedlegg 2 for nærmere beskrivelse av alle forutsetningene som er lagt til grunn.

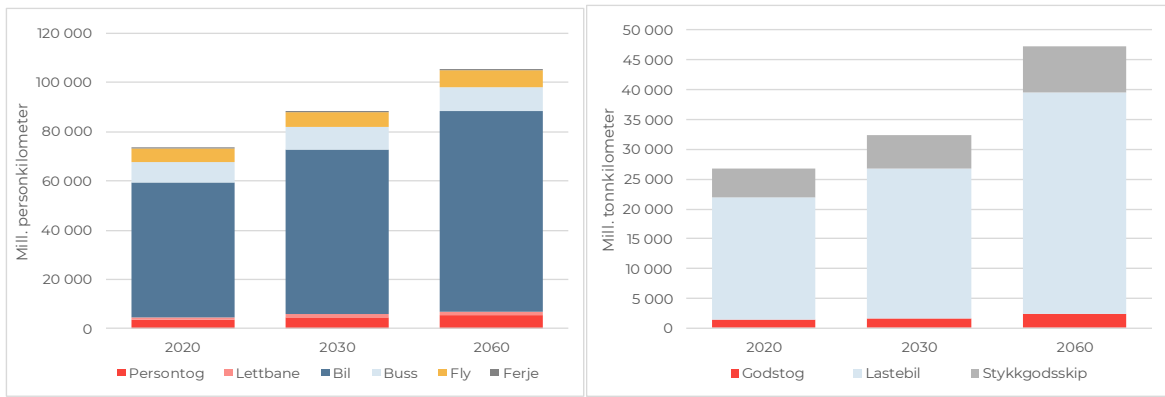
I tabellen betegnes en reduksjon eller økning i energiforbruk sammenlignet med referanse som «Effekt for energiforbruk». En stor reduksjon angis med mørk grønn, en mindre reduksjon med lys grønn. Tilsvarende illustreres en stor økning med mørk rød og en mindre økning med lys rød. Ingen endring angis uten farge.

Tabell 9 Oppsummering av utvikling i sentrale drivere for energiforbruk i scenario 3.

Utvikling i	Hva som er lagt til grunn for framtidig utvikling	Effekt for energiforbruk
Transportarbeid	Økning i vekstbanen for transportarbeid for både gods- og persontransport til 50 % mer vekst enn i referansescenariot, dvs. økning på 43 % for persontransport og 77 % for godstransport.	Økt energiforbruk sammenlignet med i dag og referanse.
Transportmiddel-fordeling	Referansebanens forventede fordeling mellom transportmiddelkategoriene legges til grunn.	Noe økt energiforbruk. Som i referanse.
Energibærerfordeling	Transportarbeidet flyttes over til nullutslippsløsninger innenfor hver transportmiddelkategori. Som følge av teknologisk utvikling på mange hold, suppleres de elektriske løsningene med økt hydrogenandel i flere aktuelle segmenter. Det antas 25 % hydrogen i aktuelle segmenter, og 70 % ammoniakk i skipsfarten (med 50 % blått, 50 % grønt). Ingen forbrenningsmotorer på vei. Resterende andel biodrivstoff er lav på fly og sjø.	Redusert energiforbruk, også relativt til referanse.
Energiforbruk i transportmidlet	Det legges til grunn en teknologiutvikling som gir mer effektive motorer, redusert vekt og luftmotstand, samt mer energieffektiv føreradferd. Om lag 30 % forbedring mot 2060.	Redusert energiforbruk, også relativt til referanse.
Energiforbruk for energiproduksjon	Det legges til grunn en teknologiutvikling som gir mer energieffektiv produksjon av drivstoff og strøm, herunder også elektrifisering av større deler av produksjonsskjeden.	Redusert energiforbruk, som i referanse.
Utnyttelse av kapasitet i transportmidler og lastbærere	Det legges til grunn en videreføring av dagens transportkapasitetutnyttelse, om bord og i lastbærere.	Ingen effekt
Vekt per lastbærer	Det legges til grunn en videreføring av dagens lastbærere.	Ingen effekt
Tomkjøring, posisjonskjøring	Det legges til grunn en videreføring av dagens andel tom- og posisjonskjøring.	Ingen effekt.

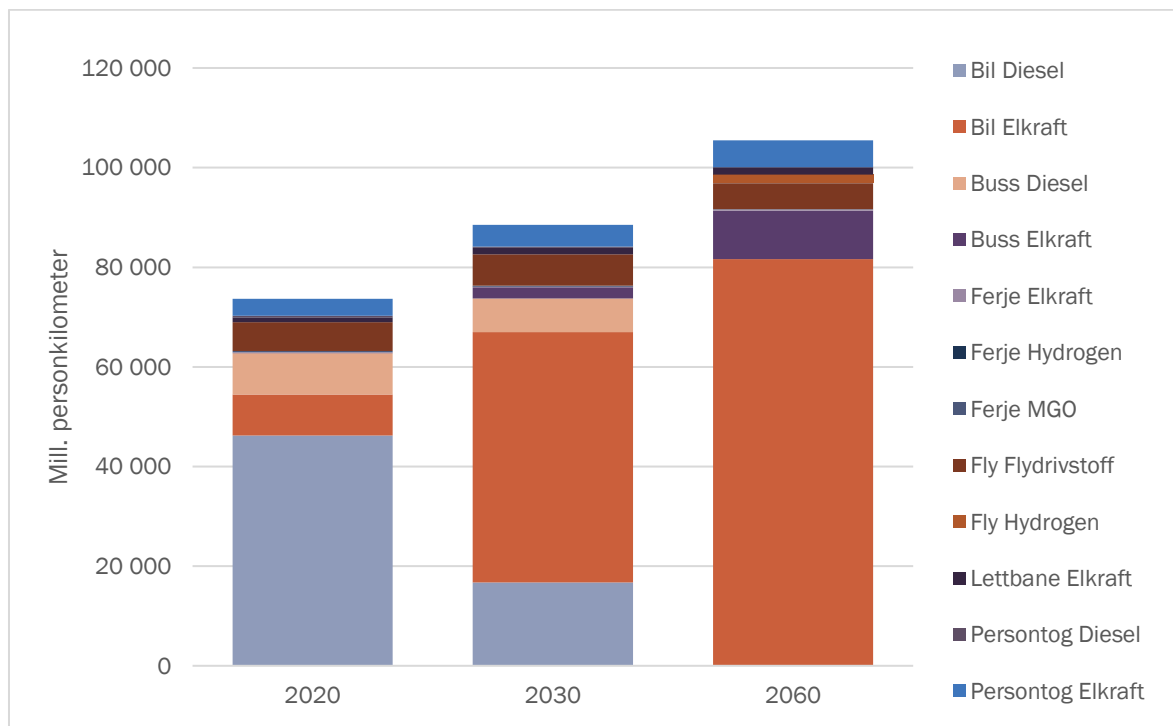
### 8.3.1 Transportarbeid

I dette scenarioet er det forutsatt at transportarbeidet øker relativt til referansescenariot, se Figur 57. Dette skyldes at ny teknologi gjør at transportkostnadene ikke øker relativt til i dag, men heller reduseres. Forutsatt en videre økning i disponibel inntekt, uten endring i vaner og verdier, tilsier dette økt reisevirksomhet og økt forbruk. Fordelingen av transportarbeidet mellom ulike transportmidler er som i referansescenariot.

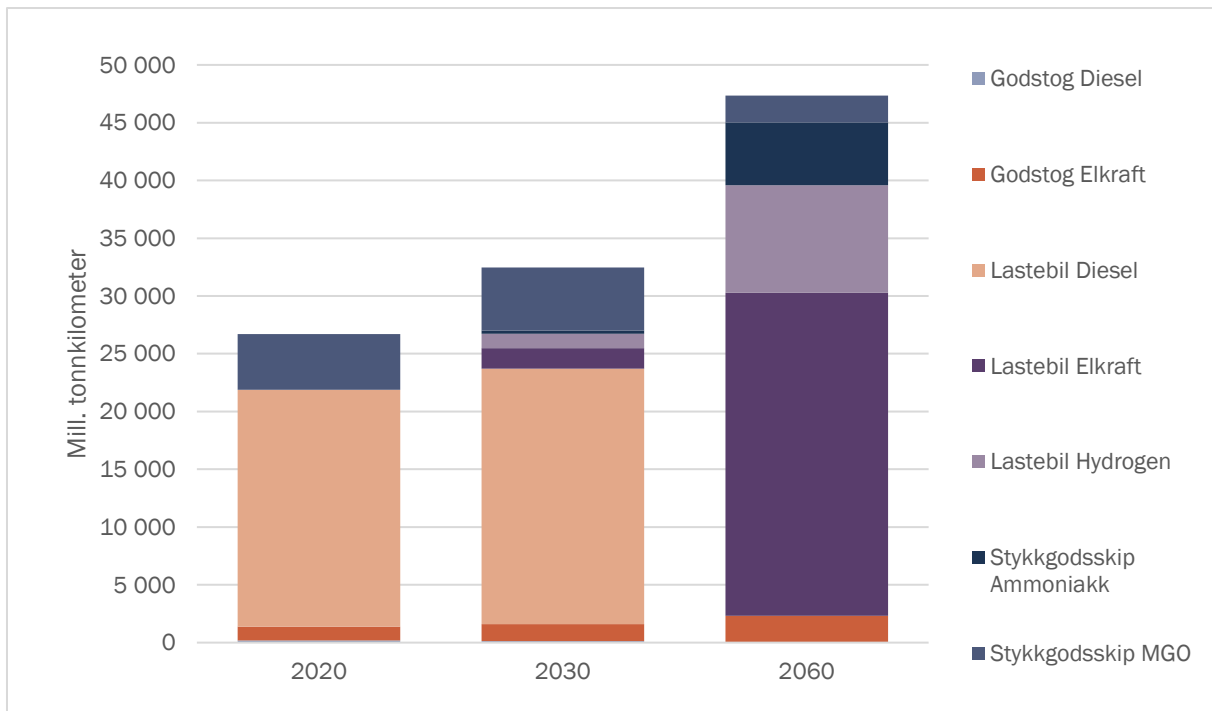


Figur 57 Transportarbeid i dag, i 2030 og 2060, etter segment og per kjøretøykategori, i scenario 3

I Figur 58 og Figur 59 vises person- og godstransportarbeidet fordelt per transportmiddel og energibærerkategori.



Figur 58 Transportarbeid i persontransporten i dag, i 2030 og 2060, per kjøretøykategori og energibærerkategori, i scenario 3

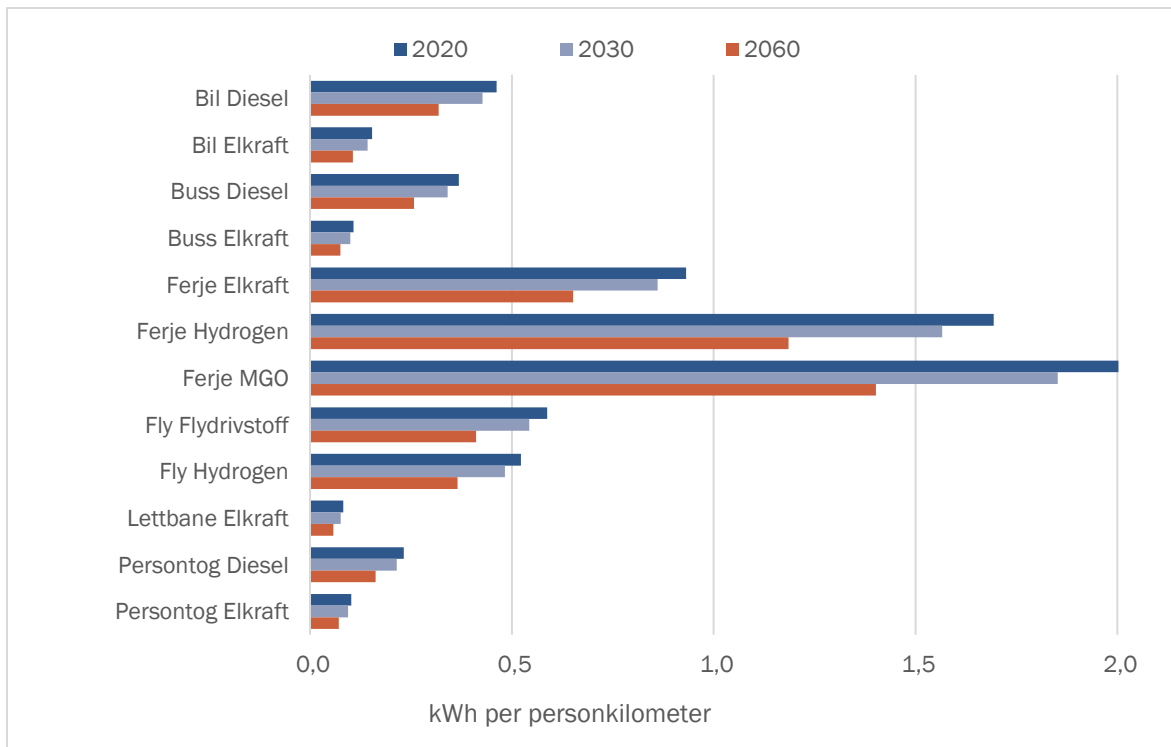


Figur 59 Transportarbeid i godstransporten i dag, i 2030 og 2060, per kjøretøykategori og energibærerkategori, i scenario 3

### 8.3.2 Energieffektivitet

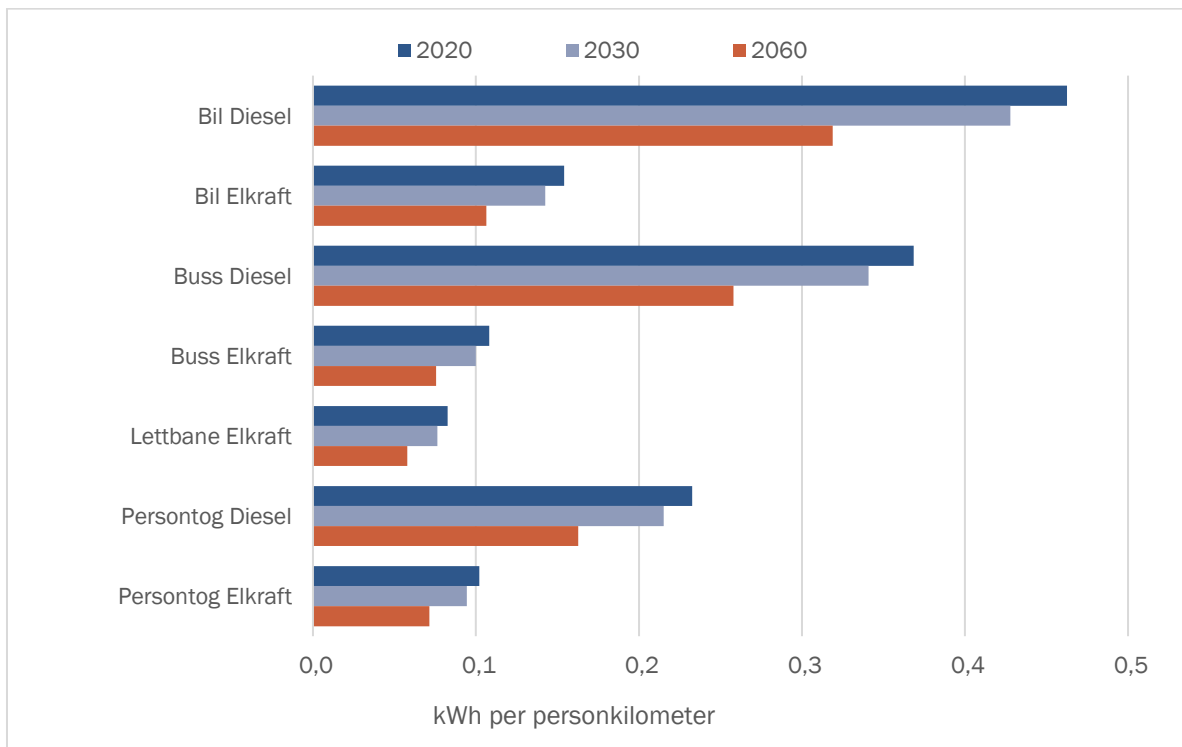
Dette scenarioet forutsetter en høyere utvikling i energieffektivitet i kjøretøyene (tank-to-wheel) enn i referansescenarioet, dvs. forbedring med 30 % til 2060, og 8 % til 2030 (etablert ved lineær interpolering mellom verdiene i 2020 og 2060). Uten andre avvik fra referansescenarioet som innvirker på energiforbruk per personkilometer og tonnkilometer, er den totale forskjellen i 2060 også 30 %. Utviklingen er illustrert i Figur 60.

Scenarioet forutsetter ikke økt effektivitet i bruken av kjøretøyene, dvs. ingen økning i transportkapasitetutnyttelse eller redusert tomkjøring. Den generelle gode teknologiske utviklingen som forutsettes i dette scenarioet gjør slik optimalisering mulig, men det antas å ikke være sterke drivere for å ta disse mulighetene i bruk (slik som høy pris på transport eller mer nøysomme verdier).

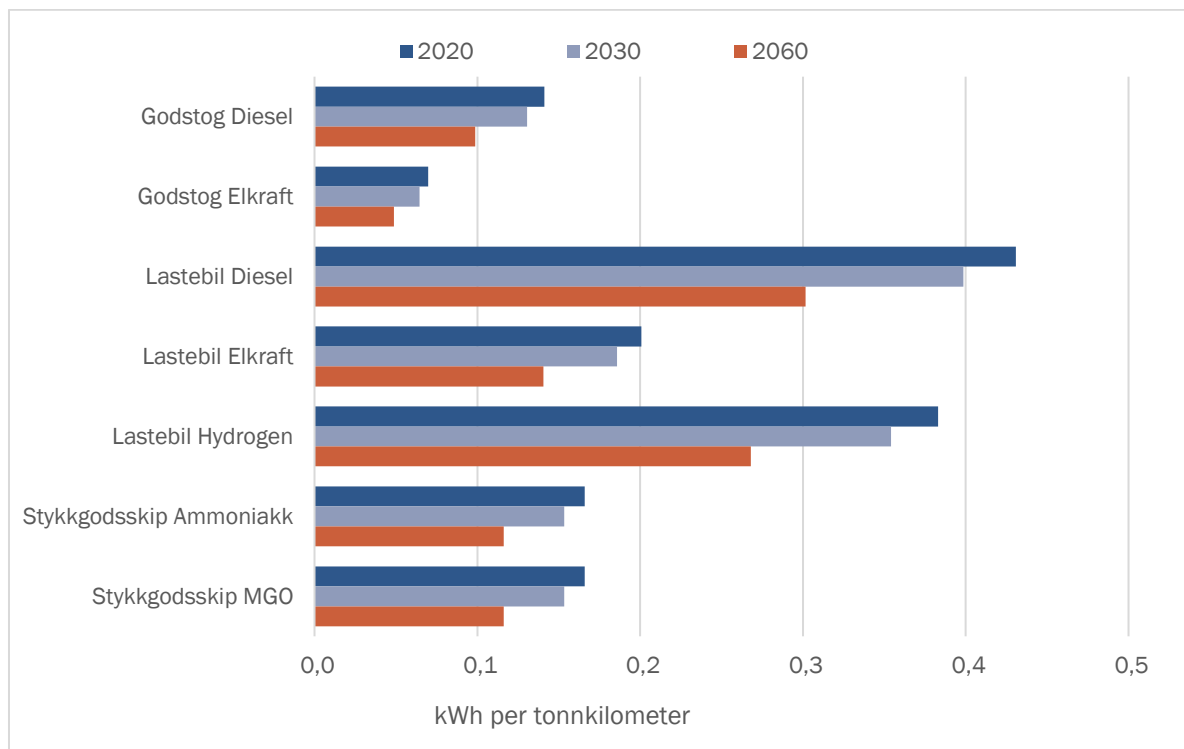


Figur 60 Energiforbruk per personkilometer, per transportmiddel- og energibærerkategori i dag, i 2030 og 2060, i scenario 3

Ettersom ferje- og flytransport har betydelig høyere energiforbruk per personkilometer enn landgående transportmidler, vises vei- og skinnegående transportmidler separat i Figur 61.



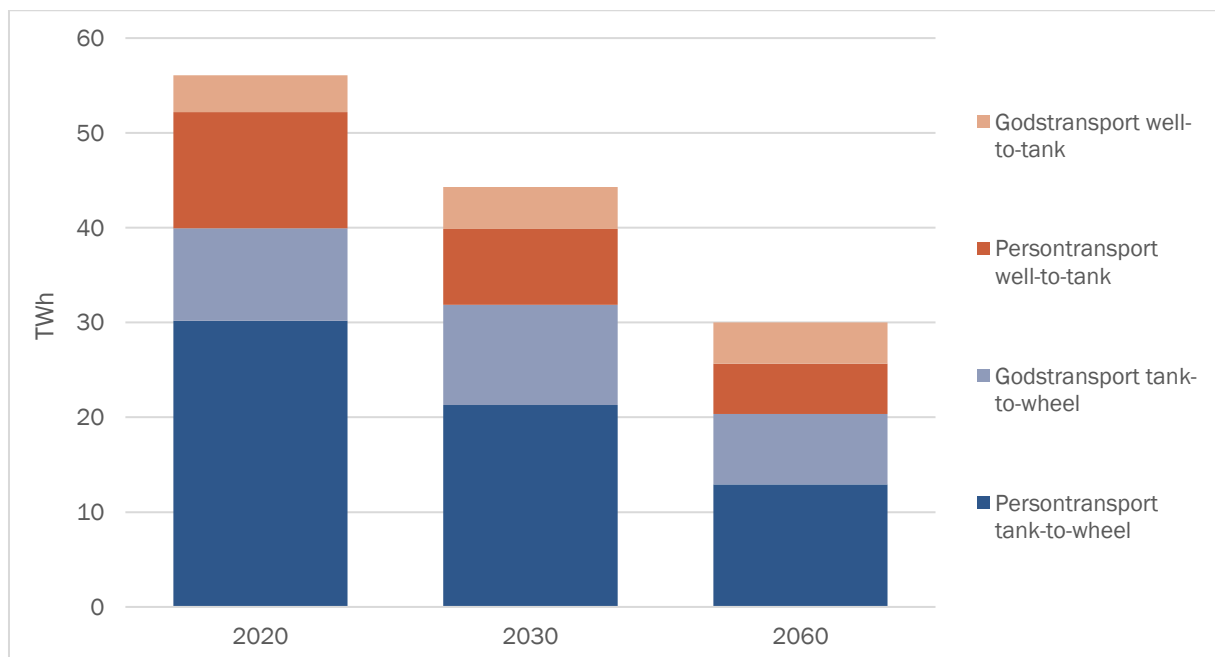
Figur 61 Energiforbruk per personkilometer for landgående kjøretøy i persontransporten, per transportmiddel- og energibærerkategori i dag, i 2030 og 2060, i scenario 3



Figur 62 Energiforbruk per personkilometer, per transportmiddel- og energibærerkategori i dag, i 2030 og 2060, i scenario 3

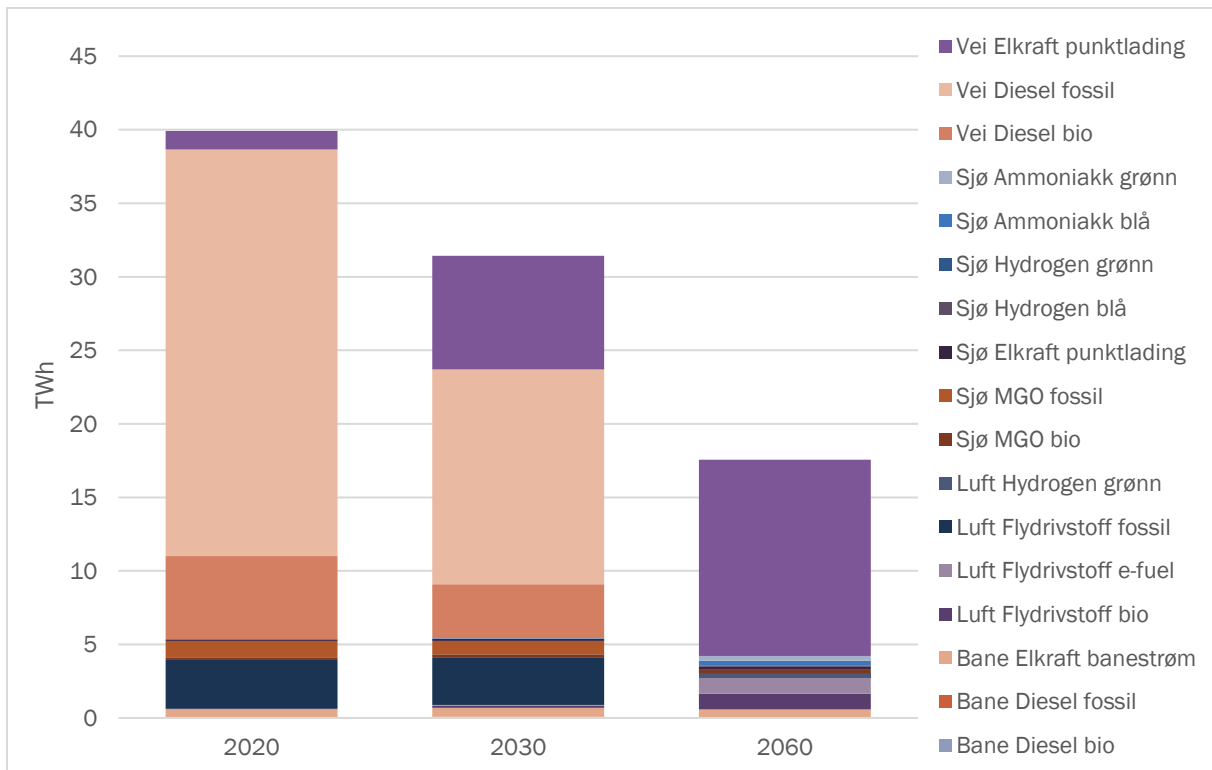
### 8.3.3 Energiforbruk i transportsektoren

I scenario 3 reduseres det direkte energiforbruket for transportsektoren i 2060 til om lag 50 % av energiforbruket i 2020, sammenlignet med en reduksjon til om lag 60 % i referansescenariot. Se Figur 63.



Figur 63 Energiforbruk tank-to-wheel og well-to-tank i transportsektoren for i dag, 2030 og 2060, etter segment, i scenario 3

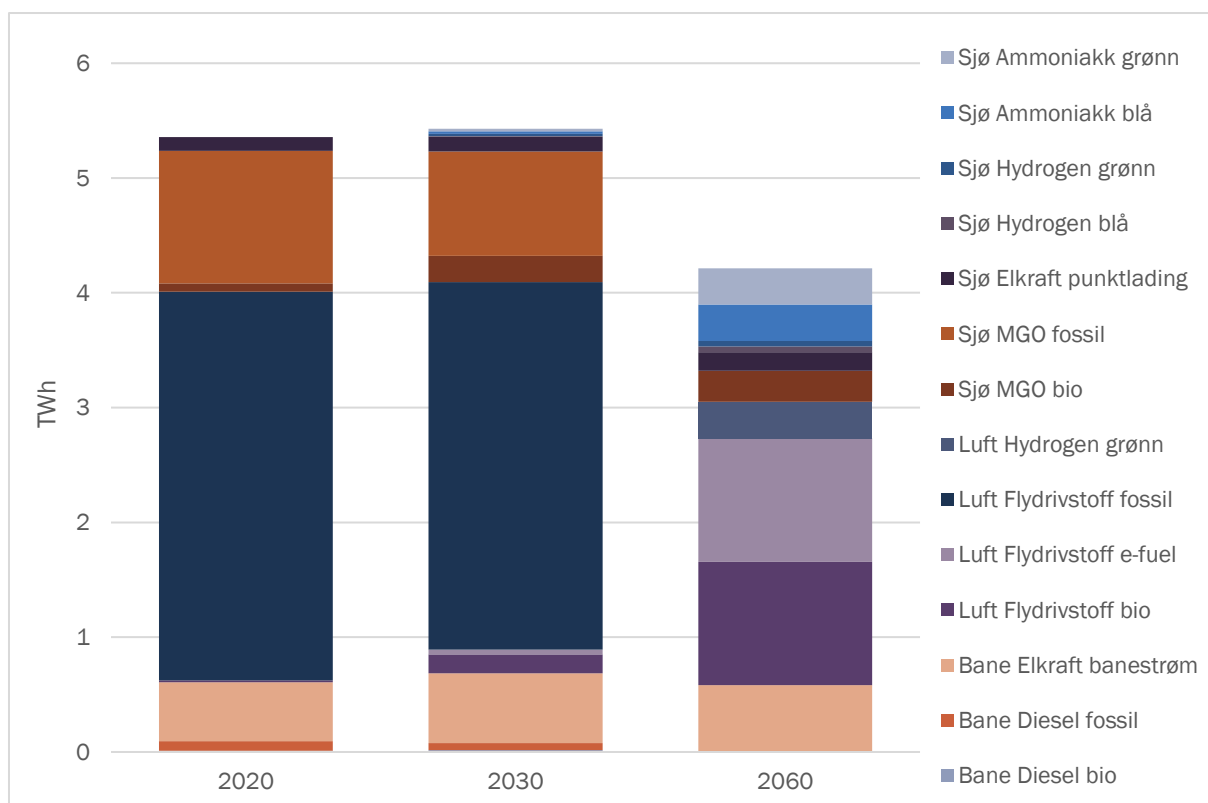
Som i referansescenariot er den største driveren av det reduserte energiforbruket at veitransporten elektrifiseres. Veitransporten står for den største andelen av transportarbeidet og energiforbruket i 2020, og vil fortsatt gjøre det i 2060. Forskjellen fra referansescenariot er at her reduseres også energiforbruket fra jernbanen (som følge av full elektrifisering). I tillegg reduseres energiforbruket for alle moder som følge av en antatt generell reduksjon i energiforbruk i transportmidlene. Se Figur 64.



Figur 64 Energiforbruk tank-to-wheel i innenriks transport i dag, i 2030 og 2060, etter mode, i scenario 3

Ettersom veitransporten dominerende for energiforbruket som inngår i beregningsmodellen, vises bane, luft og sjøtransporten separat i Figur 65.

I dette scenariet har jernbane samme andel av transportarbeidet som i referanse.

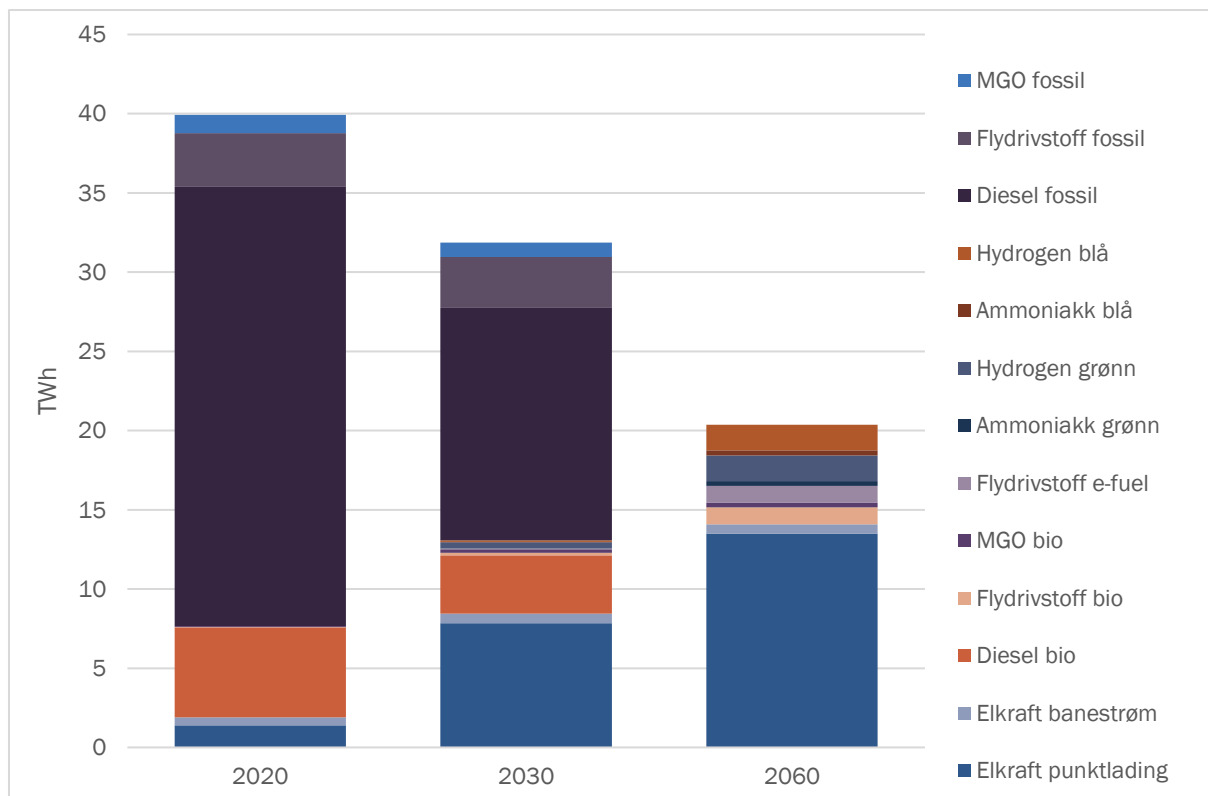


Figur 65 Energiforbruk tank-to-wheel i innenriks transport i dag, i 2030 og 2060, etter mode (unntatt vei), i scenario 3

### 8.3.4 Energibehov etter energibærer

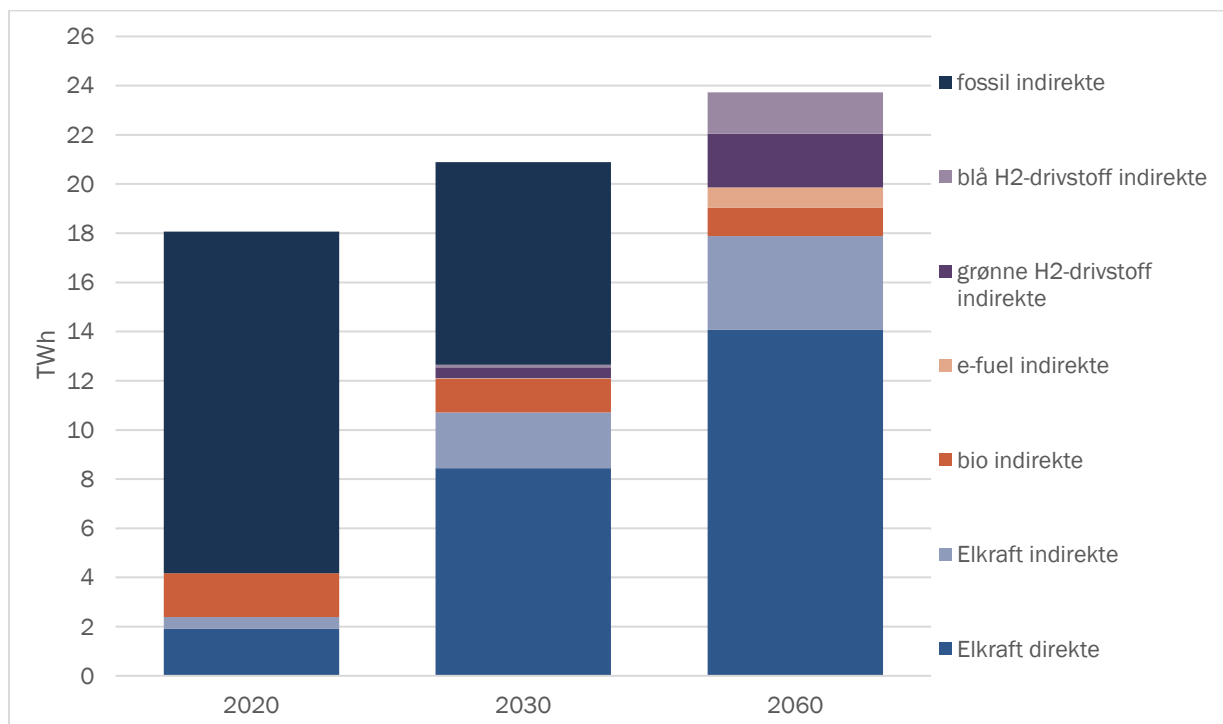
Som Figur 66 viser, vil det være en utvikling i energibærersammensetning i transportsektoren fram mot 2060. I dette scenarioet er det forutsatt at fossile drivstoff fases helt ut, og erstattes av elektrifisering og overgangen til nye energibærere, deriblant hydrogen og ammoniakk, i tillegg til biodrivstoff og e-fuel (for fly).





Figur 66 Energiforbruk tank-to-wheel i innenriks transport i dag, i 2030 og 2060, etter energibærerkategori og -type, i scenario 3

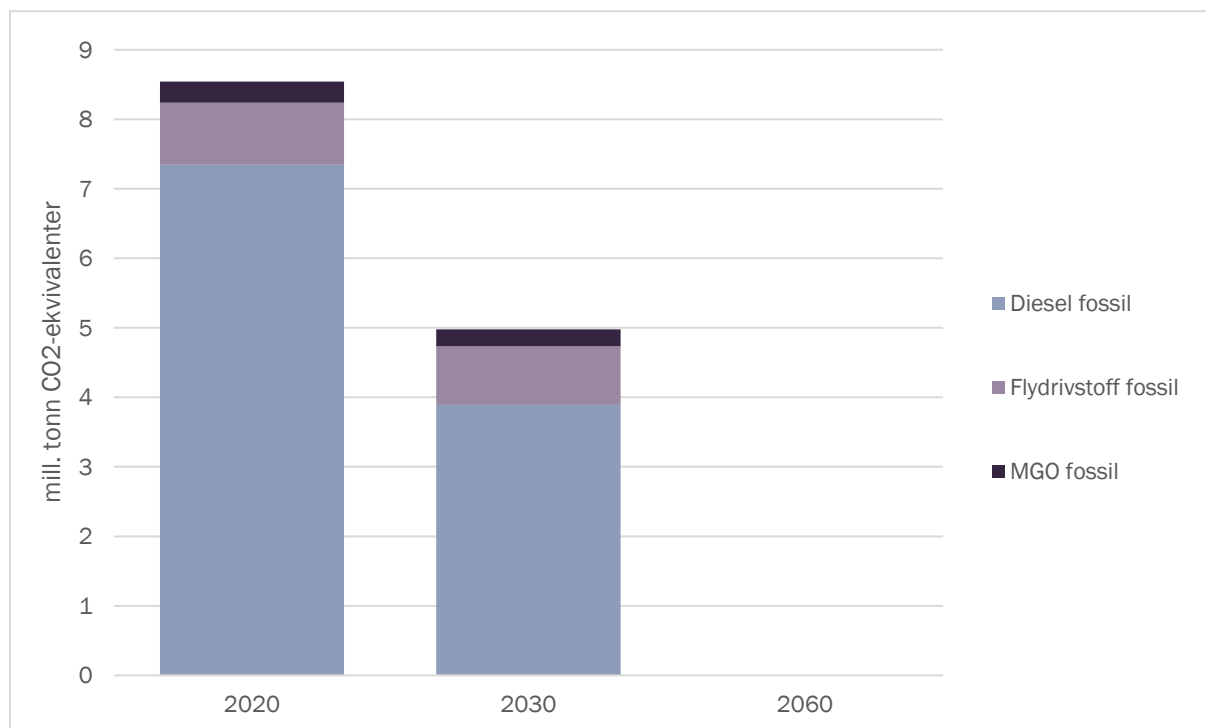
Behovet for elkraft til transportsektoren vil øke kraftig. Selv om energieffektiviteten i kjøretøyene øker med 30 %, vil den økte elektrifiseringsgraden og den økte transportmengden innebære at behovet for elkraft til transportsektoren vil være om lag det samme som i referansescenariot. Se Figur 67.



Figur 67 Behov for elkraft og indirekte energibehov (energi til produksjon av energibærere) i dag, i 2030 og 2060, i scenario 3

### 8.3.5 Klimagassutslipp

Det er i dette scenarioet forutsatt at de direkte utslippene av klimagasser fra transportsektoren opphører innen 2060. Effekten oppnås gjennom økt energieffektivitet i kjøretøyene, samt overgang til kjøretøy uten direkte utslipp av klimagasser. Se Figur 68.



Figur 68 Direkte klimagassutslipp (CO2-ekvivalenter) fra transportsektoren, etter energibærer, i dag, 2030 og 2060, i scenario 3

## 8.4 Sammenligning av scenarioene

I tillegg til referansebanen er det analysert 3 scenarier i arbeidet med rapporten. En forutsetning for scenariene var at de skal oppnå nullutslipp i 2060. Dette gjelder transportarbeidet som prosjektet omfatter – om lag 74 prosent av innenlandske utslipp. Resterende transportarbeid (26%) består i stor grad av skipstransport og ulike former for bulktransport eller transport for industriformål (se kapittel 6.3). Det er i denne versjonen av *Motus* ikke vurdert hvordan disse utslippene skal nå nullutslipp. Eventuelle grep for å kutte utslippene fra dette transportarbeidet vil forsterke konklusjonene som her framkommer – og da særlig utbygging av kraft og etablering av næring for nullutslippsløsninger.

Det er analysert tre scenarier:

1. Scenario 1: Naturvernerens drøm
2. Scenario 2: Samfunnsøkonomens drøm
3. Scenario 3: Teknologioptimistens drøm

Scenariene er ment å vise ulike veivalg i arbeidet med å kutte utslipp fra transportsektoren. For alle scenariene er det analysert konsekvenser på transportarbeid, energiforbruk og energibærere samt klimautslipp per mode på et nasjonalt nivå. Det er i dette arbeidet ikke omtalt noen samfunnsøkonomiske konsekvenser av de ulike scenariene.

Scenario 1 baserer seg på å kutte utslippene fra transportsektoren ved å holde transportarbeidet fast selv med økende befolkningsvekst samtidig som ombordkapasiteten utnyttes bedre. Det kreves trolig sterke politiske virkemidler for å oppnå et slikt scenario, da transportarbeidet historisk har fulgt

befolkningsveksten i samfunnet. Scenariet kan også representere en situasjon der prisene på energi blir så høye at dette vil dempe transportarbeidet (for eksempel som følge av lite utbygd kraft kombinert med utfasing av fossile drivstoff).

Scenario 2 består av å flytte transportarbeidet i samfunnet til transportmidler som er mer energieffektive, slik som toget. Dette gjør at samlet transportarbeid går noe ned, sammenlignet med referansebanen.

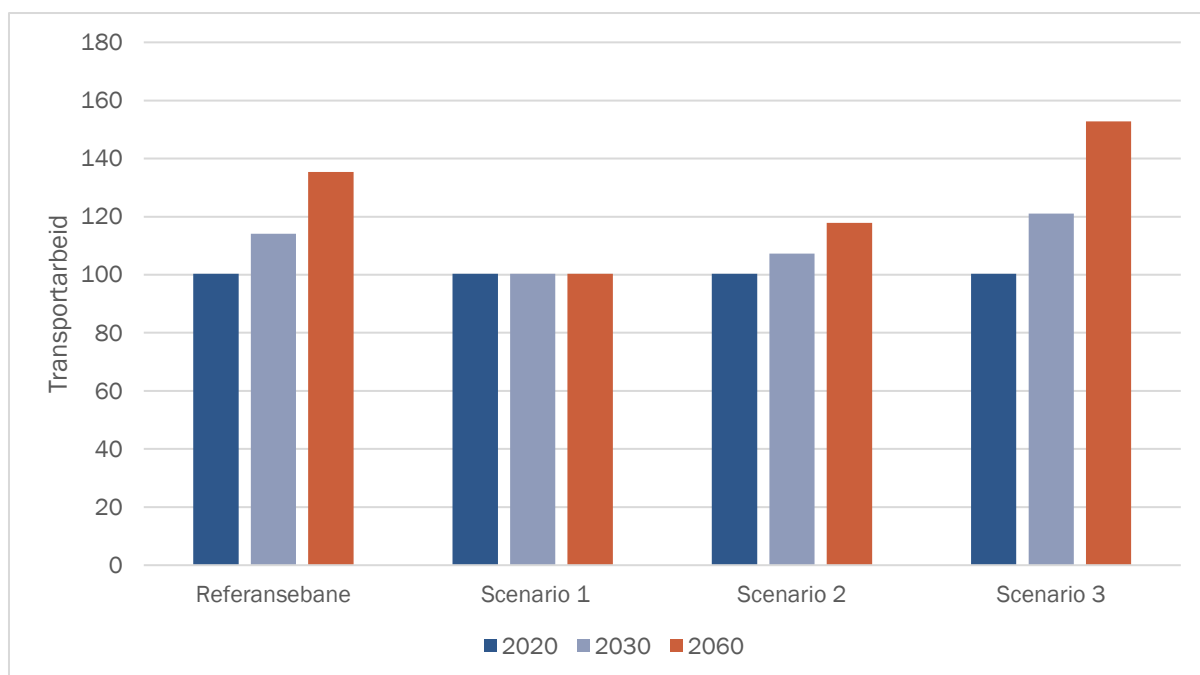
Scenario 3 forutsetter økt satsning på teknologi og økonomisk vekst. Dette scenarioet oppnår det høyeste transportarbeidet samtidig som utslippene kuttes sammenlignet med referansebanen, men ikke like mye som i scenario 1 og 2. I scenariet ligger det inne en noe bedre utvikling i motoreffektivitet enn i de andre scenariene.

Økt andel persontransport og godstransport på jernbane bidrar til et lavere energibehov fra transportsektoren. Andelene i referansebane og scenariene er vist i Tabell 10. I Referansebanen transporteres omtrent 5 % av personkm og tonnkm med jernbane. Andelen av transportarbeidet som føres med jernbane er mulig å justere i modellen for de ulike scenariene. I Scenario 1 økes dette til 6% i 2030 og 9% i 2060 for persontog og godstog. For Scenario 2 økes personkm med jernbane til 6% i 2030 og 8% i 2060. I Scenario 3 er det antatt ingen overføring.

Tabell 10 Andel av transportarbeidet med jernbane i referansebane og scenariene.

		Referansebane - Person Jernbane	Referansebane - Gods Jernbane
Referansebane	2020	5 %	5 %
	2030	5 %	5 %
	2060	5 %	5 %
Scenario 1	2020	5 %	5 %
	2030	6 %	6 %
	2060	9 %	9 %
Scenario 2	2020	5 %	5 %
	2030	6 %	5 %
	2060	8 %	5 %
Scenario 3	2020	5 %	5 %
	2030	5 %	5 %
	2060	5 %	5 %

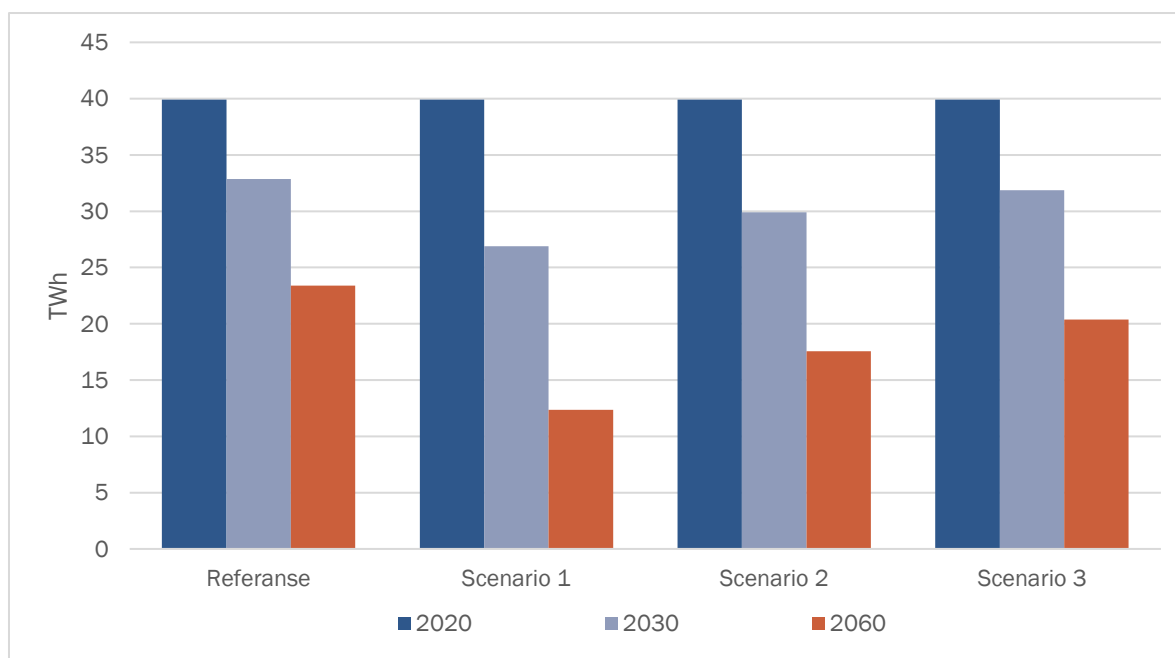
Figur 69 viser samlet transportarbeid for 2020, 2030 og 2060 i hvert av scenariene. Transportarbeidet i referansebanen baserer seg på SSB for år 2020 og vekst ihht. TØIs grunnprognoser for gods og persontransport. I scenario 1 er transportarbeidet holdt fast, men ombordkapasiteten økes. I scenario 2 er transportarbeidet som i referansebanen optimalisert til transportmidler som er mer energieffektive, slik som jernbanen og transportarbeidet lavere enn i referansebanen. I scenario 3 er transportarbeidet høyere enn i referansebanen.



Figur 69 Samlet transportarbeid (personkm og tonnkm) i referansebanen og scenarier

Figur 70 viser direkte TWh fra hvert scenario beregnet fram til 2060. I referansebanen blir veitransporten i stor grad elektrifisert. Elektrisk kraft har et betydelig lavere direkte energiforbruk enn fossile energikilder og gir derfor nedgang i den direkte energibruken selv med økt transportarbeid i 2060. Ved siden av skipsfarten er veitransporten den største kilde til energibruk i transportsektoren og dette vil derfor føre til en betydelig nedgang i energibruken på sikt.

I scenario 1 og 2 vil et lavere transportarbeid enn referansebanen bidra til ytterligere energikutt. I scenario 1 holdes transportarbeidet fast, samt at i scenario 1 og 2 er det en økt optimalisering av transportarbeidet til transportmidler med lavere energiforbruk, som jernbanen. Selv med høyere transportarbeid i scenario 3 vil energiforbruket være lavere, som skyldes høyere grad av elektrifisering av samfunnet og mer effektive motorer.

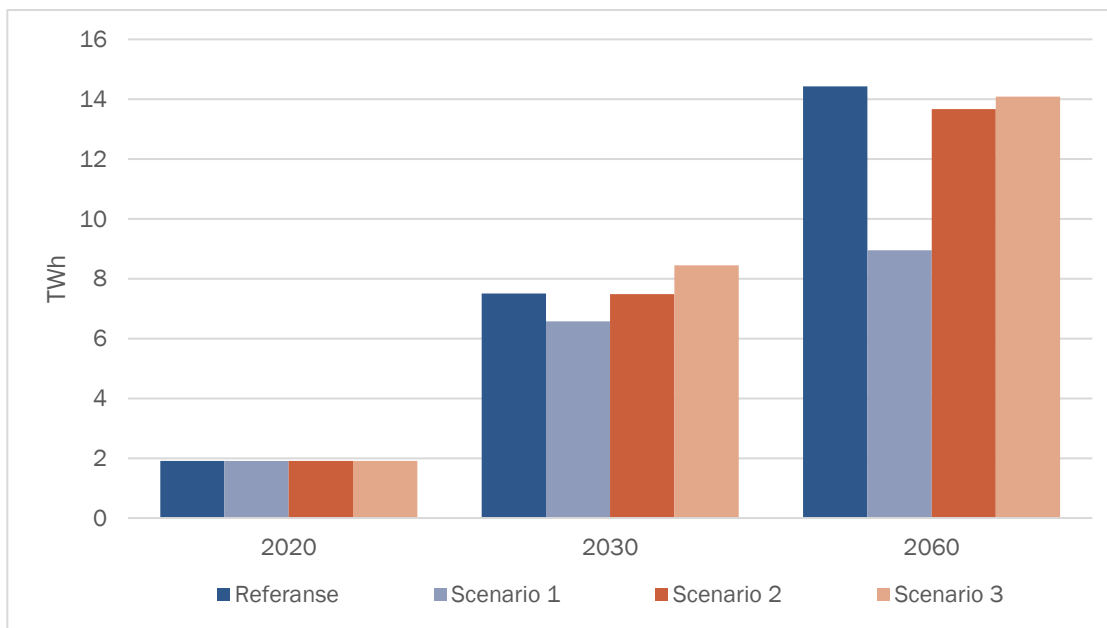


Figur 70 Direkte energiforbruk i transportsektoren (tank-to-wheel) i dag, i 2030 og 2060, for de analyserte scenarioene

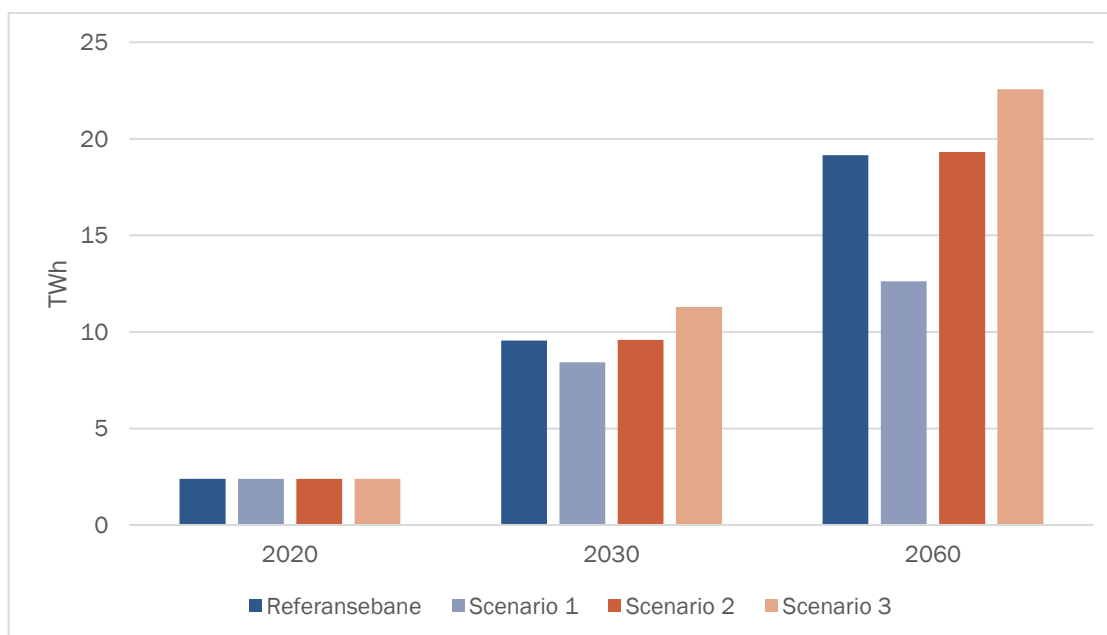
Figur 71 og Figur 72 viser at alle scenariene baserer seg på økt kraftbehov. Dette gjelder både for direkte energibehov i transportmidlene og kraftbehov knyttet til produksjon av andre nullutslippsløsninger som hydrogen og e-fuel. Dette er et grunnleggende premis for å kutte utslippene sammenlignet med dagens situasjon. Dersom ikke tilbudet av kraft møter behovet vil trolig overgangen mot nullutslipp skissert i referansebanen og scenariene vanskelig la seg gjennomføre.

Fra 2020 til 2060 vil økningen i det totale kraftbehovet fra transportsektoren i referansebanen gå fra 2 til 19 TWh. Økningen fram til 2030 er på 8 TWh. Dette er et betydelig kraftbehov. Økningen i det totale kraftbehovet i scenario 1 er noe lavere enn referansebanen som følge av et lavere transportarbeid. Scenario 2 har et transportarbeid betydelig under referansebanen, men med avkarbonisering av transportsektoren øker kraft-energiebehovet også i dette scenariet til om lag samme behov som i referansebanen. Kraftbehovet i scenario 3 øker ut over referansebanen som følge av økt transportarbeid og avkarbonisering. Til grunn for disse prognosene er det ikke medregnet nullutslippsløsninger innen store deler av skipsfarten og bulk-transport, som utgjør de tyngste og mest energikrevende delene av transportarbeidet – det vil si om lag 34 prosent av transportarbeidet.

Scenario 3 forutsetter en høyere utvikling i energieffektivitet i kjøretøyene (tank-to-wheel) enn i referansescenariet, dvs. forbedring med 30 % til 2060, og 8 % til 2030 (etablert ved lineær interpolering mellom verdiene i 2020 og 2060).



Figur 71 Direkte (tank-to-wheel) elkraftbehov til transportsektoren i dag, i 2030 og 2060, i de analyserte scenarioene



Figur 72 Totalt (well-to-wheel) kraftbehov til transportsektoren i dag, i 2030 og 2060, i de analyserte scenarioene

# 9 Konsekvenser for nasjonale klima- og miljømål og jernbanens rolle

Jernbanen har en viktig rolle i transportsystemet nasjonalt, regionalt og lokalt. Sammenlignet med vei og skipstrafikk er jernbanen en liten spiller i totalt volum av personer og gods. Likevel har jernbanen flere viktige egenskaper og roller:

- I stor Oslo-området bidrar jernbanen med svært viktig kapasitet som løser store deler av rush-tidsproblematikken. Alternativet uten jernbanen ville vært betydelig kø og forsinkelse på veiene.
- Over lange avstander har jernbane betydelige energieffektivitetsfortrinn framfor vei og evner å frakte store volum samtidig. Malm, fisk og andre innsatsvarer til industrien er varegrupper som nyter godt av fordelene ved jernbanen.
- Samspillet mellom vei og jernbane er ryggraden i mye av varestrømmene i fastlands-Norge. Jernbanen frakter blant annet post, pakker og dagligvarer til terminaler fra Kristiansand i sør til Bodø i nord. Mellom terminalene og kundene gjør lastebiler jobben.

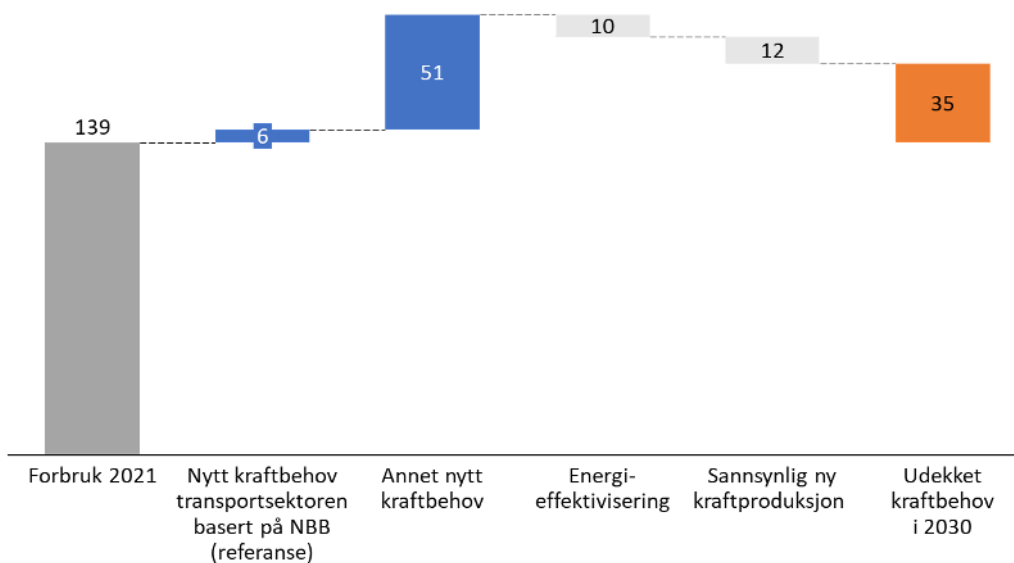
Jernbanen er per i dag den eneste godstransporten som i hovedsak benytter elkraft som energibærer. Det vil ta lang tid før lastebiler er elektrifisert. Pris og tilgang på kraft vil derfor være sentralt for jernbanens konkurransekraft overfor lastebil og skip som i dag benytter andre energibærere. Norge har i flere tiår hatt lave og stabile kraftpriser. Dette bildet har begynt å endre seg og for jernbanen vil dette kunne ha store konsekvenser.

Konkurransekraften på energipriser er mindre aktuelt innenfor persontransporten. Personbiler er i stor grad elektrifiserte og her opplever man rimeligere priser enn i pumpene. Prisøkninger på elkraft vil derfor påvirke kostnadene ved både personbiler og persontog. Ekspressbusser kjører i dag i hovedsak på diesel og vil kunne være en spiller som får en relativ konkurransefordel av økte kraftpriser. Samtidig har økte kraftpriser også vist seg å øke prisene på energi generelt som også gir økte pumpepriser, slik at bildet er ikke entydig. Når det gjelder økte energipriser generelt vil dette trolig dempe mobiliteten i samfunnet, med de negative samfunnsøkonomiske konsekvensene det har.

Jernbanen er avhengig av stabile priser og god tilgang på kraft. Pris og tilgang på kraft henger sammen som beskrevet i kapittel 3 i denne rapporten. Mye avhenger av regulering, utbyggingstakt på fornybarprosjekter og etterspørsel etter ny kraft.

## **Store politiske ambisjoner om nye kraftkrevende omlegginger og prosjekter**

Fram mot 2030 og potensielt ut på 2030-tallet beskriver NVE (2023) og Statnett (2023) at det er risiko for kraftunderskudd i Norge. NVE er fagmiljøet som er minst bekymret for dette. Thema (2022) viser risikoen for kraftunderskudd tydelig i sin rapport for NHO, se Figur 73. I tillegg til en voldsom omstilling innenfor transportsektoren vil flere andre sektorer og prosjekter konkurrere om kraften de neste årene. Batterifabrikk, hydrogenprosjekter, prosessindustri, olje og gass sektoren og datasentre vil alle øke behovet for kraft fram mot 2030. Thema (2023) beregner det nye behovet for kraft til 47 TWh. Dette er fratrukket en mulig energieffektivisering på 10 TWh i samme periode.



Figur 73 Behov for kraft og kraftproduksjon fram mot 2030. Kilde: Thema (2022)

### Utbyggingen av kraft holder ikke tritt – det styres mot et kraftunderskudd i 2030

I sitt sannsynlige scenario forventer Thema (2022) en utbygging av ny kraft i Norge fram mot 2030 på 12 TWh. Dette er om lag 26 prosent av det samme behovet de har beregnet fram mot 2030. Dette vil legge et kraftig press på energitilgangen i årene framover som trolig vil øke prisene. Høyst sannsynlig vil dette også føre til at en del av de kraftkrevende prosjektene (som datasentre, batterifabrikker ol.) ikke blir realisert, som igjen vil dempe kraftbehovet.

Data fra SSB viser at Norge hadde lavest utbygging av ny kraftproduksjon i 2023 blant våre nordiske naboer. I 2023 ble det i Norge bygget ut 0,85 ny TWh, der 60 prosent var solkraft. Dersom den samme årlige utbyggingstakten fortsetter fram mot 2030 vil dette bety litt i underkant av 6 TWh akkumulert ny kraftproduksjon. Dette er mindre enn behovet til transportsektoren alene og halvparten av det Thema (2022) beregner.

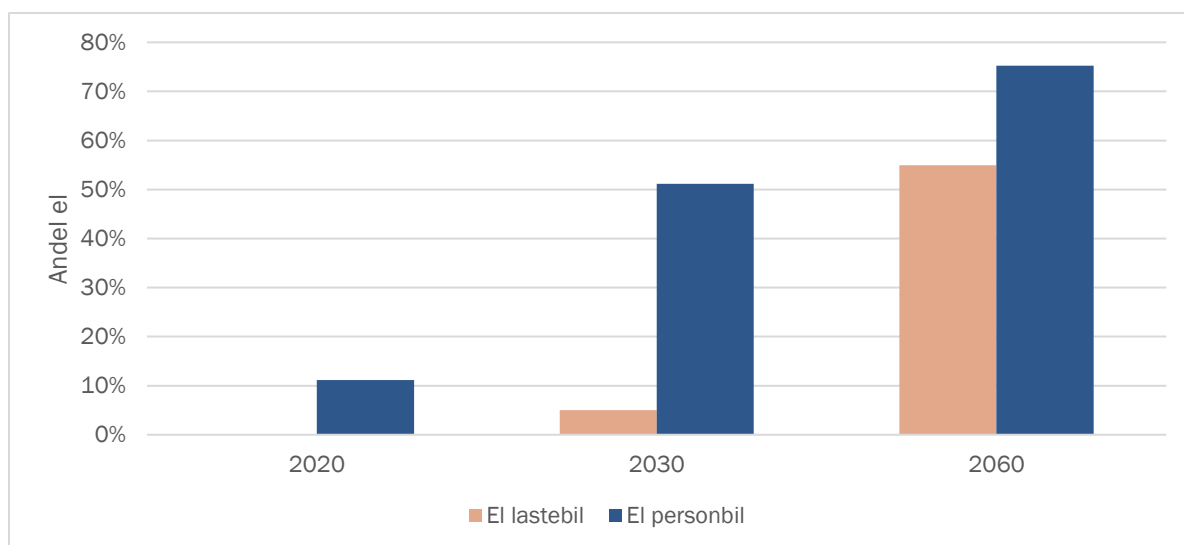
### Referansebanen i nasjonalbudsjettet legger opp til høy elektrifisering av person- og godstransporten

Referansebanen og de ulike scenariene i denne rapporten legger opp til en ambisiøs elektrifisering av veitransporten. Prognosen baserer seg på transportarbeidet gitt fra SSB, elektrifisering av veitransporten som i nasjonalbudsjettet 2021 og framskrivninger av transportarbeidet fra TØI.

Figur 74 viser elektrifiseringen av personbilparken og lastebiler fram mot 2030 i referansebanen. Personbilparken forventes en rask vekst i elektrifiseringen fram mot 2030 med en økning på 5 ganger dagens nivå og prognosen er 75 prosent el-andel i 2060. Allerede i dag er det et høyt nybilsalg av elektriske biler som sannsynliggjør denne raske utviklingen.

For lastebil er prognosen mer usikker da andel el i dag er under 1 prosent. Forventningen er at dette markedet skal vokse betydelig fram mot 2060 med en forventet el-andel over 50 prosent i nasjonalbudsjettet. Utover den teknologiske utviklingen som forventes vil det trolig kreves betydelig tilrettelegging fra offentlige myndigheter for å oppnå denne overgangen.





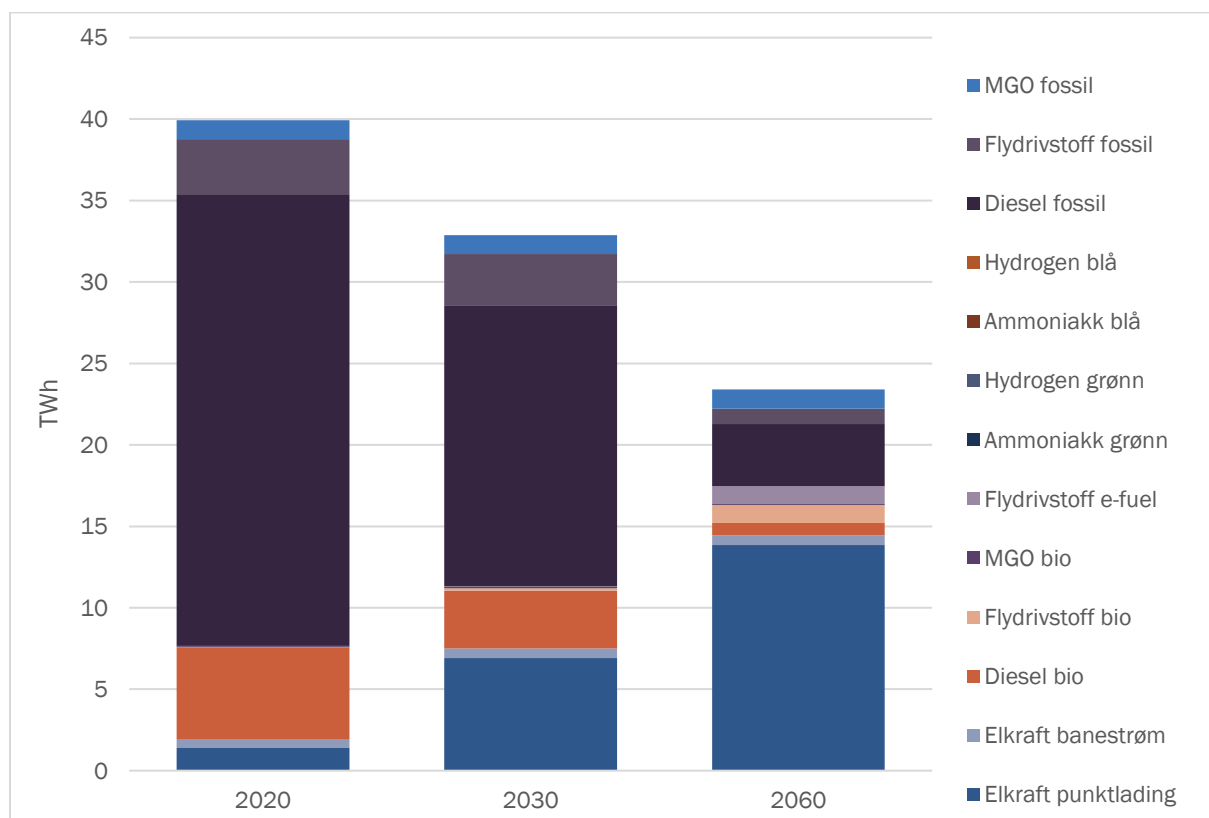
Figur 74 Forventet el-andel for personbiler og lastebiler i referansebanen. Kilde: Nasjonalbudsjettet 2021

### Økt elektrifisering kutter utslippene fra transportsektoren

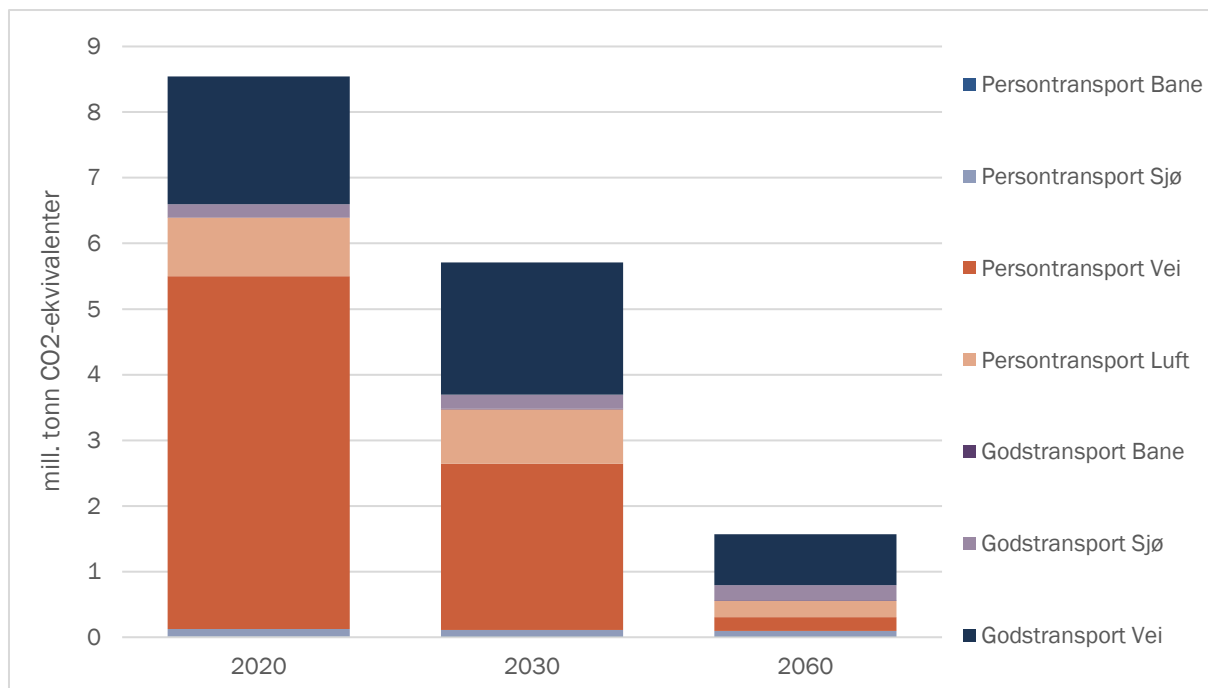
Elektrifiseringen av veitransporten i referansebanen kutter store utslipp av klimagasser og reduserer energiforbruket fra transportsektoren (se Figur 75) generelt. Dette skyldes at kraft har et lavere energifotavtrykk enn fossile energikilder. Dette påvirker både direkte og indirekte energiforbruk.

I 2060 betyr det at utslippene i referansebanen kuttes med 82 prosent mellom 2020 til 2060, se Figur 76. Til grunn for dette ligger en stor elektrifisering av veitransporten samt en overgang til biodrivstoff og e-fuel i bl.a. luftfarten. Dette inkluderer ikke utslipp fra store deler av skipstrafikken og en del bulk transport.

Elektrifiseringen av veitransporten videreføres i alle scenarier. Dette skyldes forutsetningen om nullutslipp i 2060 for de tre scenariene. Denne forutsetningen øker også bruken av andre nullutslippsløsninger i transportsektoren fram mot 2060.



Figur 75 Direkte energiforbruk (tank-to-wheel) per energibærer i transportsektoren i referansebane.



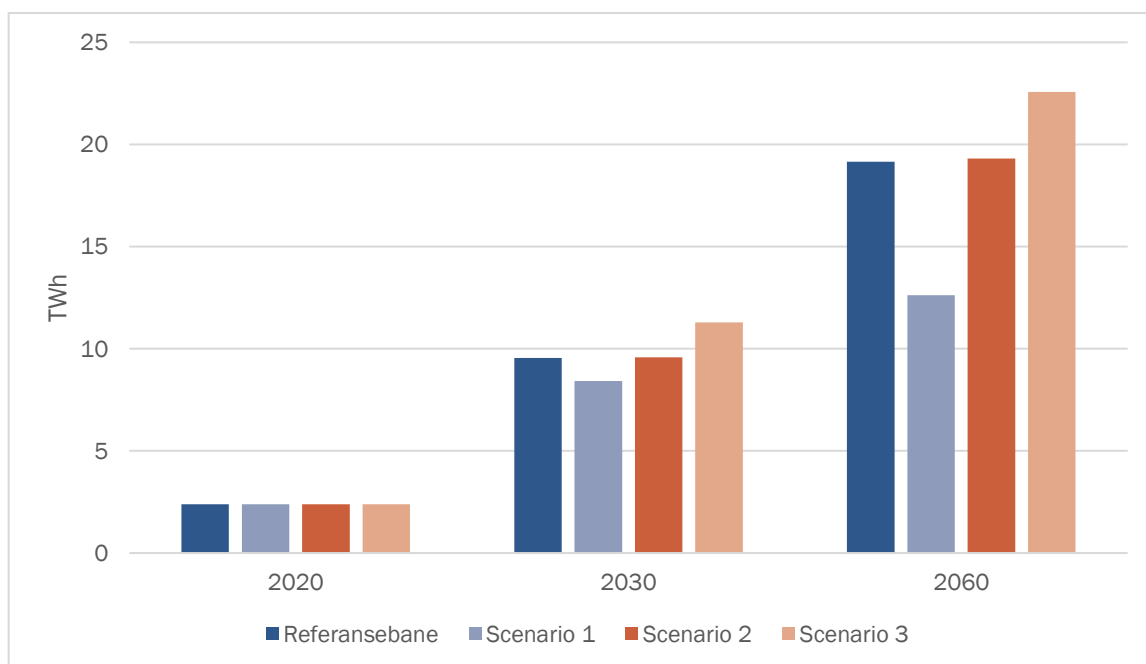
Figur 76 Direkte utslipp mill. tonn CO<sub>2</sub>-ekv. fra transportsektoren i referansebanen.

### Scenariene i utredningen oppnår nullutslipp fra transportsektoren i 2060, men baserer seg alle på betydelig økt kraftforsyning

En forutsetning for scenariene er at de skal oppnå nullutslipp i 2060. I scenarioanalysene i kapittel 8 vises ulike virkemidler for å oppnå dette:

1. Redusere transportarbeidet
2. Redusere kjøretøy- og fartøyarbeidet (bl.a. ved å øke transportkapasitets-utnyttelsen)
3. Flytte transporten til transportmidler med lavere energiforbruk og/eller uten direkte klimagassutslipp
4. Effektivisere energiforbruket i transportmidlene

Scenariene innebærer kombinasjoner av flere av disse. Til grunn for alle scenariene ligger også en overgang til nullutslippsløsninger – både elektrifisering og andre energibærere som hydrogen og e-fuel. Figur 77 viser hvordan det totale kraftbehovet øker i analyseperioden.



Figur 77 Samlet elkraftbehov (Well-to-wheel) i transportsektoren i 2020, i 2030 og 2060, for de analyserte scenarioene. Dekker 74 prosent av nasjonalt, innenlandsk energiforbruk. Kilde: Motus

### Konsekvensene av lite ny tilgang på kraft og høyere kraftpriser vil ha flere negative sider for transportsektoren

Risikoen for kraftunderskudd er betydelig i både referanse og de tre scenariene. Bare referansebanen forutsetter en 8-dobling av det totale kraftbehovet i transportsektoren fram mot 2060, som vist i Figur 77. I dette tallet er store deler av skipstrafikken og bulk-transport ikke medregnet.

I kapittel 3 omtaler vi et betydelig udekket kraftbehov i 2030. Utbyggingen av fornybar kraft er lav og flere nye prosjekter og initiativer konkurrerer om den nye kraften. Konsekvensene av dette vil trolig være en presset kraftbalanse og høyere kraftpriser. Konsekvensene av dette for transportsektoren er flere:

- Høyere kraftpriser gjør at kraftkonsumentene får en høyere kostnad ved elektrifisering eller andre nullutslippsløsninger basert på elkraft. Ettersom jernbanen er en kraftavhengig sektor er den særlig sensitiv for økninger i kraftprisen.
- Kutt i klimagasser fra transportsektoren skyves ut i tid. Høyere kostnader knyttet til elektrifisering og andre nullutslippsløsninger vil gjøre at deler av disse prosjektene trolig skrinlegges eller skyves ut i tid. For jernbanen vil det bety at eksisterende rullende materiell og maskiner på diesel blir relativt mindre lønnsomme å fase ut, alt annet likt.
- Dette vil øke den relative konkurransekraften til transportmidler som i dag baseres på fossile energibærere. Eksempelvis skipstrafikk, diesel-lastebiler og ekspressbusser på diesel.
- Høyere priser på energi vil trolig dempe transportarbeidet generelt (mot referansebanen) da det blir dyrere å reise. Dette vil redusere mobiliteten i samfunnet og øke kostnadene ved transport for personer og næringsliv.
- Økte kostnader ved transport vil redusere konkurransekraften til norsk industri mot andre land. Jernbanen i Norge er særlig avhengig av kraft ettersom Norge historisk har hatt lave kraftpriser. Med høyere langsiktige priser på kraft i Norge vil transport med jernbanen som innsatsfaktor bli relativt dyrere enn før.
- I en situasjon der kraftressursene er et knapphetsgode vil det være hensiktsmessig fra et samfunnsplanleggerperspektiv å satse på jernbane som den mest energieffektive transportformen, da dette kan frigjøre kraft som knapphetsgode til flere formål.

# 10 Konklusjon

## Jernbane med elkraft er det mest energieffektive av transportmidlene

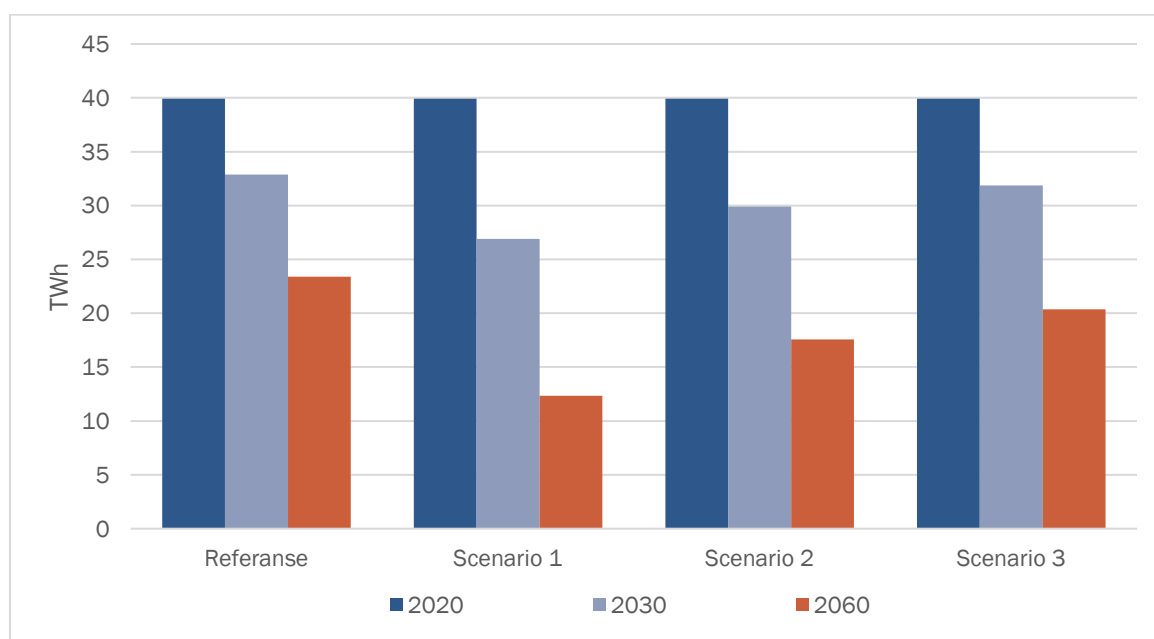
Godstransport med jernbane på elkraft og diesel er betydelig mer effektivt enn lastebil på elkraft og diesel eller stykkgodsskip.

For persontransport er lettbane mest energieffektiv, mens persontransport på bane med elkraft er noe mer energieffektivt enn elbuss. Personbiler på diesel har fem ganger så høyt direkte energiforbruk som persontog på el. Ferge og fly er minst energieffektive. Disse tallene er basert på gjennomsnittlig belegg på transportmidlene på nasjonalt nivå. Overføring av større deler av transportarbeidet til jernbane vil kutte utslipp og redusere energibehovet fra transportsektoren.

## Elektrifisering av transportsektoren vil redusere det direkte energiforbruket

I referansebanen er det lagt til grunn en betydelig elektrifisering av veisektoren fram mot 2060. Dette videreføres og forsterkes i scenariene med ytterligere elektrifisering samt innføring av andre utslippsfrie energibærere. I scenario 1 og 2 overføres en høyere andel av transportarbeidet til jernbane som bidrar til å redusere energibehovet fra transportsektoren.

Reduksjon i prosent fra referanse er for scenario 1 på 18 prosent i 2030 og 47 prosent i 2060, sammenlignet med referansebanen. For Scenario 2 er prosentvis reduksjon på 9 prosent for 2030 og 15 prosent for 2060, mot referansebane. For scenario 3 er det en økning på 4 prosent for 2030 og reduksjon på 6 prosent for 2060, mot referansebane. Se Figur 78.



Figur 78 Direkte beregnet energiforbruk i transportsektoren (tank-to-wheel) i dag, i 2030 og 2060, for de analyserte scenarioene

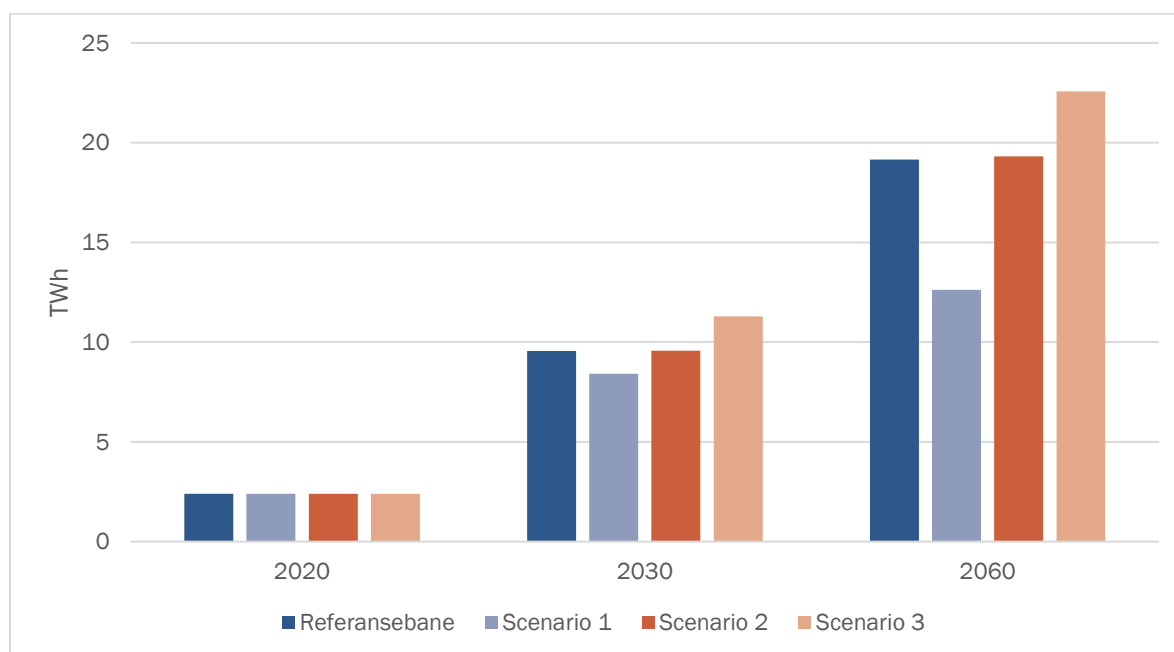
## Rask elektrifisering av transportsektoren kombinert med nye utslippsfrie energibærere øker kraftbehovet betydelig

En forutsetning for scenariene er at de skal oppnå nullutslipp i 2060. Dette innebærer at el-andelen er nødt til å øke sammenlignet med referansebanen samtidig som man øker bruken av andre utslippsfrie energibærere. De ulike scenariene benytter deretter forskjellige virkemidler for å oppnå en overgang til nullutslipp.

I Scenario 1 øker ikke det totale transportarbeidet, men ombordkapasiteten utnyttes bedre. Andelen reiser med buss og tog<sup>15</sup> øker, mens andelen reiser med bil og fly reduseres. Scenario 2 oppnår lavere vekst i transportarbeidet enn referanse ved å flytte en del av persontransporten til mer energieffektive transportmidler. Scenario 3 reduserer utslipp selv ved en betydelig økning i transportarbeidet ut over referansebanen. Dette skyldes blant annet forbedret motorteknologi (utover forbedringen i scenario 1 og 2) og i større grad utnyttelse av nye nullutslippsteknologier.

Motus tar utgangspunkt i 74 % av energiforbruket i transportsektoren, sammenlignet med SSBs statistikk for 2020. Transportarbeid utover dette er ikke inkludert i denne versjonen av energimodellen, men vil kreve ytterligere behov for elektrisk kraft.

Figur 79 illustrerer det samlede elkraftbehovet i de ulike scenariene i de analyserte tidshorisontene.



Figur 79 Samlet elkraftbehov (Well-to-wheel) i transportsektoren i 2020, i 2030 og 2060, for de analyserte scenarioene. Dekker 74 prosent av nasjonalt, innenlandsk energiforbruk. Kilde: Motus

### I 2030 er det risiko for kraftunderskudd som vil gi negative effekter for transportsektoren

Rapporten viser at Norge trolig styrer mot et betydelig udekket kraftbehov i 2030, som beskrevet i kapittel 3 og 9. Det er en risiko for at utbygging av fornybar kraft i perioden fram mot 2030 ikke er nok til å dekke kraftbehovet fra transportsektoren. I tillegg kommer økt kraftbehov fra nye batterifabrikker, hydrogenprosjekter, prosessindustri, olje- og gass-sektoren, samt datasentre. Dette vil trolig føre til lavt krafttilbud i perioder og høye kraftpriser.

<sup>15</sup> Andeler av transportarbeidet med jernbane i de ulike scenariene er vist i tabell.

Konsekvensene av lav tilgang på kraft og høyere strømpriser er trolig at datoen for nullutslipp i transportsektoren skyves ut i tid fordi overgangen blir mindre lønnsomt for forbrukere og industri. I tillegg vil det ha andre negative effekter på transportsektoren:

- Den relative konkurransekraften til transportmidler som i dag baseres på fossile energibærere vil øke, som eksempelvis skipstrafikk, diesel-lastebiler og ekspressbusser på diesel. Dette vil føre til en relativ svekkelse av konkurransekraften til jernbanen, som paradoksalt også er den mest energieffektive av transportmidlene.
- Høyere priser på strøm vil trolig dempe transportarbeidet generelt da det blir dyrere å reise. I Norge er det en økende el-andel i transportsektoren.
- Økte kostnader ved transport vil redusere konkurransekraften til norsk industri mot andre land.<sup>16</sup>

Ytterligere samfunnsøkonomiske konsekvenser av scenariene i denne rapporten eller situasjoner med kraftunderskudd og høye strømpriser er ikke fullt ut utredet i denne rapporten. Dette kan med fordel belyses i ytterligere analyser.

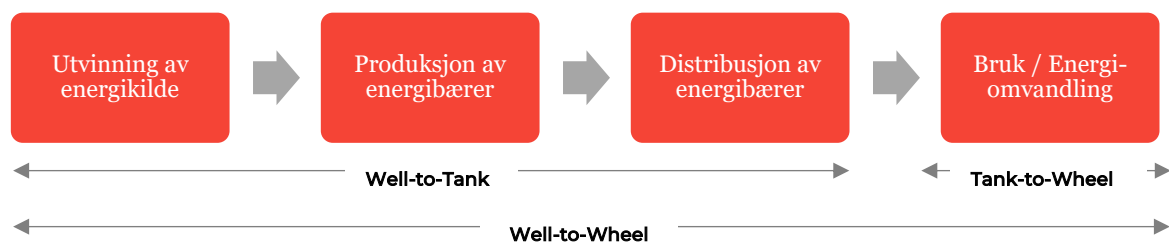
---

<sup>16</sup> Dette forutsetter at Norges energikostnader økes relativt mer enn i andre land. Vi har ikke analysert dette konkurranseforholdet direkte. Energikostnadene vil også kunne økes i andre land som vil utligne denne forskjellen.

# 11 Vedlegg 1: Datakilder og forutsetninger for beregningsmodellen

## 11.1 Energieffektivitet Well-to-tank

Well-to-tank beregninger består av alle prosesser fra selve energikilden og hele veien gjennom utvinning, prosessering, lagring og transport til bruker. Det er en viktig metodikk for å analysere energieffektiviteten og ressursbruken av ulike energibærere gjennom hele verdikjeden. Beregningene gir et bilde av den totale energien som brukes, med eventuelle tap som oppstår i prosessen før energibæreren brukes. Ved å kvantifisere energieffektiviteten til ulike energibærere vil det være mulig å sammenligne ulike energikilder og drivstoffalternativ. Sammen med energiforvandlingen som vil skje ved bruk (Tank-to-Wheel) utgjør dette hele Well-to-Wheel prosessen.



Well-to-tank er satt opp i årene 2020, 2030 og 2060. Energieffektiviteten i 2020 er i stor grad basert på løsninger som finnes i markedet i dag. Dette er kjent teknologi med et datagrunnlag som kan verifiseres. For energieffektivitet i 2060 ble det gjort en undersøkelse av hva som er under utvikling, på forskningsstadiet eller har blitt gjort i mindre demoer og pilotprosjekter, men grunnet stor usikkerhet tilknyttet de ulike prognosene ble verdier som gjelder for 2020 også lagt til grunn for 2030 og 2060.

### Elkraft

Basert på beregninger fra KVV Green<sup>17</sup> er den totale virkningsgraden til elkraft i 2020 satt til 87%. Dette innebærer en 90% energieffektivitet i produksjon av strøm, og et 3% tap fra kraftnettet.

### Elkraft jernbane

For jernbanens elektriske system regnes det virkningsgrad for omformerstasjoner og for kontaktledningsanlegget. Basert på kvalitetssikrede tall fra Bane NOR er disse satt til 97% for omformerstasjon og 98% for kontaktledningsanlegg, som gir en totalvirkning på 95% for jernbanenes elektriske forsyning. Medregnet energieffektiviteten fra strømproduksjon og tap i kraftnettet blir da total virkningsgrad i 2020 beregnet til 83%. Beregningene er basert på tilsvarende beregninger for KVV Green.

### Diesel

For Diesel vil det være stor variasjon i energieffektiviteten etter hvordan råoljen utvinnes. Det antas derfor at den utvinnes fra oljebrønner på norsk sokkel i Nordsjøen, med raffinering i Norge. Tall fra Oljedirektoratet<sup>18</sup> gir en virkningsgrad på oljeutvinning til ferdig raffinert diesel på 74%. Det er også antatt

<sup>17</sup> KVV GREEN, Alternativanalyse Vedlegg 6

<sup>18</sup> Oljedirektoratet, «Ressursrapport 2022 - kapittel 2 - Gjenværende petroleumsressurser,» [Internett]. Available: [2 – Gjenværende petroleumsressurser - Oljedirektoratet \(npd.no\)](https://www.oljedirektoratet.no/rapporter/ressursrapport-2022). [Funnet 11. 2023]



et tap på 5% i transport, lagring og distribusjon. Total energieffektivitet for 2020 blir derfor beregnet til 71%. Beregningene er basert på tilsvarende beregninger for KVV Green.

### **Biodiesel**

For biodiesel er det stor variasjon i både produksjonsmetode og opphav. Soyabønner er det vanligste produksjonsopphavet for biodiesel i dag. Det antas derfor at biodieselen kommer fra soyaproduksjon, hvor det også er matproduksjon, men matproduksjonen ikke regnes inn som en del av det ferdige produktet. Energieffektiviteten til biodiesel basert på soyaproduksjon er da beregnet til 80% i 2020. På produksjonssiden er da all energi knyttet til dyrking og prosessering tatt med. Videre antas det at tap for transport, lagring og distribusjon er likt som for fossil diesel.

I store anlegg for dyrking av marine mikroalger kan algene oppnå opptil 30 ganger høyere biomasseproduktivitet enn det som er mulig med soya.<sup>19</sup> Det finnes i dag ingen storskala produksjon av biodrivstoff med alger i Norge, og det gjøres fortsatt mye forskning på området for å skape en økonomisk lønnsom produksjon. På sikt vil Norge kunne være egnet til produksjon av alger ettersom det er behov for store mengder fersk- eller saltvann for kjøling og høy vannkvalitet.

### **Grønt hydrogen**

For Grønt hydrogen er det antatt produksjon ved hjelp av vannelektrolyse uten gjenvinning av varme eller produksjon av oksygen. Produksjonen har en energieffektivitet på 78%. Elektrisitetsproduksjonen før vannelektrolysen er basert på den norske energimiksen. Det er antatt et tap i transport, lagring og distribusjon på 22%. Totalt er energieffektiviteten for Grønt hydrogen i 2020 satt til 59%. Beregningene er basert på tilsvarende beregninger for KVV Green.

### **Blått hydrogen**

Det er antatt at blått hydrogen produseres fra naturgass, dette innebærer tilførsel av en blanding av vanndamp og oksygen som reagerer med naturgassen. Resultatet blir hydrogen og CO<sub>2</sub>. For at hydrogenet skal kategoriseres som blått må CO<sub>2</sub> fanges og lagres. Prosessen fra gass til hydrogen har en antatt energieffektivitet på 70%, basert på New York State Energy Research and Development Authority. Blått hydrogen vil ha de samme tapene i transport, lagring og distribusjon som Grønt hydrogen. Energieffektiviteten for blått hydrogen i 2020 er beregnet til 55%.

### **Ammoniakk**

Produksjonen av ammoniakk baserer seg på en blanding av hydrogen og nitrogen. Sammenlignet med hydrogen er ammoniakk lettere å håndtere, og transport, lagring og distribusjon har lavere tap. Det er antatt en produksjonseffektivitet på 60%, og videre er det tap i transport, lagring og distribusjon på 10%. Grønn ammoniakk har en total energieffektivitet på 47% i 2020, mens blå ammoniakk har en total energieffektivitet på 48%.

### **Flydrivstoff**

Flydrivstoff deles i tre forskjellige energibærere, fossilt flydrivstoff, biodrivstoff for fly, og e-fuel for fly. All data for 2020 er hentet fra GREET, en modell energiforbruk i transportsektoren utviklet av Argonne National Laboratory, et statelig forskningsinstitutt med fokus på energi og energieffektivitet i USA.

For fossilt flydrivstoff er det tatt utgangspunkt i produksjon av konvensjonelt jetfuel basert på naturgass. For 2020 gir det en energieffektivitet på 0.65%.

Tilsvarende er biodrivstoff for fly beregnet til 50% i 2020.

E-fuel for fly er beregnet til 57% i 2020.

## Marine gassoljer

Marine gassoljer deles i fossilt- og biodrivstoff. Marine gassolje er en type diesel, og det er derfor forutsatt like data for marine gassolje som diesel og biodiesel.

## 11.2 Energiforbruk tank-to-wheel

Fastsettelse av energiforbruket på transportmidelevelnivå er utviklet gjennom energisimulering (jernbane) og en litteraturstudie. For alle transportformer er det forutsatt representative transportmidler for hver kategori basert på avgrensninger og statistikk.

For hver kategori er en beleggsprosent lagt til grunn for energiforbruket basert på tilgjengelig statistikk. For å kunne justere beleggsprosenten i scenarioanalysene er det antatt at energiforbruket er lineært i forhold til bruttovekten for vei- og flytransport. På jernbanen er disse tallene hentet fra energisimuleringer. Denne antakelsen burde gi et godt bilde, men er ikke bekreftet på grunn av begrenset datatilgjengelighet. Justeringer av beleggsprosenten bør derfor gjøres med forsiktighet, med tanke på at den kan være mer eller mindre nøyaktig for ulike transportformer.

I det følgende beskrives nærmere hva slags transportmiddel som er forutsatt i beregningene av hver transportmiddelkategori. Det er forsøkt identifisert et transportmiddel som er representativt ved å finne gjennomsnittstall for transportkapasitet, transportmiddelets vekt, og andre egenskaper ved transportmiddelbeholdningen i Norge i dag. Den transportmiddelflåten som beskrives i det følgende er naturlig nok en stor forenkling av det mangfoldet av transportmidler som benyttes innenfor hver kategori. Dersom man ønsker mer detaljerte analyser, er det mulig å implementere flere transportmiddeltyper i beregningsmodellen, men slik modellen nå står er den best egnet til overordnede analyser.

### 11.2.1 Generelle forutsetninger for hver energibærer

Det er i rapporten lagt til grunn en generell forbedring på 15% fram til 2060 for hver energibærer. Delkapitlene under gjengir betraktninger rundt forventet utvikling for de ulike energibærerne.

#### 11.2.1.1 Fossil og Biodrivstoff

For transportformer der en eller annen type biodrivstoff er identifisert som en relevant energibærer, er energiforbruket (kWh/km) satt til det samme som for den relevante fossile energibæreren. Forskjellen mellom f.eks. diesel og biodiesel er i stedet identifisert som ulik energitetthet i drivstoffet. Det samme kWh-forbruket på tanken krever altså ulike mengder drivstoff (liter). Forskjellen i energitetthet håndteres i stedet i well-to-tank.

Det er usikkert hvordan energiforbruket i fossile transportmidler vil forbedres fram til 2030 og 2060. En kilde fra 2022 indikerer at energiforbruket kan forbedres med ca. 25%<sup>20</sup> fram mot 2060, noe som er lagt til grunn for beregningene. For 2030 er forbedringen interpolert basert på 2020- og 2060-verdiene.

---

<sup>20</sup> Improving Thermal Efficiency of Internal Combustion Engines: Recent Progress and Remaining Challenges. <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/17/6222>

### 11.2.1.2 Elkraft og batteri

For elektrisk drift er det brukt representative transportmidler basert på den eksisterende transportmiddelflåten i Norge for å beregne energiforbruket. Energiforbruket på transportmiddelnivå forventes å bli redusert i framtiden på grunn av flere faktorer, som lavere energitap, moderne førerhjelpemidler, lettere materialer og batterier og et skifte i bilparken. For 2030 er det antatt at de transportmiddeltypene som kjøpes inn i dag vil utgjøre majoriteten i 2030, dvs. en utskifting av transportflåten. For 2060 er det antatt en forbedring på 25%<sup>21</sup> sammenlignet med 2030 for alle transportformer.

### 11.2.1.3 Hydrogen og ammoniakk

Hydrogendrift er et vidt begrep, som i denne sammenhengen er begrenset til fremdrift av et transportmiddel med hydrogen ved hjelp av en brenselcelle. I virkeligheten finnes det ulike "typer" hydrogen med ulike produksjonsmetoder. Dette håndteres i denne studien fra brønn til hjul. Det er lagt til grunn at alle transportformer, unntatt skip, bruker hydrogen i en brenselcelle, dvs. ikke i en forbrenningsmotor. Dette er altså elektriske lastebiler og fly. Studier har vist at dette er en rimelig antagelse, men at den ikke nødvendigvis viser hele bildet. Siden det finnes begrenset informasjon om forbruket til hydrogendrevne transportmidler, er beregningene basert på elektriske og dieselelektriske transportmidler der virkningsgraden er omregnet. Brenselcellenes virkningsgrad er her antatt å være 45% i 2020, 50% i 2030 og 60% i 2060<sup>22</sup>. Studiene av hvordan hydrogendrift vil utvikle seg er i mange tilfeller ikke helt forskjellige, men felles for dem er at det er et stort potensial for utvikling av brenselceller og hydrogen ved høyere trykk.

## 11.2.2 Bane

For energieffektivitet på bane (jernbane og lettbane) er det tatt utgangspunkt i simuleringsverktøyet som ble benyttet i KVVU GREEN. Til KVVU-en ble simuleringsverktøyet kalibrert mot målinger fra Bane NOR Energi, og verktøyet anses dermed som velegnet for oppgaven. For jernbanen er det tatt utgangspunkt i simuleringer for Nordlandsbanen. Banen anses som representativ for mange av landets enkeltsporede baner, men har noe lavere hastighet og høyere stigninger enn på de dobbeltsporede strekningene på Østlandet og i Bergen og Stavanger.

For persontog er det antatt et 110 meter langt regiontog, tilsvarende Type 76 (standarstogtype R004), og for godstog er det identifisert et representativt kombigodstog på 421 meter og 860 tonn (TIOS-data for 2022). Det bør bemerkes at det i denne analysen ikke er skilt mellom lokal-, regional- og fjerntog eller ulike typer godstog.

For lettbane er det modellert et scenario etter Oslos T-bane når det gjelder frekvens og gjennomsnittshastighet, med et 54 meter langt T-banetog (MX3000). Det er gjort noen antakelser om driften som kan påvirke energiforbruket, men resultatet bør gi et representativt bilde. En potensiell feilkilde er imidlertid forskjellen i energiforbruk mellom trikk og metro, noe som er uunngåelig ettersom disse er slått sammen til én transporttype, lettbane.

### Kategorier og energibærere for bane

- *Persontog*: elkraft, diesel og biodiesel
- *Godstog*: elkraft, diesel og biodiesel
- *Lettbane*: elkraft

---

<sup>21</sup> Assessment of light-duty electric vehicle. <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/10/ev-cost-benefits-2035-oct22.pdf>

<sup>22</sup> Miljødirektoratet 2022, Kraftbehov til transport: Nullutslippsscenarioer for 2050.

<https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2022/november/kraftbehov-til-transport-nullutslippsscenarioer-for-2050/>

### 11.2.3 Vei

Representative kjøretøy er hentet fra SSB-statistikk og annen litteratur. Mye av forbedringen i energieffektiviteten for veitransport kan spores til en overgang fra fossilt drivstoff til batteridrift. Likevel antas energiforbruket å bli redusert som følge av at moderne kjøretøy (spesielt elbiler) i gjennomsnitt har høyere virkningsgrad enn den eksisterende kjøretøyparken.

For veitrafikken er det valgt en representativ personbil på 1,5 tonn, en bybuss med en tjenestevekt på 16 tonn og en lastebil med en bruttovekt på 40 tonn og fast lasteplan. Det er imidlertid stor variasjon innenfor de definerte kategoriene, som lette og tunge personbiler og lastebiler, og mellom bybusser og langdistansebusser. Denne forenklingen kan gi opphav til feil i analyser som gjøres på mer detaljert nivå. I beregningene antas alle biler å være elektriske eller utstyrt med forbrenningsmotor, så forskjellige typer hybrider er ekskludert.

#### Kategorier og energibærere for Vei

- *Personbil*: elkraft, fossildrivstoff og biodrivstoff
- *Buss*: elkraft, diesel og biodiesel
- *Lastebil*: elkraft, hydrogen, diesel og biodiesel

### 11.2.4 Luftfart

For luftfarten er kun passasjerfly inkludert i analysen. Basert på tilgjengelig statistikk er det antatt at et representativt fly er et lite rutefly med totalt 110 seter, hvorav bare 60 er opptatt på en gjennomsnittlig reise. Det er mange ulike faktorer som påvirker energieffektiviteten ved flyreiser, for eksempel flytype, antall seter, belegg og distanse. I beregningene i denne analysen er det brukt en forenklet metode basert på et gjennomsnittlig forbruk på 4,2 liter per kilometer. Flyet som er forutsatt, er noe større enn den norske gjennomsnittlige transportkapasiteten, som følge av at flyflåten som betjener innenriksmarkedet består av en del relativt små propellfly (40-80 reisende) og en del større fly (150-200 seter), men ikke mange luftfartøy i mellomsegmentet.

#### Kategorier og energibærere for luftfart

- *Personfly*: flydrivstoff, hydrogen og bioflydrivstoff

### 11.2.5 Sjøtransport

For sjøtransport er det definert ett transportmiddel for personer og ett for gods.

For persontransporten er det definert en ferge som kan benytte elkraft, hydrogen, marine gassoljer og biodrivstoff ekvivalent. Fergen er vurdert å ha plass til ca. 80 personbilekvivalenter. Dette er iht. eksperter på det norske fergemarkedet en representativ størrelse for den norske fergeflåten, og størrelsen stemmer overens med energiforbruksdataene og statistikk fra fergedatabanken. Det er antatt 2,05 personer per kjøretøy (fergedatabanken snitt for 2019). Det er i beregningen antatt at fergene kun benyttes til personkjøretøy. I beregningen brukes personbil på 1,5 tonn som lastbærer for personene. Gjennomsnittlig kapasitetutnyttelse om bord i fergen er satt til 35 %, iht. *Revidert modell til beregning av fergekriteriet i inntektssystemet for fylkeskommunene* (Kenneth Løvold Rødseth, Bo Dong, Stian Jakobsen, Janis Danebergs. 1914/2022).

Energiforbruksdataene kommer fra simuleringsmodell utviklet for Miljødirektoratet, oversendt per e-post.

For godstransport til sjøs er det forutsatt et containerskip som representativt for stykkgodsskipene. Skipet har en typisk kapasitetutnyttelse på 4467 tonn, iht. tall oversendt fra Kystverket, og en gjennomsnittlig fyllingsgrad på 69 %. Gjennomsnittlig kapasitetutnyttelse er 4,5 tonn per TEU (SSB tabell 03648, 2019-tall). Energiforbruket er hentet fra data oversendt av Kystverket per e-post.

## Kategorier og energibærere for sjøfart

- *Ferje*: elkraft, marine gassoljer, hydrogen og biodrivstoff
- *Skip*: marine gassoljer, ammoniakk og biodrivstoff

## 11.3 Klimagassutslipp

Vurderinger av klimagassutslipp i transportsektoren er basert på innhentet data som hensyntar ulike transportformer. Vurderingen bruker en kombinasjon av pålitelige datakilder og utarbeidede forutsetninger for å kvantifisere klimagassutslippene fra tank til hjul. Det finnes et stort sett med data på klimagassutslipp, med forskjellige vurderinger og innhold. I denne rapporten er det valgt å prioritere kilder basert på like forutsetninger slik for å skape et best mulig sammenligningsgrunnlag.

Beregningene av klimagassutslipp er beregnet fra tank-to-wheel, og beregnet ved bruk av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.

### Utslippsfrie energibærere

Flere av de beregnede energibærerne er beregnet å være utslippsfrie. Enkelte av disse vil kunne ha noe klimagassutslipp i en produksjons- og distribusjonsprosess, men dette går utenfor rapportens omfang. Utslippsfrie energibærere er:

- Elkraft punktlading
- Elkraft banestrøm
- Grønt hydrogen
- Blått hydrogen
- Grønt ammoniakk
- Blått ammoniakk

Dette gjelder for alle kjøretøytyper med disse energibærerne.

### Fossile energibærere

Fossile drivstoff er petroleums baserte drivstoff utvinnet fra olje og naturgass. Fossile energibærere er delt inn i Diesel fossil, Flydrivstoff fossil, og MGO fossil.

For Diesel fossil og MGO fossil er det brukt kilder fra Miljødirektoratet. For flydrivstoff er det brukt kilder fra Argonne National Laboratory, et statelig forskningsinstitutt med fokus på energi og energieffektivitet i USA.

### Biologiske energibærere

Biodrivstoff er framstilt av biologisk materiale. Det blir gjerne regnet som klimanøytrale drivstoff ettersom klimagasser som blir sluppet ut ved forbrenning, slik som CO<sub>2</sub>, blir lagret i den biologiske massen under produksjon. Denne rapporten vurderer ikke produksjons- og distribusjonsprosessen og biodrivstoffets klimaeffekt vil derfor ikke komme tydelig fram. Biodrivstoff er delt inn i Biodiesel, Biodrivstoff fly, og Biodrivstoff marine.

For biodiesel er det det brukt kilder fra Miljødirektoratet, med omsetningskrav fra Produksjonsforskriften § 3-3 Krav til omsetning av biodrivstoff til veitrafikk. For biodrivstoff fly og marine er det brukt kilder fra Argonne National Laboratory, et statelig forskningsinstitutt med fokus på energi og energieffektivitet i USA.

## E-fuel

E-fuel eller elektrofuel er en samlebetegnelse for syntetiske drivstoff produsert med elektrisk energi. På lik linje som biodrivstoff blir e-fuel regnet som klimanøytrale drivstoff ettersom klimagasser sluppet ut ved forbrenning blir tilført i produksjonsfasen. Igjen vil ikke rapporten vurdere produksjons- og distribusjonsprosessen til e-fuel og klimaeffektene vil derfor ikke komme tydelig fram. E-fuel er kun brukt for Flydrivstoff e-fuel, og det er brukt kilder fra Argonne National Laboratory.

### 11.4 Andre forutsetninger

I tillegg til forutsetninger for energiforbruk well-to-tank og tank-to-wheel er det behov for å gjøre en rekke forutsetninger vedrørende bruksmønster for de aktuelle transportmiddelkategoriene. Det er spesielt ombordkapasitet (gjennomsnittlig og maks), vekt på lastbærere og kjøring av tomme transportmidler (posisjonskjøring o.l.) som er relevant.

I det følgende beskrives metodiske grep og forutsetninger som er gjort i framskaffelsen og beregningen av disse parameterne. Det henvises til beregningsmodellen for detaljerte kildehenvisninger for hver enkel parameter.

Det er gjennomgående benyttet 2019-data, der det finnes data for flere år tilgjengelig. Dette for å unngå endringer i transportmønsteret forårsaket av pandemien, som preger dataene for 2020-2022. Der tidsserier har vært tilgjengelige viser dataene at disse parameterne endrer seg lite fra år til år, med unntak av pandemiårene.

#### 11.4.1 Utnyttelse av kapasiteten om bord i transportmidlet

For å gjøre en vurdering av hvor mange transportmiddelkilometer som følger av et gitt transportarbeid, er det behov for å gjøre forutsetninger om gjennomsnittlig utnyttelse av kapasiteten om bord i transportmidlene. For å se på effekten av å øke kapasitetsutnyttelse, er det også relevant hva som forutsettes som maks kapasitet for transportmidlene.

Det er verdt å merke at disse dataene, spesielt hvor mye som er gjennomsnittlig setekapasitet og snittet av maksimal fraktmengde på tvers av transportarbeidet, også er benyttet som grunnlag for å velge ut representative transportmidler. Dvs. at det i de fleste tilfeller ikke det mest vanlige transportmidlet i en gitt kategori som er lagt til grunn, men et transportmiddel som gjenspeiler gjennomsnittlig transportkapasitet, vekt og andre hensyn. Disse vil imidlertid ofte ikke være helt ulike. F.eks. er antall i persontogtrafikken i snitt 286 per kilometer. Energiforbruksberegningen tar utgangspunkt i et 110 meter langt regiontog, hvor f.eks. type 76 har 295 seter, som er en veldig god match for både ombordkapasitet og representativ for kjøretøyflåten på jernbanen.

Det er primært benyttet data fra SSB for å vurdere ombordkapasitet. SSB har gode kilder på dette for veigående transport, herunder personbil, buss og lastebil, som er lagt til grunn. Det henvises til beregningsmodellen for beskrivelse av aktuelle tabeller og hvordan de er benyttet.

For jernbanen er det benyttet SSB-data for persontransporten. For godstransporten er det benyttet data som ble overlevert direkte fra Jernbanedirektoratet. Her ble observerte fraktmengder lagt til grunn for gjennomsnittlige fraktmengder og tog lengder og vekt fra rutetildelingen lagt til grunn for maks transportkapasitet.

For flytransporten er det også benyttet SSB-data for antall reisende og antall seter per kilometer.

For sjøgående transport er det benyttet data fra *Revidert modell til beregning av fergekriteriet i inntektssystemet for fylkeskommunene* (Kenneth Løvold Rødseth, Bo Dong, Stian Jakobsen, Janis Danebergs. 1914/2022).

For maks ombordkapasitet er det for de kollektive transportmidlene tatt utgangspunkt i setekapasitet, ettersom det er det det føres statistikk for. For personbiler er det forutsatt plass til fire reisende, inklusiv fører. Dette er konsistent med at det er en moderat størrelse familiebil som er lagt til grunn.

Det er forutsatt at ulike energibærere ikke innvirker på ombordkapasitet. Dette er nok ikke helt presist, men det finnes ikke data tilgjengelig som gir grunnlag for differensiert vurdering. For teknologier som er relativt tidlig i sin utvikling forventes det at ombordkapasitet og bruksmønster vil nærme seg det som gjelder for de etablerte driftsformene, men det er naturlig nok usikkerhet om hvor raskt det vil skje.

#### **11.4.2 Lastbærere og personvekt**

For intermodale transporter må beregningsmodellen også håndtere vekten av lastbærere. Last er regnet om til 20-fots ekvivalenter (TEU – twenty foot equivalent unit), og vekten av en 20-fots kontainer er forutsatt. Ulike statistikker benyttes for forutsetningen om hvor mye last som i gjennomsnitt fraktes i én TEU for de ulike transportmidlene. I praksis benyttes både semitrailere og vekselflak også mye i den intermodale transporten i Norge, og dette er dermed en forenkling.

For hver lastbærer er følgende definert:

- Lastbærerens egenvekt. Egenvekten per TEU er lik på tvers av intermodale transporter.
- Gjennomsnittlig last (i tonn) per lastbærer. Dette er ulikt for ulike transportmidler, og basert på tilgjengelig statistikk.
- Maks last (i tonn) per lastbærer. Dette er vurdert både med utgangspunkt i typisk maksvekt for en 20-fots kontainer og tillatt aksellast for det aktuelle transportmidlet. Det dimensjonerende (dvs. det minste) er lagt til grunn.

På jernbanen inngår også vekten av vogner til å plassere lastbærerne på i beregningen. Den skaleres opp i vognvekt per 20-fots lastbærer. Jernbanevogner i Norge er imidlertid ofte mye lengre enn ca. 6 meter, men forenklingen vurderes å være akseptabel, ettersom den vil stemme rimelig godt for togstammen som helhet (evt. vil man mangle en andel av vekten av den aller siste vognen i togstammen). Det er for lastebil forutsatt lastebiltyper med fastmontert lasteplan som inngår i kjøretøyet, ikke semitrailere.

75 kg er en standard forutsetning for vekt per person som benyttes i transportsektoren. I beregningsmodellen er personer håndtert som lastbærere, der lastbæreren har en egenvekt på 0, og gjennomsnittlig last på 75 kg. Gjennomsnittsvekten i Norge har økt, og 75 kg som gjennomsnittsvekt per person er kanskje noe optimistisk dersom denne trenden fortsetter. Det er ikke forutsatt bagasje, men parameteren egenvekt for lastbærer for personer kan brukes til å «gi de reisende bagasje», og det er mulig å legge inn ulik bagasjemengde for ulike transportmidler.

I fergetransporten er det forutsatt at lastbæreren for personer er en personbil på 1,5 tonn.

#### **11.4.3 Tomkjøring**

Tomkjøring henviser her til transportmiddelkilometer uten last, som kommer i tillegg til transportmiddelkilometer som benyttes til transportarbeid.

For rutegående transportmidler er tomkjøring definert som transportmiddelkilometer utenom fast rute, dvs. kjøring/flyvning til parkering/hensetting, til verksted, og kjøring/flyvning til og fra start/endepunkt av den aktuelle ruten. Tomkjøring er regnet som et påslag på transportmiddelkilometer i rute, dvs. transportmiddelkilometer som kan brukes til transport. Det innebærer at parameteren tomkjøring ikke omfatter kjøring i rute, selv der bussen/toget/flyet ikke har reisende om bord (f.eks. veldig sene bussavganger). Det at rutegående transportmidler noen ganger kjører tomme reflekteres i gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse.

Det samme gjelder for rutegående godstransport, dvs. tog og skip. Mens intermodal transport på bane og sjø sjeldent kjører helt tomme, er det ofte en retningsubalanse. Dette fanges opp i den gjennomsnittlige utnyttelsen av ombordkapasiteten. Prinsippet brukes også for rutegående systemtransport, som ofte går veldig fulle den ene veien, og helt tomme den andre veien (dvs. ekstrem retningsubalanse). For denne typen transporter vil gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse ikke kunne overstige 50 %<sup>23</sup>. Tomkjøring kommer i tillegg, og utgjør for godstransporten stort sett et veldig lite påslag.

Godstransport med lastebil er regnet likt som for tog og skip. Data fra SSB, som skiller på lastebilkilometer med og uten last, gjør det mulig å sette opp beregningen for lastebiler på to ulike måter, med ca. samme resultat. Dette skyldes at tomkjøring og kapasitetutnyttelse er to sider av samme sak i modellen. Hvis tomkjøringsprosenten øker, vil gjennomsnittlig kapasitetutnyttelse (når lastebilen går med last) også øke. Energiforbruket blir ca. det samme i modellen, selv om resultatene kan beregnes på to ulike måter. Slik det beregnes nå i modellen, er gjennomsnittlig kapasitetutnyttelse i hver container lav (dvs. totalt transporterte tonn er fordelt på totalt kjørte km (inkl. tomkjøringen)). Vi har ikke data om hvilken andel av tomkjøringen som kjøres med en tom lastbærer vs. uten tom lastbærer. Denne beregningsmetoden gir noe høyere energiforbruk, fordi det forutsettes at det alltid er et vekselflak på lastebilen. Dersom man legger inn 39 % tomkjøring i modellen (og justerer opp transportkapasitetutnyttelsen i kontainerne tilsvarende) vil energiforbruket i snitt bli noe lavere, fordi det da forutsettes at lastebilene kjører 39 % av kjørte km uten et tomt vekselflak.

Det er i scenarioene ikke forutsatt autonome biler, dvs. at tomkjøring for personbil er 0 %. Dette kan, dersom man ønsker det, endres i scenarioanalyser.

For sjøtransport utgjør kjøring til verksted og eventuell posisjonskjøring en svært marginal andel av fartøykilometerne, og er satt til 0 %. For flytransport er data oversendt fra Avinor benyttet, og utgjør en svært liten andel.

Det er forutsatt at ulike energibærere ikke har innvirkning på andelen tomkjøring, og at dette kun avhenger av transportmiddeltypen.

---

<sup>23</sup> I beregningsmodellen er det foreløpig lagt størst vekt på intermodale transporter.



# 12 Vedlegg 2: Underlagstabeller med forutsetninger for scenarioene

## 12.1 Referansescenario

### 12.1.1 Transportarbeid og energibærerfordeling

#### Vekst i transportarbeid

Segment	År	Tonn 2020	Vekst fra 2020
Persontransport	2020	5 526	0 %
Persontransport	2030		13 %
Persontransport	2060		29 %
Godstransport	2020	26 697	0 %
Godstransport	2030		14 %
Godstransport	2060		52 %

#### Andel av transportarbeidet per transportmiddelkategori (innenfor sitt segment)

Transportmiddel	2020	2030	2060
Persontog	5 %	5 %	5 %
Lettbane	1,4 %	1,5 %	1,4 %
Bil	74 %	76 %	77 %
Buss	11 %	10 %	9 %
Ferje	0 %	0 %	0 %
Fly	8 %	7 %	7 %
Godstog	5 %	5 %	5 %
Lastebil	77 %	77 %	79 %
Stykkogdsskip	18 %	18 %	16 %

#### Andel av hver transportmiddelkategori per energibærerkategori

Transportmiddelkategori	Energibærerkategori	2020	2030	2060
Persontog	Elkraft	92 %	92 %	92 %
Persontog	Diesel	8 %	8 %	8 %
Godstog	Elkraft	86 %	86 %	86 %
Godstog	Diesel	14 %	14 %	14 %
Lettbane	Elkraft	100 %	100 %	100 %
Bil	Elkraft	15 %	68 %	97 %
Bil	Diesel	85 %	32 %	3 %
Buss	Elkraft	1 %	20 %	94 %
Buss	Diesel	99 %	80 %	6 %
Lastebil	Elkraft	0 %	6 %	70 %
Lastebil	Diesel	100 %	94 %	30 %

Lastebil	Hydrogen	0 %	0 %	0 %
Fly	Flydrivstoff	100 %	100 %	100 %
Fly	Hydrogen	0 %	0 %	0 %
Ferje	Elkraft	37 %	37 %	37 %
Ferje	MGO	63 %	63 %	63 %
Ferje	Hydrogen	0 %	0 %	0 %
Stykkgodsskip	MGO	100 %	100 %	100 %
Stykkgodsskip	Ammoniakk	0 %	0 %	0 %

### Omsetningskrav

Mode	Energibærerkategori	Energibærertype	2020	2030	2060
Vei	Diesel	fossil	83 %	83 %	83 %
Vei	Diesel	bio	17 %	17 %	17 %
Vei	Elkraft	punktlading	100 %	100 %	100 %
Vei	Hydrogen	grønn	100 %	100 %	100 %
Vei	Hydrogen	blå	0 %	0 %	0 %
Bane	Elkraft	banestrøm	100 %	100 %	100 %
Bane	Diesel	fossil	90 %	90 %	90 %
Bane	Diesel	bio	10 %	10 %	10 %
Sjø	MGO	fossil	94 %	94 %	94 %
Sjø	MGO	bio	6 %	6 %	6 %
Sjø	Elkraft	punktlading	100 %	100 %	100 %
Sjø	Hydrogen	grønn	100 %	100 %	100 %
Sjø	Hydrogen	blå	0 %	0 %	0 %
Sjø	Ammoniakk	grønn	100 %	100 %	100 %
Sjø	Ammoniakk	blå	0 %	0 %	0 %
Luft	Flydrivstoff	fossil	100 %	94 %	30 %
Luft	Flydrivstoff	bio	1 %	5 %	35 %
Luft	Flydrivstoff	e-fuel	0 %	1 %	35 %
Luft	Hydrogen	grønn	100 %	100 %	100 %
Luft	Hydrogen	blå	0 %	0 %	0 %

### 12.1.2 Energiforbruk

#### Egenvekt lastbærer og understell

Type lastbærer	Transportmiddelkategori	2020	2030	2060
Person	Persontog	0,0	0,0	0,0
Person	Lettbane	0,0	0,0	0,0
Person	Bil	0,0	0,0	0,0
Person	Buss	0,0	0,0	0,0
Personbil	Ferje	1,5	1,5	1,5
Person	Fly	0,0	0,0	0,0

20 fot kontainer	Godstog	8,0	8,0	8,0
25 fot veksel­flak	Lastebil	2,9	2,9	2,9
40 fot kontainer	Stykkogdsskip	4,6	4,6	4,6

#### Nyttevekt per lastbærer

Type lastbærer	Transportmiddelkategori	2020	2030	2060
Person	Persontog	0,075	0,075	0,075
Person	Lettbane	0,075	0,075	0,075
Person	Bil	0,075	0,075	0,075
Person	Buss	0,075	0,075	0,075
Personbil	Ferje	0,154	0,154	0,154
Person	Fly	0,075	0,075	0,075
20 fot kontainer	Godstog	6,2	6,2	6,2
25 fot veksel­flak	Lastebil	14,7	14,7	14,7
40 fot kontainer	Stykkogdsskip	9,0	9,0	9,0

#### Gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse

Transportmiddelkategori	2020	2030	2060
Persontog	32 %	32 %	32 %
Lettbane	31 %	31 %	31 %
Bil	31 %	31 %	32 %
Buss	31 %	31 %	31 %
Ferje	50 %	50 %	50 %
Fly	67 %	67 %	67 %
Godstog	78 %	78 %	78 %
Lastebil	100 %	100 %	100 %
Stykkogdsskip	69 %	69 %	69 %

#### Tomkjøring

Transportmiddelkategori	2020	2030	2060
Persontog	10 %	10 %	10 %
Lettbane	10 %	10 %	10 %
Bil	0 %	0 %	0 %
Buss	19 %	19 %	19 %
Ferje	0 %	0 %	0 %
Fly	1 %	1 %	1 %
Godstog	1 %	1 %	1 %
Lastebil	39 %	39 %	39 %
Stykkogdsskip	0 %	0 %	0 %

## Energieffektivisering

Energiforbruk relativt til 2020

Transportmiddelkategori	Energibærerkategori	2020	2030	2060
Persontog	Elkraft	100 %	96 %	85 %
Persontog	Diesel	100 %	96 %	85 %
Godstog	Elkraft	100 %	96 %	85 %
Godstog	Diesel	100 %	96 %	85 %
Lettbane	Elkraft	100 %	96 %	85 %
Bil	Elkraft	100 %	96 %	85 %
Bil	Diesel	100 %	96 %	85 %
Buss	Elkraft	100 %	96 %	85 %
Buss	Diesel	100 %	96 %	85 %
Lastebil	Elkraft	100 %	96 %	85 %
Lastebil	Diesel	100 %	96 %	85 %
Lastebil	Hydrogen	100 %	96 %	85 %
Fly	Flydrivstoff	100 %	96 %	85 %
Fly	Hydrogen	100 %	96 %	85 %
Ferje	Elkraft	100 %	96 %	85 %
Ferje	MGO	100 %	96 %	85 %
Ferje	Hydrogen	100 %	96 %	85 %
Stykkgodsskip	MGO	100 %	96 %	85 %
Stykkgodsskip	Ammoniakk	100 %	96 %	85 %

## Energiforbruk well-to-tank, per kWh tank-to-wheel

Energibærerkategori	Energibærertype	2020	2030	2060
Elkraft	punktlading	0,27	0,27	0,27
Elkraft	banestrøm	0,21	0,21	0,21
Diesel	bio	0,31	0,31	0,31
Flydrivstoff	bio	1,00	1,00	1,00
MGO	bio	0,31	0,31	0,31
Flydrivstoff	e-fuel	0,75	0,75	0,75
Ammoniakk	grønn	1,36	1,36	1,36
Hydrogen	grønn	1,09	1,09	1,09
Ammoniakk	blå	1,06	1,06	1,06
Hydrogen	blå	0,83	0,83	0,83
Diesel	fossil	0,42	0,42	0,42
Flydrivstoff	fossil	0,54	0,54	0,54
MGO	fossil	0,42	0,42	0,42

### 12.1.3 Klimagassutslipp

#### Direkte utslipp av CO<sub>2</sub>e per kWh

Energibærerkategori	Energibærertype	2020	2030	2060
---------------------	-----------------	------	------	------

Elkraft	punktlading	0,00	0,00	0,00
Elkraft	banestrøm	0,00	0,00	0,00
Diesel	bio	0,00	0,00	0,00
Flydrivstoff	bio	0,00	0,00	0,00
MGO	bio	0,00	0,00	0,00
Flydrivstoff	e-fuel	0,00	0,00	0,00
Ammoniakk	grønn	0,00	0,00	0,00
Hydrogen	grønn	0,00	0,00	0,00
Ammoniakk	blå	0,00	0,00	0,00
Hydrogen	blå	0,00	0,00	0,00
Diesel	fossil	0,27	0,27	0,27
Flydrivstoff	fossil	0,26	0,26	0,26
MGO	fossil	0,27	0,27	0,27

## 12.2 Scenario 1

### 12.2.1 Transportarbeid og energibærerfordeling

#### Vekst i transportarbeid

Segment	År	Tonn 2020	Endring fra 2020
Persontransport	2020	5 526	0 %
Persontransport	2030		0 %
Persontransport	2060		0 %
Godstransport	2020	26 697	0 %
Godstransport	2030		0 %
Godstransport	2060		0 %

#### Andel av transportarbeidet per transportmiddelkategori (innenfor sitt segment)

Transportmiddel	2020	2030	2060
Persontog	5 %	6 %	9 %
Lettbane	1,4 %	1,6 %	2,8 %
Bil	74 %	73 %	70 %
Buss	11 %	12 %	15 %
Ferje	0,5 %	0,4 %	0,2 %
Fly	8 %	7 %	3 %
Godstog	5 %	6 %	9 %
Lastebil	77 %	76 %	70 %
Stykkgodsskip	18 %	18 %	21 %

#### Andel av hver transportmiddelkategori per energibærerkategori

Transportmiddelkategori	Energibærerkategori	2020	2030	2060
Persontog	Elkraft	92 %	94 %	100 %

Persontog	Diesel	8 %	6 %	0 %
Godstog	Elkraft	86 %	92 %	100 %
Godstog	Diesel	14 %	8 %	0 %
Lettbane	Elkraft	100 %	100 %	100 %
Bil	Elkraft	15 %	72 %	95 %
Bil	Diesel	85 %	28 %	5 %
Buss	Elkraft	1 %	24 %	95 %
Buss	Diesel	99 %	76 %	5 %
Lastebil	Elkraft	0 %	7 %	85 %
Lastebil	Diesel	100 %	93 %	5 %
Lastebil	Hydrogen	0 %	0 %	10 %
Fly	Flydrivstoff	100 %	100 %	90 %
Fly	Hydrogen	0 %	0 %	10 %
Ferje	Elkraft	37 %	45 %	85 %
Ferje	MGO	63 %	52 %	5 %
Ferje	Hydrogen	0 %	3 %	10 %
Stykkgodsskip	MGO	100 %	95 %	70 %
Stykkgodsskip	Ammoniakk	0 %	5 %	30 %

### Omsetningskrav

Mode	Energibærerkategori	Energibærertype	2020	2030	2060
Vei	Diesel	fossil	83 %	80 %	0 %
Vei	Diesel	bio	17 %	20 %	100 %
Vei	Elkraft	punktlading	100 %	100 %	100 %
Vei	Hydrogen	grønn	100 %	80 %	80 %
Vei	Hydrogen	blå	0 %	20 %	20 %
Bane	Elkraft	banestrøm	100 %	100 %	100 %
Bane	Diesel	fossil	90 %	80 %	0 %
Bane	Diesel	bio	10 %	20 %	100 %
Sjø	MGO	fossil	94 %	80 %	0 %
Sjø	MGO	bio	6 %	20 %	100 %
Sjø	Elkraft	punktlading	100 %	100 %	100 %
Sjø	Hydrogen	grønn	100 %	80 %	80 %
Sjø	Hydrogen	blå	0 %	20 %	20 %
Sjø	Ammoniakk	grønn	100 %	80 %	80 %
Sjø	Ammoniakk	blå	0 %	20 %	20 %
Luft	Flydrivstoff	fossil	100 %	94 %	0 %
Luft	Flydrivstoff	bio	1 %	5 %	50 %
Luft	Flydrivstoff	e-fuel	0 %	1 %	50 %
Luft	Hydrogen	grønn	100 %	80 %	80 %
Luft	Hydrogen	blå	0 %	20 %	20 %

### 12.2.2 Energiforbruk

### Egenvekt lastbærer og understell

Type lastbærer	Transportmiddelkategori	2020	2030	2060
Person	Persontog	0,0	0,0	0,0
Person	Lettbane	0,0	0,0	0,0
Person	Bil	0,0	0,0	0,0
Person	Buss	0,0	0,0	0,0
Personbil	Ferje	1,5	1,4	1,4
Person	Fly	0,0	0,0	0,0
20 fot kontainer	Godstog	8,0	7,6	7,6
25 fot vekselflak	Lastebil	2,9	2,7	2,7
40 fot kontainer	Stykkgodsskip	4,6	4,4	4,4

### Nyttevekt per lastbærer

Type lastbærer	Transportmiddelkategori	2020	2030	2060
Person	Persontog	0,075	0,075	0,075
Person	Lettbane	0,075	0,075	0,075
Person	Bil	0,075	0,075	0,075
Person	Buss	0,075	0,075	0,075
Personbil	Ferje	0,225	0,225	0,225
Person	Fly	0,075	0,075	0,075
20 fot kontainer	Godstog	6,200	6,200	9,9
25 fot vekselflak	Lastebil	14,670	14,670	15,4
40 fot kontainer	Stykkgodsskip	9,000	9,000	19,7

### Gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse

Transportmiddelkategori	2020	2030	2060
Persontog	32 %	34 %	42 %
Lettbane	31 %	33 %	41 %
Bil	31 %	33 %	42 %
Buss	31 %	33 %	41 %
Ferje	50 %	52 %	60 %
Fly	67 %	69 %	77 %
Godstog	78 %	80 %	88 %
Lastebil	100 %	100 %	100 %
Stykkgodsskip	69 %	71 %	79 %

<b>Tomkjøring</b>		95 %	75 %
<b>Transportmiddelkategori</b>	<b>2020</b>	<b>2030</b>	<b>2060</b>
Persontog	10 %	10 %	8 %
Lettbane	10 %	10 %	8 %
Bil	0 %	0 %	0 %
Buss	19 %	18 %	14 %
Ferje	0 %	0 %	0 %
Fly	1 %	1 %	1 %
Godstog	1 %	1 %	1 %
Lastebil	39 %	37 %	29 %
Stykkgodsskip	0 %	0 %	0 %

### Energieffektivisering

Energiforbruk relativt til 2020

Transportmiddelkategori	Energibærerkategori	2020	2030	2060
Persontog	Elkraft	100 %	96 %	85 %
Persontog	Diesel	100 %	96 %	85 %
Godstog	Elkraft	100 %	96 %	85 %
Godstog	Diesel	100 %	96 %	85 %
Lettbane	Elkraft	100 %	96 %	85 %
Bil	Elkraft	100 %	96 %	85 %
Bil	Diesel	100 %	96 %	85 %
Buss	Elkraft	100 %	96 %	85 %
Buss	Diesel	100 %	96 %	85 %
Lastebil	Elkraft	100 %	96 %	85 %
Lastebil	Diesel	100 %	96 %	85 %
Lastebil	Hydrogen	100 %	96 %	85 %
Fly	Flydrivstoff	100 %	96 %	85 %
Fly	Hydrogen	100 %	96 %	85 %
Ferje	Elkraft	100 %	96 %	85 %
Ferje	MGO	100 %	96 %	85 %
Ferje	Hydrogen	100 %	96 %	85 %
Stykkgodsskip	MGO	100 %	96 %	85 %
Stykkgodsskip	Ammoniakk	100 %	96 %	85 %

### Energiforbruk well-to-tank, per kWh tank-to-wheel

Energibærerkategori	Energibærertype	2020	2030	2060
Elkraft	punktlading	0,27	0,27	0,27
Elkraft	banestrøm	0,21	0,21	0,21
Diesel	bio	0,31	0,31	0,31
Flydrivstoff	bio	1,00	1,00	1,00
MGO	bio	0,31	0,31	0,31
Flydrivstoff	e-fuel	0,75	0,75	0,75
Ammoniakk	grønn	1,36	1,36	1,36
Hydrogen	grønn	1,09	1,09	1,09



Ammoniakk	blå	1,06	1,06	1,06
Hydrogen	blå	0,83	0,83	0,83
Diesel	fossil	0,42	0,42	0,42
Flydrivstoff	fossil	0,54	0,54	0,54
MGO	fossil	0,42	0,42	0,42

### 12.2.3 Klimagassutslipp

#### Direkte utslipp av CO2e per kWh

Energibærerkategori	Energibærertype	2020	2030	2060
Elkraft	punktlading	0,00	0,00	0,00
Elkraft	banestrøm	0,00	0,00	0,00
Diesel	bio	0,00	0,00	0,00
Flydrivstoff	bio	0,00	0,00	0,00
MGO	bio	0,00	0,00	0,00
Flydrivstoff	e-fuel	0,00	0,00	0,00
Ammoniakk	grønn	0,00	0,00	0,00
Hydrogen	grønn	0,00	0,00	0,00
Ammoniakk	blå	0,00	0,00	0,00
Hydrogen	blå	0,00	0,00	0,00
Diesel	fossil	0,27	0,27	0,27
Flydrivstoff	fossil	0,26	0,26	0,26
MGO	fossil	0,27	0,27	0,27

## 12.3 Scenario 2

### 12.3.1 Transportarbeid og energibærerfordeling

#### Vekst i transportarbeid

Segment	År	Tonn 2020	Endring fra 2020
Persontransport	2020	5 526	0 %
Persontransport	2030	5 526	7 %
Persontransport	2060	5 526	14 %
Godstransport	2020	26 697	0 %
Godstransport	2030	26 697	7 %
Godstransport	2060	26 697	26 %

#### Andel av transportarbeidet per transportmiddelkategori (innenfor sitt segment)

Transportmiddel	2020	2030	2060
Persontog	5 %	6 %	8 %
Lettbane	1,4 %	1,6 %	2,7 %

Bil	74 %	74 %	74 %
Buss	11 %	11 %	11 %
Ferje	0,5 %	0,400 %	0,3 %
Fly	8 %	7 %	4 %
Godstog	5 %	5 %	5 %
Lastebil	77 %	77 %	77 %
Stykkgodsskip	18 %	18 %	18 %

### Andel av hver transportmiddelkategori per energibærerkategori

Transportmiddelkategori	Energibærerkategori	2020	2030	2060
Persontog	Elkraft	92 %	94 %	100 %
Persontog	Diesel	8 %	6 %	0 %
Godstog	Elkraft	86 %	92 %	100 %
Godstog	Diesel	14 %	8 %	0 %
Lettbane	Elkraft	100 %	100 %	100 %
Bil	Elkraft	15 %	72 %	100 %
Bil	Diesel	85 %	28 %	0 %
Buss	Elkraft	1 %	24 %	100 %
Buss	Diesel	99 %	76 %	0 %
Lastebil	Elkraft	0 %	7 %	85 %
Lastebil	Diesel	100 %	93 %	5 %
Lastebil	Hydrogen	0 %	0 %	10 %
Fly	Flydrivstoff	100 %	100 %	90 %
Fly	Hydrogen	0 %	0 %	10 %
Ferje	Elkraft	37 %	45 %	85 %
Ferje	MGO	63 %	52 %	5 %
Ferje	Hydrogen	0 %	3 %	10 %
Stykkgodsskip	MGO	100 %	95 %	70 %
Stykkgodsskip	Ammoniakk	0 %	5 %	30 %

### Omsetningskrav

Mode	Energibærerkategori	Energibærertype	2020	2030	2060
Vei	Diesel	fossil	83 %	80 %	0 %
Vei	Diesel	bio	17 %	20 %	100 %
Vei	Elkraft	punktlading	100 %	100 %	100 %
Vei	Hydrogen	grønn	100 %	80 %	80 %
Vei	Hydrogen	blå	0 %	20 %	20 %
Bane	Elkraft	banestrøm	100 %	100 %	100 %
Bane	Diesel	fossil	90 %	80 %	0 %
Bane	Diesel	bio	10 %	20 %	100 %
Sjø	MGO	fossil	94 %	80 %	0 %
Sjø	MGO	bio	6 %	20 %	100 %
Sjø	Elkraft	punktlading	100 %	100 %	100 %

Sjø	Hydrogen	grønn	100 %	80 %	80 %
Sjø	Hydrogen	blå	0 %	20 %	20 %
Sjø	Ammoniakk	grønn	100 %	80 %	80 %
Sjø	Ammoniakk	blå	0 %	20 %	20 %
Luft	Flydrivstoff	fossil	100 %	94 %	0 %
Luft	Flydrivstoff	bio	1 %	5 %	50 %
Luft	Flydrivstoff	e-fuel	0 %	1 %	50 %
Luft	Hydrogen	grønn	100 %	80 %	80 %
Luft	Hydrogen	blå	0 %	20 %	20 %

### 12.3.2 Energiforbruk

#### Egenvekt lastbærer og understell

Type lastbærer	Transportmiddelkategori	2020	2030	2060
Person	Persontog	0,0	0,0	0,0
Person	Lettbane	0,0	0,0	0,0
Person	Bil	0,0	0,0	0,0
Person	Buss	0,0	0,0	0,0
Personbil	Ferje	1,5	1,5	1,5
Person	Fly	0,0	0,0	0,0
20 fot kontainer	Godstog	8,0	8,0	8,0
25 fot vekselflak	Lastebil	2,9	2,9	2,9
40 fot kontainer	Stykkgodsskip	4,6	4,6	4,6

#### Nyttevekt per lastbærer

Type lastbærer	Transportmiddelkategori	2020	2030	2060
Person	Persontog	0,075	0,075	0,075
Person	Lettbane	0,075	0,075	0,075
Person	Bil	0,075	0,075	0,075
Person	Buss	0,075	0,075	0,075
Personbil	Ferje	0,154	0,154	0,154
Person	Fly	0,075	0,075	0,075
20 fot kontainer	Godstog	6,2	6,2	6,2
25 fot vekselflak	Lastebil	14,7	14,7	14,7
40 fot kontainer	Stykkgodsskip	9,0	9,0	9,0

#### Gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse

<b>Transportmiddelkategori</b>	<b>2020</b>	<b>2030</b>	<b>2060</b>
Persontog	32 %	32 %	32 %
Lettbane	31 %	31 %	31 %
Bil	31 %	31 %	32 %
Buss	31 %	31 %	31 %
Ferje	50 %	50 %	50 %
Fly	67 %	67 %	67 %
Godstog	78 %	78 %	78 %
Lastebil	100 %	100 %	100 %
Stykkogodsskip	69 %	69 %	69 %

### Tomkjøring

1

<b>Transportmiddelkategori</b>	<b>2020</b>	<b>2030</b>	<b>2060</b>
Persontog	10 %	10 %	10 %
Lettbane	10 %	10 %	10 %
Bil	0 %	0 %	0 %
Buss	19 %	19 %	19 %
Ferje	0 %	0 %	0 %
Fly	1 %	1 %	1 %
Godstog	1 %	1 %	1 %
Lastebil	39 %	39 %	39 %
Stykkogodsskip	0 %	0 %	0 %

### Energieffektivisering

Energiforbruk relativt til 2020

<b>Transportmiddelkategori</b>	<b>Energibærerkategori</b>	<b>2020</b>	<b>2030</b>	<b>2060</b>
Persontog	Elkraft	100 %	96 %	85 %
Persontog	Diesel	100 %	96 %	85 %
Godstog	Elkraft	100 %	96 %	85 %
Godstog	Diesel	100 %	96 %	85 %
Lettbane	Elkraft	100 %	96 %	85 %
Bil	Elkraft	100 %	96 %	85 %
Bil	Diesel	100 %	96 %	85 %
Buss	Elkraft	100 %	96 %	85 %
Buss	Diesel	100 %	96 %	85 %
Lastebil	Elkraft	100 %	96 %	85 %
Lastebil	Diesel	100 %	96 %	85 %
Lastebil	Hydrogen	100 %	96 %	85 %
Fly	Flydrivstoff	100 %	96 %	85 %
Fly	Hydrogen	100 %	96 %	85 %
Ferje	Elkraft	100 %	96 %	85 %
Ferje	MGO	100 %	96 %	85 %
Ferje	Hydrogen	100 %	96 %	85 %
Stykkogodsskip	MGO	100 %	96 %	85 %
Stykkogodsskip	Ammoniakk	100 %	96 %	85 %

### Energiforbruk well-to-tank, per kWh tank-to-wheel

Energibærerkategori	Energibærertype	2020	2030	2060
Elkraft	punktlading	0,27	0,27	0,27
Elkraft	banestrøm	0,21	0,21	0,21
Diesel	bio	0,31	0,31	0,31
Flydrivstoff	bio	1,00	1,00	1,00
MGO	bio	0,31	0,31	0,31
Flydrivstoff	e-fuel	0,75	0,75	0,75
Ammoniakk	grønn	1,36	1,36	1,36
Hydrogen	grønn	1,09	1,09	1,09
Ammoniakk	blå	1,06	1,06	1,06
Hydrogen	blå	0,83	0,83	0,83
Diesel	fossil	0,42	0,42	0,42
Flydrivstoff	fossil	0,54	0,54	0,54
MGO	fossil	0,42	0,42	0,42

### 12.3.3 Klimagassutslipp

#### Direkte utslipp av CO<sub>2</sub>e per kWh

Energibærerkategori	Energibærertype	2020	2030	2060
Elkraft	punktlading	0,00	0,00	0,00
Elkraft	banestrøm	0,00	0,00	0,00
Diesel	bio	0,00	0,00	0,00
Flydrivstoff	bio	0,00	0,00	0,00
MGO	bio	0,00	0,00	0,00
Flydrivstoff	e-fuel	0,00	0,00	0,00
Ammoniakk	grønn	0,00	0,00	0,00
Hydrogen	grønn	0,00	0,00	0,00
Ammoniakk	blå	0,00	0,00	0,00
Hydrogen	blå	0,00	0,00	0,00
Diesel	fossil	0,27	0,27	0,27
Flydrivstoff	fossil	0,26	0,26	0,26
MGO	fossil	0,27	0,27	0,27

## 12.4 Scenario 3

### 12.4.1 Transportarbeid og energibærerfordeling

#### Vekst i transportarbeid

Segment	År	Tonn 2020	Endring fra 2020
Persontransport	2020	5 526	0 %
Persontransport	2030		20 %
Persontransport	2060		43 %

Godstransport	2020	26 697	0 %
Godstransport	2030		22 %
Godstransport	2060		77 %

### Andel av transportarbeidet per transportmiddelkategori (innenfor sitt segment)

Transportmiddel	2020	2030	2060
Persontog	5 %	5 %	5 %
Lettbane	1,4 %	1,5 %	1,4 %
Bil	74 %	76 %	77 %
Buss	11 %	10 %	9 %
Ferje	0,5 %	0,4 %	0,3 %
Fly	8 %	7 %	7 %
Godstog	5 %	5 %	5 %
Lastebil	77 %	77 %	79 %
Stykkgodsskip	18 %	18 %	16 %

### Andel av hver transportmiddelkategori per energibærerkategori

Transportmiddelkategori	Energibærerkategori	2020	2030	2060
Persontog	Elkraft	92 %	94 %	100 %
Persontog	Diesel	8 %	6 %	0 %
Godstog	Elkraft	86 %	92 %	100 %
Godstog	Diesel	14 %	8 %	0 %
Lettbane	Elkraft	100 %	100 %	100 %
Bil	Elkraft	15 %	75 %	100 %
Bil	Diesel	85 %	25 %	0 %
Buss	Elkraft	1 %	25 %	100 %
Buss	Diesel	99 %	75 %	0 %
Lastebil	Elkraft	0 %	7 %	75 %
Lastebil	Diesel	100 %	88 %	0 %
Lastebil	Hydrogen	0 %	5 %	25 %
Fly	Flydrivstoff	100 %	100 %	75 %
Fly	Hydrogen	0 %	0 %	25 %
Ferje	Elkraft	37 %	45 %	75 %
Ferje	MGO	63 %	50 %	0 %
Ferje	Hydrogen	0 %	5 %	25 %
Stykkgodsskip	MGO	100 %	95 %	30 %
Stykkgodsskip	Ammoniakk	0 %	5 %	70 %

### Omsetningskrav

Mode	Energibærerkategori	Energibærertype	2020	2030	2060
Vei	Diesel	fossil	83 %	80 %	0 %
Vei	Diesel	bio	17 %	20 %	100 %

Vei	Elkraft	punktlading	100 %	100 %	100 %
Vei	Hydrogen	grønn	100 %	80 %	50 %
Vei	Hydrogen	blå	0 %	20 %	50 %
Bane	Elkraft	banestrøm	100 %	100 %	100 %
Bane	Diesel	fossil	90 %	80 %	50 %
Bane	Diesel	bio	10 %	20 %	50 %
Sjø	MGO	fossil	94 %	80 %	0 %
Sjø	MGO	bio	6 %	20 %	100 %
Sjø	Elkraft	punktlading	100 %	100 %	100 %
Sjø	Hydrogen	grønn	100 %	80 %	50 %
Sjø	Hydrogen	blå	0 %	20 %	50 %
Sjø	Ammoniakk	grønn	100 %	50 %	50 %
Sjø	Ammoniakk	blå	0 %	50 %	50 %
Luft	Flydrivstoff	fossil	100 %	94 %	0 %
Luft	Flydrivstoff	bio	1 %	5 %	50 %
Luft	Flydrivstoff	e-fuel	0 %	1 %	50 %
Luft	Hydrogen	grønn	100 %	80 %	50 %
Luft	Hydrogen	blå	0 %	20 %	50 %

#### 12.4.2 Energiforbruk

##### Egenvekt lastbærer og understell

Type lastbærer	Transportmiddelkategori	2020	2030	2060
Person	Persontog	0,0	0,0	0,0
Person	Lettbane	0,0	0,0	0,0
Person	Bil	0,0	0,0	0,0
Person	Buss	0,0	0,0	0,0
Personbil	Ferje	1,5	1,5	1,5
Person	Fly	0,0	0,0	0,0
20 fot kontainer	Godstog	8,0	8,0	8,0
25 fot veksel­flak	Lastebil	2,9	2,9	2,9
40 fot kontainer	Stykkgodsskip	4,6	4,6	4,6

##### Nyttevekt per lastbærer

Type lastbærer	Transportmiddelkategori	2020	2030	2060
Person	Persontog	0,075	0,075	0,075
Person	Lettbane	0,075	0,075	0,075
Person	Bil	0,075	0,075	0,075
Person	Buss	0,075	0,075	0,075
Personbil	Ferje	0,154	0,154	0,154

Person	Fly	0,075	0,075	0,075
20 fot kontainer	Godstog	6,2	6,2	6,2
25 fot veksel­flak	Lastebil	14,7	14,7	14,7
40 fot kontainer	Stykk­godsskip	9,0	9,0	9,0

### Gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse

Transportmiddelkategori	2020	2030	2060
Persontog	32 %	32 %	32 %
Lettbane	31 %	31 %	31 %
Bil	31 %	31 %	32 %
Buss	31 %	31 %	31 %
Ferje	50 %	50 %	50 %
Fly	67 %	67 %	67 %
Godstog	78 %	78 %	78 %
Lastebil	100 %	100 %	100 %
Stykk­godsskip	69 %	69 %	69 %

### Tomkjøring

Transportmiddelkategori	2020	2030	2060
Persontog	10 %	10 %	10 %
Lettbane	10 %	10 %	10 %
Bil	0 %	0 %	0 %
Buss	19 %	19 %	19 %
Ferje	0 %	0 %	0 %
Fly	1 %	1 %	1 %
Godstog	1 %	1 %	1 %
Lastebil	39 %	39 %	39 %
Stykk­godsskip	0 %	0 %	0 %

### Energieffektivisering

Energiforbruk relativt til 2020

Transportmiddelkategori	Energibærerkategori	2020	2030	2060
Persontog	Elkraft	100 %	92 %	70 %
Persontog	Diesel	100 %	92 %	70 %
Godstog	Elkraft	100 %	92 %	70 %
Godstog	Diesel	100 %	92 %	70 %
Lettbane	Elkraft	100 %	92 %	70 %
Bil	Elkraft	100 %	92 %	70 %
Bil	Diesel	100 %	92 %	70 %
Buss	Elkraft	100 %	92 %	70 %
Buss	Diesel	100 %	92 %	70 %
Lastebil	Elkraft	100 %	92 %	70 %



Lastebil	Diesel	100 %	92 %	70 %
Lastebil	Hydrogen	100 %	92 %	70 %
Fly	Flydrivstoff	100 %	92 %	70 %
Fly	Hydrogen	100 %	92 %	70 %
Ferje	Elkraft	100 %	92 %	70 %
Ferje	MGO	100 %	92 %	70 %
Ferje	Hydrogen	100 %	92 %	70 %
Stykkgodsskip	MGO	100 %	92 %	70 %
Stykkgodsskip	Ammoniakk	100 %	92 %	70 %

### Energiforbruk well-to-tank, per kWh tank-to-wheel

Energibærerkategori	Energibærertype	2020	2030	2060
Elkraft	punktlading	0,27	0,27	0,27
Elkraft	banestrøm	0,21	0,21	0,21
Diesel	bio	0,31	0,31	0,31
Flydrivstoff	bio	1,00	1,00	1,00
MGO	bio	0,31	0,31	0,31
Flydrivstoff	e-fuel	0,75	0,75	0,75
Ammoniakk	grønn	1,36	1,36	1,36
Hydrogen	grønn	1,09	1,09	1,09
Ammoniakk	blå	1,06	1,06	1,06
Hydrogen	blå	0,83	0,83	0,83
Diesel	fossil	0,42	0,42	0,42
Flydrivstoff	fossil	0,54	0,54	0,54
MGO	fossil	0,42	0,42	0,42

### 12.4.3 Klimagassutslipp

#### Direkte utslipp av CO<sub>2</sub>e per kWh

Energibærerkategori	Energibærertype	2020	2030	2060
Elkraft	punktlading	0,00	0,00	0,00
Elkraft	banestrøm	0,00	0,00	0,00
Diesel	bio	0,00	0,00	0,00
Flydrivstoff	bio	0,00	0,00	0,00
MGO	bio	0,00	0,00	0,00
Flydrivstoff	e-fuel	0,00	0,00	0,00
Ammoniakk	grønn	0,00	0,00	0,00
Hydrogen	grønn	0,00	0,00	0,00
Ammoniakk	blå	0,00	0,00	0,00
Hydrogen	blå	0,00	0,00	0,00
Diesel	fossil	0,27	0,27	0,27
Flydrivstoff	fossil	0,26	0,26	0,26
MGO	fossil	0,27	0,27	0,27

# 13 Vedlegg 3: Begrepsliste

**Avansert biodrivstoff:** (flytende og biogass) kan brukes i dagens forbrenningsmotorer, og er laget av biomasse av avfall, rester og biprodukter som per i dag ikke har mer høyverdige bruksområder. Det er betydelig energitap i produksjonsprosessen, og tilgangen på biomasse er svært begrenset.

**Ammoniakk (NH<sub>3</sub>):** kan brukes i tilpasset forbrenningsmotor eller brenselcelle, og lages av hydrogen (grønt eller blått) og nitrogen. Det er betydelig energitap i produksjonsprosessen.

**Banestrøm:** Den elektriske strømmen som brukes til elektrisk framdrift av tog og oppvarming av kjøretøy som forsynes gjennom kontaktledningsanlegget.

**Biodiesel:** Biodiesel er en betegnelse for et drivstoff som i praksis i dag består hovedsakelig av konvensjonell, petroleumsbasert diesel med innblanding av en liten andel olje som har vegetabilisk eller animalsk kilde. Ren biodiesel (kjent som B100) består kun av fettsyrer med biologisk opphav.

**Biodrivstoff:** Biodrivstoff er flytende eller gassformig brensel som er framstilt av biologisk materiale, ofte kalt biomasse. Konvensjonelle/førstegenerasjons biodrivstoff framstilles av råvarer som også kan brukes til å produsere mat eller dyrefôr (landbruksvekster). Avanserte/andregenerasjons biodrivstoff framstilles i hovedsak av rester og råstoff som ikke kan utnyttes som mat eller dyrefôr.

**Brenselcelle:** En brenselcelle er en enhet som konverterer kjemisk energi til elektrisitet. I motsetning til et batteri må stoffet som inneholder kjemisk energi tilføres brenselcellen kontinuerlig.

**Elektrifisering:** Med elektrifisering mener vi overgang fra en annen energiform til direkte bruk av elektrisitet, for eksempel omlegging fra diesel til batteri og elmotor. Miljødirektoratet.

**Energibærer:** Energibærer er noe som kan lagre eller transportere energi slik at den kan brukes senere eller på et annet sted. SNL.

**Energieffektivitet:** Forholdet mellom tilbakelagt avstand av passasjerer eller varer av en hvilken som helst art, og det samlede energiforbruket som er benyttet i det aktuelle transportsystemet. SNL.

**Energikilde:** Energikilder omfatter alle materialer eller naturfenomen som kan omdannes til (for mennesker) nyttige energiformer, som varme, elektrisitet og mekanisk energi. Energikilder blir også omtalt som energiressurser. SNL.

**Forbrenningsmotor:** I en forbrenningsmotor omdannes brennstoffets energiinnhold til mekanisk arbeid ved indre forbrenning i motoren. Den mekaniske energien kan brukes direkte til å drive hjulene.

**Godstransportarbeid:** Et mål på omfanget av godstransport, definert som det arbeidet som blir utført når et transportmiddel frakter en viss mengde gods over en bestemt avstand. Godstransportarbeidet blir målt i tonnkilometer. SSB.

**Hydrogen (H<sub>2</sub>):** Et drivstoff som kan brukes i en brenselcelle for å omdanne energiinnholdet til elektrisk energi. Det kan også brukes i en tilpasset forbrenningsmotor. Hydrogen kan enten være flytende eller i gassform. Det er mest aktuelt å produsere hydrogen med elektrolyse av vann (grønt hydrogen) eller fra naturgass med karbonfangst og -lagring (blått hydrogen).

**Innenlandske transporter:** Statistikken omfatter kun transport fra et sted i Norge til et annet sted i Norge. Den delen av en transport mellom Norge og utlandet som foregår på norsk område blir ikke regnet med. SSB.

**Kabotasjetransport:** Kabotasje er transport mellom steder i et annet land enn der transportøren hører hjemme. I denne statistikken vil det si transport av gods mellom steder i Norge utført med utenlandsregistrerte transportmidler. SSB.

**Klimagassutslipp:** Klimagassutslipp er utslipp til luft av klimagasser, det vil si alle gasser som påvirker atmosfærens evne til å holde på varmen og dermed klodens klima. Eksempler på slike gasser er karbondioksid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) og lystgass (N<sub>2</sub>O). SNL.

**Kraft** brukes i denne rapporten som et begrep for elektrisk energi, og er det samme som strøm.

**Kontaktledning:** Det komplette ledningsanlegget som forsyner kjøretøyene på jernbanen med elektrisk energi. Omfatter ledninger, kabler, master, utliggere, transformatorer, jording, m.m.

**Personkilometer:** Produktet av reiselengde og antall personer som er transportert. Eksempel: En bil med 2 personer som kjører 10 kilometer har utført et persontransportarbeid på  $2 \times 10 = 20$  personkilometer. SSB.

**Persontransportarbeid:** Et mål på omfanget av persontransport, definert som det arbeidet som blir utført når et transportmiddel frakter et visst antall personer en bestemt reiselengde. Persontransportarbeidet blir målt i personkilometer. SSB.

**Syntetisk drivstoff** (e-drivstoff) er tilnærmet likt fossilt drivstoff, men lages av hydrogen (grønt eller blått) og CO<sub>2</sub>. I denne analysen har vi lagt til grunn at CO<sub>2</sub> er fanget fra atmosfæren. Drivstoffet kan brukes i dagens forbrenningsmotorer. Det er store energitap i produksjonsprosessen.

**Tank-to-wheel:** Se Well-to-wheel.

**Transportmengde:** Bruttovekten av det gods som er transportert, medregnet emballasje. Eventuell egenvekt av kjøretøyer, containere og andre lastbærere blir ikke regnet med. SSB.

**Tonnkilometer:** Produktet av godsmengde og transportavstand. Eksempel: En lastebil som transporterer 2 tonn gods i 10 kilometer har utført et godstransportarbeid på  $2 \times 10 = 20$  tonnkilometer. SSB.

**Well-to-tank:** Se Well-to-wheel.

**Well-to-wheel:** I transportsektoren deles energieffektivitet ofte inn i well-to-tank, dvs. fra produksjonssted og fram til kjøretøyet, og tank-to-wheel, dvs. fra tank, batteri eller tilsvarende i kjøretøy og helt til den omsettes i rotering av hjulene. Well-to-wheel angir den totale energieffektiviteten fra well-to-tank og tank-to-wheel.

# 14 Kilder

1. NOU (2023:3): Mer av alt – raskere. Energikommisjonens rapport.
2. Statnett (2023): Langsiktig markedsanalyse. Norge, Norden og Europa, 2022-2050.
3. Landbruksdirektoratet (2023): Nettside om reindriftsnæringen.
4. Multiconsult og Thema (2022): *Drive og usikkerheter i langsiktige energimarkedsanalyser*. Utarbeidet på oppdrag fra energikommisjonen.
5. Thema (2022): Behov for 57 TWh ny krafttilgang innen 2030. Underlag til NHO.
6. Norges bank (2021): Kraftprisene har skutt i været – vil prisene fremover bli høyere enn vi er vant til? Nettside: <https://www.norges-bank.no/bankplassen/arkiv/2021/kraftprisene-har-skutt-i-varet-vil-prisene-fremover-bli-hoyere-enn-vi-er-vant-til/>
7. NVE (2023): Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2023. Energiomstillingen – en balansegang.
8. Miljødirektoratet (2023): Nettside: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/klimagassutslipp-fra-transport/>
9. Equinor (2023): Nettside: <https://www.equinor.com/no/nyheter/20230105-equinor-rwe-samarbeid>
10. Yara (2023): Nettside: <https://www.yara.com/corporate-releases/yara-and-linde-engineering-agree-to-build-a-24-mw-green-hydrogen-demonstration-plant-in-norway.-both-companies-aim-to-achieve-a-significant-carbon-dioxide-reduction-in-the-production-of-fertilizers-in-norway/>
11. Statnett (2023): Langsiktig markedsanalyse 2022-2050
12. Store Norske Leksikon. (2023, januar 25.). *Energieffektivitet*. Hentet fra <https://snl.no/energieffektivitet>