

Problem- beskrivelse

Vedlegg 2 KVV GREEN

Forord

Samferdselsdepartementet har i brev av 2022 gitt Jernbanedirektoratet i oppdrag å utarbeide konseptvalgutredning for reduserte klimagass-utslipp på jernbane (KVU GREEN).

Jernbanedirektoratet har engasjert WSP som konsulent for utredningen.

Bakgrunnen for konseptvalgutredningen er supplerende tildelingsbrev til Statsbudsjettet 2022, nr. 3 fra Samferdselsdepartementet til Jernbanedirektoratet av 4. april 2022.

Konseptvalgutredningen gjennomføres i henhold til Finansdepartementets rundskriv R-108/19 om statens prosjektmodell som angir struktur for prosessen og rapporten slik vist i figur 1-1.



Problembeskrivelsen skal identifisere og beskrive problemet som skal løses. Konsekvensene av problemet skal synliggjøres, samt årsakene til at problemet har oppstått. Det redegjøres for forventet utvikling, og for hvordan utviklingen vil kunne påvirke dagens situasjon. Kapittelet avrundes med en begrunnelse for hvorfor dette problemet bør løses gjennom offentlige investeringer.

Utarbeidet av: Jernbanedirektoratet i samarbeid med WSP	Saks nr: 202300894
Godkjent av: Jernbanedirektoratet	Dokumentnummer: 202300894-4
Dato: 14.09.2023	Versjon: 1
Endringslogg: 19.01.23- Dokumentet er oppdatert etter fastsettelse av samfunns mål og effektmål av SD iht. brevet 06. 01.23, Ref Saksnr-202100546-36)	

Innhold

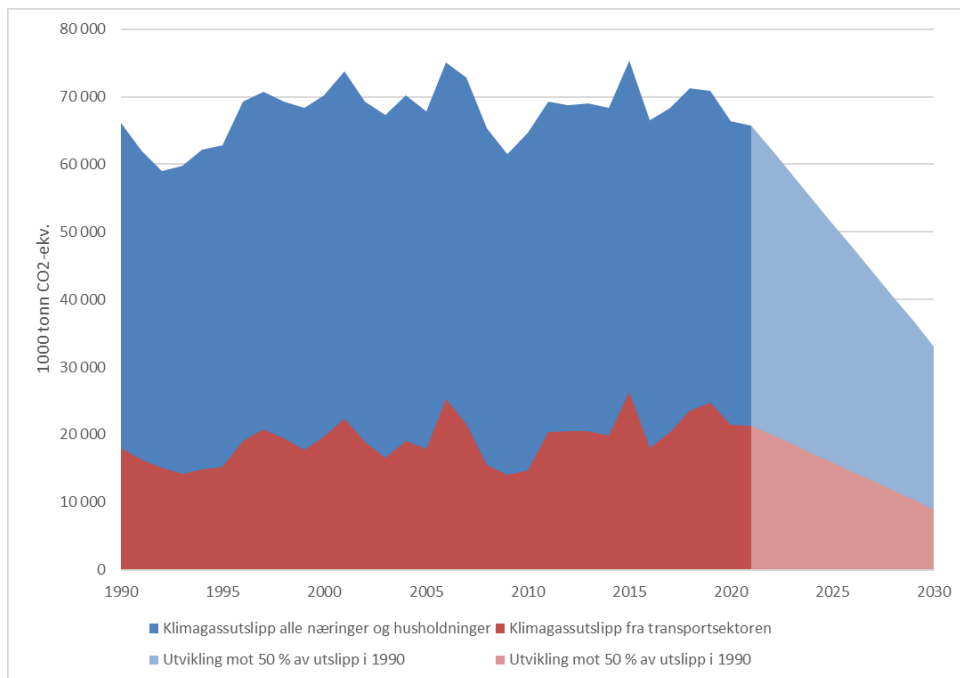
1	Innledning	5
1.1	Utslipp fra transportsektoren og jernbanen	6
1.2	Hvem eier problemet?	9
1.3	Avgrensning av problemet	9
2	Klimagassutslipp fra de ikke-elektrifiserte strekningene	10
2.1	Klimagassutslipp fra persontrafikk	10
2.2	Klimagassutslipp fra godstrafikk	11
2.3	Mulighet for utslippsreduksjoner fra jernbanetrafikk på de ikke-elektrifiserte strekningene	11
3	Klimagassutslipp fra arbeidsmaskiner	13
3.1	Klimagassutslipp fra arbeidsmaskiner	13
3.1.1	<i>Klimagassutslipp fra Bane NORs egne arbeidsmaskiner</i>	13
3.1.2	<i>Utslippskutt for Bane NORs egne arbeidsmaskiner – muligheter og utfordringer</i>	14
3.1.3	<i>Utslippskutt for arbeidsmaskiner disponert av andre enn Bane NOR – muligheter og utfordringer</i>	15
4	Øvrige problemstillinger tilknyttet dagens dieseldrift i jernbanesektoren	16
4.1	Lokale miljøpåvirkninger	16
4.2	Arbeidsmiljø	16
4.3	Tilgang på kjøretøy og teknologi	17
4.4	Energieffektivitet	17
4.5	Driftsøkonomi	17
4.6	Kunde og brukertilfredshet	18
4.7	Juridiske begrensninger	18
5	Årsakene til problemet	19
5.1	Lange levetider for teknologi og endringer på jernbanen	19
5.2	Markedsstørrelse	19
5.3	Lave totale klimagassutslipp	19
5.4	Manglende krav om utslippsreduksjoner	20
5.5	Mangel på alternative energibærere	20
5.6	Endringer i kunnskap om, og holdninger til, fossilt drivstoff	20
6	Forventet utvikling	21
6.1	Utvikling i etterspørsel og konsekvensene av Covid-19	21
6.1.1	<i>Persontransport</i>	21
6.1.2	<i>Godstransport</i>	21
6.2	Forventet utvikling av jernbanetilbudet	23
6.2.1	<i>Persontrafikk</i>	24
6.2.2	<i>Godstrafikk</i>	24
6.2.3	<i>Kjøretøy</i>	24
6.3	Forventet utvikling i drift, vedlikehold og fornyelse av jernbanen	25
6.4	Utvikling av alternative energibærere	26
6.4.1	<i>Batteri</i>	26
6.4.2	<i>Hydrogen</i>	27
6.4.3	<i>Biogass</i>	28
6.4.4	<i>Biodiesel og HVO</i>	29
6.5	Tilgang på kjøretøy i fremtiden	30
6.6	Utvikling av kunde- og brukerkrav	31
6.7	Utvikling i konkurransen mellom transportformer	31
6.8	Utvikling i myndighetskrav og reguleringer	32
6.9	Utvikling i energimarkedet og -forsyningen	33

7	Konsekvenser av dagens utfordringer	36
7.1	Konsekvenser av videre utslipp av klimagasser på jernbanen.....	36
7.2	Øvrige konsekvenser av fortsatt fossil dieseldrift.....	37
7.2.1	<i>Lokale miljøpåvirkninger.....</i>	37
7.2.2	<i>Redusert tilgang på nye dieseldrevne kjøretøy i markedet.....</i>	37
7.2.3	<i>Arbeidsmiljø</i>	37
7.2.4	<i>Energjeffektivitet.....</i>	37
7.2.5	<i>Driftsøkonomi.....</i>	37
7.2.6	<i>Kunde og brukertilfredshet.....</i>	37
7.2.7	<i>Juridiske begrensninger.....</i>	37
8	Oppsummering.....	38
8.1	Berørte parter	39
8.2	Hva er årsakene til problemet	39
8.3	Hva tilsier at det offentlige bør iverksette tiltak?.....	39

1 Innledning

Verdens klimagassutslipp må ned for å redusere den globale oppvarmingen. Norske myndigheter har som mål å redusere utslippene med 50-55 % sammenlignet med 1990-nivå innen 2030. Innen 2050 skal Norge ha blitt et lavutslippssamfunn, hvilket innebærer at de nasjonale utslippene skal reduseres med 90-95 %¹.

Disse målene er både ambisiøse og viktige, og det vil kreve betydelig innsats i flere sektorer for å oppnå de fastsatte målene. Samferdselsdepartementet har bestilt en KVV for å redusere utslippene av klimagasser fra jernbanen. Dette er fordi den norske jernbanen, som følge av utslipp av klimagasser, bidrar til det globale problemet med oppvarming som forventes å overstige både 1,5 og 2 grader, med mindre Norge og andre land leverer på sine klimaforpliktelser.



Figur 2 Historiske utslipp av klimagasser totalt og for transportsektoren i Norge, samt utvikling for å nå fastsatte mål for 2030. (Kilde: SSB tabell 09288)

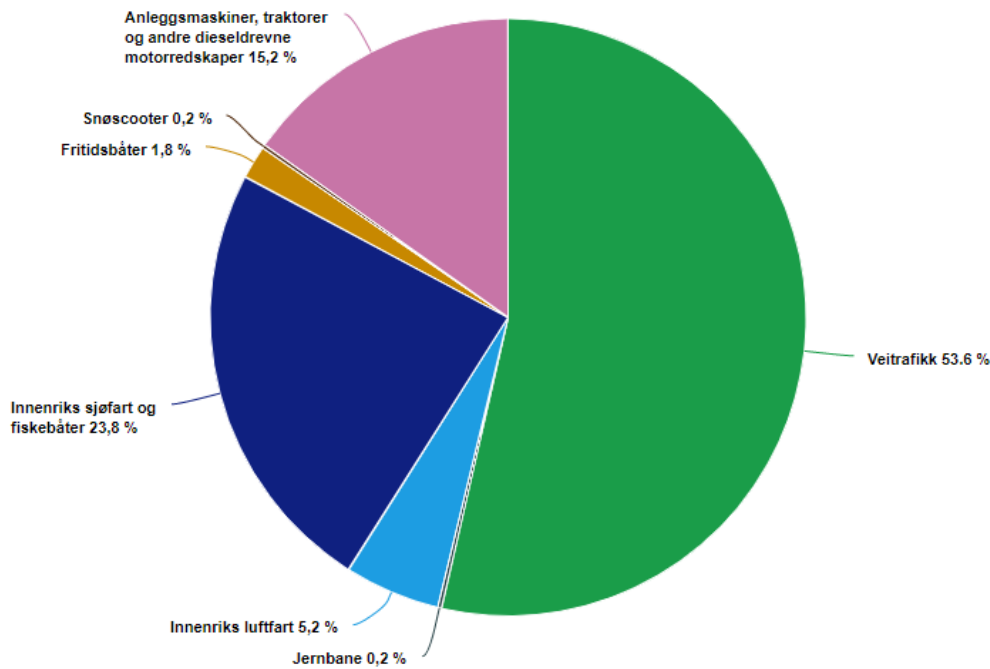
Figuren over viser historiske utslipp av klimagasser i Norge totalt og utslipp fra transportsektoren som en andel av disse. I tillegg vises den nødvendige utvikling i utslippene for å redusere utslippene med 50 % relativt til 1990-nivå innen 2030. Det presiseres at det ikke er fastsatt at transportsektorens utslipp skal være proporsjonale med totale utslippsreduksjoner, og denne utviklingen er vist kun som en mulig utslippsbane.

Samtidig som jernbanen er en del av problemet, kan den også være en viktig del av løsningen. Som et kapasitetssterkt transportmiddel med både godt utprøvde og raskt modnende teknologiske løsninger for nullutslipp, kan jernbanen bidra til å redusere klimagassutslippene fra transportsektoren som helhet.

¹ Regjeringen.no

1.1 Utslipp fra transportsektoren og jernbanen

Transportsektoren står ifølge Statistisk sentralbyrå (SSB) for om lag 32 % av de totale klimagassutslippene i Norge. Av dette står trafikk på jernbanen for en liten andel, med kun 0,2 % av utslippene i transportsektoren, sammenliknet mot veitrafikk som står for 54 %. Det at jernbanen står for en så lav andel av utslippene, skyldes blant annet at store deler av det norske jernbanenettet er elektrifisert, og mesteparten av transporten er dermed utslippsfri allerede. Samtidig så viser *Klimakur 2030* at overgang til nullutslippsløsninger for jernbane er i den rimeligste kategorien med tiltak (< 500 kr/tonn) blant kartlagte tiltak for reduserte utslipp av klimagasser i Norge.²



Figur 3 Klimagassutslipp i transportsektoren innenlands 2019³

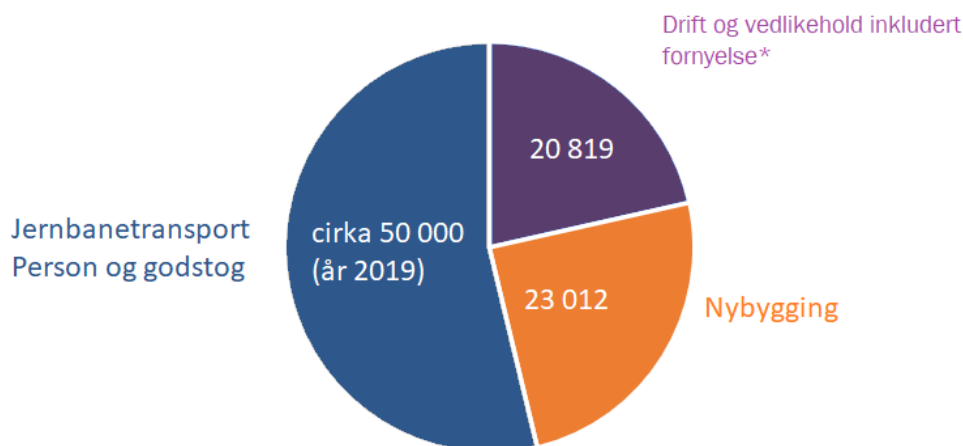
Til tross for at jernbanen i dag står for en svært lav andel av transportsektorens direkte klimagassutslipp, er ikke utslippene ubetydelige, da disse utgjør i overkant av 50 000 tonn CO₂-ekvivalenter årlig. Denne utredningen tar kun for seg de direkte klimagassutslippene. De indirekte utslippene som skjer i Norge, er kvotepliktige eller er pålagt avgifter

Store deler av jernbanenettet er elektrifisert, slik at togene fremføres utslippsfritt. Imidlertid er det deler av jernbanesektoren som ikke er elektrifisert, og som i dag benytter fossilt brensel i form av diesel. Landets lengste jernbanestrekning, Nordlandsbanen, kjøres i dag med dieseldrevne tog, i likhet med Rørosbanen, Raumabanen og Solørbanen. Nordlandsbanen frem til Hell og hele Meråkerbanen fra Hell til riksgrensen er under elektrifisering. I utarbeidelse av ny Nasjonal Transportplan 2025-2036 hos transport virksomhetene forutsettes det at elektrifisering av hele strekningen frem til Steinkjer på Nordlandsbanen er et bundet prosjekt, det vil si at det skal regnes som politisk vedtatt, og dermed ikke inngå i kostnadene for KVVU GREEN. Transport med dieseldrevne tog på de ikke-elektrifiserte strekningene genererer rundt 50 000 tonn

² Se (Miljødirektoratet m.fl., 2020, ss. xix-xxxii) for nærmere detaljer om tiltakene som er vurdert og hvordan de er rangert.

³ SSB: Direkte klimagassutslipp fra transportsektoren 2019.

CO₂-ekvivalenter per år⁴. Jernbanetransport er både areal- og energieffektivt relativt til veitransport⁵, og svært godt egnet til transport av store volumer over lange avstander.



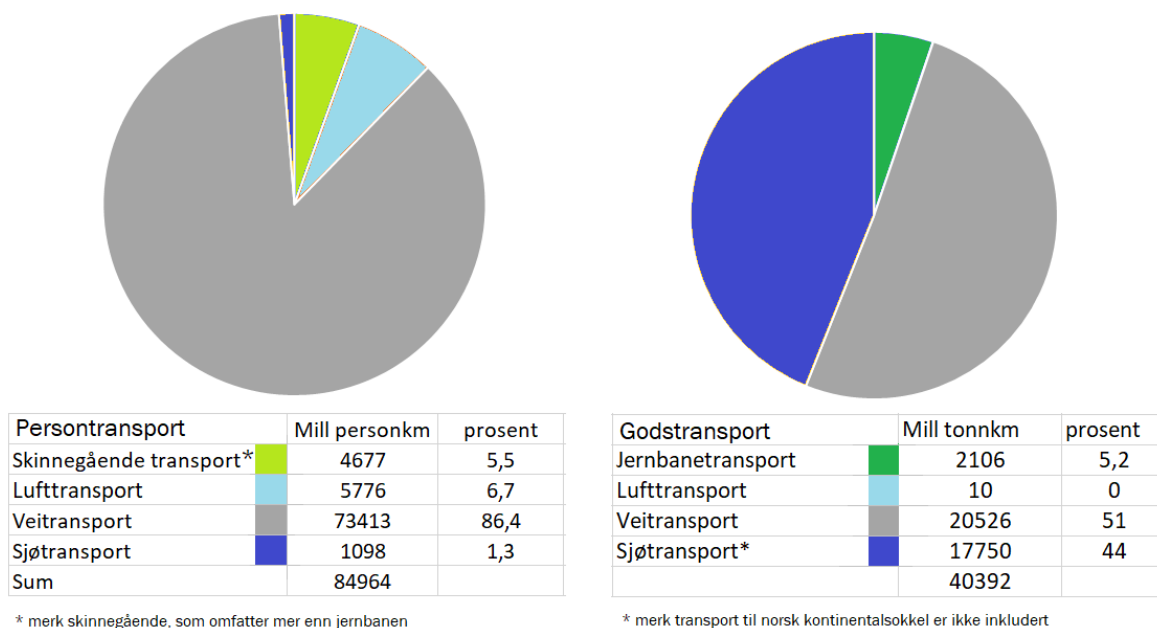
Figur 4: Klimagassutslipp i jernbanesektoren i tonn CO₂-ekvivalenter, 2021.⁶

Selv om jernbanesektoren i stort står for en svært liten del av klimautslippene i samferdselssektoren, er det likevel et betydelig klimagassutslipp fra de ikke-elektrifiserte banene i forhold til fraktede passasjerer og gods (67 g CO₂ per personkilometer og 64 g CO₂ per tonnkilometer). Dessuten vil klimareduksjoner i de andre sektorene kunne medføre at jernbanens andel av utslippene vil kunne øke i årene som kommer.

⁴ NULLFIB2 Mulighetsstudie for å oppnå utslippsreduksjoner fra arbeidsmaskiner

⁵ Jernbanens arealeffektivitet skyldes at muligheten for betydelig lengre og tyngre kjøretøy/vogntog gjør at det kan fraktes mer gods/flere personer per tidsenhet på dobbeltspor enn på vei med tilsvarende bredde. En slik vurdering av arealeffektivitet forutsetter at godstransporten også får tildelt kapasitet på jernbanen i timer der det er markedsmessig relevant å frakte gods. Dersom det ikke er tilfellet og man i tillegg forutsetter at det ikke dannes kø på veien, er det ikke gitt at jernbanen er mer arealeffektiv for godstransport, som vist i (Civitas, 2021). Jernbanens energieffektivitet skyldes bl.a. at det er lavere friksjon mellom stålhjul og -skinner, enn mellom gummihjul og asfalt. Energieffektivitet per transporterte enhet avhenger av fyllingsgraden i det aktuelle transportmidlet.

⁶ Jernbanedirektoratet (2021-tall)



Figur 5: Innenlands transport i 2019 (Kilde: SSB)

Av Figur 5 ser vi at den skinnegående persontransporten står for ca. fem prosent av persontransporten i Norge, og at jernbanen står for samme andel av den innenlandske godstransporten. Når vi vet at Jernbanen kun står for 0,2 prosent av utslippene, fremstår dermed jernbanen i hovedsak attraktiv som klimavennlig transportmiddel. Dersom Jernbanen fortsatt skal beholde en slik lav andel av klimagassutslippene må likevel jernbanens utslipp reduseres i takt med reduksjonene i de andre store utslippssektorene, som veitrafikk, sjøfart og anleggsmaskiner.

Jernbanenettet krever også drift- og vedlikehold. I den sammenheng benyttes det en rekke spesifikke arbeidsmaskiner til de ulike operasjonene. Disse maskinene kan eksempelvis være ulike former for arbeidstog eller hjul-til-skinne-maskiner, eller vanlige anleggsmaskiner på gummihjul/belte. I utslippstallene inngår alle disse maskinene. Som det kommer frem av delrapporten *NULLFIB2 – Mulighetsstudie for å oppnå utslippsreduksjon fra arbeidsmaskiner*, så benytter arbeidsmaskiner som arbeider på jernbanenettet seg av fossile energibærere, og dette medfører klimagassutslipp i størrelsesorden 20 000 tonn CO₂ per år. Enkelte arbeidsmaskiner er eid direkte av Bane NOR, og disse står for rundt 3 600 tonn CO₂, det vil si 18 % av de samlede utslippene, mens resterende utslipp kommer fra øvrige aktører som utbygger, drifter og vedlikeholder jernbanen på oppdrag fra Bane NOR. Disse utslippene vises som en del av utslipp fra anleggsmaskiner i Figur 5. Det benyttes også arbeidsmaskiner under utbygging av ny jernbaneinfrastruktur, men da i hovedsak ordinære anleggsmaskiner tilsvarende anleggsbransjen ellers.

Med andre ord, så stammer de direkte klimagassutslippene i jernbanesektoren hovedsakelig fra⁷:

- **Persontog drevet av diesel på ikke-elektrifiserte strekninger**, med drøyt 20 000 tonn CO₂ per år.
- **Godstog drevet av diesel på ikke-elektrifiserte strekninger**, med snaut 30 000 tonn CO₂ per år.
- **Dieseldrevne arbeidsmaskiner til drift og vedlikehold inkl. fornyelse på hele jernbanenettet**, med cirka 20 000 tonn CO₂ per år.
- **Nybygging** av jernbanestrekninger, med drøyt 20 000 tonn CO₂ (2020-tall – varierer fra år til år).

⁷ NULLFIB2 Mulighetsstudie for å oppnå utslippsreduksjoner fra arbeidsmaskiner

1.2 Hvem eier problemet?

Som følge av at klimakrisen berører oss alle, og at problemet etter tusenårsskiftet i stadig økende grad er implementert i mål, avtaler, lover, forskrifter, tilskuddsordninger, forretningsplaner, omdømmevurderinger og en rekke andre dokumenter i samfunnet – er det også mange som vil kunne føle eierskap til manglende klimagassreduksjoner i jernbanesektoren. Samfunnet begynner å få dårlig tid til å realisere utslippskutt innen 2030, og videre identifiserte kutt mot 2050. Samferdselsdepartementet er et nøkkeldepartement for klimakutt, i og med at denne sektoren står for en tredel av utslippene i Norge. Jernbanedirektoratet vil også bidra, og har (blant annet gjennom oppdrag om denne utredningen) også oppdrag om å finne klimagassreduksjoner.

Kunder i sektoren ser ut til å i større grad bli pådrivere for at tilbudet til passasjerer og gods på jernbane i minst mulig grad bidrar til klimaendringene. Spesielt ser vi dette i godsnæringen, hvor enkelte aktører ønsker seg utslippsfri transport for sine kunder.

Aktørene på de forskjellige nivåene kan ha forskjellig tilnærming, ambisjon og virkemiddel for utslippskutt. Det kan variere om man ser på egen virksomhets-utslipp, utslipp på jernbane, samferdselssektorens utslipp, offentlig eller totalt utslipp i Norge – eller globale ambisjoner og forpliktelser. Overordnet sett er klimaproblemet globalt. En slik utredning bør som et minimum derfor bidra til å løse Norges del av disse forpliktelsene. Med dette som bakgrunn vil den viktigste problemeieren for denne utredningen være Regjeringen – da det er denne som utøver tiltak og svarer for Norges forpliktelser.

I utredningen legges det derfor til grunn at aktuelle konsepter må bidra til å løse klimagassreduksjoner på nasjonalt nivå, ikke bare innenfor samferdselssektoren isolert sett dersom det vil bidra til en suboptimalisering som ikke bringer oss nærmere målet.

1.3 Avgrensning av problemet

Iht. Samferdselsdepartementets bestilling av KVVU-en i supplerende tildelingsbrev 3, skal denne KVVU-en ha fokus på reduksjon av utslipp av klimagasser på jernbane. Dette legger viktige føringer for den geografiske avgrensningen av KVVU-en, hvilke virkemidler og løsninger som er aktuelle å vurdere, med videre.

Samtidig er problemet av global art. For høye utslipp av klimagasser fra menneskeskapt aktivitet over lengre tid har allerede begynt å endre det globale klimaet, og effekten kan forventes å tilta i årene som kommer. Endringer i det globale klimaet kan forventes å gi i snitt høyere temperaturer, økt havnivå, tørke i nye områder, flom og økning av skogbranner. For å begrense omfanget av negative konsekvenser for mennesker og natur, må klimagassutslippene reduseres betydelig i årene som kommer. Norges mål om reduksjon i klimagassutslipp er utformet for at vi skal bidra til å redusere de globale utslippene.

Dette gir et stort spenn mellom det som er tiltaksområdet for KVVU-en, som primært er å finne løsninger som bidrar til å redusere utslippene fra transport og andre aktiviteter på jernbanen, og KVVU-ens influensområde, som er globalt. Det er imidlertid ikke faglig grunnlag for en snevrere avgrensning av KVVU-ens influensområde, da klimagassutslipp fra den norske jernbanen og det norske transportsystemet ikke berører de som bor i nærheten eller bruker transportsystemet i større grad enn det berører de som bor i andre deler av verden. Dagens driftsform på de ikke-elektrifiserte strekningene gir også opphav til andre problemer (deriblant lokale utslipp), og disse beskrives nærmere i kapittel 4.

Utbygging av jernbanestrekninger står også for en stor del av utslippet, men dette anses i denne sammenhengen ikke som jernbanerelatert utslipp, men som ordinære utslipp fra bygg- og anleggssektoren. I denne bygg- og anleggssektoren foregår det separate løp for klimagassreduksjoner ved å tilstrebe utslippsfrie anleggsplasser. Det forutsettes at jernbanesektoren, på lik linje med andre byggherrer i offentlig sektor, stiller krav til utslippsfrie anleggsplasser når banestrekninger skal utbygges.

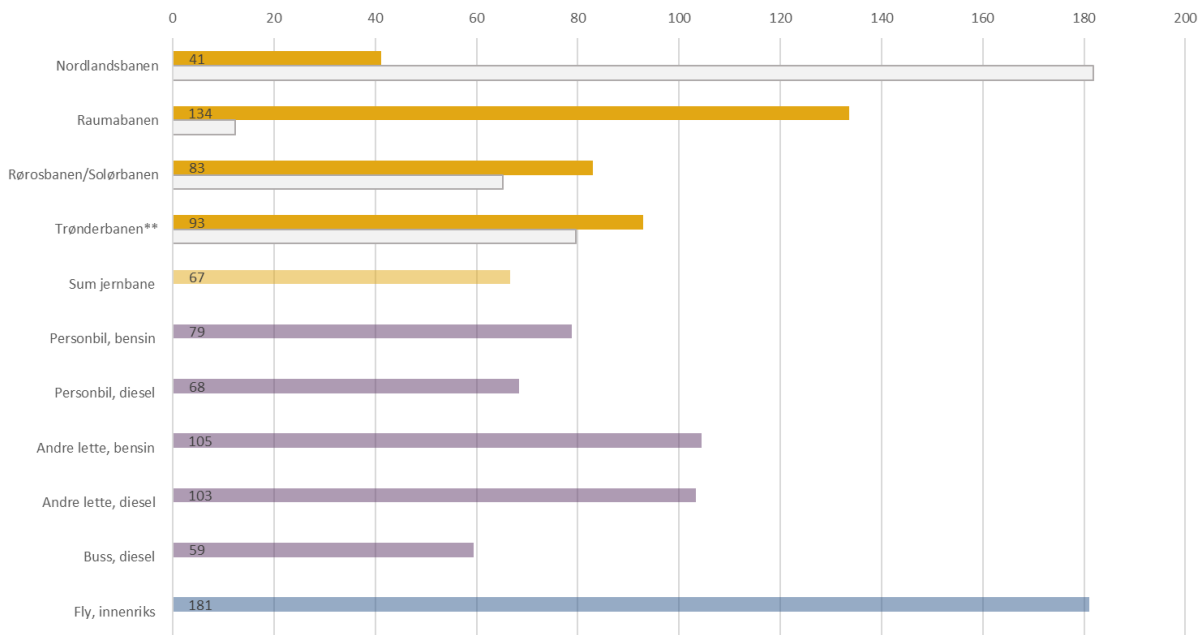
En forståelse av at problemet er utslippene av klimagasser og klimaendringene som disse forårsaker, er viktig for å sikre at valget av løsninger for å redusere utslippene fra den norske jernbanen i denne KVVU-en ikke bidrar til netto økning i klimagassutslipp. Det er ikke ønskelig å flytte utslippene fra jernbanesektoren og over i andre sektorer.

2 Klimagassutslipp fra de ikke-elektrifiserte strekningene

2.1 Klimagassutslipp fra persontrafikk

For persontransport er det stor variasjon i klimagassutslippene. Nordlandsbanen er ifølge tall fra Jernbanedirektoratet og SSB den eneste banestrekningen med lavere CO₂-utslipp per person-/passasjerkilometer (g CO₂/pkm) enn alle andre grupper for veitrafikk og fly. På banestrekningen er det beregnet 41 g CO₂/pkm i 2019. Meråkerbanen har på sin side det høyeste CO₂-utslippet per passasjerkilometer med et utslipp på hele 1 330 g CO₂/pkm, grunnet lavt passasjertall, men denne strekningen er i 2020 vedtatt elektrifisert og skal være ferdig bygget i 2024.

For sammenligning ligger buss på sin side på 59 g CO₂/pkm, og personbil diesel og personbil bensin ligger på henholdsvis 68 og 79 g CO₂/pkm. Innenriks persontransport via fly har et utslipp på 181 g CO₂/pkm.⁸ Imidlertid blir det stadig mindre relevant å sammenligne med disse transportformenes diesel- og bensinkjøretøyer, da elektrifiseringen er på full fart inn i vei-, og etter hvert, sjø- og lufttrafikken. Utslippsfrie kjøretøy på vei utgjør allerede nesten 13 prosent av totalt antall kjøretøy og øker med rundt tre prosentpoeng årlig.⁹ Et grovt estimat tilsier at også Nordlandsbanen vil kunne ha høyere utslipp enn veitrafikken i løpet av 10-15 år dersom denne utviklingen fortsetter.



Figur 6: Passasjerutslipp (g CO₂ per passasjerkilometer). Grå stolper viser total transport i millioner passasjerkilometer per år. Sum jernbane angir snittet av utslipp på de ikke-elektrifiserte strekningene.

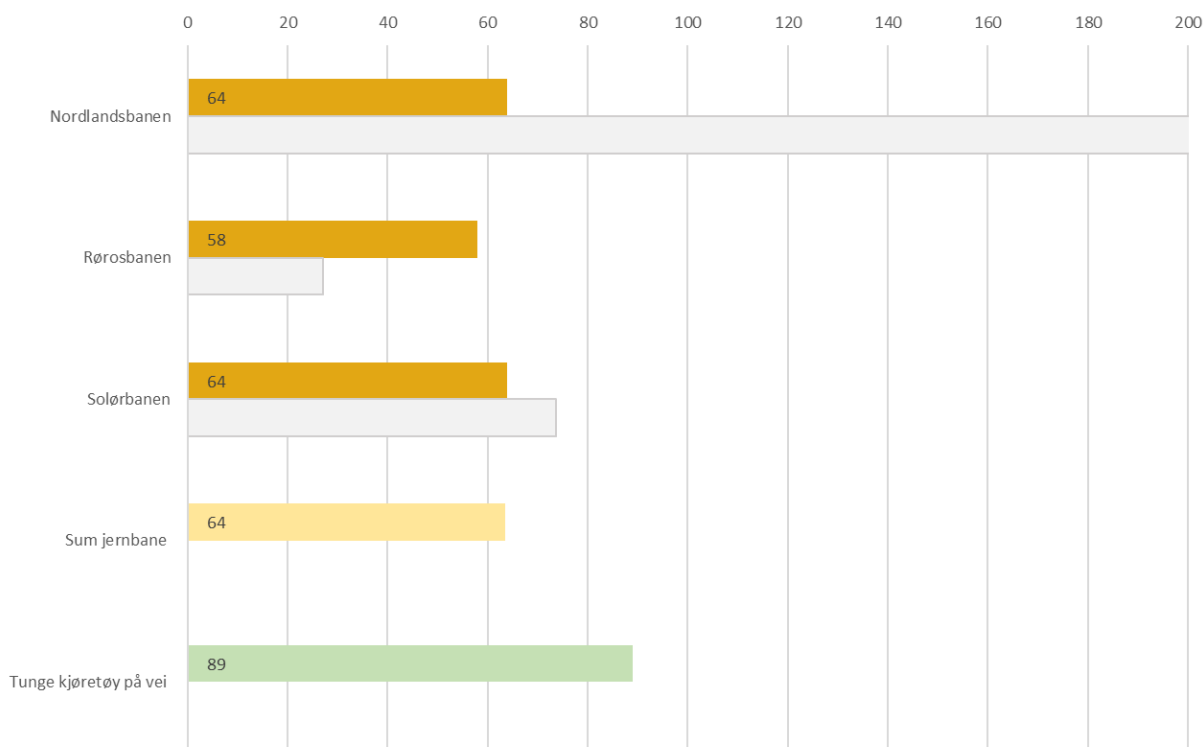
Som vist i Figur 6 har alle de ikke-elektrifiserte strekningene, unntatt Nordlandsbanen, høyere utslipp per passasjerkilometer enn fossilbiltrafikken. Nordlandsbanen har noe bedre utslippstall enn biler som går på bensin eller diesel. Meråkerbanen har ikke trafikk av betydning, men passasjerutslipp på 721 tonn CO₂.

⁸ Statistisk sentralbyrå (SSB)

⁹ Staten vegvesen/Norsk klimastiftelse

2.2 Klimagassutslipp fra godstrafikk

Tilsvarende er CO₂-utslippet per tonnkilometer (g CO₂/tkm) for godstransport tilnærmet likt for alle banestrekningene. Rørosbanen har det laveste utslipp med 58 g CO₂/tkm som er noe lavere enn de andre banestrekningene som alle har et utslipp på 64 g CO₂/tkm. For veitrafikk skiller det mellom andre lette kjøretøy på bensin, andre lette kjøretøy på diesel, og tunge kjøretøy på diesel. Lavest er tunge kjøretøy med et utslipp på 89 g CO₂/tkm. Videre har andre lette kjøretøy diesel, og andre lette kjøretøy bensin henholdsvis 2 582 og 2 643 g CO₂/tkm.



Figur 7: Godsutslipp (g CO₂ per tonnkilometer gods). Grå stolper viser total transport i millioner tonnkilometer per år. Varebiler/små lastebiler har utslipp som går langt ut over skalaen i figuren (Kilde: Jernbanedirektoratet/ SSB, 2019-tall).

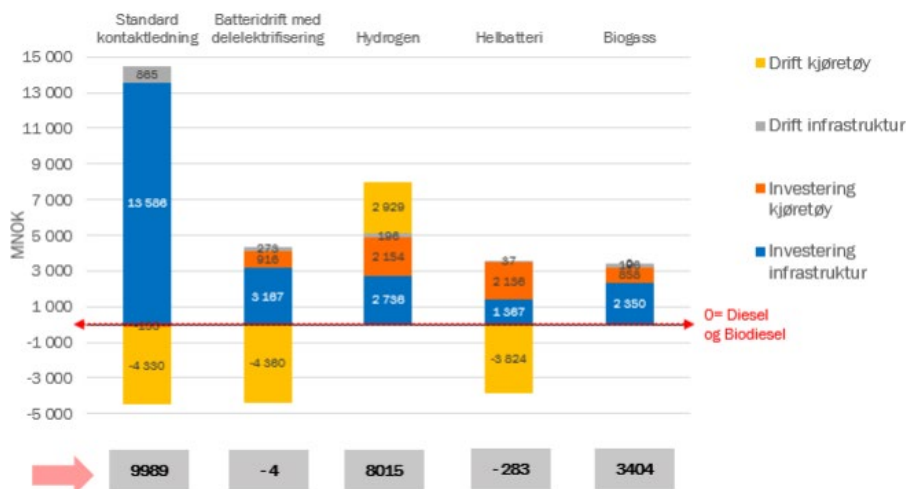
Figur 7 viser noe av det samme bildet for godstrafikken, som for persontrafikken. Gods på ikke-elektrifiserte togstrekninger har fremdeles bedre utslippstall enn tungtrafikken, men dette kan endre seg når tungtrafikken elektrifiseres i større grad enn i dag.

2.3 Mulighet for utslippsreduksjoner fra jernbanetraffikk på de ikke-elektrifiserte strekningene

Elektrifisering av de resterende ikke-elektrifiserte strekningene vil kreve betydelige investeringskostnader. I 2015 anslo Jernbaneverket at en full elektrifisering av Røros- og Solørbanen, Nordlandsbanen og Raumabanen hadde en forventede investeringskostnader på hhv. 6,9, 9,8 og 1,9 mrd. kr, og samlet rundt 18,6¹⁰. I 2022 tilsvarer dette 22,6 mrd. Kr, og med en betydelig usikkerhet i tallene. Disse strekningene har i all hovedsak lavere trafikk enn de øvrige delene av jernbanenettet, hvilket også innebærer en lavere nytte ved tiltak, ettersom investeringen fordeles på færre utførte turer. NULLFIB-arbeidet har vist at det kan finnes alternativer som gir klimakutt til en lavere kostnad. Det ble utredet hva som er mest

¹⁰ Strategi for driftsform på ikke-elektrifiserte baner, Jernbaneverket

kostnadseffektivt av de aktuelle energibærerne, med Nordlandsbanen som case. I den samfunnsøkonomiske analysen ble det sett på både investerings- og driftskostnader til infrastruktur og kjøretøy. Resultatene gjengis under, og viser en nåverdi i mill. 2019-kroner over 75 år.



Figur 8 Kostnadseffektivitetsanalyse, sammenlignet med dieseldrift - resultat basisalternativ 75 år, Nordlandsbanen¹¹

Tallene på søylene viser nettoeffekten i millioner kroner av å gå over fra fossil dieseldrift til andre teknologier. Som det fremgår av figuren, konkluderte NULLFIB-prosjektet med at en full elektrifisering av Nordlandsbanen ville kostet 14,2 mrd. 2019-kr i infrastrukturinvesteringer alene. Til tross for besparelsen i lavere driftskostnader til kjøretøy på 4,3 mrd., så viser analysen de andre alternativene krever mye lavere investeringskostnader. Særlig batteriløsningene kom positivt ut av analysen, En løsning med del-elektrifisering i kombinasjon med batteridrift viste en besparelse på fire mill. kr, og en helbatteriløsning ble vurdert til å spare samfunnet for 283 mill. Sistnevnte innebar imidlertid større usikkerhet med tanke på modenhet i teknologi. I den sammenheng ble NULLFIB2-arbeidet igangsatt for å se nærmere på de to batterialternativene.

Arbeidet viste at infrastrukturkostnadene kunne være rundt 20-25 % av kostnaden ved full elektrifisering. Rapporten konkluderer med Raumabanen og andre korte banestrekninger ikke vil ha behov for del-elektrifisering, og kan driftes med batteritog ved hjelp av endepunktslading og lading fra eksisterende elektrifiserte strekninger. Nordlandsbanen og Rørosbanen vil kunne trafikkeres av batteritog i kombinasjon med del-elektrifisering og lading under kjøring. Det ble anbefalt å vurdere full elektrifisering av Solørbanen og hele eller deler av Rørosbanen, da disse er en maske i et banenettverk. Her kan være ønskelig at standard elektrisk togmateriell skal kunne brukes, noe som gir økt fleksibilitet i utnyttelsen av jernbanenettet.

¹¹ NULLFIB - sluttrapport

3 Klimagassutslipp fra arbeidsmaskiner

3.1 Klimagassutslipp fra arbeidsmaskiner

Det slippes ut om lag 20 000 tonn CO₂ per år til drift og vedlikehold av jernbanen (se Figur 9). Klimagassutslippene fra maskiner eid av Bane NOR for rundt 3 600 tonn, det vil si 18 %, av de samlede utslippene fra drift og vedlikehold, mens resterende utslipp stammer fra øvrige aktører som drifter og vedlikeholder infrastrukturen. Klimagassutslippene fra arbeidsmaskiner i tilknytning til utbyggingsprosjekter er for tiden av omtrent samme størrelsesorden som drift og vedlikehold.

		2021		
		Driftsaktivitet utført av Bane NOR Drift og teknologi	Drift og vedlikeholdsaktiviteter utført av Spordrift	Drift og vedlikehold (inkl. fornyelse) utført av øvrige leverandører
		CO ₂ (tonn)	CO ₂ (tonn)	CO ₂ (tonn)
Tjenestebiler	Personbiler (diesel og bensin)	730 ²³	2 618	11 680
	Varebiler og lastebiler (diesel og bensin)			
Rent skinnegående	Diesel-elektrisk lokomotiv	632	N/A	
	Øvrig sporbundne kjøretøy (bla. lastetraktor, ledningsmaskiner/revisjonsvogn og spesialkjøretøy)	156	4 063	
	Skinne-/veimaskin	N/A		
	Øvrige anleggsmaskiner	N/A		
	Totalt hver bruker	1 518	6681	
Total sammenlagt alle brukere			19 879	

Figur 9 Totalt rapportert innkjøpt drivstoff (2021) til drift og vedlikehold fordelt på ulike brukere og ulike maskiner/kjøretøy der dette er kjent. (Kilde: Bane NOR)

3.1.1 Klimagassutslipp fra Bane NORs egne arbeidsmaskiner

Bane NOR fremhever i sin mulighetsstudie at det er et skille mellom egne kjøretøy og øvrige. Bane NOR kan i større grad styre direkte utviklingen av sin egneide maskinpark, men kan på kort sikt ha mindre direkte påvirkning på kjøretøy eid av øvrige aktører dersom krav om klimagassutslipp ikke er ivaretatt gjennom utlysning av kontraktene.

Bane NOR har i dag ikke full oversikt over faktisk forbruk av drivstoff og tilhørende klimagassutslipp brutt ned på enkelte kjøretøy eller kjøretøygrupper. De har derfor måttet gjøre estimerer for å anslå et fordelt forbruk, basert på ulike tilnærminger. Fordelingen av utslipp innenfor de rundt 3 600 tonn CO₂ fra Bane NORs egneide kjøretøy er gjengitt nedenfor.

		Ny fordeling av utslipp	Andel av utslipp i %
Lastetraktor		2 084 tonn CO ₂	57,5 %
Ledningsvogn/ revisjonsvogn		504 tonn CO ₂	13,7 %
Lok		538 tonn CO ₂	14,8 %
Skiftelok		10 tonn CO ₂	0,3 %
Høyfjellsfres	Beilhack	341 tonn CO ₂	9,4 %
Vedlikeholdstog		9 tonn CO ₂	0,2 %
Målevogn	Roger 1000	133 tonn CO ₂	3,7 %
	LM2		
Div. kjøretøy (ballastfordeler, kombipakk, LT18 og L15)		15 tonn CO ₂	0,4 %
Tot. sum:		3 632 tonn CO₂	100%

Figur 10 Optimalisert estimat, kjøretøy eid av Bane NOR. Klimagassutslipp per kjøretøygruppe (2021). (Kilde: Bane NOR)

Bane NOR Transport har utarbeidet en kjøretøystrategi for perioden 2018-2026 som skal sikre at det finnes tilgjengelige kjøretøy til nødvendig beredskap, drift og vedlikehold av jernbaneinfrastrukturen. I denne vektlegges det en økt standardisering og effektivisering gjennom blant annet etablering av en kjøretøypool for internt og eksternt marked.

3.1.2 Utslippskutt for Bane NORs egne arbeidsmaskiner – muligheter og utfordringer

Det er ventet at drift- og vedlikeholdsbehovet vil øke i takt med økt trafikk på sporet. Bane NOR har som målsetning å bli en strategisk og utviklingsorientert *asset manager*, med fokus på å sikre datastyrt innsikt i tilstanden på infrastruktur. Det er ventet at det blir økende bruk av droner og maskinlæring i overgangen til et mer proaktivt vedlikehold med mindre feilrettinger og mer forebygging. Dette i seg selv er ventet å redusere klimagassutslippene noe.

Som nevnt er det en pågående trend at andelen skinne-/veimaskiner (SVM) øker. Mangfoldet av maskiner øker, hvilket muliggjør et større bruksområde enn tidligere. I fremtiden er det sannsynlig at slike maskiner kan være basert på nullutslippsløsninger, hvilket kan bidra til at de samlede klimagassutslippene fra arbeidsmaskiner går noe ned. Dette er noe Bane NOR anbefaler videre kartlegging av. Per i dag er det ingen utslippsfrie skinne-/veimaskiner i materiellregisteret hos Bane NOR. Bruken av skinne-/veimaskiner (SVM) begrenses imidlertid av at de ikke kan fremføres som tog og dermed har en makshastighet på 30 km/t. De kan med andre ord kun benyttes på anleggsområder, avstengte områder eller på strekninger disponert for arbeid.

Bane NOR har vurdert om det vil være mulig å anskaffe nye arbeidsmaskiner som utnytter kontaktledningsanlegget når disse er tilgjengelige. Det finnes arbeidsmaskiner på markedet som benytter kontaktledning som energikilde, men det er en rekke arbeidsmaskiner som kun finnes med diesel som energibærer i dag. Dette innebærer at selv med et fullelektrifisert jernbanenett og overgang til nye arbeidsmaskiner basert på kontaktledningsdrift, så ville en stor andel av arbeidsmaskinene fortsatt måtte benytte diesel i arbeidsmodus, men ikke nødvendigvis til egen transport.

Alle Bane NORs egne arbeidsmaskiner benytter i dag fossil diesel som energibærer, på tvers av elektrifiserte og ikke-elektrifiserte strekninger. Den viktigste grunnen til at dagens maskiner på skinner bruker fossil diesel (utover det at arbeidsmaskiner i samfunnet generelt tradisjonelt går på diesel) er at man må kunne jobbe under forhold der kontaktledningen ikke fungerer. Det største potensialet for bruk av strøm fra kontaktledning er dermed for transportetappen knyttet til utførelse av arbeid. På selve arbeidsstedet må man ofte koble av strøm av sikkerhetshensyn eller at strømutfall er problemet som skal repareres. I tillegg er det en fordel med standardiserte maskiner, fordi de kan brukes på tvers av områder uansett om strekningen er elektrifisert eller ikke, og det gir et mer effektivt og økonomisk vedlikehold av selve maskinparken

Ifølge Bane NOR, har ikke utviklingen av nullutslippsløsninger for arbeidsmaskiner på skinner gått like raskt som for person- og godstransporten. Kun et fåtall av produsentene har utviklet batterikonsepter, og det er i dag relativt lav tilgang på nullutslippsløsninger i markedet. Bane NOR venter imidlertid at dette vil endre seg innen få år, basert på den teknologiske utviklingen som pågår i andre bransjer og sektorer.

Lavutslippsmaskiner basert på hybride løsninger med dieselmotor og batteri eller bruk av biodrivstoff kan eksempelvis være alternativer å se på for å redusere klimagassutslippene fra disse arbeidsmaskinene.

Bane NOR peker på at kravet til vinterberedskap er trappet kraftig opp siden 2010. Som nevnt utmerker det norske jernbanenettet seg for krevende fysiske forhold, herunder høyfjellsovergangene på for eksempel Bergensbanen og Nordlandsbanen. Bane NOR løfter særlig frem høyfjellfresere som en arbeidsmaskintype som i dag har få muligheter for utslippsreduksjoner.

3.1.3 *Utslippskutt for arbeidsmaskiner disponert av andre enn Bane NOR – muligheter og utfordringer*

Utslippsreduksjoner fra maskiner eid av andre enn Bane NOR vil i all hovedsak ha de samme muligheter og utfordringer som er listet over, men vil i tillegg kunne ha den utfordringen at eierne befinner seg i et konkurranseutsatt marked der det er kritisk å ha lønnsom drift. Med andre ord, kan det være mer krevende for de øvrige eierne å oppnå utslippsreduksjoner uten incentivordninger eller reguleringer fra Bane NOR som infrastruktureier.

Prinsipielt kan Bane NOR stille krav til leverandører av drift- og vedlikeholdstjenester med henblikk på klimagassutslipp. Innenfor bygg- og anleggssektoren er det i dag krav til utslippsfrie byggeplasser i flere kommuner der kommunen er byggherre. Imidlertid kan det i dag være utfordrende å stille krav på en slik måte at det ikke gir negative konsekvenser i form av manglende leveranser fra drift- og vedlikeholdsaktørene eller at det går på bekostning av målsetningen om mer jernbane for pengene.

Incentivordninger til eksempelvis nyanskaffelser eller ombygging av maskiner kan være et alternativ, men dette vil kreve at Bane NOR utreder og forvalter en slik ordning, og at det settes av midler til dette.

4 Øvrige problemstillinger tilknyttet dagens dieseldrift i jernbanesektoren

Utover selve klimagassutslippene tilknyttet transport på ikke-elektrifisert jernbane og arbeidsmaskiner, er det en rekke øvrige momenter som bidrar til at dagens driftsform har utfordringer som ikke den elektrifiserte delen av jernbanenettet har, og at en teknologiovergang kan bidra til å opprettholde jernbanens konkurransevne på hele jernbanenettet. I dette kapitlet følger en kortfattet beskrivelse av øvrige problemstillinger tilknyttet dagens dieseldrift.

4.1 Lokale miljøpåvirkninger

En utfordring med fossil dieseldrift, uavhengig av transportmiddel, er at det resulterer i utslipp av luftforurensning og partikler til det ytre miljø. I denne sammenheng vektet påvirkning på folkehelse tungt, og dermed bebyggelse langs jernbanen. Disse utslippene skyldes blant annet ufullstendig forbrenning av diesel i motorene. Noe av luftforurensningen som fossil dieseldrift gir opphav til er eksempelvis nitrogenoksider, partikler, sot og hydrokarboner. Fremskritt innenfor avgassbehandling har generelt redusert disse utslippene betydelig de senere årene, men ikke fullstendig. Dessuten er det begrenset med nyansaffelser av slike maskiner på jernbanen. Til tross for at mye av dieseldriften skjer utenfor de tettbygde områdene av landet, så vil de påvirke miljø og helse i forskjellig grad. Til hvilken grad disse utslippene påvirker miljø og helse avhenger av konsentrasjonen i luften og omfanget av personer som eksponeres. Med andre ord, så blir påvirkningen på folkehelsen større i tettbygde strøk, områder med høy trafikkintensitet og i dårlig ventilert miljøer.

Utover luftforurensningen så skaper dieseldriften også støyforurensning. Dette er en konsekvens av lyden som produseres ved forbrenningen av diesel, og luftstrømmene som forsyner motoren med kjøling og oksygen. Støy påvirker miljøet ved siden av jernbanen, både dyr og mennesker. Denne støyforurensningen må imidlertid også ses i sammenheng med støyen som oppstår fra hjul-skinne kontakten, og støyen som kan tilskrives det aerodynamiske motstand, og som vil finnes uansett driftsform. Det er ingen tvil at mennesker som er utsatt for vedvarende støy løper større risiko for problemer med helse.

4.2 Arbeidsmiljø

Dieseldriften påvirker også de som arbeider og oppholder seg ved jernbanen. Sammenlignet med veitransport er sikkerheten for jernbane betydelig bedre. Langtransport på norske veier kan være utfordrende og har høyere ulykkesfrekvens enn tog. Fra et sikkerhetsperspektiv er arbeidsmiljøet for førere i utgangspunktet bedre ivaretatt i lokomotiv enn det er i veitrafikken, og jernbanetransport er derfor å foretrekke fremfor veitransport. Dieseldriften kan imidlertid på sikt stimulere transportaktørene til å satse på veitransport fremfor tog. Det vil i så fall være negativt for gruppen føreres personsikkerhet på jobb.

Arbeids- og oppholdsmiljøet tilknyttet forbrenningsmotorer vil ikke være like godt som for elektrisk drevne kjøretøy, dette gjelder særlig for ansatte som jobber med drift og vedlikehold, men også for de reisende. Forbrenningsmotorene produserer blant annet ulike partikler og nitrogenoksider, som kan skade personer i kjøretøyenes omgivelser.

I moderne kjøretøy utsettes førerne i mindre grad for utslipp og støy fra forbrenningsmotorene, særlig dersom det benyttes motorer som er godt avskjermet fra førerens arbeidsmiljø. Motorvognsett med dieselpakke som ikke er plassert inntil førerrommet er et eksempel hvor forbrenningsmotoren har lite påvirkning på førerens arbeidsmiljø. For eldre diesellokomotiver med høyere nivåer av støy og partikkelutslipp, hvor både støy og utslipp også er nærmer seg førermiljøet, vil forholdet være noe verre. Ved stopp langs med linjen så vil også konsentrasjonen av partikler i luften risikere å påvirke føreren, særlig dersom det råder ugunstige værforhold med lite vind og i lukkede miljøer som eksempelvis tunneler.

Vedlikeholdsarbeid av en forbrenningsmotor utsetter i større grad mekanikere for mulig risiko enn det et vedlikehold av en elektrisk motor vil gjøre. Håndtering av diesel og olje blir en del av arbeidet for de som vedlikeholder kjøretøyene. For personer som arbeider i kjøretøyenes direkte nærhet, vil arbeidsmiljøet påvirkes av utslippet fra forbrenningsmotorene. Arbeidsmiljøet påvirkes enda mer hvis arbeidet og

utslippene skjer i miljøer med dårligere luftsirkulasjon, som følge av eksempelvis ugunstige værforhold og arbeid i dårlig ventilerte miljøer som i tunneller.

4.3 Tilgang på kjøretøy og teknologi

Det pågår en omfattende utvikling innenfor nullutslippsteknologi, Dette gjør seg også gjeldende for person- og godstrafikk på jernbane. Det pågår en slik trend globalt, og særlig i Europa, der land som Storbritannia, Danmark, Frankrike og Tyskland har ambisjoner om å fase ut den fossile dieseldriften.

Markedet for persontog har kommet lengst i denne utviklingen, men det er også eksempler på lokomotiver for godstransport utstyrt med energibærere som hverken gir klimautslipp eller lokale utslipp, Utviklingen innenfor arbeidsmaskiner har vist minst fremgang knyttet til nullutslipp, men foregår utvikling av lavutslippsmaskiner med hybride løsninger med dieselmotor som basis. Gitt den totale utviklingen er det sannsynlig at etterspørselen etter dieseldrevne jernbanekjøretøy vil synke kraftig og at teknologien på lengre sikt sannsynligvis vil fases ut på de fleste bruksområder.

Nye krav til utslipp fra forbrenningsmotorer gjør at kjøretøy som oppfyller dagens krav ikke nødvendigvis vil bli godkjent i fremtiden dersom kjøretøyene ikke utvikles videre. Dette er kostbart for bruker av kjøretøy, noe som taler for at denne typen teknologi vil bli mindre økonomisk konkurransedyktig. Samfunnets fokus på det grønne skiftet bidrar også til at kjøretøyleverandørene selv ønsker å utvikle nye klimavennlige løsninger for å holde seg konkurransedyktige.

Oppsummert så vil tilgangen på dieseldrevne jernbanekjøretøy sannsynligvis reduseres i fremtiden, og anskaffelser av slike kjøretøy vil være utfordrende og muligens kostbart med hensyn på utviklings-, investerings-, drift- og vedlikeholdskostnader, selv om det kan variere mellom typer av kjøretøy. Spesialiserte arbeidsmaskiner er antagelig ikke underlagt like strenge regler eller markedspress som for gods- og passasjertog.

4.4 Energieffektivitet

Energieffektiviteten for drift med kontaktledning er over cirka 75 % (85 % hvis bare kjøretøyets virkningsgrad inkluderes), mens for dieselskjøretøy er den omtrent 30 %, hvor mye energi går til spille via varmeproduksjon. Den lavere energieffektiviteten hos dieselskjøretøy skyldes hovedsakelig konverteringen fra lagret kjemisk energi i diesel til mekanisk energi fra motorens aksel. Det er viktig å forstå at energieffektiviteten for dieselskjøretøy og elektriske kjøretøy ikke måles på den samme måten, hvor den for elektriske kjøretøy måles mellom pantograf og hjul, mens for dieselskjøretøy mellom kjemisk energi i diesel og aksel på motoren.

Den lave energieffektiviteten for diesel har som konsekvens at det blir brukt mer primærenergi sammenlignet med alternativer hvor energieffektiviteten er høyere. Energieffektiviteten er viktig hvis den energien som blir brukt for fremdrift av kjøretøy kunne blitt brukt til et annet formål hvor den totale energieffektiviteten hadde vært høyere. Energieffektiviteten er også viktig hvis to eller flere alternativer for energibærere har den samme type av primær energikilde, men har forskjellige måter å foredle og transportere energien på, og hvor disse måtene har forskjellige energieffektiviteter. I et klimaperspektiv vil dette bli enda viktigere der den primære energikilden ikke er klimavennlig, og i slike tilfeller vil det være enda viktigere å minimere bruken av energi og lav energieffektivitet vil da være svært ugunstig.

Det er viktig å understreke at det ikke utelukkende er energieffektiviteten i motoren og driften som er relevant, men også tilgangen til energi og energieffektiviteten i hele verdikjeden, gjennom hele togets livssyklus. Dersom det eksempelvis allerede finnes drivstoff tilgjengelig fra eksisterende industri, og det finnes et overskudd eller drivstoffet er et restprodukt, og hvor drivstoffet ikke kan anvendes på annen måte med høyere energieffektivitet, kan det være hensiktsmessig å bruke den innenfor jernbanen. I et slikt scenario vil sannsynligvis også klimapåvirkningen være en avgjørende faktor for bruken av drivstoffet.

4.5 Driftsøkonomi

Kostnadsfordelingen i norsk jernbanesektor er inndelt slik at kostnader for bruk av kjøretøy og infrastruktur belastes forskjellige selskaper. Kostnadsbildet for dieseldrevet jernbane er annerledes enn elektrifisert jernbane. Dieseldrift innebærer lavere investeringskostnad på både kjøretøy og infrastruktur. Drift og

vedlikehold av infrastrukturen vil også være høyere på en elektrifisert bane. Vedlikeholdet av jernbaneinfrastruktur med kontaktledningsanlegg har vist seg å ha cirka 15-20 % høyere kostnader sammenlignet med en infrastruktur uten kontaktledningsanlegg. Totalkostnadene for elektrisk drift kan likevel vise seg positiv, sammenlignet med dieseldrift, fordi dieselskjøretøyene har mer omfattende levetidskostnader knyttet til drift og vedlikehold.

De seneste årene har energiprisene økt til rekordhøye nivåer, og vil med stor sannsynlighet være høye også i overskuelig fremtid. Sett bort fra skatter og avgifter, så skyldes dette den økende etterspørselen, tidligere underinvesteringer i energisektoren, samt den sikkerhetspolitiske situasjonen i Europa som har resultert i forstyrrelser i handelen med gass, olje og strømproduksjon. Denne situasjonen kommer i tillegg til at deler av verdensøkonomien fortsatt ikke har hentet seg inn etter COVID-19-pandemien.

Ved skriving av denne problembeskrivelsen er det store usikkerhetsmomenter basert på omstendighetene ovenfor, noe som gjør det vanskelig å forutsi fremtiden. Jernbanen, Norge og resten av verden står imidlertid overfor store endringer og krav om endring, ikke minst pga. klimakrisen, som gjør at det på sikt blir dyrere å bruke fossilt drivstoff.

4.6 Kunde og brukertilfredshet

Bærekraft er en vesentlig del av mange selskapers merkevarebygging. Flere selskaper, særlig innenfor jernbanesektoren, har høye målsetninger med henblikk på klimamål. Dette gjelder også operatørenes kunder. Økt bruk av jernbane som klimavennlig transportmiddel er ofte en viktig del av merkevarebyggingen. Dette skyldes blant annet at jernbaneselskaperes kunder, og til syvende og sist befolkningen, verdsetter bærekraft og klimapåvirkning høyt. Av den grunn er elektrifisering av jernbanen, og utfasingen av fossil diesel, et ledd i å opprettholde jernbanens omdømme som klimavennlig aktør. Vareeierne har målsetninger om transport med nullutslipp, og ønsker ikke at transport av deres varer resulterer i klimagassutslipp.

Flere av godsoperatørene er dermed ikke tilfreds med at jernbaneinfrastrukturen ikke er tilrettelagt for å kunne ta i bruk nullutslippsløsninger, og dermed ikke kan innfri deres kunders krav til utslippsfri transport av deres varer. Til tross for dette har utviklingen de siste årene vært positiv med en større vekst i godsmengder, særlig på Nordlandsbanen som har mest godstransport på dieselstrekningene. Dette tilsier også et potensiale for ytterligere vekst med nullutslippsteknologier som ikke medfører en kostnadsøkning eller en kostnadsnedgang for operatørene/vareeierne i forhold til dieseldriften.

4.7 Juridiske begrensninger

Som et ledd i å redusere klimagassutslippene, har det i flere store markeder rundt om i verden blitt innført – eller det er diskusjoner om å innføre – juridiske restriksjoner som styrer når det er mulig å selge bensin- og dieselmotorer for veikjøretøy. Det diskuteres også hvorvidt det kan være hensiktsmessig å inkludere andre transportmidler, som eksempelvis jernbanekjøretøy. Dette pågår for eksempel i EU, som Norge har en tett tilknytning til. I lys av dette, så kan det ikke utelukkes at dieseldrevne jernbanekjøretøy kan bli forbudt, helt eller delvis, i fremtiden. Det kan også oppstå en situasjon der kravene til utslipp fra forbrenningsmotorer for jernbanekjøretøy og kostnader for utvikling og godkjenning som kreves for å møte disse, vil resultere i at få, eller ingen leverandør er villige å levere kjøretøy som oppfyller disse krav. Selv om det er stor usikkerhet knyttet til fremtidige krav på forbrenningsmotorer innenfor jernbane, så er trenden at det stilles stadig høyere krav til reduserte utslipp, hvilket vil påvirke utvalget av dieselskjøretøy hos produsentene.

5 Årsakene til problemet

Jernbanesektoren står for rundt 90 000 tonn CO₂ per år i direkte utslipp fra trafikk, drift/vedlikehold og nybygging. Utslippene kan deles i to hovedkategorier.

Klimagassutslipp fra jernbanetrafikken på de ikke-elektrifiserte strekningene står for rundt 50 000 tonn. Hovedårsaken til utslippene er mangel på en utslippsfri driftsform på de ikke-elektrifiserte strekningene, fordi strekningene i motsetning til resten av nettet ikke er elektrifisert. Som tidligere nevnt, så innebærer en full elektrifisering av de resterende jernbanestrekningene betydelige investeringskostnader som kan være utfordrende å forsvare opp mot samfunnsnyttene. Det skyldes at disse strekningene har en lavere utnyttelsesgrad, og at det derfor ikke anses som samfunnsøkonomisk forsvarlig, spesielt ettersom det ikke finnes noen krav om nullutslipp.

Direkte klimagassutslipp fra drift og vedlikehold inklusiv fornyelse og utbygging av ny jernbane står for rundt 40 000 tonn CO₂.¹² Cirka 80 % av dette utslippet skjer på elektrifiserte banestrekninger hvor hybride arbeidsmaskiner kan erstatte fossil diesel, eller på anleggsplasser. Hovedårsaken til at fossil diesel benyttes som energibærer er at det historisk sett har vært mangel på et utslippsfritt alternativ som kan benyttes på hele jernbanenettet, og at det har vært manglende tilgang på alternativer til fossil dieselt teknologi på kjøretøy som ikke kan benytte kontaktledning av ulike årsaker. En medvirkende årsak har vært viktigheten av å få mer jernbane for pengene. Det er ikke mindre klimautslipp som har vært drivende da dette ikke har vært ansett som et problem. Dette er noe som historisk har gjort det krevende å finne alternativer til fossil diesel.

5.1 Lange levetider for teknologi og endringer på jernbanen

Jernbanen har høye investeringskostnader og bygges med høye krav til levetid og robusthet, både med henblikk på infrastrukturen og kjøretøyene. I tillegg er jernbanen et komplekst system sammensatt av mange fag og avhengigheter på tvers av geografi. Av den grunn er det også omfattende krav til sikkerhet og driftsstabilitet. Jernbanen har derfor tidkrevende prosesser for godkjenning, og store krav til dokumentasjon av sikkerhet. Igangkjøring av ny teknologi vil derfor gå noe langsomt i jernbaneindustrien.

Den sterke avhengigheten mellom kjøretøy og infrastruktur innebærer at endringer iverksatt i infrastrukturen også må være kompatible med kjøretøyene og omvendt. Dette vil, ved en teknologiovergang, ha potensiale for å utløse store investeringsbehov. Det er dermed tidskrevende og komplekst å endre de tekniske forutsetningene for jernbanesektoren. Dette bidrar til at eksisterende og velprøvde teknologier ofte blir benyttet i lang tid før nye løsninger tas i bruk. Dette forsterkes også av at investeringer i jernbanekjøretøy er store beslutninger som ofte er knyttet til omfattende offentlige innkjøpsprosesser, noe som gir lange ledetider knyttet til selve innkjøpene.

5.2 Markedsstørrelse

Jernbanen er et lite marked, også internasjonalt. Markedsstørrelse er viktig for å få til store teknologiskifter, og størrelsen har derfor vært et hinder for å ta i bruk ny teknologi. Satsing på produktutvikling gir ikke like store gevinstmuligheter som eksempelvis i bilindustrien som kan skalere mye større produksjonsvolumer.

5.3 Lave totale klimagassutslipp

Fordi jernbanens samlede utslipp er små, har det vært lite fokus på de resterende utslippene. Jernbanen har uansett innehatt posisjonen med nærmest nullutslipp sammenlignet med de andre aktørene i transportsektoren.

¹² Utslippene vil variere med arbeidsomfanget på jernbane

5.4 Manglende krav om utslippsreduksjoner

Innen sjø og veitransport har det blitt utlyst konkurranse på transport hvor utslippsfri teknologi har vært et krav i konkurranser. Jernbanen i Norge har ikke krevd dette, i motsetning til det som er gjort i Tyskland.

5.5 Mangel på alternative energibærere

Utviklingen av alternativer til fossilt brensel eller hybride løsninger innenfor transportsektoren, særlig innenfor veisektoren, har skutt fart de siste 15 årene. Før dette fantes det ingen eller svært få hensiktsmessige alternativer til dieseldriften. Den raske utviklingen innebærer, gitt forutsetningene forklart i forrige delkapittel, at jernbanen hittil ikke har holdt tritt med teknologiutviklingen innen eksempelvis veisektoren, som øker andelen nullutslippskjøretøy, med om lag tre prosentpoeng per år.

Etablering av kjøreledning er den tradisjonelle måten å redusere utslipp fra jernbanen på, men det er en relativt kostbar løsning, spesielt på baner med lite trafikk å fordele kostnaden på. Den høye kostnaden, har nok bidratt til at denne typen løsning i liten grad har blitt prioritert, sammenlignet med andre jernbanetiltak.

En av hovedårsakene til veitransportens raske utvikling mot alternative drivstoff er den høye omsetningen av kjøretøy, ettersom kjøretøy på vei har kort levetid sammenlignet med kjøretøy på jernbanen. Når kjøretøyene skal skiftes ut betyr det en mulighet til å produsere en ny flåte med større variasjon i energibærere. Siden energibærerne har en rekke forskjellige fordeler og ulemper kan det være aktuelt å ha ulike tog som reiser på forskjellige strekninger med egne forutsetninger og behov.

Andre energibærere enn strøm kan være nødvendig for å sikre kontinuerlig drift av togene, og for å kunne gjøre vedlikehold og arbeid på togs�kinnene med frakoblet strømforsyning. Fossil diesel har historisk vært det eneste naturlige valget som energibærer for arbeidsmaskiner.

5.6 Endringer i kunnskap om, og holdninger til, fossilt drivstoff

Kunnskapen om dieseldriftens negative påvirkning på klima og miljø er noe som har vokst frem de seneste 40 årene. Norge var tidlig ute og allerede 1987 kom Brundtland kommisjonens sluttrapport «Vår felles framtid» som beskrev problematikken. Da diesel ble valgt som energibærer i sin tid, så var dette en teknologi som ga bedre ytelse enn eksempelvis damplokomotiver. I dag har transportsektoren et helt annet kunnskapsgrunnlag, og dette er en hovedårsak til at det utvikles alternative løsninger. Norge er også en del av *Europes Rail* storsatsing *Green and Sustainable European Railway* for å øke kunnskapsgrunnlaget ytterligere i perioden frem mot 2030. Holdninger hos brukerne av jernbanenettet har også endret seg de seneste årene. Selskaper og individer ønsker å velge klimavennlige løsninger for transport.

Som følge av at bruken av fossilt drivstoff må begrenses, pågår det også en endring i synet på energieffektivitet. Samfunnet er i ferd med å gå fra en virkelighetsoppfatning hvor energi bare er en kostnad, til også å betrakte konsekvensene av forskjellig energibruk. Energi er en knapphetsressurs som må brukes og fordeles på en hensiktsmessig måte.

For å gjennomføre den grunnleggende teknologiendringen som bytte av energibærere er, vil dette kreve koordinerte tiltak som resulterer i at dagens bruk av fossil diesel som energibærer erstattes eller reduseres. Jernbanen er et komplekst og sammensatt system med en høy grad av offentlig eierskap, og en slik endring kan ikke skje uten at staten beslutter at endringen skal gjennomføres og tilrettelegger for det.

6 Forventet utvikling

I det følgende skisseres forventet utvikling i trender og drivkrefter som påvirker klimagassutslipp fra jernbanen i Norge, samt øvrige problemstillinger som er beskrevet i forangående kapitler.

6.1 Utvikling i etterspørsel og konsekvensene av Covid-19

6.1.1 Persontransport

Covid-19-pandemien har dempet etterspørselen etter kollektivtransport, og det er uklart i hvilket omfang dette vil vedvare, og hvordan en normalsituasjon vil se ut på kort og lang sikt. Analyser av forventet utvikling på Østlandet har pekt på muligheten for en langsiktig nedgang i persontogreiser på Østlandet på rundt 14-24 % som følge av økt bruk av hjemmekontor og økt ubehag av trengsel (Asplan Viak, 2022)¹³. Analyser av effekten av Covid-19-pandemien på fjerntogtrafikken viser imidlertid at det er vanskelig å konkludere om framtidig utvikling i fjerntogmarkedet. Usikkerhetsmarginene i slike undersøkelser er store, og selv om det forventes en nedgang i arbeids- og forretningsreiser, forventes det også en økning i fritidsreiser (Multiconsult, 2022).

Funnene som gjelder fjerntogstrekningene forventes å være overførbart til de ikke-elektrifiserte strekningene i større grad enn funnene på Østlandet (som domineres av daglige arbeidsreiser), ettersom de ikke-elektrifiserte strekningene i større grad benyttes til enkeltreiser enn daglige arbeidsreiser. Nordlandsbanen er også en fjerntogstrekning (som inngår i Multiconsults analyse), mens Rørosbanen og Raumabanen ikke omfattes av noen av de gjennomførte undersøkelsene. Basert på type reiser (høy andel arbeidsreiser), kan det imidlertid forventes at utviklingen i reisemønster med regiontogene Trondheim-Steinkjer (ofte omtalt som Trønderbanen¹⁴) vil være mer lik utviklingen i reiser på Østlandet enn utviklingen på fjerntogstrekningene. Det vil si en nedgang som følge av økt bruk av hjemmekontor. Nye lokal- og regiontog som tas i bruk på Trønderbanen (type 76) vil imidlertid gi betydelig økning i kapasitet. Ubehag som følge av trengsel kan i liten grad forventes å være sammenlignbart med situasjonen på Østlandet. Det ble i 2022 innført takstsamarbeid i Trondheimsområdet, som gir samme priser på jernbane som på buss¹⁵, som kan forventes å bidra til at flere velger tog som transportmiddel.

Det foreligger ikke planer om å justere frekvensen i togtilbudet ned som følge av foreliggende prognoser for utviklingen i antall reisende, og konsekvensen av utvikling i antall reisende, inkludert effekten av Covid-19, for klimagassutslipp fra jernbanen, forventes derfor å være svært liten. Persontogtilbudet på de ikke-elektrifiserte strekningene er ikke bedriftsøkonomisk lønnsomt, og økning i tilbudet er dermed i stor grad styrt av politisk vilje til å øke tilskuddene til togtilbudet, samt bære andre kostnader som må til for å forbedre tilbudet (flere kjøretøy, mer kapasitet i infrastrukturen).

6.1.2 Godstransport

For godstransporten vil imidlertid forventet økning i godsvolum på jernbane påvirke klimagassutslippene fra gods på jernbanen. Utviklingen i etterspørsel etter godstransport har ikke blitt påvirket av Covid-19 på samme måte som for persontransporten. Dette skyldes at etterspørselen etter godstransporter i mye større grad styres av kjøpekraft og forventet utvikling i etterspørsel etter de varene/råvarene som trenger transport (varer som forbrukes i samme mengde uansett Covid-19), og at transportvolumene også styres av selskapenes ambisjoner om å flytte over transporter fra vei til jernbane.

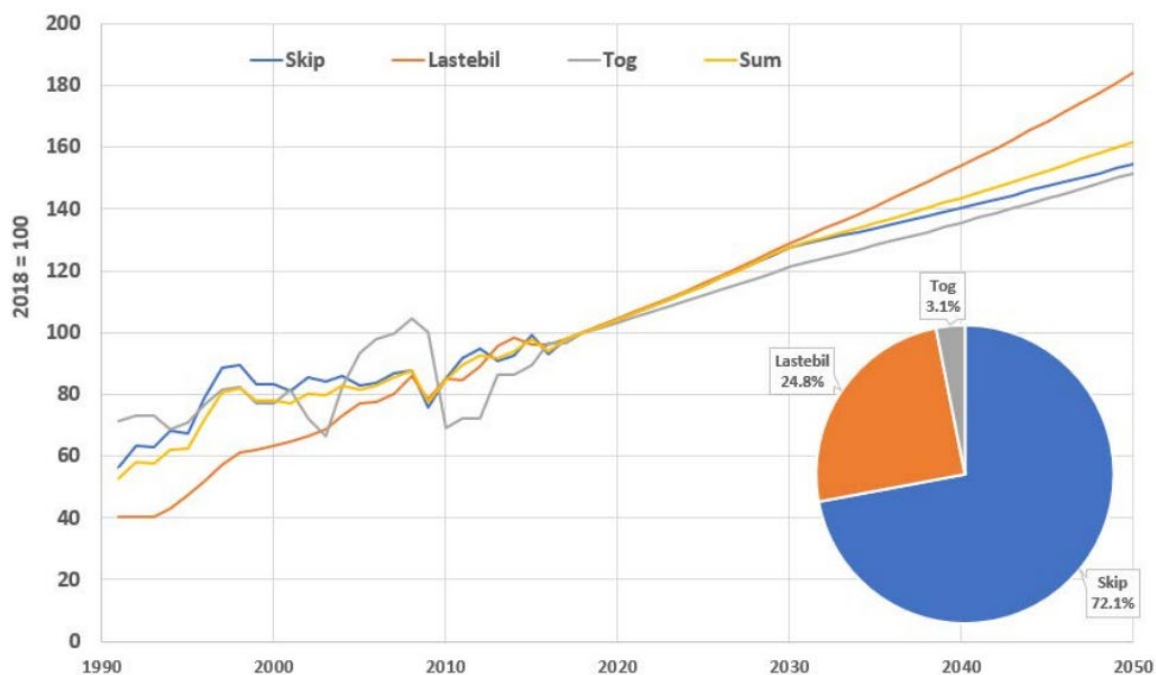
¹³ Koronapandemiens påvirkning på togreiser, Asplan Viak

¹⁴ Trønderbanen er et markedsnavn, ikke en egen bane. Nordlandsbanen starter i Trondheim og går helt til Bodø.

¹⁵ <https://jernbanemagasinet.no/artikler/same-pris-pa-buss-og-tog/>

Selv om pandemien i seg selv ikke påvirker godstransporten på samme måte som persontransporten, har den resultert i forstyrrelser i en del vare- og produksjonskjeder, og lagt press på enkelte transportkjeder. Det ser imidlertid ut til at dette ikke vil gi langvarige konsekvenser i Norge.

Den langsiktige utviklingen av kjøpekraften både i Norge og internasjonalt, og konsekvensene for godstransport generelt og for jernbane spesifikt, er krevende å forutsi. Som underlag til NTP 2022-2033 utarbeidet Transportøkonomisk Institutt (TØI) en rapport, som blant annet viste forventet utvikling i tonnkilometer for innenlandsk veg-, sjø-, og jernbanetransport.



Figur 11 Historisk utvikling i transportarbeid på norsk område 1991-2018, markedsandeler i 2018 og estimert utvikling 2018-2050. Eksklusive transitt og råolje og naturgass. (Transportøkonomisk institutt, 2019).

Utredning fra TØI viser også forventet årlig vekst for ulike jernbanestrekninger. Følgende tabell gjengir resultatene for de ikke-elektrifiserte strekningene som inngikk i studien. Oversikten viser at godstransporten med jernbane er forventet å øke fram mot 2050 på de ikke-elektrifiserte jernbanestrekningene som rapporten omfatter.

Tabell 1 Beregnet transportarbeid (mill. tonn km) per jernbanestrekning i 2018 og årlig vekstrater i prosent for perioden 2018-2050. Inkluderer den delen av import og eksport som transporterer på norsk område (Transportøkonomisk institutt, 2019)

Banestrekning	2018	2018-2030	2030-2050	2018-2050
Røros-Solør (del av korridor 6)	33	1,52 %	1,28 %	1,37 %
Bodø-Trondheim (del av korridor 7)	626	1,72 %	1,26 %	1,45 %

I sum oppgir analysene en forventet økning i transporterte tonn med jernbanen på 55 % i korridor 6 (Oslo-Trondheim) og 43 % i korridor 7 (Trondheim-Bodø) (Transportvirksomhetene, 2019) s. 49 og 54). I perioden siden godsprognosene for NTP 2022-2033 ble utarbeidet, har godstrafikken på jernbane økt mye mer enn det som var forventet. Utredningen spesifiserer ikke godstransport til Åndalsnes.

Våre analyser for persontrafikken tar utgangspunkt i 2019, siden 2020/2021-tallene er sterkt preget av unntakstilstanden under pandemien. Det har imidlertid også vært endringer i verdenssituasjonen siden den gang, inkludert høye energipriser, global råvaremangel, Russlands invasjon av Ukraina, sammen med brå økning i styringsrenten, som kan forventes å påvirke kjøpekraft og etterspørsel etter ulike varer og råvarer i Norge og internasjonalt. Dette vil igjen påvirke hvor mye gods som transporteres, og andelen som går på jernbane. Konsekvensene for varer og råvarer som transporteres på norsk jernbane er imidlertid vanskelig å forutsi. Bl.a. er offentlige støtteordninger for å kompensere for høy energipris for næringslivet under utarbeidelse, og vil kunne dempe påvirkningen i ulike markeder, avhengig av hvordan den utformes.

Uavhengig av disse store samfunnstrendene, så antas det at myndighetenes ambisjoner om å overføre transport fra vei til bane står ved lag, og at den langsiktige utviklingen i transport av gods på jernbanen vil innebære en økning i utslipp av klimagasser fra jernbanen. Konsekvensen av økt etterspørsel etter jernbanetransport på de ikke-elektrifiserte strekningene vil være økte utslipp av klimagasser fra disse strekningene, forutsatt at tilbudet øker i takt med etterspørselen.

6.2 Forventet utvikling av jernbanetilbudet

I det følgende beskrives forventet utvikling i jernbanetilbudet iht. Stortingsmeldingen for NTP 2022-2033. Utslipet av klimagasser fra de ikke-elektrifiserte strekningene kan forventes å utvikle seg i tråd med utviklingen i togtilbudet. Flere avganger og/eller større energiforbruk per avgang vil bidra til å øke klimagassutslippene fra disse strekningene.

Utslippene fra transport på de ikke-elektrifiserte jernbanestrekningene kan forventes å øke, som følge av økninger i gods- og persontrafikk på strekningene. Ettersom vekten av de reisende utgjør en liten andel av togets bruttovekt, vil økningen i klimagassutslipp fra persontrafikken forventes å være direkte proporsjonal med økningen i togkilometer, forutsatt lik bruk av kjøretøyene. Etterspørselen innvirker dermed ikke nevneverdig på klimagassutslippene fra jernbanen, med mindre store endringer i passasjertallene får følger for antallet avganger (flere eller færre) på strekningene. Frekvensen i persontogtilbudet er i stor grad styrt av politiske satsninger på jernbanen, som beskrevet i det følgende.

For godstransporten vil utviklingen i både antallet avganger og energiforbruk per avgang (som påvirkes av hvor tungt toget er) innvirke direkte på klimagassutslippene. Dette gjelder både for kombitogene som går på disse strekningene, og systemgodstogene. Her vil også fordelingen av godset mellom avganger, lastbærernes luftmotstand, mv. innvirke noe på energiforbruk og dermed også på klimagassutslippene.

Utskifting til mer energieffektive kjøretøy (motorvognsett og lokomotiver) kan bidra til å redusere utslippene. Dette beskrives nærmere under kapittel 6.2.3

Nettoeffekten på klimagassutslipp på samfunnsnivå, som følger av økt transport på jernbanen, vil imidlertid ofte være en nedgang i klimagassutslipp, ettersom det innebærer å flytte passasjerer og gods fra transportløsninger med høyere utslipp per personkilometer eller tonnkilometer. Dette bildet er tydeligst for godstransporten (se Figur 7 i kapittel 2.2). For persontrafikken er det mer blandet; alle strekningene er mer effektive enn flytrafikk, men kun Nordlandsbanen har lavere utslipp per personkilometer enn fossile personbiler (se Figur 6 i kapittel 2.1). Effekt på netto utslipp fra transportsystemet av at flere reiser med jernbanen avhenger av en rekke forutsetninger, deriblant om det er overførte reiser (og hvilket transportmiddel de ville benyttet), nyskapte reiser, og om det settes opp ytterligere avganger på jernbanen. Så lenge nye reiser med jernbanen benytter restkapasitet i det eksisterende tilbudet, vil det ikke medføre økning i klimagassutslipp. Utslippene fra persontrafikken skaleres først og fremst med antallet avganger, ikke antall reisende.

For godstransporten vil overføring av gods til jernbane medføre lavere klimagassutslipp, selv om jernbanen fortsatt driftes med fossil diesel. Denne konklusjonen er imidlertid veldig følsom for tidshorisonen som vurderes og når man forutsetter at lastebiltransport over disse avstandene vil gå over til drift uten CO₂-utslipp. Det samme gjelder forutsetninger om overgang til lav- eller nullutslippsløsninger på skip og luftfart.

Som beskrevet tidligere anses elektrifisering av Meråkerbanen og Nordlandsbanen til Steinkjer som et bundet prosjekt i tråd med NTP-forutsetningene. Det har i de senere årene gått svært lite tog på Meråkerbanen. Godstogene på Nordlandsbanen må allikevel benytte fossil diesel hele veien fra Trondheim til Mosjøen/Bodø, ettersom ingen person- eller godstog ender i Steinkjer. Effekten av elektrifisering av Nordlandsbanen til Steinkjer og Meråkerbanen på klimagassutslipp fra transportsystemet som helhet,

forventes imidlertid å være større enn effekten på utslipp fra jernbanen alene, fordi den kan medføre overføring av transport fra vei til bane. Elektrifisering på Svensk side av grensen bidrar til å skape et nettverk av elektrifisert jernbane mellom Norge og Sverige, som gjør det mer attraktivt å satse på utvikling av både gods- og persontogtilbudet som benytter Meråkerbanen og sørligste del av Nordlandsbanen.

Ved innføringen av bimodale motorvognsett type 76 i persontrafikken på Trønderbanen som kan kjøre elektrisk der banen er elektrifisert og bruke fossil diesel der den ikke er elektrifisert (se jernbanekjøretøy med betegnelse «type 76»), kan disse togene benytte elkraft fram til Steinkjer i referansealternativet i KVVU GREEN. Type 76 (252 tonn) er imidlertid vesentlig tyngre enn de gamle motorvognsettene av type 92 (99 tonn) som erstattes. Dette medfører, alt annet likt, mer dieselforbruk per togkilometer med de nye togsettene, men kan samtidig redusere CO₂ utslipp per passasjerer kilometer. Hvor stor klimaeffekt elektrifiseringen mellom Trondheim og Steinkjer har, er derfor usikkert inntil nye og mer detaljerte data foreligger.

6.2.1 Persontrafikk

For persontrafikken er det ikke planlagt økninger i togtilbudet på de ikke-elektrifiserte strekningene, sammenlignet med det som kjøres i dag, inne i NTP 2022-2033. Unntaket er halvtimesintervall Trondheim-Steinkjer, som ligger inn i NTP 2022-2033. Her planlegges det for to tog i timen (Melhus-) Trondheim-Stjørdal i grunnrute og til/fra Steinkjer i utvidede rushperioder. Jernbanedirektoratet har inngått effektpakkeavtale (E19) med Bane NOR om kapasitetsøkende tiltak for å muliggjøre tilbudsforbedringen. Målet er at tilbudet kan settes i drift fra desember 2027 (R28).

I trafikkavtalen med SJ Nord, som omfatter alle de ikke-elektrifiserte banene med persontrafikk (Nordlandsbanen, Rørosbanen og Raumabanen) ligger det imidlertid noen opsjoner for økninger i tilbudet på disse strekningene. Alle opsjonene ble som følge av føringer i Statsbudsjettet for 2019, tidlig i 2020 utløst med planlagt oppstart fra R22. Grunnet pandemien ble opsjonene satt på vent, og senere i reforhandlet avtale inngått juni 2022, igjen omgjort til opsjoner. Direktoratet kan ensidig med 12 måneders varselfrist be operatøren å sette disse i drift.

6.2.2 Godstrafikk

For godstrafikken ligger det inne bevilgninger til ferdigstillelse av «diverse godstiltak» (493 mill. kr) og Kombitransport Trondheim-Bodø (447 mill. kr) i første halvdel av planperioden. Sistnevnte effektpakke er forventet å gi «flere tog og kortere transporttider for gods på Nordlandsbanen gjennom å etablere kryssingsspor» (Samferdselsdepartementet, 2020-2021, s. 232). Tiltakene på Nordlandsbanen forventes å gi en kapasitetsøkning fra 378 til 620 TEU per dag, bl.a. fordi nye kryssingsspor vil gjøre det mulig å kjøre 600 meter lange tog helt til Fauske (Jernbanedirektoratet, 2020, s. 17). Ifølge retningslinjer for samfunnsøkonomiske analyser anses disse tiltakene ikke å kunne inngå i nullalternativet/referansealternativet da de verken er vedtatt eller bevilget budsjett til.

Økt mengde gods på denne strekningen vil medføre økte klimagassutslipp fra jernbanetransporten. Samtidig vil netto effekt i transportsystemet være en reduksjon i klimagassutslipp, da tilsvarende transport på vei vil slippe ut mer klimagasser, i alle fall med dagens teknologi.

6.2.3 Kjoretøy

Endring i kjøretøy kan også innvirke på utviklingen av utslippene fra jernbanen. Totalforbruket og utslippene hos enkelte jernbanekjøretøy er en konsekvens av mange faktorer, og hvor alle ikke nødvendigvis utvikles i en retning som er til fordel for energiforbruket.

Det benyttes en god del gammelt materiell, og noe svært gammelt materiell på de ikke-elektrifiserte strekningene. Nyere motorvognsett og lokomotiver kan forventes å ha mer energieffektive fremdriftssystemer enn kjøretøy laget for 30 år siden, hvilket vil påvirke energiforbruket. Eksempelvis er det mulig at nye dieselskjøretøy vil bli utstyrt med batterier som kan lagre den energi som motorene regenererer ved elektrodynamisk bremsing (motorbrems), og at denne energien blir siden brukt i toget, noe som reduserer totalforbruket av fossil diesel. Dette forutsetter at toget har diesel-elektrisk driftssystem, dvs. dieselmotor, generator og elektrisk drivsystem med batterier.

Det pågår samarbeid gjennom *Europes Rail-programmet*, for å utvikle lettere persontogkjøretøy og mer energieffektive ombordsystemer. Dette kan på sikt bidra til å redusere utslippene fra nyere kjøretøy.

Toglinjene som trafikkerer ikke-elektrifiserte strekninger har lavere passasjergrunnlag og lavere topphastighet enn de fleste toglinjene på Østlandet, som står for mesteparten av persontogtrafikken i Norge. Når kjøretøyene skal byttes ut, må det gjøres vurderinger av egenskaper hos kjøretøyet og kjøretøyflåten som står i motsetning til hverandre, hvor eksempelvis standardisering av kjøretøyflåten må veies mot tilpasninger til enkelte strekninger. Toglengder og maksimal hastighet er noe som kan tilpasses enkelte strekninger. God tilpasning mellom togtilbud og kjøretøyet (riktig dimensjonering av makshastighet, ombordkapasitet osv.) vil generelt sett gi lavest mulig CO₂-utslipp for det transportarbeidet som skal gjennomføres med nye diesel-drevne kjøretøy. Dersom utslipp ut over framdrift (transport av energibærere, utbygging, bygging av kjøretøyene) også vurderes, vil dette gjelde alle nye kjøretøy.

Norske tog er i gang med å anskaffe nye kjøretøy til fjerntogstrekningene, og disse strekninger inkluderer ikke-elektrifiserte baner. De nye kjøretøyene vil påvirke tilbudet på fjerntogstrekningene og vil medføre at disse vil bli trafikkert med moderne tog.

6.3 Forventet utvikling i drift, vedlikehold og fornyelse av jernbanen

Intensiteten på arbeidet med drift, vedlikehold og fornyelse er i stor grad drivende for utslippene fra maskinbruk på jernbanen, og gir dermed også en indikator på hvordan utviklingen kan forventes å bli.

Nasjonal transportplan 2022-2033 legger opp til en vesentlig økning av fornyelse av infrastrukturen sammenlignet med bevilgningene i tidligere år. Det bevilges i snitt ca. 10 mrd. per år i perioden 2022-2027 og ca. 12 mrd. per år i perioden 2028-2033 (Samferdselsdepartementet, 2020-2021, s. 173). Av disse vil 100 mrd. kroner gå til vedlikehold og fornyelse over planperioden (ibid., s. 174). Bevilgningene til drift, vedlikehold og fornyelse av jernbanen har jevnt over økt de siste 10 årene, men ofte i mindre grad enn det som har blitt skissert i de nasjonale transportplanene for perioden. For 2022 ble det kun bevilget 7,6 mrd. kroner til drift og vedlikehold (Samferdselsdepartementet, 2021, s. 15), sammenlignet med forventede 10 mrd. per år i snitt for perioden. Bevilgningene til drift og vedlikehold forutsettes økt gjennom perioden slik at økning i etterslep av vedlikehold stoppes opp og etter hvert reduseres mot slutten av perioden. I tillegg kommer fornyelse (utskifting) av signalanleggene til ERTMS, som bevilges over investeringsbudsjettet.

Dersom bevilgningene til drift og vedlikehold av jernbanen realiseres iht. Stortingsmeldingen for NTP 2022-2033, vil det innebære en økt bruk av arbeidsmaskiner, og dermed økte totale klimagassutslipp, dersom utslippintensiteten på utført arbeid går ned som følge av bl.a. ny teknologi.

Bruk av ny teknologi som effektiviserer vedlikeholdsarbeidet kan imidlertid både bidra til at vedlikeholdsmidlene strekker lengre, og at de medfører noe mindre utslipp. For eksempel har Bane NOR i flere år jobbet med å innføre smart og prediktivt vedlikehold, ved å bruke maskinlæring og sensorer til å oppdage feil på komponenter før de medfører stans i togtrafikken¹⁶. De har også innført bruk av droner i vedlikeholdsarbeidet, både til inspeksjoner og selve vedlikeholdet¹⁷. Det gir mer målrettet vedlikehold, og redusert bruk av diesel til anleggsmaskiner i deler av vedlikeholdsarbeidet. Mange av de omfattende og regelmessige vedlikeholdsaktivitetene på jernbanen, slik som skinnesliping, vil fortsatt måtte gjøres med tunge dieseldrevne maskiner, med mindre det anskaffes maskiner som benytter energikilder med lavere utslipp. Det foreligger ikke beregninger av effekten av smartere vedlikehold på utslippene av klimagasser fra jernbanen, da hovedhensikten er å få midlene til drift og vedlikehold til å strekke lenger, samt redusere driftsforstyrrelser på jernbanen.

¹⁶ Se bl.a. <https://www.banenor.no/Nyheter/Nyhetsarkiv/Arkiv/2018/finner-feilen-for-den-feiler/>.

¹⁷ Se bl.a. <https://www.banenor.no/Nyheter/Nyhetsarkiv/Arkiv/2018/selvkjørende-robotdrone-smorer-sporveksler/> og <https://www.nrk.no/trondelag/bane-nor-inspiserer-gamle-jernbanebroer-i-stein-med-drone-1.15529514>

6.4 Utvikling av alternative energibærere

En mulig løsning for å oppnå nullutslipp fra jernbanetransport og arbeidsmaskiner er å bruke alternative energibærere. Det forventes at utviklingen av forskjellige energibærere vil tilta, og at dette vil innebære lavere kostnader, økt tilgjengelig og i større grad standardisering av løsninger.

De fleste europeiske land arbeider nå aktivt med å erstatte fossil diesel. For eksempel satser *Europes Rail* på utvikling av *Technology Readiness Level 7* (TRL 7) for hydrogen- og batteridrift innen 2026, og det er forventet TRL 9 i løpet av 2030. *Europe Rail* har fokus på hydrogen og batterier som nullutslippsløsninger, men i dette kapittelet er det både en kort beskrivelse av utviklingen for batteri og hydrogen, men også derivater, biogass og biodiesel.

6.4.1 Batteri

Den historiske utviklingen og dagens voksende etterspørsel av batterier gir grunn til å anta at det vil bli en større utbredelse av batteriteknologi også i fremtiden. Produktutviklingen er markedsmotivert, og nyutviklede batterier vil først og fremst finnes i de største markedene. I denne sammenheng er jernbanen et lite marked som vil ligge i etterkant av andre større markeder, som for eksempel biler og busser. En forventet effekt av dette er at nyvinning og utvikling i markeder med store volumer relativt raskt vil kunne overføres til mer marginale markeder, som for eksempel jernbane.

Økt fokus på klima og miljø vil trolig være en effektiv driver for å finne løsninger på utfordringer, slik som eksempelvis godkjenninger, sikkerhetskrav og standardisering av tekniske løsninger, som i lengden vil effektivisere implementeringen av batteridrift på jernbane. Klima- og miljøhensyn kan også bety et ansvar for å velge de best egnede batteritypene med hensyn på ressursbruk, etiske forhold ved utvinning av mineraler og resirkulering av bestanddelene i batteriene. Ved å standardisere batterier for jernbanetraffikk kan resirkulering av disse batteriene også effektiviseres, gitt at materialsammensetningen er kjent. Derfor kan resirkuleringsprosessen forkortes og optimaliseres, og i tillegg ha større mengde kasserte batterier, hvilket resulterer i høyere andel resirkulert materiale. Uten resirkulering risikerer konkurransen om batteridrift i forskjellige transportslag å bremse utviklingen med full elektrifisering på grunn av begrensede ressurser og produksjonstakt.

Teknologiutviklingen har betydning for hva slags infrastruktur man skal bygge og omfanget av den. Utviklingsbehovet er ulikt mellom store godstog, små godstog/store persontog og mindre persontog. En ladeinfrastruktur som blir tilpasset store godstog med dagens batteriteknologi, vil være overdimensjonert for dagens mindre persontog. På samme måte vil en ladeinfrastruktur tilpasset mindre persontog ikke være tilstrekkelig for store godstog, men gjennom batteriteknologiutvikling vil ladeinfrastrukturen kunne være tilstrekkelig i fremtiden. Batteriteknologiutviklingen er derfor en viktig aspekt ved dimensjonering av ladeinfrastruktur.

Prisen på batterier forventes å reduseres som følge av en forventet økt standardisering, større produksjonsvolum og batteriteknologiutvikling, som dermed resulterer i et lavere prisnivå. Geopolitikk, eksempelvis gjennom konkurranse om de viktige mineralene som kreves for produksjon av batterier kan påvirke prisen. Et annet aspekt som påvirker prisen er hvor effektiv og kosteffektiv gjenvinning av forbrukte batterier kan bli, spesielt ved råvareknapphet i markedet.

Den videre utviklingen av batteriteknologi vil sannsynligvis også gjøre det mulig å installere en økt energimengde i batterikjøretøyet per volum og vekt, noe som kan utnyttes til flere forhold, blant annet økt robusthet i drivstoffkonseptet, lengre levetid for batteriene, kortere ladetid, men også lavere drifts- og investeringskostnader. Fortsatt utvikling av ulike typer av batterikjemier, eksempelvis mer utbredt bruk av såkalte høyeffektbatterier (hvor høyenergibatterier er den mest utbredte typen i dag) kan også muliggjøre raskere lading og dermed redusere behovet for store batterier (målt i MWh). En slik løsning kan gi kortere ladestrekninger eller bedre mulighet med lading ved stillstand. Det skal nevnes at hurtig ladehastighet oftest er en avveining mot høyere energitetthet (energi per volum og/eller vekt) eller lang levetid. Dette er et eksempel på at det ikke er mulig å maksimere alle de egenskaper som er gunstige for et batteridrevet tog samtidig.

Flere store batteriselskaper utvikler batterier for jernbanekjøretøy, og flere av de største leverandører av jernbanekjøretøy tilbyr batteriløsninger. Teknologien er fortsatt i rask utvikling, men teknologiutviklingen er likevel ikke en avgjørende faktor om batteridrift er mulig. Teknologiutviklingen har imidlertid påvirkning på

kostnadsnivået, og hvilke løsninger som kan velges. Eksempelvis helbatteri, deelektrifisering, hurtiglading eller hybrid drift.

På grunn av det begrensede omfanget av antall batterikjøretøy på det norske jernbanemarkedet er det antatt at eventuelle valg av batteritekniske løsninger i stor grad vil preges av behovene i Sentral-Europa, der det er et mer betydelig volum. Det antas videre at det vil være et mindre behov for ny ladeinfrastruktur i Sentral-Europa, der eksisterende banestrøm sannsynligvis kan benyttes til ladestrekninger for potensielle trafikkopplegg. Dette medfører at energimengden i batterier for de fleste kjøretøy trolig vil tilpasses en kjørelengde på 80- 120 km i relativt flatt terreng, uten lading. Batteriutvikling som går ut over dette vil da trolig benyttes for å styrke robustheten og øke sikkerhetsmarginene, eller for å forbedre forventet levetid ved å minke belastningen på batteriet.

6.4.2 Hydrogen

Historisk har hydrogen i Norge først og fremst blitt anvendt til amoniakkproduksjon, og det har hovedsakelig blitt produsert grå hydrogen, med opphav fra fossil naturgass. Til tross for at det har blitt etablert noen hydrogenstasjoner for veitransport ment for hydrogen produsert ved hjelp av elektrolyse (grønt hydrogen), så har ikke markedet tiltatt nevneverdig. Markedet i Norge fikk også et tilbakeslag i forbindelse med eksplosjonen i Sandvika i juni 2019, som stanset videre ekspansjon av fyllstasjoner i Norge. Den norske hydrogenstrategien fokuserer på fossilfri hydrogen, men inkluderer også i stor grad blå hydrogen, (hydrogen fra naturgass med fangst og lagring av CO₂). Generell forklaring av forklaring typer av hydrogen er beskrevet i Tabell 2.

Tabell 2: Typer av hydrogen

Type hydrogen	Beskrivelse
Grønt hydrogen	Hydrogen produsert med elektrolyse som produseres av fornybar elektrisitet
Blått hydrogen	Hydrogen som produseres av omdanning av naturgass hvor CO ₂ fanges og lagres/benyttes ved hjelp av CCS-teknologi
Rosa hydrogen	Elektrolyse som produseres av kjernekraft
Gult hydrogen	Elektrolyse som produseres av solenergi
Turkist hydrogen	Hydrogen produsert gjennom pyrolyse av fossilt brensel
Grå hydrogen	Hydrogen produsert gjennom omdanning av naturgass der utslippene emitteres til atmosfæren
Brun/Svart hydrogen	Hydrogen produsert gjennom omdanning av kull med utslipp til atmosfæren

Interessen for hydrogen og dets derivater har imidlertid økt kraftig de siste årene og regnes i dag som en av de viktigste bidragsyterne til å redusere klimagassutslippene, særlig innenfor industrien. Spesielt er grønt hydrogen fordelaktig da den kan anvendes som drivstoff i tradisjonelt vanskelig elektrifiserende sektorer, men uten å produsere CO₂ ved bruk. Dette har medført at enkelte aktører investerer sterkt i økt produksjon og da spesielt grønt hydrogen. Det planlegges i dag over ti storskala hydrogenprosjekter i Norge, med en samlet elektrolysekapasitet på omtrent 2 GW. Dette tilsvarer rundt 10 % av Norges nåværende kraftproduksjon.

Det siste årets strømprisøkninger har imidlertid økt usikkerheten for flere av disse prosjektene da en grunnleggende del av produksjonsberegningen er basert på god tilgang på fornybar strøm til lave priser. Som med alle drivstoff, avhenger energieffektiviteten av hvilke systemgrenser som er satt og hvilke reststrømmer som brukes. 1 MW strøm via elektrolyserør, kompresjon, lagring, dekompresjon og brenselcelle genererer omtrent 0,3 MW strøm. Utnytter man restvarme, oksygen og så videre øker effektiviteten. Hydrogen har derfor, i likhet med biogass, større fordeler dersom de er sektortilknyttet enn som et enkelt drivstoff, samtidig som strømprisen vil være en viktig del av utviklingen. Regjeringen og oljeindustrien satser i tillegg stort på blått hydrogen, gjennom prosjektene for fangst og lagring av CO₂.

Dersom dette viser seg vellykket, vil dette kunne skape svært store mengder blått hydrogen. Disse prosjektene vil også kunne løse industriens behov for fangst av CO₂. Kommersialiseringen har allerede startet. Eksempelvis har Hydro allerede inngått avtaler om leveranse av fanget CO₂.

Videre pågår det også en rask utvikling av hydrogenektoren i resten av Europa. I Sverige anses det for å være løsningen på klimagassutslippene hos flere industrier, blant annet innenfor stål-, kjemi- og raffineringindustrien, men også for fly- og skipsdrivstoff. Disse forventes å stå for en betraktelig økning i strømforbruket i Sverige da produksjon av grønt hydrogen i dag er marginal. Det er også foreslått å bruke hydrogen til tog på den ikke-elektrifiserte Innlandsbanan¹⁸. Det anslås at det svenske strømforbruket vil øke med over 50 % grunnet hydrogenproduksjon¹⁹. Samtidig har EU med programmene *REpowerEU* og *Fit for 55* trukket frem hydrogen som en avgjørende faktor for å redusere Russlands innflytelse på EU. USA har også nylig fastslått at hydrogenindustri er en av faktorene som skal brukes til å snu en nedgang i økonomien. Imidlertid er lagring av Hydrogen en utfordring da enten transportrør (pipelines) eller mulighet for å lagre hydrogenet krever en infrastruktur som ennå ikke finnes i stor skala²⁰.

Vurderinger av markedet tilsier at det er sannsynlig med en etterspørsel høyere enn tilbudet av hydrogen i nær fremtid, og at det derfor vil være en utfordring å få tilgang til grønt hydrogen. Flere regjeringer og aktører fremhever at veksten i produksjon og bruk av hydrogen vil være preget av klynger, det vil si steder der hydrogen både produseres og brukes av lokale aktører. Det avhenger dels av tekniske og sikkerhetsmessige faktorer knyttet til å transportere hydrogen, men også den økte lønnsomheten som klynger kan utnytte, eksempelvis i form av restvarme.

Prisingen forventes derfor å fortsette å variere mellom disse lokale og regionale markedene. Det forventes at et felles marked kan etableres rundt 2030, men fortsatt ha et sterkt regionalt preg knyttet til fremvoksende klynger hvor hydrogen brukes og produseres. Man ser derfor at flere aktører går sammen om hele verdikjeder for produksjon og bruk, eksempelvis hydrogenforbruker, vindkraftprodusent, oksygenforbruk og oppvarmingsbehov i en klynge.

Oppsummert er det foreløpig ingen utbredt bruk av hydrogen, men det er grunn til å tro at klimasatsningen i en rekke næringer vil øke etterspørselen betraktelig. Dermed vil det muligens bli økt konkurranse for hydrogen, men også elektrisitet, grunnet hydrogenproduksjon.

Det første hydrogenrevne toget var allerede på markedet i desember 2020, og det er allerede hydrogenrevne tog i flere europeiske land, blant annet Østerrike, Tyskland, Spania og Italia. Det finnes også en rekke tester og pilotprosjekter flere steder i Europa. Såkalt retrofitting av dieseltog som skal kunne drives på hydrogen er blant prosjektene som blir testet og noe som har blitt veldig aktuelt. Norge har spesielle forhold med hensyn til klima, topografi og tunneler, og det er per dags dato ikke testet hydrogentog med de forutsetningene som er i Norge. Det har i tidligere utredning av Jernbanedirektoratet blitt identifisert mulige hindringer for hydrogentog i Norge på grunn av manglende erfaring og tilfredsstillende bevis for sikker drift i tunneler. Dette er en stor usikkerhet rundt teknologien og sikkerhetsaspektene rundt bruk og lagring av store mengder hydrogen i Norge.

6.4.3 **Biogass**

Biodrivstoff er flytende eller i gassform et drivstoff som er laget av biologisk materiale, ofte kalt biomasse. Det er vanlig å skille mellom konvensjonelt og avansert biodrivstoff etter råstoffet som brukes, men også etter produksjonsmetoden. I norsk regelverk brukes begrepene konvensjonelt og avansert biodrivstoff basert på hvilket råstoff biodrivstoffet er laget av.

I 2021 var det 50 biogassanlegg i drift i Norge, som til sammen produserte cirka 700 GWh biogass, og flere nye er planlagt. Biogassanlegget har krav om å utvikle en markert direkte tilknytning til

¹⁸ Se <https://inlandsbanan.se/projekt-vatgas-i-inlandet>

¹⁹ Se <https://fossilfrittserverige.se/wp-content/uploads/2021/01/Vatgasstrategi-for-fossilfri-konkurrenskraft-1.pdf>

²⁰ Se bl.a. <https://www.rechargenews.com/energy-transition/revealed-how-bidens-3-kg-green-hydrogen-tax-credit-could-break-open-us-production/2-1-1279955>

produksjonsanlegget eller distribuert biogass med lastebil i form av komprimert biogass (CBG) eller flytende biogass (LBG). De fleste anleggene drives i offentlig sektor, men også i privat sektor øker antallet og produksjonen. Flere av de nye anleggene som planlegges i Norge skal produsere flytende biogass (LBG), som vil gjøre biogass attraktiv som fornybart drivstoff innen skipsfart og langdistansetransport.

Politiske mål om økt sortering av matavfall, bruk av stallgjødsel i biogassanlegg og økt rensing av kommunalt og industrielt avløpsvann kan sammen med full utnyttelse av avfall fra fiskeri- og havbruksnæringen øke produksjonen av energibæreren biogass opp til 2 TWh i 2035.

Det finnes i dag to ulike modeller for prising av CBG og LBG på det norske markedet. Den ene modellen er basert på produksjonskostnaden, hvor transportkostnad og servicemargin legges til sluttprisen. Den andre modellen er basert på en naturgassindeks, hvor tilleggskostnader for biogass og transport kommer i tillegg. I denne modellen leveres gassen vanligvis etter massebalanseprinsippet, hvor leverandøren kjøper en bestilt mengde biogass, men leveransen kan bestå av naturgass eller en blanding av naturgass og biogass, og molekylene som brennes kan derfor være av fossil opprinnelse.

I dag er teknologien for å bruke biogass som drivstoff i tog med forbrenningsmotor stort sett ferdig utviklet. Produksjonen av biogass i seg selv blir ikke sett på som et hinder, det produseres nok drivstoff til å dekke behovet. Det pågår også forskning for å produsere biogass fra flere ulike råvarer og dermed muliggjøre økt produksjon i fremtiden. Det er imidlertid ikke stor aktivitet blant togprodusentene for å produsere tog som går på biogass. De fleste av togleverandørene har andre planer om å utvikle produksjonen av tog enn med biogass som drivstoff. Det har også vært en diskusjon om sikkerheten rundt bruk av gass iblant annet tunneler.

Biogassmarkedet i Europa er primært fokusert på elektrisitets- og/eller varmeproduksjon. I 2018 var det kun Sverige, Tyskland, Finland og Østerrike som brukte biogass til transportsektoren spesifikt, selv om flere land er lagt til, er det fortsatt et stort fokus på elektrisitets- og/eller varmeproduksjon fremfor transportsektoren.

I 2005 var Sverige først i verden til å sette i drift et tog kun drevet av biogass. Toget ble ombygd fra en dieseldrevet motor som en del av et toårig pilotprosjekt. Toget ble utviklet av *Svensk Biogas* til en pris av cirka ti millioner kroner, det kunne nå en toppfart på 130 km/t og kan kjøre cirka 600 km på full tank. Toget kjørte på strekningen Linköping-Västervik, men ble tatt ut av drift etter fem år blant annet på grunn av manglende gode muligheter for å fylle toget på begge endestasjonene og restriksjoner for rullestolbrukere å reise med toget. Hadde toget hatt bedre påfyllingsfasiliteter, er det mulig at det fortsatt ville vært i drift i dag da vedlikeholdskostnadene var de samme som den forrige dieselmotoren og det ikke opplevde noen driftsproblemer. I 2020 investerte Storbritannia også i biogassdrevne tog. GBP 60 000 ble investert i selskapet *Ultra Light Rail Partners* for å utvikle et tog drevet av biogass. Eksemplene viser at teknologien finnes, men at den ikke er vanlig i bruk, noe som kan bli en utfordring i videre utredning.

6.4.4 Biodiesel og HVO

Biodiesel er et drivstoff som ligner fossil diesel, men som ikke er produsert av petroleumsprodukter. Biodiesel kan mer eller mindre produseres av alle typer biologisk fett hvor vanlig fett er f.eks. raps, soya, mais og palmeolje, men også brukt fett fra f.eks. restauranter. Det er også mulig å produsere biodiesel fra animalsk fett som smult og talg. Valget av råstoff kan imidlertid påvirke bruken til kjøling så vel som utslippene. En viktig faktor som har vært mye diskutert er opprinnelsen til råstoffet der, f.eks. palmeoljebasert biodiesel har blitt kritisert for sin innvirkning på regnskogen og annen matproduksjon. Noen varianter av biodiesel er;

- Hydrogenert vegetabilsk olje (HVO), som kjemisk sett er veldig lik fossil diesel og dermed kan erstatte fossil diesel 100 %. HVO har litt lavere tetthet og energiinnhold enn fossil diesel. Som andre biodieselvarianter er råvarene enten vegetabilsk olje (f.eks. furuolje) eller animalsk fett (fra f.eks. slakterier), men det er også brukt bioprodukter fra palmeoljeproduksjon. Det som skiller er produksjonen, hvor hydrogen også brukes til å kopiere dieseloljens hydrokarbonkjeder.
- Rapsmetylester (RME) bruker hovedsakelig rapsolje og metanol som råmateriale og (som katalysator) kalium eller natrium. RME er ofte brukt og kan brukes i dieselmotorer. RME brukes både spesifikt og også blandet inn i vanlig diesel i flere europeiske land.
- Fatty Acid Methyl Ester (FAME) bruker også råvarer som vegetabilsk olje eller animalsk fett gjennom transesterifisering, FAME er et vanlig dieseldrivstoff og lignende bruksområder som RME.

Tilgjengeligheten av biodiesel er relativt god og brukes i betydelige mengder i renovasjonsbransjen. Med regelverk for økt innblanding av biodiesel i både Norge, Norden og resten av Europa forventes både etterspørsel og tilbud å øke. En utfordring kan være at det er svært begrenset biodieselproduksjon i Norge, med bare anvendelse av 1,1 % norskprodusert biodiesel i 2018. Utviklingen går mot en større andel norskprodusert biodiesel, men utviklingen går sakte. Effekten av denne utfordringen reduseres noe ved at de i naboland som Sverige er planer om å utvide produksjonen kraftig. I 2019 fantes det bare ett produksjonsanlegg av biodiesel i Norge, og denne svenskeide fabrikken produserte ca. 100 000 tonn biodiesel per år. Nesten all norsk biodiesel blir eksportert, med lav anvendelse av norskprodusert biodiesel som en konsekvens, samtidig som biodieselen som produseres i Norge importeres fra andre land. I 2021 var importen til Norge på 225 000 tonn, sammenlignet med en eksport på 64 000 tonn.

Bruken av biobrensel i den norske transportsektoren har økt kraftig siden 2015, og ligger i dag rundt 20 %, der en stor andel består av biodiesel. Ettersom bruken av biodiesel også øker i andre transportsektorer, kan det gi opphav til konkurranse og økt import, med mindre innenlandsk produksjon øker. En utfordring er, som tidligere nevnt, at den må tilpasses ved bruk i kulde og at den eneste produsenten av vinter-HVO er finske Neste (som møter kravene til kuldeegenskaper i diesel for bruk i vinterhalvåret).

Til bruk på jernbanen er andregenerasjons HVO biodiesel mest egnet. Denne typen biodiesel kan brukes allerede i eksisterende dieselmotorer, vel å merke med tilpasninger. I England har DB Cargo UK vist at ombyggingen av et tunggodstog var mulig. Det ble ombygget til å bruke 100 % HVO biodiesel, kunne dra en last på 2 500 tonn, og ombyggingen hadde bare ubetydelig påvirkning på lokomotivets produksjon.

Det kan også være aktuelt å bruke tog drevet av biodiesel på områder der elektrifisering ikke er aktuelt, for eksempel bruksområder med behov for høy effekt og få driftstimer. Det er verdt å merke seg at den eksisterende flåten av dieseltog er på vei mot slutten av sin levetid, og framtidige tog kommer trolig ikke til å være av samme modell. Ombyggingen til biodiesel kan være en midlertidig løsning fram til nyere metoder implementeres, for å nå de nasjonale reduksjonsmålene for CO₂-utslipp.

Ettersom det fremdeles er billigere med vanlig fossil diesel enn med biodiesel, er det mange nye teknikker og metoder med pilotprosjekt for å få til mer kostnadseffektiv produksjon av biodiesel. Neste generasjons biodiesel (generasjon 3) undersøker muligheten for å bruke fettgenererende alger for produksjonen av biodiesel.

6.5 Tilgang på kjøretøy i fremtiden

Som det fremgår av kapittel 5, så er det forventet at tilgangen til dieselskjøretøy vil være begrenset, og at det vil bli en økt tilgjengelighet på kjøretøy med alternative energibærere og hybride løsninger. Markedet for alternativer til dieselskjøretøy utvikles stadig, og dette kan understøttes av den pågående utviklingen i eksempelvis Tyskland, der flere delstater har bestilt batterikjøretøy til jernbanedrift, og der det også har blitt testet og godkjent drift med både batterier og hydrogen. I takt med denne utviklingen og det økende antallet kjøretøy med alternativer til diesel, så forventes det at eiere av infrastruktur og kjøretøy vil få en stadig sterkere oppfatning om- og tiltro til hvilke alternativer som er mulige for deres spesifikke behov. Dette vil i sin tur sannsynligvis øke etterspørselen på disse alternative løsningene og akselerere utviklingen ytterligere.

I dag er det en forskjell i markedsandeler mellom de ulike energibærerne. Jernbanekjøretøy med batterier er i Europa det alternativ til fossil diesel som har størst markedsandel. Den sterke utviklingen innenfor batteriteknikk og batterikjøretøy generelt og markedets etterspørsel etter jernbanekjøretøy med batterier for fremdrift i Sentral-Europa forventes gi god tilgang på kjøretøy med batteriteknologi. Dette styrkes også av de produkter som jernbanekjøretøyprodusentene presenterer, der flere tilbyr batteridrevne kjøretøy.

Hydrogen har til dags dato ikke så stor markedsandel som batteri og har hovedsakelig blitt brukt i testsammenheng, men det finnes flere leverandører av kjøretøy som arbeider med å utvikle, markedsføre og tilby denne type teknologi. Teknologien er også blitt tatt i bruk i persontrafikk på jernbanen i Tyskland. Hydrogenteknologi har noen fordeler som gjør at den forventes å bli etterspurt – og at tilgang på jernbanekjøretøy vil være god. Dette styrkes også av de produkter som produsentene tilbyr, deriblant flere hydrogendrevne kjøretøy.

I 2005 var Sverige først i verden til å sette i drift et tog kun drevet av biogass, som beskrevet i kapittel 6.4.3. Teknologien brukes pr i dag ikke i noen utstrakt grad på jernbanen. Biogass forventes være svært

avhengig av etterspørsel, og det er pr i dag liten aktivitet fra kjøretøyprodusenter for å utvikle kjøretøy som baserer seg på biogass som energibærer. Tilgangen på jernbanekjøretøy med denne teknologien er forventet å være lav.

Siden noen typer biodiesel kan brukes på lik linje med fossil diesel, utgjør alle transportmidler som bruker fossil diesel et marked for biodiesel. Det er hovedsakelig tunge kjøretøy som bruker ren biodiesel som energibærer i dag. En stor andel av den tunge kjøretøyparken er konstruert for å kunne bruke biodiesel i samme drivlinje som normalt bruker diesel. Som tidligere nevnt så er det forventet at tilgangen til dieselskjøretøy vil være begrenset, hvilket også inkluderer kjøretøy med biodiesel.

6.6 Utvikling av kunde- og brukerkrav

Det forventes at kundene og brukerne vil stille skjerpede krav til energieffektivitet og reduksjoner i utslipp og annen uønsket miljøpåvirkning fra transport generelt, og dette inkluderer også jernbanetransport.

Det forventes at jernbanens kunder for både gods- og persontog i økende grad vil kreve at transporten skal være utslippsfri, og dette kan forventes å også gjelde for jernbanen. I sin undersøkelse av konsekvensene av Covid-19 på etterspørselen etter fjerntogreiser, oppgir 25 % av de som vil endre bruken av fjerntog, at dette skyldes ønsket om å reise mer miljøvennlig i framtiden (Multiconsult, 2022).

I godsnæringen ser vi at et økende antall aktører ønsker seg utslippsfri transport for sine kunder. Posten/Bring er en stor aktør for transport i Norge, og har som mål å ha netto null utslipp fra veitransport i 2040 og netto null utslipp fra hele virksomheten i 2050. NorgesGruppen har et mål om at virksomheten – butikker, lagre, distribusjon og produksjon – skal drives klimanøytralt innen 2030. Allerede innen 2025 skal deres utslipp være halvert sammenlignet med 2019. ASKO har et ambisiøst program for utslippsfri varetransport innen 2026. Dette skal nås gjennom stor grad av elektrifisering på veitransport, autonom batteriferge og ved å flytte gods fra vei til jernbane. Direktør for kvalitet og miljø i ASKO, Knut Aaland, bekrefter at dieselsrekningene vil være en utfordring i så måte. I dag er jernbane førstevalget på disse strekningene, spesielt Nordlandsbanen på grunn av dens lengde. Fra 2026 kan det derfor bli aktuelt å løse klimautfordringene på disse strekningene med elektriske eller hydrogenelektriske veikjøretøy inntil de aktuelle jernbanestrekningene er blitt utslippsfrie.

En økende andel av jernbanens kunder anser nullutslipp av klimagasser som en av jernbanens fordeler, og omstillingen til nullutslippsløsninger bør skje ut fra et slikt perspektiv, i tillegg til de momentene som nevnes ovenfor med en utløpt kjøretøyflåte og framtidige kostnadsøkninger. Samtidig finnes det nok liten vilje til å forringe kvaliteten på togopplevelsen, som for eksempel lengre framføringstid. Lavere sikkerhet vil heller ikke godtas, noe som bl.a. er et viktig moment for hydrogentog da utslipp i ikke-ventilerte områder, slik som tunneler, kan være farlig. Her kan tidligere pilotstudier og utviklingen i Sentral-Europa være opplysende og veiledende, ettersom hydrogentog faktisk har blitt tatt i bruk i persontrafikken.

Arbeidskjøretøy bør heller ikke bli dårligere, hverken ytelses- eller sikkerhetsmessig. Infrastrukturforvalter og entreprenører presses på tid og pris og har strenge krav til sikkerhet som skal innfris. Utslippsfrie løsninger som yter dårligere eller gir lavere sikkerhet enn eksisterende arbeidskjøretøy vil være krevende å få tatt i bruk.

Lokale utslipp fra tog er heller ikke ønskelige, spesielt i tettbygde strøk, noe som vil oppstå for noen av energibærerne som er nevnt. Selv om de alternative energibærerne kan antas å være CO₂-nøytrale, avhengig av produksjonsmetode, er det ikke ønskelig med skadelige og/eller ubehagelige lokale utslipp.

6.7 Utvikling i konkurransen mellom transportformer

Vei- og sjøtransport vil bli mer miljøvennlige og mer energieffektive. Jernbanen vil med fortsatt dieseldrift kunne miste noen av sine argumenter for klimavennlig transport på de ikke-elektrifiserte strekningen, dersom ikke utslippene også forbedres på jernbanen – til tross for at fortrinn som å redusere trengsel på veiene og redusere faren for trafikkulykker er argumenter for fortsatt transport på jernbanen.

Som nevnt tidligere har en overgang til 100 % fossilfri jernbane ikke blitt prioritert like høyt som vei, sjø og etter hvert luft. Dermed kan disse bransjene ligge i forkant av jernbanen og har gjort investeringer som konkurrerer med mulige investeringer i jernbanesektoren. For eksempel skjer det en omstilling i sjø- og flytrafikken der drivstoffet vil bestå av elektrofuel, i form av eMetanol. Dette kan resultere i at tilgangen på

nettopp eMetanol kan bli begrenset for togtrafikken, med mindre planlagt produksjon økes i takt med etterspørselen. Selv innblanding av biodrivstoff for biler har et økende marked i Norge som følge av innretningen av avgiftspolitikken. Hvorvidt en slik politikk kan gagne biodrivstoff for togene er ikke klart.

I Norge er elbilandelen stor som følge av kraftig avgiftslette relativt til fossile biler, og andre fordeler, som startet tidlig i begynnelsen av 2000-tallet. Det er mulig at det blir stopp i salget av fossile biler skjer allerede i 2025. Når det gjelder batteriene som benyttes i den økende flåten av personbiler, kan det oppstå mangel på metaller og mineraler for noen batterityper, men det gjør bare at batteriutviklingen tar en annen retning som gir andre batteriegenskaper. Tunge kjøretøy har like transport- og bevegelsesmønstre som tog, og elektrifisering av tunge kjøretøy på vei kan bidra til at den dieselbaserte jernbanen mister markedsandeler. Avgiftene på fossilt drivstoff er ulik eksempelvis mellom bane og vei. Dette påvirker både konkurransen og teknologivalg.

6.8 Utvikling i myndighetskrav og reguleringer

Skjerpede krav og regelverk fra EU, Staten og lokale myndigheter kan påvirke både pris og tilgjengelighet på de nevnte energibærerne. Selv om Norge ikke er en del av EU, er vi sterkt preget av det europeiske markedet, som igjen er styrt av EUs regelverk. Først og fremst påvirker EUs taksonomi²¹ (systematiske klassifisering) for bærekraftige investeringer hvilke drivstoff som anses som bærekraftige og dermed verdt å investere i, samt *Fit for 55*, som har som mål å redusere klimautslippene med 55 % innen 2030 sammenlignet med 1990.

Når det gjelder biodiesel, er tilgjengeligheten av råstoffet biomasse et kritisk aspekt. Den påvirkes av EUs virkemidler, inkludert taksonomien som klassifiserer biomasse som et overgangsmiddel, men som kan være bærekraftig avhengig av visse forhold. Skognæringens interesser står i motsetning til andre aspekter, som at;

- økt bruk av biomasse reduserer opptaket av karbon i skogen
- har fare for negativ påvirkning på naturmangfold
- risiko for konkurranse med matproduksjon.

Selv reguleringen *Land Use, Land Use Change and Forestry* (LULUCF), som påvirker skogråstoffet i EU, kan gi redusert tilførsel da skogen ifølge den må ta opp mer karbon enn i dagens situasjon. Norge har reduksjonsplikt til å blande inn biodrivstoff til en viss kvote hvor alt drivstoff har veibruksavgift. På den annen side, dersom mer drivstoff blir biobasert, er dette avgiftsfrittatt og gagnar dermed økt mengde biodrivstoff til personbiler og annen veitrafikk.

Rammene satt av EU angående forbruk av biodrivstoff er gjennomgått i *Renewable Energy Directive* (RED) utgitt i 2009 samt RED II (2018) som ble revidert i RED III (2021) gjennomgå rammene satt av EU angående forbruk av biodrivstoff. Flertallet av medlemslandene er under målet om 10 % bruk av biodrivstoff innen 2020 som ble satt i det første direktivet. Medlemslandene har vært nødt til å sette egne betingelser rundt biodrivstoff for å nå disse målene, noe som har ført til ulike insentiver, ulike tolkninger av direktivet i enkelte tilfeller og et mer fragmentert marked innen EU for biodrivstoff. Selv om Norge ikke er med i EU, har Norge valgt å implementere RED I og dermed forpliktet seg til at mengden fornybar energi som forbrukes i transportsektoren skal være minst 10 % innen 2020. Fra det nyere direktivet RED II ble det lagt inn restriksjoner på utvikling av førstegenerasjons eller såkalt konvensjonelt biodrivstoff. Disse er laget av avlinger, sukker og oljeplanter.

I dag består 87 % av Europas biodrivstoff forbruk av såkalt konvensjonelt drivstoff. Forslaget til nytt direktivet inneholder også mandater for økt produksjon av avansert biodrivstoff, som for eksempel er basert på andre typer biomasse som eksempelvis skogsavfall. Avhengig av hvordan det til slutt utformes og innarbeides i landene, kan dette påvirke tilgjengeligheten av biodrivstoff og prisnivået.

²¹ Se https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_en

I eSurveys hvor biodrivstoffprodusenter ble spurt om hvordan RED II påvirker biodrivstoffindustrien, var det tydelig at de vurderte direktivet for å hemme utviklingen i denne industrien. En årsak til dette kan være at en stor motivasjon for bruk av biodrivstoff er klimaspørsmålet, og å kunne inkludere denne bruken i landenes klimarapportering. En reduksjon i bruken av biodrivstoff generelt kan oppstå da første generasjons biodrivstoff ikke vil kunne inkluderes i klimarapporteringen etter de første 7 %. Det er en risiko for at den totale bruken av biodrivstoff går ned dersom overgangen til andregenerasjons biodrivstoff ikke skjer problemfritt. Problemet er at kostnaden for andregenerasjons biodrivstoff koster mer enn de fossilbaserte alternativene og da går kanskje overgangen i feil retning. For togtransport med bruk av biodrivstoff fører dette til en usikkerhet rundt tilgjengeligheten av biodrivstoff. Forventede innstramminger i krav til utslipp fra dieselmotorer skiller ikke mellom fossil eller biologisk opprinnelse til hydrokarbonene som forbrennes.

RED III introduserte flere nye tiltak for å komplementere de allerede eksisterende verktøyene etablert i RED I og RED II, men fokus på implementering av fornybare, lavkarbondrivstoff samt hydrogen i sektorer der muligheten for elektrifisering ikke er mulig, som transportsektoren.

Valg av batterityper er påvirket av geopolitiske endringer som kritiske overgangsmetaller og mineraler.

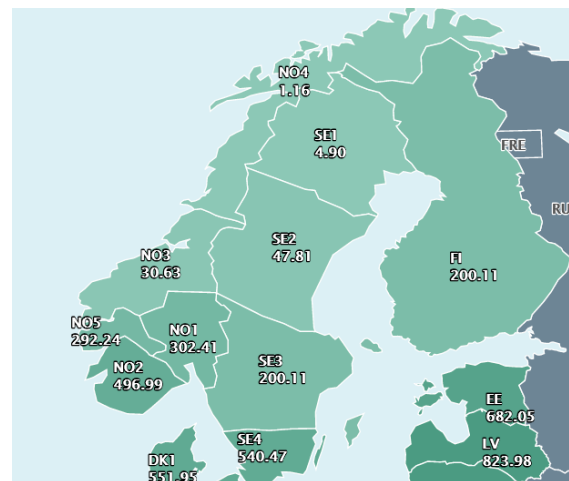
I DFØ sin utredning fra 2022 (Kilde 11) for «Lav og nullutslippskrav ved anskaffelse av ferger og hurtigbåter har de følgende anbefaling: Flytende biodrivstoff bør ikke inngå i utslippskravene

6.9 Utvikling i energimarkedet og -forsyningen

Det europeiske energisystemet står i dag overfor store utfordringer. Utfordringer som allerede har vært kjent i flere år har blitt akselerert gjennom Russlands krigføring i Ukraina med de utfordringene dette innebærer for energimarkedet. Det investeres betydelige ressurser, tid og energi i å finne løsninger for hvordan Europa kan utvikle og omstille energisystemet, men dette vil sannsynligvis ta tid, og Norge er ikke unntatt fra dette. Det er manglende overføringskapasitet i strømmettet, store regionale forskjeller med henblikk på pris, tilgang og behov, samt økende kraftbehov i samfunnet. Videre er det en økende påvirkning fra det europeiske strømmarkedet på grunn av en økning i overføringskapasitet, økt andel fornybar og intermitterende kraft, samtidig som det er en brist i mangel på utdannet personell og lange leveranstider på tekniske løsninger.

Det norske strømmettet er inndelt i fem strømregioner fra sør til nord, som vist i Figur 12. Inndelingen i strømregioner har til hensikt å håndtere flaskehalser i strømmettet som begrenser overføringskapasitet, det vil si evnen til å overføre elektrisitet over større avstander. Ettersom noen prisområder har lav produksjon, sammenlignet med forbruket av elkraft er de avhengig av import fra andre prisområder.²²

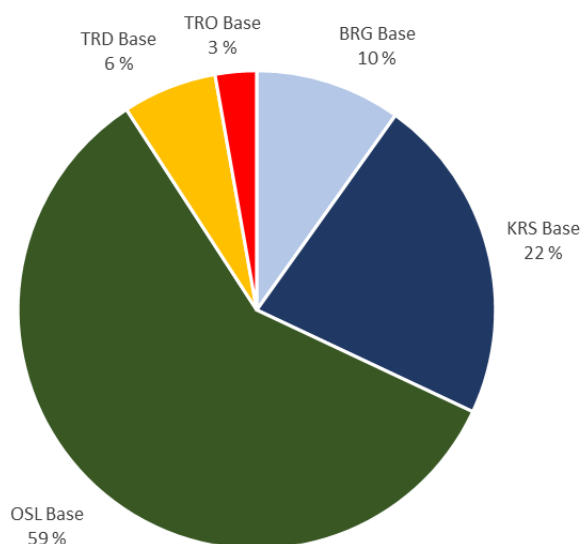
Aktørene på jernbanen kjøper strøm til kjøretøyenes fremdrift, og leverer tilbake gjenvunnet strøm, hovedsakelig basert på energimålere som registrerer forbruket og posisjonen til toget. Man belastes da forbruk og pris tilhørende den strømregionen toget befinner seg i. For tiden handler Bane NOR strøm, på vegne av togaktørene, daglig på fem års fremtidskontrakter. Dette sikrer en forutsigbar pris, uten for store kortsiktige svingninger.



Figur 12 Inndelingen av strømregioner i Norden. (kilde: Nordpool)

²² <https://www.nordpoolgroup.com/en/Market-data1/#/nordic/map>

Dersom fremtidens energisystem går over til å inkludere en økt stor andel av intermitterende variabel elektrisitetsproduksjon, vil elektrisitetsproduksjonen i økende grad skje der forholdene favoriserer slik produksjon, i tillegg vil produksjonen av elektrisitet bli stadig mer variert, dette kan både redusere, men også øke belastningen på kraftsystemet. For å opprettholde en stabil strømforsyning innenfor hvert strømområde kreves det enten forbedrede overføringsmuligheter mellom ulike strømområder, nyetablering av kontrollerbart forbruk innenfor områdene (lager eller electrofuelproduksjon), eller et redusert strømforbruk innenfor disse strømområdene. På strømbørsen Nord Pool settes markedsprisen der tilbud møter etterspørsel. Denne handelen foregår hver dag med bud per time i døgnet.



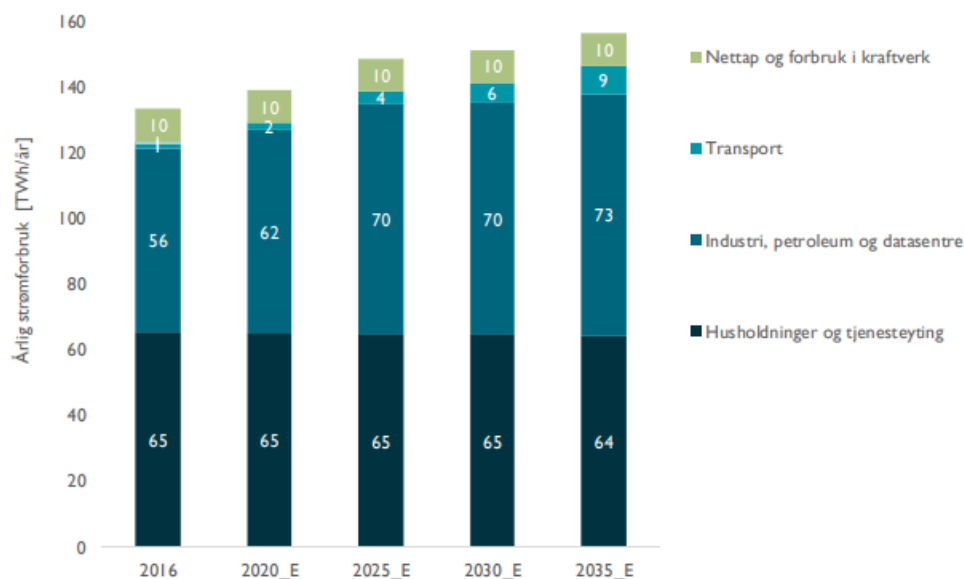
Figur 13: Andel strømforbruk per prisområde for tog (kilde: Bane Nor).

Hovedsakelig oppstår det prisforskjeller mellom landets strømregioner når det er overskudd av strøm i for eksempel prisområde 3 og 4, mens det motsatte er tilfellet i 1, 2 og 5, hvor det er størst strømforbruk. Det er ikke tilstrekkelig overføringskapasitet mellom disse regionene, samtidig som sistnevnte regioner har gode internasjonale forbindelser til høyere prisområder på kontinentet og i Storbritannia. De ikke-elektrifiserte banene Nordlandsbanen og Raumabanen ligger i prisområde 3. Nordlandsbanen går også over til prisområde 4. Det kan være en fordel å lade batterier og/eller produsere andre energibærere i disse områdene, da strømforbruket ikke er så høye i disse områdene, og energiprisene historisk sett (og i de fleste prognoser) forventes å være lavere her enn i de sørlige regionene. Solørbanen og mesteparten av Rørosbanen ligger i prisområde 1.

Avhengig av hvilken energibærer som velges for jernbanen, vil de nevnte utfordringene ha større eller mindre betydning for jernbanen. I tillegg til

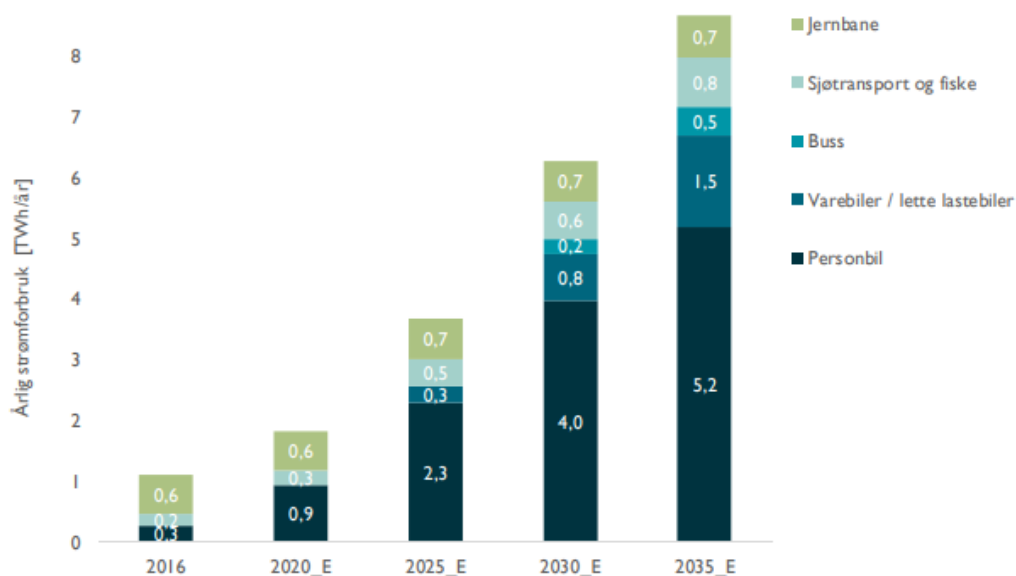
batteridrift og elektrifisering, er blant annet biogassprisen lokalt eller regionalt, og prisen på hydrogen, nært knyttet til strømprisen, ettersom den utgjør størstedelen av produksjonskostnaden for denne energibæreren.

Andre faktorer som kan påvirke markedet og forsyningen i fremtiden er produksjonsmiks, hydrologisk balanse, skatter og avgifter samt internasjonale drivstoffpriser og geopolitiske spenninger.



Figur 14: Samlet estimert strømforbruk i Fastlands-Norge per næringsgruppe (kilde: NVE rapport 43/2018 «Strømforbruket i Norge mot 2035»).

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE per 2018) estimerer at transportsektoren vil øke sitt strømforbruk vesentlig, fra 2 TWh i 2020 til 9 TWh i 2035 (se Figur 14). Det er særlig biltrafikken som forventes å konsumere den største økningen, fra 0,9 til 5,2 TWh, men også sjøtransport, buss og varetransport på vei vil øke strømforbruket vesentlig, som følge av elektrifisering av kjøretøyparken. For togtransporten er det kun estimert en beskjeden økning i forbruk i samme periode (se Figur 15).



Figur 15: Estimert strømforbruk til transport (kilde: NVE rapport 43/2018 «Strømforbruket i Norge mot 2035»).

7 Konsekvenser av dagens utfordringer

7.1 Konsekvenser av videre utslipp av klimagasser på jernbanen

Dersom de dieselbaserte aktivitetene i jernbanesektoren ikke styres i en mer klimanøytral retning vil dette innebære videre klimagassutslipp som vil bidra til global oppvarming, selv om utslippene i seg selv står for en relativt lav andel av utslippene fra transportsektoren totalt sett. For at Norge skal bli et lavutslippssamfunn i løpet av de neste 30 årene vil det være nødvendig at alle deler av transportsektoren kutter sine utslipp, også de som står for en relativt marginal del av de samlede utslippene. Dessuten er ikke utslippene isolert sett å anse som marginale på de ikke-elektrifiserte strekningene, og jernbanesektorens andel av utslippene i transportsektoren forventes å øke vesentlig, som følge av at de andre aktørene i sektoren er i ferd med å kutte sine utslipp drastisk. Elektrifisering av jernbanen er inkludert i *Klimakur 2030* som et tiltak med den laveste kostnadskategorien. Reduksjon i utslipp fra trafikk på jernbane planlegges som en del av å kutte utslipp i ikke-kvotepliktig sektor i Norge innen 2030.

Som nevnt står transport for om lag en tredel av de totale utslippene, og er dermed den største kilden til klimagassutslipp i Norge. Jernbanens andel av utslippene er marginal, selv om den frakter betydelige mengder gods. Den klimapolitiske gevinsten ligger derfor på jernbanens evne til å frakte passasjerer og gods som ellers ville benyttet veitransport. En overføring av transport fra vei til elektrifisert jernbane medfører dermed avgjørende utslippsreduksjoner fra transportsektoren som helhet. Dette henger sammen med at elektrifisert jernbane er en energieffektiv og en klimagunstig form for transport. I et konkurranseutsatt og prissensitivt transportmarked har det derfor betydning hvilke valg som gjøres, og om jernbanens konkurransekraft mot andre transportformer styrkes eller svekkes. Transportaktørene må være tilstrekkelig rustet for en tid hvor mobilitet i økende grad må innebære nullutslipp.

På samme tid minker klimagassutslippene fra veisektoren i takt med elektrifiseringen av kjøretøyene. Økt trafikk på vei kan innebære store beslag av natur til bredere veier og flere parkeringsplasser, eller i det minste mer trengsel på de eksisterende veiene, med de negative følger det gir. Selv med en elektrifisert bilpark vil en videre vekst i veitransport kunne innebære store negative konsekvenser for samfunnet. Det er derfor et politisk ønske om overføring av mer gods- og persontransport fra vei til bane der store volumer skal fraktes. For at det skal skje er det vesentlig at transport på de ikke-elektrifiserte jernbanestrekningene kan fremføres på en bærekraftig og konkurransedyktig måte.

På mellomlang sikt kan klimagassutslippene på de ikke-elektrifiserte strekningene innebære at elektriske veikjøretøy får et konkurransefortrinn. Innenfor varehandel og logistikk er det økende krav og målsetninger om at godstransport skal skje klimanøytralt. Dette kan eksempelvis innebære at Nordlandsbanen ikke lenger blir attraktiv for godstransport, og at gods overføres fra bane til vei. Dette kan gi en økning i vogntog på veinettet, med fare for overbelastning av veinettet, og eventuelt behov for kostnadskrevende utbyggingsprosjekter med klimagassutslipp.

7.2 Øvrige konsekvenser av fortsatt fossil dieseldrift

7.2.1 Lokale miljøpåvirkninger

I til de globale utslippene som bidrar til økt oppvarming av kloden vil fortsatt fossil dieseldrift også medføre at lokale miljøpåvirkninger som støy, avgasser og partikkelutslipp fortsetter på de ikke-elektrifiserte strekningene.

7.2.2 Redusert tilgang på nye dieseldrevne kjøretøy i markedet

Det er ventet at tilgangen på dieseldrevet togmateriell og reservedeler, men også tilhørende kompetanse, vil begrenses i fremtiden. Kjøretøyene må derfor erstattes, og hvis det ikke er lagt til rette for annen teknologi enn diesel, og diesel ikke er en tilgjengelig løsning, så vil det bli mangel på kjøretøy. Konsekvensen av manglende kjøretøy vil være at reisetilbudet må reduseres og på sikt legges ned.

EU-parlamentet besluttet 8. juni 2022 å forby salg av nye kjøretøy med forbrenningsmotor fra 2035. Dette kan også påvirke tilgangen på arbeidsmaskiner med forbrenningsmotorer for Norge.

7.2.3 Arbeidsmiljø

Arbeidsmiljøet i tunneler, på verksteder og på stasjoner under bakken kan bedres om diesellokene skiftes ut med togmateriell som ikke gir de samme utfordringene knyttet til eksos som dieselmotorene. Dersom man fortsetter med dagens drift vil arbeidsmiljøforholdene sannsynligvis ikke kunne bedres i samme grad som ved et teknologiskifte.

7.2.4 Energieffektivitet

Energieffektivitet vil bli et aktuelt tema fordi det kan oppstå knapphet på energi grunnet utfasing av forurensende energibærere i forbindelse med omstilling til karbonfrie energikilder. Energieffektivitet i produksjonskjeden og transport av energi kan derfor bli en viktig del av beslutningsgrunnlaget, når man skal se på egnethet av nye energibærere.

7.2.5 Driftsøkonomi

Fossil diesel er priset høyere for veitrafikk enn for trafikk på jernbanen. Med det grønne skiftet forventes fossil diesel å øke i pris ytterligere grunnet økte CO₂-avgifter. Det kan antas at også trafikk på jernbane på sikt vil bli omfattet av disse avgiftene. Prisen på teknologi og energibærere forventes dermed å bli relativt rimeligere sammenlignet med fossil diesel. Vedlikeholdskostnader vil være ulik ved sammenligning av togkonsepter med ulike energibærere.

7.2.6 Kunde og brukertilfredshet

Kunde- og brukertilfredsheten vil kunne gå drastisk ned ved fortsatt dieseldrift. Selv om kundene i en totalvurdering skulle velge fortsatt jernbanedrift, til tross for klimautslippene, vil jernbanen kunne få et omdømmetap som følge av de fortsatte utslippene. Dette omdømmetapet vil også kunne smitte over på jernbanens kunder, som også kan være avhengig av å selge sine produkter som klimanøytrale i et marked.

7.2.7 Juridiske begrensninger

Juridiske begrensninger knyttet til dieseldriften kan medføre utfordringer knyttet til fortsatt bruk av dieselmateriellet. Det kan derfor bli behov for tiltak på dagens materiell for å sikre at det fortsatt skal kunne tilfredsstille juridiske krav til fortsatt drift på jernbanen.

8 Oppsummering

Regjeringen har internasjonalt forpliktet seg til store klimagassreduksjoner, hvor den første store fristen er i 2030. Jernbanesektoren er en del av løsningen, gjennom i hovedsak å være utslippsfri. For de ikke-elektrifiserte strekningene har persontog noe lavere utslipp enn dieseltransport på vei i dag, men den elektrifiserte personbiltrafikken er allerede mer klimavennlig enn jernbanen på disse strekningene. I løpet av 10-15 år vil dermed passasjertrafikken på vei være mer klimavennlig enn tog på disse strekningene. Tungtransporten på vei kan også forventes på sikt å utvikle nullutslippsløsninger. Dette kan utfordre jernbanens konkurransekraft. Samtidig vil deler av jernbanens drift være basert på en utgående teknologi som ikke lenger har de egenskaper som kreves for at transport med jernbane skal være et godt, gjennomførbart og konkurransekraftig alternativ for fremtiden. Arbeidsmaskiner har dessuten klimagassutslipp på hele jernbanenettet, noe som bidrar til at dette totalt sett blir en ganske stor del av utslippet fra jernbanesektoren.

Problemet som skal utredes i denne KVUen er at norsk jernbane slipper ut klimagasser og bidrar gjennom dette til globale klimaendringer. Dette problemet kan forventes å vedvare framover i tid, og øke som følge av at gods- og persontransport på de ikke-elektrifiserte strekningene øker i årene som kommer. I tillegg kommer utslipp fra arbeidsmaskiner, proporsjonalt med aktivitetsnivået for vedlikeholds- og anleggsarbeid på hele den norske jernbanen – som også er forespeilet å øke i aktivitet. Det har historisk vært en effektivitetsøkning i dieseldrevne motorer på jernbanen, men denne utviklingen forventes ikke å fortsette i nevneverdig grad, både som følge av at mye av energien det er teoretisk mulig å bruke i dieselen allerede er tatt ut i eksisterende teknologier, samt at dieseldrift anses som en utgående teknologi blant produsentene av jernbanekjøretøy og skinnegående anleggsmaskiner.

I tillegg bidrar utslippene av klimagasser på jernbanen også til å svekke jernbanens attraktivitet. Dette problemet kan forventes å øke betydelig i årene som kommer. Dieseldrift er dyrere og gir dårligere driftsegenskaper enn elektrisk drift, og etter hvert som leverandører av kjøretøy skifter fokus til kun nullutslippsteknologier, kan tilgangen på egnede jernbanekjøretøy forventes å bli dårligere og anskaffelse og vedlikehold bli dyrere. Det forventes at endringer i regelverk, i form av forbud eller høye krav til utslipp fra forbrenningsmotorer i jernbanekjøretøy, kan gjøre dieselskjøretøy utilgjengelig for det norske markedet, selv om de fremdeles produseres i andre deler av verden. Reisende og vareeiere etterspør i økende grad miljøvennlig transport, og selv om dieseldrevet jernbane er mer klimavennlig enn fly og vogntog (men ikke nødvendigvis personbil²³), sliter toget med å konkurrere på tid i persontransporten og begge deler for godstransporten.

Problemet kort oppsummert:

Jernbanesektoren slipper ut klimagasser og bidrar gjennom dette til globale klimaendringer. Selv om jernbanens andel av klimagassutslipp i transportsektoren er lav, vil den øke kraftig i de kommende årene som følge av at de andre transportsektorene er i ferd med å innføre utslippsfrie løsninger.

De dieseldrevne strekningene vil i tillegg kunne tape markedsandeler som følge av at man ikke kan tilby et utslippsfritt alternativ, spesielt for godssektoren. Det vil kunne gi økt veitrafikk på disse strekningene.

Økt etterspørsel etter utslippsfrie løsninger internasjonalt, og strengere regler i EU/EØS, vil på sikt redusere tilgangen til dieseldrevet materiell.

²³ For biltransport er bildet mer sammensatt. Nordlandsbanen har lavere utslipp per passasjerkilometer enn bil- og busstransport, men Raumabanen, Rørosbanen og regiontogene til Steinkjer (Trønderbanen) har høyere utslipp per passasjerkilometer. Se kapittel 2.1.

8.1 Berørte parter

Det er mange som berøres av problemet, men noen av de mest berørte aktørene er:

- Reisende på ikke elektrifiserte baner som har forventninger til en utslippsfri reise
- Godstransportører på ikke elektrifiserte baner som har forventninger til en utslippsfri tjeneste
- Varehandelen som vil velge en klimavennlig transportmåte for sine varer når den skal leveres
- Togoperatører på ikke elektrifiserte baner som har forventninger til en utslippsfri reise
- Jernbanens virksomheter og ansatte som har forventninger om en utslippsfri jernbane
- Regjeringen som har krav på seg om reduserte klimagassutslipp
- Innbyggerne som har forventninger om en utslippsfri jernbanesektor
- Andre land som forventer at Norge tar sin del av klimaløftet (også i klimaforhandlinger)

Disse gruppene berøres primært av at klimautslipp under person- eller varetransport, spesielt på de ikke-elektrifiserte strekningene, er høyere enn det man kan forvente ved å velge tog som transportform – siden tog i hovedsak holdes frem som en svært klimavennlig transportform. Det må forventes at de berørte gruppene i økende grad vil bli bevisst problemstillingen, ettersom forventningene i samfunnet til utslippsfri transport øker i takt med at aktørene i samferdselssektoren øker andelen utslippsfrie transportmidler.

8.2 Hva er årsakene til problemet

Elektrifiseringen av jernbanen har, naturlig nok, blitt prioritert på de mest trafikkerte strekningene først – hvor nytteeffekten har vært stor i forhold til kostnad med å bygge ut kontaktledningsanlegg. De lengste og/eller lavest trafikkerte strekningene, i tillegg til bruk av arbeidsmaskiner i drift, vedlikehold og nybygging, gjenstår før jernbanen kan betraktes som utslippsfri.

Endret syn på klimapåvirkning gjør dagens løsning utdatert, og kunder og leverandører vil i større grad kreve utslippsfrie alternativer. Samfunnet er også i endring med tanke på energieffektivitet. Samfunnet er i ferd må å gå fra en forståelse av energi som en kostnad, til å oppfatte energi som et knapphetsgode som må brukes og fordeles på riktig måte.

I et så tett koblet og komplekst system som jernbanen, med stort offentlig/statlig engasjement, kan ikke en endring skje uten at Staten beslutter at endringen skal gjennomføres og legger til rette for det. Et vanskelig dilemma vil være hva som gir mest klimagassreduksjoner og andre samfunns effekter for pengene – bedret rutetilbud på jernbanen eller reduserte utslipp fra togene?

8.3 Hva tilsier at det offentlige bør iverksette tiltak?

I møte med klimautfordringen og økt etterspørsel etter klimavennlige løsninger har kjøretøyindustrien utviklet en rekke alternativer til fossilt drivstoff. Innenfor jernbanesektoren er det særlig batteri- og hydrogentog som er mest utprøvd. Det ventes at andre land vil få et økende tilfang av lav- eller nullutslippstog uavhengig av utviklingen i Norge. Hittil har slike forsøk ikke vært gjennomført i Norge.

Markedet kan ikke løse utfordringen alene, selv om markedet vil etterspørre klimavennlige løsninger og i mindre grad tilby materiell som genererer klimagassutslipp. Jernbanen er et komplekst system med mange aktører som drifter, vedlikeholder og bruker infrastrukturen. Dessuten er infrastrukturen på jernbanen offentlig eid. Persontogtrafikken på jernbanen er sterkt offentlig subsidiert. Togene er offentlig eid, og dermed i hovedsak det offentliges ansvar. Jernbanens fortrinn og stordriftsfordeler kan falle bort som følge av offentlige beslutninger, eller mangel på beslutninger.

Jernbanesektoren er av disse hensyn relativt gjennomregulert, særlig innenfor persontogtransport og utbygging, drift og vedlikehold av infrastruktur. De private aktørene forpliktes gjennom kontrakter med det offentlige, som eier både togene og infrastrukturen. Deler av jernbanens klimagassutslipp vil med andre ord vedvare uten tiltak fra sektormyndighetene.

Man kan hevde at utslippene fra dieseljernbanen uansett vil være lave i sum, og at man derfor ikke trenger å bruke mye ressurser på de relativt små utslippene som gjenstår. Samtidig er jernbanen holdt frem som en viktig del av løsningen utslippsproblemet, i tillegg til at det vil redusere trengsel, ulykker og dødsfall ved å avlaste veiene.