

Et notat fra Naturvernforbundet

# KLIMAKONSEKVENSER AV PRIORITERINGER PÅ BANENETTET



# FORORD

Godstrafikken på bane og persontog mellom landsdelene får ikke så mye oppmerksomhet blant politikere og i mediene, til tross for at den står for en stor andel av jernbanens transportarbeid. Pendlertrafikken angår mange mennesker i hverdag, noe som gjør at den lettere kommer i søkelyset.

Med dette notatet ønsker vi å starte en diskusjon om hvor jernbanen har sine største fortrinn, sett i et klimaperspektiv. Notatet presenterer beregninger over hvor mye én togavgang av ulike kategorier i transportkorridoren Oslo–Trondheim bidrar med i kutt av klimagassutslipp, noe som er av interesse bl.a. dersom kapasitetsproblemer på banenettet tilsier at noen togkategorier må sløyfes til fordel for andre. Beregningene er basert på en regnearkmodell vi har konstruert, som enkelt kan modifiseres og brukes til å beregne klimakonsekvensene for andre togstørrelser og utnyttelsesgrader enn dem som er vist i dette notatet. Ved behov vil vi derfor oppdatere notatet, og vi tar gjerne imot innspill til forbedringer.

Som et vedlegg til notatet presenterer vi et grovt regnestykke, basert på data fra modellen, som gir oss et innblikk i hvor store kutt i klimagassutslipp den elektrisk drevne togtrafikken på norske spor bidrar med. Der viser vi også hvor stort økonomisk tilskudd persontogtrafikken fikk per passasjerkilometer i 2013 for de ulike togkategoriene.

Vi vil rette en stor takk til Kjell Werner Johansen på Transportøkonomisk institutt, som har lest gjennom deler av notatet og kommet med verdifull innspill til forbedringer, uten at han har noe ansvar for sluttresultatet.

Oslo, 29. juni 2014

Forfatter av notatet: Holger Schlaupitz

Forsidefoto: Werner Glaeseker

# INNHold

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 1. INNLEDNING.....             | 3  |
| 2. KONKLUSJON OG DRØFTING..... | 4  |
| 3. BEREGNINGENE.....           | 6  |
| LITTERATURLISTE.....           | 15 |
| VEDLEGG 1: TABELL.....         | 17 |
| VEDLEGG 2: STATUS I 2013.....  | 18 |

# 1. INNLEDNING

Et interessant spørsmål å stille er hvordan jernbaneinfrastrukturen kan utnyttes best for å kutte klimagass-utslipp. For å kunne besvare spørsmålet fullt ut trengs det grunnleggende analyser av hvilke transportmengder jernbanen kan tiltrekke seg, forutsatt kjente transportstrømmer, og der kvaliteten på togtilbudet og det øvrige transporttilbudet samt andre rammebetingelser er variabler.

I dette notatet begrenser vi oss til å analysere klimakonsekvensene av å nedprioritere én togkategori (f.eks. lokaltog) til fordel for en annen (f.eks. godstog) på en strekning med kapasitetsproblemer, når det i utgangspunktet er ønskelig å kjøre begge to, men bare mulig å realisere den ene. Dette er relevant i spørsmålet om prioriteringer på eksisterende infrastruktur og i spørsmål om hvilke togkategorier som ny infrastruktur primært bør legge til rette for, f.eks. ved utbygging av intercity-strekningene. Det er også relevant i diskusjonen om kapasitetsøkende tiltak på eksisterende banenett.

Denne analysen krever svar på bl.a. følgende spørsmål:

- Hvor stort transportomfang står en avgang av de ulike togkategoriene for?
- Hvordan vil transportene fordele seg dersom en gitt togavgang eller et gitt togtilbud ikke kan tilbys?
- Hva er klimakonsekvensene av å sløyfe en togavgang og av at det må fraktes mer personer eller gods med andre transportformer?

Det er deler av togtilbudet i korridoren Oslo–Trondheim vi har valgt å analysere, nærmere bestemt:

- Persontrafikk: Lokaltog Oslo–Dal
- Persontrafikk: Intercitytog (IC-) Oslo–Lillehammer
- Persontrafikk: Langdistansetog Oslo–Trondheim
- Godstrafikk: Kombigodstog Oslo–Trondheim

I tilfeller der det er kapasitetsproblemer, kan løsningen bli at ett tog må skvises til fordel for et annet. Men særlig for lokaltrafikken inn mot de større byene og på IC-strekningene på Østlandet er det ønskelig at kollektivtilbudet har en forutsigbar avgangshyppighet. Skal f.eks. godstog eller langdistansetog prioriteres høyere her, kan konsekvensen bli at den generelle avgangshyppigheten for lokal- og IC-tog må reduseres over hele eller deler av døgnet.

Vi har likevel måttet begrense oss til å analysere klimakonsekvensene *per togavgang* for de ulike kategoriene, noe som også er forståelige størrelser å forholde seg til. Innen de ulike togkategoriene er det også store forskjeller i togstørrelser (antall vogner) og antall passasjerer om bord. Her fins det ingen fasit, i og med at trafikken varierer mellom avganger, dager og uker. Vi har valgt ut noen eksempler på togstørrelser som representerer både «normalsituasjonen» og godt belagte rushtidstog. For godstog har vi bare forutsatt én type, nemlig et moderne kombigodstog for vekselholdere og semitrailere.

Beregningsåret for analysen er 2020, noe som gjør den mer relevant for beslutninger som har lang ledetid. Det betyr at vi etter beste evne har måttet gjøre antakelser om hvordan ulike faktorer vil utvikle seg.

## 2. KONKLUSJON OG DRØFTING

Vår analyse viser at det er godstog mellom Oslo og Trondheim og langdistansepersonertog mellom de samme byene i helgetrafikken som *per avgang* bidrar til desidert størst kutt i klimagassutslipp. Lokaltog og IC-tog utenom rush bidrar per avgang med små kutt i klimagassutslipp. I rushtrafikken er bidraget derimot vesentlig større, ikke minst i IC-trafikken.

Samtidig må vi huske på at analysen forutsetter et gitt trafikkgrunnlag for avgangene. Dersom trafikkgrunnlaget ikke er til stede, hjelper det ikke å sette opp flere avganger, f.eks. godstog eller langdistansetog. Da må dette i så fall kombineres med andre virkemidler som bidrar til å flytte transporter fra veg og luft til bane, f.eks. CO<sub>2</sub>-avgifter, vegprising eller å unnlate å bygge ut lufthavnkapasiteten – i kombinasjon med et mer attraktivt togtilbud.

Å «luke ut» enkelte lokal- og IC-avganger for å få plass til flere godstog og langdistansetog er ikke gunstig for kollektivtilbudet, og det kan også slå negativt ut på flere miljøparametre. Jo kortere reiseavstandene er, jo viktigere er det at toget framstår med et forutsigbart tilbud. Et alternativ kan være å redusere den generelle avgangshyppigheten, og det kan også oppstå andre situasjoner som gjør at det må sløyfes flere enn ett lokal- eller IC-tog for å få plass til f.eks. ett ekstra godstog. Målbevisst innsats for å øke kapasiteten på banenettet for å få fram flere gods- og langdistansetog, kan da være et bedre alternativ.

Heldigvis er det etablert fire spor mellom Oslo og Lillestrøm og mellom Lysaker og Asker, og med Follobanen får vi dette også mellom Oslo og Ski. På disse delstrekningene vil det være nok kapasitet på de gamle banene til både lokaltog som stopper ved alle stasjoner, samt til godstog, slik at behovet for prioriteringer blir mindre. Flere, bl.a. Naturvernforbundet, har bedt om fortgang i arbeidet med ny jernbanetunnel gjennom Oslo. Men det vil ta lang tid før den er ferdig, slik at strekningen Oslo–Lysaker i mange år vil forbli en flaskehals. Klimahensyn tilsier, ifølge analysen i dette notatet, at tog med høyt belegg og som frakter personer eller gods over lengre strekninger, bør ha prioritet når kapasiteten gjennom tunnelen fordeles. Å bruke opp kapasiteten på kritiske delstrekninger ved å kjøre lavt belagte tog over korte distanser, virker lite fornuftig i et klimaperspektiv.

Verken langdistansetog på dagtid eller godstog mellom Oslo og Trondheim mottar offentlig støtte, annet enn at de ikke betaler for bruk av banenettet. Samtidig er klimagevinsten av slike tog stor. Dette bør ha en viss konsekvens for prioriteringene på banenettet, i hvert fall utenom persontrafikkens rushperioder morgen og ettermiddag.<sup>1</sup>

Det vil alltid være lurt å se buss og tog i en sammenheng. Dette gjelder også i tilfeller der det ved planlegging av nye baner eller delstrekninger viser seg å være vanskelig å tilfredsstille alle ønsker om kapasitet. Å bygge nye baner utenom urbane strøk som «fylles opp» av tog som skal betjene et lokalt marked, slik at den totale kapasiteten reduseres, virker ikke fornuftig verken fra et klimaståsted eller med hensyn til effektiv transport. Da kan det være bedre å etablere et godt og gjennomgående busstilbud som betjener de mindre stedene, og som korresponderer med toget i utvalgte knutepunktstasjoner. Toget kan da ta seg av de større transportstrømmene over lengre strekninger, inkludert godstrafikken.

Når nye delstrekninger skal planlegges og bygges ut, er det viktig å tenke på at de nye banene må gi bedre kår også for godstog og langdistansetog mellom de større byene. Dette er svært relevant ved planlegging av bl.a. IC-strekningene og Ringeriksbanen. Forbikjøringsspor kan være aktuelt enkelte steder, slik at raske persontog

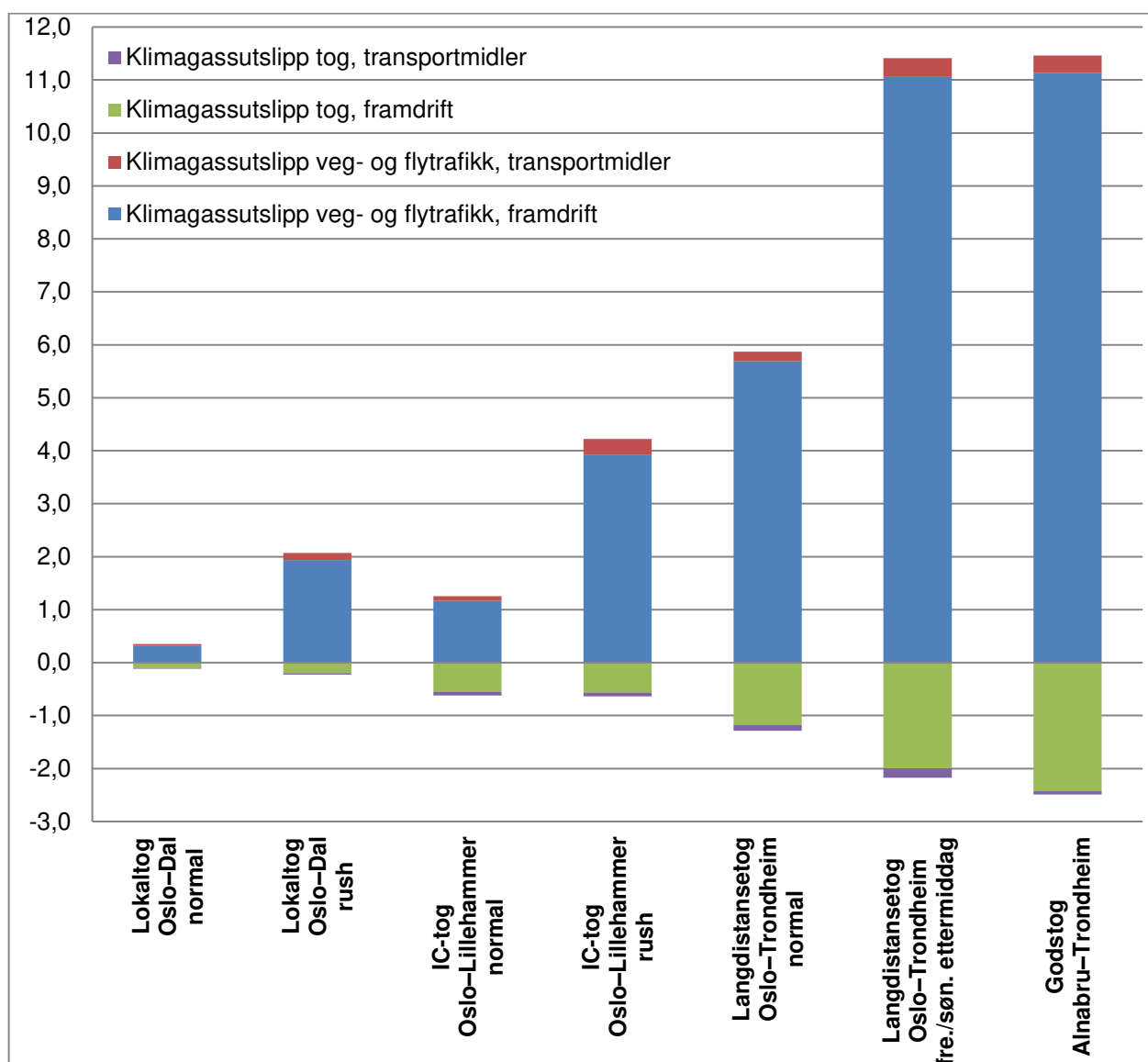
---

<sup>1</sup> Når vi i denne analysen drøfter prioriteringer, så handler det primært om muligheten for å få realisert en togavgang til det tidspunktet markedet ønsker.

kan kjøre forbi godstog. I tillegg er det viktig at hensynet til godstrafikken veier tungt også når trasévalg skal foretas, og at IC-strekningene bygges ut slik at raske langdistansetog som ikke stopper ved alle stasjoner, kan utnytte sitt hastighetspotensial og ikke stadig måtte bremse ned.

Spesielt for lokal- og IC-trafikken er det avgjørende at satsing på jernbanen kombineres med en meget bevisst areal- og transportpolitikk lokalt. Vi ser at disse togkategoriene har mye ledig kapasitet utenom rush, men samtidig representerer en stor mulighet til å få til å få mange flere til å la bilen stå og reise kollektivt, uten negative miljøeffekter eller økte utlegg for det offentlige, men med betydelige positive samfunnseffekter.

Staten, som finansierer utbygging og drift av jernbanen, må stille strenge krav til kommunene om at så godt som alle nye arbeidsplasser, næringsbygg og boliger plasseres i umiddelbar nærhet til stasjonene, og at det lokalt føres en transportpolitikk som bygger opp under stasjonene som knutepunkt, og som tar i bruk virkemidler som begrenser biltrafikken, bl.a. parkeringsrestriksjoner og å hindre en ytterligere vekst i vegkapasiteten.<sup>2</sup> Ut ifra et klimaperspektiv er det viktig med virkemidler som får flere til å reise kollektivt også når det er ledig kapasitet utenom rushtidene.



<sup>2</sup> Se brev fra Naturvernforbundet til samferdselsminister Solvik-Olsen om dette temaet, datert 23. april 2014: <http://naturvernforbundet.no/getfile.php/Dokumenter/h%C3%B8ringsuttalelser%20og%20brev/2014/Samferdsel/140423-samferdsel-togkonkurranse.pdf>

Figuren viser endringer i klimagassutslipp (tonn CO<sub>2</sub>-ekv.) i 2020 ved bortfall av én avgang av ulike togkategorier. Grønne søyler angir endringer i togtrafikkens klimagassutslipp, gitt CO<sub>2e</sub>-utslipp for elektrisitet på 166 g/kWh, som er basisalternativet som er brukt i Jernbaneverkets høyhastighetsutredning.

## 3. BEREGNINGENE

### SYSTEMAVGRENSING

Denne analysen omhandler togtrafikken på de angitte strekningene og endringer i trafikken med andre transportmidler i samme transportkorridor. Konsekvenser ut over transportkorridoren er ikke inkludert. Det betyr at reisestrømmer f.eks. Asker–Jessheim eller Hamar–Åndalsnes analyseres kun på delstrekningen Oslo–Trondheim. Det samme gjelder for godstransporter f.eks. Alnabru–Åndalsnes og Alnabru–Bodø. Dette kan forsvares både av hensyn til kompleksiteten av å inkludere tilstøtende trafikk, men også dels av hensyn til at analysens hovedformål er å få mer kunnskap om klimakonsekvensene av å gjøre prioriteringer på bane-nettet, og da er det trafikken over kritiske delstrekninger som er avgjørende. Skal reisestrømmer som f.eks. Asker–Jessheim inkluderes i sin helhet, vil trafikken passere to kritiske delstrekninger, nemlig både Lysaker–Oslo S og Oslo S–Lillestrøm, noe som gjør at trafikktømmene ikke er sammenliknbare med dem som går over bare én kritisk delstrekning.

Analysen av klimakonsekvensene av transporten begrenses til dem som oppstår som følge av transportmidlenes energiforbruk, inkludert klimakonsekvensene av utvinning, foredling og transport av energien. Vi viser i tillegg et grovt og sannsynligvis underestimert anslag over klimakonsekvensene av produksjon og vedlikehold av transportmidlene. For flytrafikken har vi i tillegg forsøkt å ta hensyn til klimaeffektene som oppstår ved flyging i høyere luftlag.

Klimakonsekvensene av bygging, vedlikehold og drift av infrastrukturen omfattes ikke av denne analysen. Formålet med notatet er primært ikke å mene noe om hvorvidt store baneutbygginger bør gjennomføres eller ikke, men om hvordan eksisterende baner bør utnyttes – og for hvilke togkategorier de bør utvikles. Vi kunne ha tatt med de marginale klimakonsekvensene av endringer i utnyttelsen av baner, veger og flyplasser, men vi velger å se bort fra disse da de sannsynligvis er små og vanskelige å beregne. Johnson (2007), Schlaupitz (2008), Chester og Horvath (2009), Simonsen (2010), Strippel og Uppenberg (2010) og Bergsdal mfl. (2012) er eksempler på kilder som drøfter energi- og/eller klimakonsekvenser av infrastrukturen.

### TOGKATEGORIENE

I dette avsnittet beskriver vi hvilket togtilbud og hvilken utnyttelsesgrad vi forutsetter for de ulike togkategoriene i 2020 i referansesituasjonen. Detaljerte forutsetninger vises i vedlegg 1.

#### LOKALT OG

Lokaltog Oslo–Dal er en delstrekning av linje L13 Drammen–Oslo–Jessheim–Dal, som kjører Gardermobanen mellom Oslo og Lillestrøm og den gamle Hovedbanen mellom Eidsvoll og Dal. Med det tidsperspektivet vi har for denne analysen, legger vi til grunn at linje L13 trafikkeres som i dag med tog hver halvtime som grunntilbud. I rush, både medstrøms og motstrøms, kjøres det doble togsett.

Statistisk sentralbyrå (SSB) bringer trafikkstatistikk<sup>3</sup> som gjør det mulig å beregne gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse<sup>4</sup> for ulike grupper av togkategorier. For lokaltog i Oslo-området var utnyttelsen på 29 prosent i 2012 og 26 prosent i 2013. Nedgangen skyldes nok at NSB har tatt i bruk nye togsett og fra desember 2012 innført langt flere avganger på flere strekninger, som i sum har resultert i 17 prosent flere tilbydde setekilometer i 2013 enn året før. Linje L13 er en av strekningene som fikk en kraftig vekst i antall avganger fra desember 2012. Tidligere gikk det tog hver time begge retninger på vanlige ukedager. Nå er det avganger hver halvtime, men det tar tid før den nye kapasiteten «fylles opp».

<sup>3</sup> SSBs statistikkbank: Tabell 10484: *Persontransport med jernbane, etter strekningstype*.

<sup>4</sup> Med gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse mener vi antall passasjerkilometer delt på antall setekilometer.

Vi legger til grunn at et typisk lokaltog Oslo–Dal utenom rush i 2020 vil bestå av ett togsett med en gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse over hele strekningen på 30 prosent. Som rushtidstog forutsetter vi et godt belagt tog mot Oslo om morgenen eller fra Oslo på ettermiddagen med to togsett og 60 prosent kapasitetsutnyttelse.

#### INTERCITYTOG

IC-tog Oslo–Lillehammer er i dag en delstrekning av linje R10 Skien–Oslo–Lillehammer, som kjører Gardermobanen mellom Oslo og Eidsvoll og videre på gammel bane mot Lillehammer, som er under utbygging til dobbeltspor. Ser vi bort fra et ekstra rushtidstog fra Hamar til Oslo om morgenen, trafikkeres strekningen med tog hver time hver retning på vanlige ukedager. I desember 2014 splittes den i to linjer: R10 Skien–Oslo–Eidsvoll og R11 Drammen–Oslo–Lillehammer. Antall avganger nord for Eidsvoll videreføres som i dag. Vi forutsetter at dette er situasjonen også i 2020, bortsett fra at vi legger til grunn at ny dobbeltsporparsell langs Mjøsa har gjort det mulig å kjøre ett eller flere ekstra rushtidstog mellom Oslo og Hamar.

Ved hjelp av SSB finner vi at kapasitetsutnyttelsen for IC-tog Oslo–Lillehammer var på 32 prosent i 2012 og 28 prosent i 2013. Det er verd å være klar over at dagens linje R10 i stor grad er dimensjonert for trafikken vest for Oslo, noe som gir mange tomme seter nord for Oslo. Når R10 splittes og den nye R11 skal trafikker Drammen–Oslo–Lillehammer, kan togstørrelsene reduseres. Korrigerer vi for dette, og i tillegg justerer for at seteantallet vil bli redusert noe når togmateriellet får nye seter (fire framfor fem i bredden), og også trekker ut den ene avgangen til Dombås, anslår vi at kapasitetsutnyttelsen på strekningen Oslo–Lillehammer ville blitt på om lag 36 prosent i 2012 og 39 prosent i 2013, gitt de samme passasjermengdene. Fram mot 2020 er det sannsynlig at togtørrelsen vil øke til et betydelig antall avganger med doble togsett også utenom rush.

Vi legger til grunn at et typisk IC-tog utenom rush i 2020 vil bestå av to togsett og ha en gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse over hele strekningen på 25 prosent. Som rushtidstog forutsetter vi et godt belagt tog mot Oslo om morgenen eller fra Oslo på ettermiddagen med to togsett og en kapasitetsutnyttelse på 60 prosent.

#### LANGDISTANSETOG

Langdistansetog Oslo–Trondheim (linje 21) går mellom storbyene og bruker Gardermobanen mellom Oslo og Eidsvoll og Dovrebanen videre til Trondheim via Dombås, hvorfra det er forbindelse med regiontog til Åndalsnes. Det kjøres tre tog på dagtid og ett nattog hver retning på vanlige ukedager, og togtørrelsen varierer. Det går også regiontog mellom Hamar og Trondheim via Rørosbanen, som ikke omfattes av denne analysen. Vi forutsetter at antall langdistansetog på vanlige ukedager økes til fem hver retning i 2020.

Ved hjelp av SSB finner vi at kapasitetsutnyttelsen for langdistansetog Oslo–Trondheim var på 74 prosent i 2012 og 66 prosent i 2013.

Utenom rush vil togtørrelsen sannsynligvis variere noe fra avgang til avgang, slik at vi for 2020 forutsetter at dagtog består av i gjennomsnitt 240 sitteplasser og har en kapasitetsutnyttelse på 70 prosent. Rush definerer vi her som minst én avgang fra Oslo fredag ettermiddag og fra Trondheim søndag ettermiddag, der vi legger til grunn to togsett av type 73 (406 sitteplasser) med samme kapasitetsutnyttelse som utenom rush.

#### GODSTOG

Godsstrategien til Jernbaneverket (2007, s. 9) legger til grunn at det skal tilrettelegges for 600 meter lange og 1200 tonn tunge kombigodstog (for vekselsbeholdere og semitrailere), en togtørrelse som alt i dag er vanlig for tog mellom Oslo og Narvik via Sverige. Vi regner ikke med at så lange og tunge tog blir det mest vanlige mellom Oslo og Trondheim i 2020, men legger til grunn en toglangde på 481 meter.<sup>5</sup> Vi forutsetter at 90 prosent av plassene utnyttes, slik at toget veier 981 tonn (pluss lokomotiv på 85 tonn) og frakter 389 tonn gods (netto, uten lastbærere).

---

<sup>5</sup> Vi legger til grunn at toget har en kapasitet tilsvarende 15 vogntog og 12 semitrailere, og at hvert vogntog og hver semitrailer (som i Schlaupitz, 2013, s. 10) i gjennomsnitt frakter 16 tonn gods. Informasjon om vognvekter og -lengder, lastekapasitet m.m. stammer fra regneark, mottatt fra Ole Freddy Nilsen i CargoNet, september 2008.

## RESPONS PÅ TILBUDSENDRINGER

Hvordan vil trafikken fordeles dersom en gitt avgang ikke kan tilbys? Å besvare dette vil kreve grundige markedsanalyser basert på forutsetninger om hvordan transporttilbudet er i utgangspunktet, hvordan transporttilbudet vil bli dersom en togavgang bortfaller, og hvordan kundene vil reagere på disse endringene.

### PERSONTOG

Vi legger generelt til grunn at det fortsatt skal være et togtilbud på de aktuelle strekningene, også etter eventuelle bortfall av avganger. Det er med andre ord snakk om enten en reduksjon i den faste frekvensen eller bortfall av enkeltavganger. Resultatet av bortfallet avhenger i stor grad av hvordan tilbudet er i referanse-situasjonen, og hva slags alternative tilbud som eventuelt etableres som erstatning.

Det første vi bør besvare, er hvor stor andel av passasjerene som slutter å reise med tog dersom antall avganger reduseres. Den såkalte tilbudselasticiteten er en indikasjon på det. Den forteller oss hvor mange prosent av passasjerene som slutter å reise med tog, dersom antall avganger reduseres med én prosent. TRL (2004, s. 19) oppgir tilbudselasticiteten på kort sikt for jernbane i Storbritannia til 0,75. Johansen og Kvinge (2004, s. 14) viser tilbudselasticiteter for jernbane i Norge og oppgir disse til å ligge på mellom 0,36 og 0,76, med et gjennomsnitt på 0,53, når tidshorisonten er tre år. IC-tog Oslo–Lillehammer oppgis til 0,44, mens det ikke presenteres tall for lokaltog i Oslo-området eller langdistansetog i Sør-Norge, bortsett fra nattog. Det kan imidlertid se ut til at tilbudselasticiteten for lokaltog er noe høyere enn gjennomsnittet av togkategoriene som er vurdert, mens langdistansetog ligger på rundt gjennomsnittet eller noe lavere. Generelt er det sannsynlig at passasjerene er mer følsomme for endringer når tidsperspektivet er langt enn kort.

Et gjennomsnitt av de to nevnte kildene gir oss en tilbudselasticitet på 0,64. Vi velger å ha et litt lengre tidsperspektiv på våre vurderinger og antar dermed en noe høyere elasticitet, og lar lokaltog få en elasticitet som er noe høyere enn for IC- og langdistansetog. For fulle rushtidstog forutsetter vi at det i svært liten grad er mulig for passasjerene å velge andre togavganger, da avgangen før eller etter også antas å være full.

Av trafikken toget mister, forutsetter vi også at noen velger å reise sjeldnere eller kortere, slik at det totale reiseomfanget reduseres. Årsaker til dette kan være at folk etter hvert tilpasser seg slik at avstanden mellom hjem og arbeidsplass reduseres, at det blir mer jobbing på hjemmekontor, at feriereiser bortfaller når billettprisene eventuelt økes som følger av færre reisealternativ etc. Vi forutsetter at det etableres et busstilbud som erstatning for bortfalte avganger, noe som vil redusere effekten, som antakelig større jo lengre tidsperspektivet er. Variasjonene kan være store, men vi legger til grunn samme sats for alle togkategorier i og utenom rush.

Bortfall av lokaltogavganger Oslo–Dal forutsetter vi at erstattes av et ekspressbusstilbud som betjener de største stedene. Det samme forutsetter vi for IC-tog Oslo–Lillehammer. Ekspressbuss vil være et alternativ for noen, særlig på de kortere reisene. Et alternativt busstilbud vil ha større relevans i rush, i og med at vi da forutsetter fulle tog, til tross for at bussene antakelig vil måtte stå i kø på deler av strekningen. Vi antar at passasjerene i rush generelt har større tilbøyelighet for å velge egen bil når togtilbudet reduseres, tross køproblemer på vegnettet.

Langdistansetog Oslo–Trondheim brukes av passasjerer som reiser både langt og mellomlangt, med varierende alternative reisetilbud. En undersøkelse om reisemiddelvalg mellom Østlandet og Trøndelag (Denstadli og Gjerdåker 2011, s. 28) viser at 46 prosent av togpassasjerene hadde vurdert fly som alternativ, mens 13 prosent hadde vurder bil og 9 prosent buss. Dette gir grunn til å anta at ekspressbussen i hovedsak er et relevant alternativ på kortere delstrekninger. Dersom flyprisene holder seg forholdsvis lave, vil flyet være et alternativ ikke bare for de tidsfølsomme passasjerene. Siden Gardermoen ligger et stykke nord for Oslo, er fly et relevant alternativ også for reisende mellom Hamar-regionen og Trøndelag.<sup>6</sup> Vi legger til grunn at eventuelle bortfall av langdistansetog Oslo–Trondheim ikke resulterer i flere tog på Rørosbanen.

---

<sup>6</sup> Våre forutsetninger om endringer i passasjerenes reisemiddelvalg legger til grunn at én flytur erstatter en togtur over hele strekningen mellom Oslo og Trondheim.

Våre forutsetninger om endringer i passasjerenes reisemiddelvalg er vist i vedlegg 1.

### GODSTOG

Vi legger enkelt og greit til grunn at bortfall av en godstogavgang gir en tilsvarende godsmengde mer på lastebil. Denne forutsetningen gjør at klimakonsekvensen av en slik avgang blir forholdsvis stor. I praksis vil det antakelig være mulig å få framført godstoget til andre tider enn det optimale, og at bortfalt godsmengde da vil stå i forhold til hvor dårlig dette alternativet vil være i forhold til det optimale. Men det er også slik at dårligere ruteleier ikke bare gir bortfall av trafikk, men også gjør det mindre lønnsomt å framføre toget (pga. lavere volum og eventuelt også økte kostnader som følge av lengre og ugunstige kjøretider). Vår illustrasjon av virkningene må derfor betraktes i lys av hva som er de reelle effektene for godstrafikken dersom en avgang må droppes (og eventuelt kjøres i et alternativt ruteleie).

## **ENERGI- OG KLIMAKONSEKVENSER, FRAMDRIFT**

For å kunne si noe om klimakonsekvensene av endringer i transportvalg må vi vite noe om energiforbruket til transportmidlene og utnyttelsesgraden av dem, og vi må mene noe om klimakonsekvensene av energibruken. Vi starter med å drøfte energiforbruket til transportmidlene og utnyttelsesgraden.

### JERNBANE

For å anslå energiforbruket til elektriske tog støtter vi oss til tall mottatt av NSB, som viser det gjennomsnittlige forbruket i 2013 per togsettkilometer målt ved strøminntaket til togmateriellet, inkludert forbruk ved hensetting (parkering).<sup>7</sup> For lokaltog bruker vi tall for materiell av type 75 (lokaltogsvarianten av Flirt), nemlig 7,95 kWh/km. For IC-tog bruker vi tall for materiell av type 74 (regiontogsvarianten av Flirt), nemlig 9,43 kWh/km. For begge togtypene forutsetter vi at mer effektiv utnyttelse og andre effektiviseringstiltak vil gi en reduksjon i forbruket på 5 prosent per kjørte togsettkilometer i 2020, sett i forhold til 2013. For å ta høyde for tomkjøring og annet forbruk legger vi til 5 prosent for lokaltog og 3 prosent for IC-tog. For langdistansetog bruker vi tall for det noe eldre togmateriellet av type 73 (tidligere også kalt Signatur), nemlig 9,45 kWh/km. Denne materielltypen har et forholdsvis høyt forbruk ved hensetting. Det planlegges en økt utnyttelse av togmateriellet, som vil redusere hensettingsforbruket. Dette sammen med andre mulige tiltak gjør at vi legger til grunn 10 prosent effektivisering fra 2013 til 2020. For dette togmateriellet legger vi til 2 prosent for tomkjøring og annet forbruk.<sup>8</sup>

For lokal- og IC-tog har vi skjønnsmessig økt energiforbruket til rushtidstog med 2 prosent, sett i forhold til gjennomsnittsförbruket.

Når det gjelder godstog, oppgir Schlaupitz (2013, s. 13) energiforbruket til moderne lokomotiv, sett i forhold til togets totalvekt. Nettoforbruket (forbrukt energi minus produsert energi) ligger på 19,5 Wh/bruttotonnkilometer. Energiforbruk og klimagassutslipp fra lasting/lossing er ikke inkludert i analysen, men vi legger skjønnsmessig til 1 prosent for å ta hensyn til hensetting, skifting av vogner og eventuell tomkjøring.

Energiforbruket per setekilometer (persontog) og nettotonnkilometer (godstog) for de ulike togkategoriene er vist i vedlegg 1.

---

<sup>7</sup> E-post fra Marie Loe Halvorsen i NSB, 20. mai 2014.

<sup>8</sup> Hægstad (2007, s. 48) viser et noe høyere forbruk for tog mellom Oslo og Trondheim (Dovrebanen) enn for landsgjennomsnittet for togsett av type 73, uten at vi korrigerer for det i våre beregninger. Hægstad (2007, s. 45) viser også forbrukstall for den andre materielltypen som brukes av elektrisk drevne langdistansetog, nemlig lokomotiv av type EI 18 samt vogner. Når vi korrigerer for vekt og antall seter for langdistansetog på dagtid, finner vi at lokomotiv og vogner har et forbruk per sete som er 5–18 prosent lavere enn for type 73. Med støtte i Danielsen (2003, s. 4) kan vi anslå at nattog mellom Oslo og Trondheim har et forbruk per plass på omtrent samme nivå som type 73 eller noe høyere. Det er ellers verd å nevne at Schlaupitz (2008, s. 16) oppgir at høyhastighetstog for 250 km/t på ny bane vil ha et forbruk på 0,036 kWh/setekm i 2020, når vi trekker fra tapet i jernbanens strømsystem, som der er forutsatt å være på 12 prosent.

Når vi skal beregne energiforbruket for elektriske tog, må vi inkludere tapet som oppstår i jernbanens strømsystem. Dette tapet oppstår fordi strømmen skal omformes til en annen frekvens, og fordi det er et tap i det såkalte kontaktledningsanlegget. For jernbanen i Sør-Norge var tapet i for moderne tog (målt som et tillegg til togmateriellets forbruk, før vi trekker fra togmateriellets produserte energi) på 19 prosent, når vi bruker gjennomsnittet for 2013 og 2014.<sup>9</sup> Nye omformere og nytt kontaktledningsanlegg vil redusere tapet vesentlig. En høyere utnyttelse av eldre omformere gir også lavere tap. Basert på målinger for omformerstasjonene og antatte fornyinger og trafikkendringer framover<sup>10</sup> legger vi til grunn et tap i jernbanens strømsystem i 2020 på 11 prosent for lokaltog Oslo–Dal, 19 prosent for IC-tog Oslo–Lillehammer, 26 prosent for langdistansetog Oslo–Trondheim og 28 prosent for godstog Oslo–Trondheim, uttrykt som et tillegg til togmateriellets nettoforbruk.

## PERSONBIL

Fridstrøm, Østli og Johansen (2013, s. 28) drøfter reelt klimagassutslipp fra bilparken i 2020, gitt ulike referansebaner, og ved reelle kjøreforhold. Vi tar utgangspunkt i den såkalte trendbanen i rapporten, som viser CO<sub>2</sub>-utslipp for personbiler på 170 g/km i 2020. Vi ønsker å finne tall for biler med forbrenningsmotor separat og må derfor skille ut elbilene ved hjelp av informasjon i den omtalte rapporten om forutsatte solgte elbiler og kjørelengder. Vi finner da at det gjennomsnittlige CO<sub>2</sub>-utslippet for personbiler med forbrenningsmotor i 2020 vil være på 176 g/km.

Vi ønsker å splitte utslippstallet på landevegs- og bykjøring og igjen differensiere bykjøring på normal trafikk og rushtrafikk. SSB (2013, s. 82) bringer tall for ulike trafikksituasjoner i 2011. Denne kilden har ikke fullt ut tatt høyde for at drivstofforbruket under reelle kjøreforhold er høyere enn hva bilprodusentene oppgir, slik at vi må korrigere for differansen mellom SSBs tall for 2011 og tallet for 2020 med utgangspunkt i Fridstrøm, Østli og Johansen (2013). Vi bruker da en faktor<sup>11</sup> på 1,16. Vi legger til grunn at den er lik for alle trafikk-situasjoner, og at forholdet mellom disse igjen ikke endres fra 2011 til 2020.

Av SSBs definerte trafikksituasjoner regner vi med at *trafikkert motorveg (100 km/t)* gir et godt bilde av drivstofforbruket for landevegskjøring. Vi regner videre med at et gjennomsnitt av *tett trafikkert gjennomfartsveg (80 km/t)* og *tett trafikkert lokalveg (50 km/t)* er dekkende for bykjøring utenom rush. I rush regner vi med at et gjennomsnitt av *køkjøring på gjennomfartsveg (80 km/t)* og *køkjøring på lokalveg (50 km/t)* gir et godt bilde av situasjonen.

Vi finner da at personbilenes CO<sub>2</sub>-utslipp i 2020 ved landevegskjøring er på 164 g/km. Ved normal bykjøring slipper de ut 199 g/km, mens de i rush slipper ut 358 g/km.<sup>12</sup> Dette gir et energiforbruk på hhv. 0,61, 0,74 og 1,33 kWh/km.

---

<sup>9</sup> Jernbaneverket tekniske regelverk: *Tariffer for tap i kontaktledningsanlegg, matestasjonsanlegg og fjernledning*. [https://trv.jbv.no/energiavregning/Tariffer\\_for\\_tap\\_i\\_kontaktledningsanlegg\\_matestasjonsanlegg\\_og\\_fjernledning](https://trv.jbv.no/energiavregning/Tariffer_for_tap_i_kontaktledningsanlegg_matestasjonsanlegg_og_fjernledning)

<sup>10</sup> Vi har tatt utgangspunkt i tall for forbrukt og produsert energi i jernbanens strømsystem, tap i omformerstasjoner og tap i kontaktledningsanlegg m.m. i 2013, mottatt av Steinar Danielsen i Jernbaneverket 2. juni 2014, og gjort strekningsvise beregninger basert på omformerne langs de aktuelle strekningene. Vi har, kanskje noe optimistisk, lagt til grunn utskifting av omformere som beskrevet i Jernbaneverkets handlingsprogram for perioden 2014–2023 (Jernbaneverket 2014). Vi har videre lagt til tap i kontaktledningsanlegget (4–6 prosent) og trukket fra 5 prosent fra den totale tapsprosenten, for å ta høyde for andre forbedringer og lavere tap som følge av trafikkvekst. Vi får da strekningsvise tapsprosent, som må legges til energimengden som togmateriellet tar inn. Siden våre forbrukstall for togmateriellet er nettotall, der togmateriellets produserte energi er fratrasket den inntatte energien, har vi i tillegg måttet korrigere for dette.

<sup>11</sup> SSB (2013, s. 81) oppgir at personbiler med bensinmotor i 2011 hadde et gjennomsnittlig drivstofforbruk 54 g/km, mens tallet for personbiler med dieselmotorer lå på 45 g/km. Tabell 07308 *Kjørelengder, etter hovedkjøretøytype og drivstofftype* i SSBs statistikkbank oppgir kjørelengdene for bensin- og dieselmotorer, og med disse samt CO<sub>2</sub>-utslippsfaktorer på 3,13 for bensin og 3,17 for diesel kan vi beregne et gjennomsnittlige CO<sub>2</sub>-utslipp for personbiler i 2011 til i underkant av 155 g/km. Differansen mellom vårt utslippstall basert på Fridstrøm, Østli og Johansen (2013) og SSBs tall tilsier en korrigeringsfaktor på 1,14, som vi øker til 1,16 for å ta høyde for klimaeffekter av andre klimagasser enn CO<sub>2</sub> og for kjøring til/fra verksted, vaskeanlegg, drivstoffylling etc.

<sup>12</sup> CO<sub>2</sub>-utslippstall gjelder ved bruk av fossilt drivstoff.

For elbiler støtter vi oss til tall mottatt av Norsk Elbilforening<sup>13</sup>, som oppgir et gjennomsnittsförbruk for en Nissan Leaf i Norge til å være på 0,2 kWh/km, inkludert lade- og batteritap. Vi har ikke tall som differensierer på landevegs- og bykjöring, men legger skjönsmessig til 1 prosent for å ta høyde for kjöring til/fra verksted, vaskeanlegg og ladestasjoner.

Grønn Bil har publisert en prognose som viser at det vil være nærmere 205 000 ladbare biler ved utgangen av 2020, derav nesten 115 000 elbiler.<sup>14</sup> Fridström, Østli og Johansen (2013, s. 23) viser en total personbilmot på i overkant av 2,6 mill. kjöretøy i 2020 i den såkalte trendbanen. Dette skulle tilsi at andelen ladbare biler blir på om lag 8 prosent i 2020, mens elbilandelen havner på 4–5 prosent. Ved utgangen av 2013 var andelen elbiler i Oslo og Akershus på omtrent det dobbelte av landsgjennomsnittet, mens den for f.eks. Hedmark og Oppland lå langt under gjennomsnittet.<sup>15</sup> Vi antar at andelen elbiler eid av innbyggere i Oslo-området også i 2020 vil være høyere enn for landet sett under ett og forutsetter derfor at andelen elektrisk bilkjöring av total personbilmot mellom Oslo og Dal vil bli på 10 prosent. For trafikken Oslo–Lillehammer legger vi til grunn en andel elektrisk kjöring på 5 prosent, mens den for Oslo–Trondheim forutsettes å bli på 3 prosent.

Belegget for personbil avhenger bl.a. av reiselengde og -formål. Det gjennomsnittlige belegget i Norge i 2009 var 1,69 personer per bil. På arbeidsreiser var det bare 1,13 personer om bord som gjennomsnitt.<sup>16</sup> Vågane (2009, s. 17) viser også at belegget per tur for reiser som endte i Oslo i 2005, var på 1,51 som gjennomsnitt og på 1,32 i morgenrushet. For alle reiseformål viser Vågane (2009, s. 56) at belegget for reiser på 20–30 km lå på 1,53 personer, mens det for reiser på 30–50 km lå på 1,67 og for reiser på over 50 km på 1,80. For reiser på 100–150 km lå belegget på 2,02 personer per tur, mens det for reiser på 150–300 km lå på 2,12 og for reiser på over 300 km på 2,32 personer (Vågane 2009, s. 21).

Det er nærliggende å anta at bilturer med lavt belegg har en større sjans for å erstattes av kollektivtransport enn bilreiser der mange reiser i samme bil. Det tilsier at det for vårt formål kan være riktig å forutsette belegg som er noe lavere enn det som er gjennomsnittet for aktuelle reiselengder og -formål. Våre forutsatte belegg for 2020 er vist i vedlegg 1.

#### EKSPRESSBUSSE

For ekspressbusser støtter vi oss til Schlaupitz (2008, s. 19), som oppgir et direkte energiförbruk på 2,77 kWh/busskm i 2020, pluss 2 prosent for kjöring til/fra garasje/verksted. Kilden differensierer ikke mellom normal trafikk og rushtrafikk.

Med utgangspunkt i SSBs kollektivtrafikkstatistikk finner vi at fylkesoverskridende bussruter hadde en gjennomsnittlig på i overkant 16 passasjerer i 2012.<sup>17</sup> Vi kan også få et bilde av belegget ved å se på bygrensetellingene for Oslo, men disse viser antall avganger og passasjerer kun på bygrensa og ikke gjennomsnittet for hele ruta. Vi plukker ut noen ruter som kanskje kan være representative for den typen busstrafikk vi trenger informasjon om. Ruters linje 331 mellom Oslo og Romerike er kanskje representativ for et mulig busstilbud som kan erstatte/supplere lokaltog Oslo–Dal. Denne linja hadde i gjennomsnitt nesten 23 passasjerer per avgang over bygrensa på telledagen 6. november 2012 (Prosam 2013, s. 44). TIMEkspressen Oslo–Kongsvinger er kanskje representativ for et mulig busstilbud som kan erstatte/supplere IC-tog Oslo–Lillehammer. Denne linja hadde i gjennomsnitt litt over 19 passasjerer per avgang over bygrensa (Prosam 2013, s. 44). Ser vi på rushtrafikken, kan vi ta utgangspunkt i Ruters linje 332, 334, og 336 mellom Oslo og Romerike, som kjøres kun i rush. Disse hadde i gjennom 31 passasjerer over bygrensa (Prosam 2013, s. 44).

---

<sup>13</sup> E-post fra Petter Haugneland i Norsk Elbilforening, 26. mai 2014.

<sup>14</sup> Oppdatert prognose fra Grønn bil for salget av ladbare biler fram til 2020: <http://www.gronnbil.no/nyheter/oppdatert-prognose-for-salget-av-ladbare-biler-frem-mot-2020-article313-239.html>

<sup>15</sup> SSBs statistikkbank: Tabell 07849: *Registrerte kjöretøy, etter kjöringens art og drivstofftype (K)*.

<sup>16</sup> Nökkeltall for transport: <http://www.vegvesen.no/Fag/Trafikk/Nokkeltall+transport/Transport+av+personer/Vegtransport>

<sup>17</sup> SSBs statistikkbank: Tabell 06668: *Kollektivtransport med buss, etter ruteform*.

På bakgrunn av denne informasjonen forutsetter vi, kanskje noe optimistisk, at ekspressbusser i 2020 har et gjennomsnittsbelegg over hele ruta på 20 passasjerer utenom rush og 30 passasjerer i rush.

#### FLYTRAFIKK

I dag bruker flyselskapet Norwegian fly av typen Boeing 737-800W på ruta mellom Oslo og Trondheim, mens SAS' miljøkalkulator<sup>18</sup> oppgir Boeing 737-700 som mest brukte flytype for SAS. I 2020 vil antakelig Norwegian erstatte sine fly med den nye Boeing 737 MAX 8, som ifølge Norwegian vil ha opptil 10–12 prosent lavere drivstofforbruk enn forgjengeren – og med Airbus NEO, som vil ha 15 prosent lavere forbruk enn dagens Airbus 320 (som igjen ligger på omtrent samme nivå som Boeing 737-800W).<sup>19</sup> Samtidig er det sannsynlig at SAS fortsatt vil bruke eldre flytyper som Boeing 737-700, som har 17–19 prosent høyere forbruk enn Boeing 737-800W. Vi legger derfor til grunn at SAS' Boeing 737-800W representerer gjennomsnittsflyet for alle selskap på ruta Oslo–Trondheim i 2020, og vi bruker tall for klimagassutslipp fra SAS' miljøkalkulator.

Det er ikke bare utskifting av flyflåten som forventes å gi endringer i drivstofforbruket. Ifølge Avinor mfl. (2011, s. 26) ligger det et potensial i reduksjoner gjennom diverse flytekniske og flyoperative tiltak, taksing, trafikkstyring etc. Rapporten oppgir et reduksjonspotensial fra 2007 til 2020 på 6–13 prosent i innenlandstrafikken. Vi legger til grunn at det fram mot 2020 kan realiseres et kutt på 5 prosent, sett i forhold til dataene i SAS' utslippskalkulator. Vi må også ta hensyn til at kalkulatoren bringer tall som gjelder gunstige forhold. Dårlig vær, overflygninger, tomflygninger etc. er ikke inkludert. For å kompensere for dette og i tillegg ta hensyn til annet forbruk som bakkestrøm etc., øker vi CO<sub>2</sub>-utslippene helt skjønnsmessig med 5 prosent. I sum regner vi med at energiforbruket for en gjennomsnittlig flypassasjer mellom Gardermoen og Værnes blir på 182,1 kWh i 2020.

Flytrafikk i høyere luftlag bidrar til å skape kondensstriper og cirruskyer, som resulterer i forholdsvis kortvarige, men sterke, oppvarmingseffekter, utover utslipp av CO<sub>2</sub>. Denne tilleggseffekten kan uttrykkes gjennom såkalte vekt faktorer, som da illustrerer den totale klimaeffekten sett i forhold til klimaeffekten av bare CO<sub>2</sub>-utslipp. Dersom vi legger Kyoto-protokollens prinsippl til grunn og betrakter den gjennomsnittlige klimaeffekten over en 100-årsperiode (også kalt GWP<sub>100</sub>), blir vekt faktoren et sted mellom 1,3 og 2,0, avhengig av om vi inkluderer effekten av cirruskyer eller ikke, og avhengig av om vi ser på flytrafikk med høye eller lave NO<sub>x</sub>-utslipp (Fuglestad, Lund og Berntsen 2011, s. 7).

Vekt faktoren varierer også, avhengig av hvor stor andel av flyturen flyet befinner seg i høyere luftlag. Aamaas, Borke-Kleefeld og Peters (2013, s. 275) viser til at kun om lag 50 prosent av flyturer under 500 km når kritisk høyde, som gjør at forfatterne har redusert virkningen av kondensstriper og cirruskyer med 50 prosent, sett i forhold til flyturer som er lengre enn 800 km. Siden flyturen Gardermoen–Værnes ikke er på mer enn 361 km, legger vi i våre beregninger skjønnsmessig til grunn en ekstra klimaeffekt, som følge av kondensstriper og cirruskyer, på 30 prosent av flytrafikkens direkte CO<sub>2</sub>-utslipp fra flymotorene.

Kapasitetsutnyttelsen på rute fly mellom Oslo og Trondheim var ifølge Avinor på 69 prosent i 2012 og 70 prosent i 2013.<sup>20</sup> Vi legger til grunn at kapasitetsutnyttelsen i 2020 vil holde seg på 2013-nivå.

#### TILBRINGERTRANSPORT

For trafikken til og fra flyplassene støtter vi oss til Schlaupitz (2008, s. 21), som oppgir et direkte energiforbruk på 0,184 kWh/passasjerkilometer i 2020, derav 36 prosent elektrisitet.

#### VOGNTOG

---

<sup>18</sup> SAS' miljøkalkulator: <http://www.sasems.port.se/EmissionCalc.cfm?lang=2&utbryt=0&sid=advanced&left=advanced>

<sup>19</sup> Flyselskapet Norwegians omtale av nye fly: [http://hotelnytt.no/files/neo-max-fact-sheet\\_3.pdf](http://hotelnytt.no/files/neo-max-fact-sheet_3.pdf)

<sup>20</sup> E-post fra Odd Nakland i Avinor, 16. mai 2014.

For vogntog støtter vi oss til Schlaupitz (2013, s. 12), som anslår et gjennomsnittlig drivstofforbruk på 3,40 liter/mil i 2025 og legger til grunn 16 tonn last om bord. Bruker vi effektiviseringssatsene som er forutsatt i kilden, kan vi regne oss «tilbake» og dermed finne at forbruket i 2020 vil være på 3,53 liter/mil, som gir et energiforbruk på 0,216 kWh/tonnkilometer.<sup>21</sup>

## KLIMAGASSFAKTORER FOR ENERGIBÆRERNE

Før energien brukes, oppstår det også klimagassutslipp, som følge av utvinning, raffinering og transport av energien. Bruk av bioenergi kan også bidra til reduserte CO<sub>2</sub>-utslipp før forbrenning.

Vi støtter oss til databasen GEMIS 4.9 og legger til grunn at forbrenning av fossilt drivstoff frigjør CO<sub>2</sub> tilsvarende 269 g/kWh. For utvinning, raffinering og transport må vi legge til 14 prosent, tilsvarende nesten 38 g/kWh. Vi forutsetter at alt flytende drivstoff i 2020 inneholder 5 prosent andregenerasjons biodrivstoff. Stratton, Wong og Hileman (2010, s. 110) viser at ulike typer biodrivstoff til fly kan gi 40–80 prosent<sup>22</sup> lavere klimagassutslipp enn tradisjonelt flydrivstoff, når en betrakter både produksjonsprosessen og bruken under ett. Vi legger til grunn en reduksjon på 60 prosent, som gjør at bruk av biodrivstoff i 2020 kan redusere klimagassutslippene fra flytende drivstoff med 3 prosent. Dette gjør at vi i sum regner klimagassutslipp (CO<sub>2</sub>-ekv.) på 297 g/kWh i 2020 for alt flytende drivstoff.

Produksjon og distribusjon av elektrisitet gir også klimagassutslipp, men hvordan dette skal beregnes for strømforbruk i Norge, er omdiskutert. Det kan argumenteres for at vi bør bruke svært lave utslippsfaktorer, så lenge vi har et stort kraftoverskudd i Norden og mulighetene for eksport av strøm til land med høye utslipp fra kraftproduksjonen begrenses av lav kapasitet i overføringsnettet. I tillegg taler mye for at klimagassutslippene fra kraftproduksjonen, sett i et lengre tidsperspektiv, vil synke betydelige også i det europeiske kraftmarkedet. Men siden strømmen likevel kan ha alternative anvendelsesformer, og det kan skje mye med overføringsnettet, ønsker vi å illustrere mulige klimagassutslipp fra elektrisitet brukt til togframføring. Vi legger derfor til grunn den utslippsfaktoren som er brukt som basisalternativ i Jernbaneverkets høyhastighetsutredning, nemlig klimagassutslipp (CO<sub>2</sub>-ekv.) på 166 g/kWh (Bergsdal mfl. 2012, s. 81–87).<sup>23</sup> Denne faktoren tar utgangspunkt i kraftforbruket i Norden (2006–2008). Vi understreker at vi ikke anser forutsetningen som noen fasit eller anbefaling, men at den er ment som en illustrasjon. Bergsdal mfl. (2012) presenterer også en alternativ utslippsfaktor med utgangspunkt i den norske forbruksmiksen (2007–2009), som gir 26,5 g/kWh, og et alternativ med utgangspunkt i den antatte europeiske miksen i 2030, nemlig 283 g/kWh. Også Schlaupitz (2008) drøfter klimagassutslipp fra strømforbruk i Norge og legger til grunn en utslippsfaktor på 250 g/kWh i 2020.

## KLIMAKONSEKVENSER, PRODUKSJON OG VEDLIKEHOLD AV TRANSPORTMIDLER

Vi ønsker å inkludere klimakonsekvensene av produksjon og vedlikehold av transportmidlene i denne analysen. Vi støtter oss til Schlaupitz (2008, s. 30–34), som riktignok bringer usikre tall som forutsetter en sterk grad av energieffektivisering og «avkarbonisering» fram mot 2020. Det gjør at vi med stor sannsynlighet undervurderer klimakonsekvensene av produksjon og vedlikehold av transportmidlene. Som eksempel kan vi nevne at Schlaupitz (2008, s. 31) oppgir produksjonsutslipp til en VW Golf A4 til i overkant av 3 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. i 2020, mens Fridstrøm, Østli og Johansen (2013, s. 29) viser til at anslag for utslipp fra produksjon av vanlige biler ligger på 3 til 6 tonn.

<sup>21</sup> Vi har her forutsatt et CO<sub>2</sub>-utslipp på 269 g/kWh, mens Schlaupitz (2013) la til grunn en noe lavere faktor.

<sup>22</sup> Da er det forutsatt at det ikke skjer arealbruksendringer som følge av produksjonen. Høyest reduksjon i klimagassutslipp oppnås ved bruk av prairiegras som råstoff, mens lavest reduksjon oppnås ved bruk av alger som råstoff.

<sup>23</sup> Vi har i basisberegningene lagt til grunn samme faktor for elbiler, men legger til ytterligere 5 prosent for omforming av høyspentstrøm til lavspentstrøm og tilhørende tap i lavspennetnettet.

Eneste endring vi gjør i forhold til Schlaupitz (2008), er at vi korrigerer tallet for elbiler noe. Kilden legger til grunn at produksjon og vedlikehold av elbiler gir 40 prosent høyere klimagassutslipp enn en tilsvarende bil med forbrenningsmotor. Med støtte i Hawkins, Singh, Majeau-Bettez og Strømman (2012) justerer vi dette tallet til 50 prosent, forutsatt en kjørelengde på 250 000 km gjennom bilens levetid.

Våre forutsetninger om klimagassutslipp fra produksjon og vedlikehold av transportmidlene er vist i vedlegg 1.

## AVSTANDER

Når vi beregner endringene i klimagassutslipp fra endringer i transportmiddelbruk, må vi også korrigere for at avstandene ved bruk av de forskjellige transportmidlene varierer noe.

For fly bruker vi avstanden oppgitt i SAS' miljøkalkulator, mens vi for transport til og fra flyplassene regner en distanse på 80 km. Vi forutsetter ellers at reisedistansene med tog tilsvarende avstanden langs jernbanesporet.

Ved bruk av personbil og ekspressbuss vil reiselengden dør til dør kunne bli kortere enn om en bruker tog, dels som følge av at avstandene langs veg og bane ikke er de samme, og dels fordi det blir et mindre behov for transport til og fra stasjonene. Vi har valgt ut en del aktuelle reisealternativ for de ulike togkategoriene og funnet reiselengdene ved hjelp elektroniske karttjenester. På bakgrunn av dette til grunn at avstanden er 1–9 prosent kortere for personbil og ekspressbuss enn for jernbane. Vi forenkler og antar at transporten til og fra toget i Oslo i hovedsak foregår til fots eller med kollektivtransport, uten å legge inn noe energiforbruk for det.

For godstransportene mellom Oslo og Trondheim tar vi hensyn til at avstanden langs vegen er en del kortere, og at det som regel vil være en del kjøring til og fra terminalene i begge ender, som i sum gjør at vi regner med at for hver tonnkilometer gods som går på jernbanen, reduseres bruken av vogntog med 0,82 tonnkilometer.<sup>24</sup>

## USIKKERHETSDRØFTING

En del av forutsetningene som gjøres i beregningene, påvirker resultatet av analysen betydelig. Andre forutsetninger viser seg å være av mindre betydning.

Forutsetningene om hvordan passasjerene vil respondere dersom togtilbudet endres, er kanskje det usikkerhetsmomentet som kan ha størst innvirkning på totalresultatet. I tillegg er det verd å gjenta at forutsetningen om klimakonsekvensen av elektrisitetsforbruk i Norge, ikke må oppfattes som noen fasit eller anbefaling. Den har også meget stor innvirkning på togtrafikkens direkte klimakonsekvenser.

Andre usikkerhetsmoment som kan sies å ha moderat innvirkning på konklusjonen, er det faktum at konsekvensene av endringer i transportmåte og -omfang ikke analyseres utover transportkorridoren. Den ekstra klimaeffekten av flytrafikk i høyere luftlag er forsøkt kalkulert inn, men omfanget må sies å være forbundet med usikkerhet.

Vi vil også understreke at våre eksempel på togstørrelser med tilhørende transportmengder ikke kan sies å representere noe gjennomsnitt, men framstår som representative for de togkategoriene og situasjonene (rush og utenom rush) vi ønsker å belyse.

Det er også verd å gjenta at det ikke nødvendigvis slik at det ved kapasitetsproblemer på banenettet kan sløyfes ett lokal- eller IC-tog for å få plass til ett ekstra godstog. Dette er situasjonsbestemt og gjør at bruken av våre data fra dette notatet må vektas med tanke på eventuelle andre «bytteforhold».

---

<sup>24</sup> Vi forenkler og legger til grunn at transportene til og fra godsterminalene gir samme klimagassutslipp per nettotonnkilometer som ved bruke av vegtransport fra dør til dør.

# LITTERATURLISTE

- Avinor mfl. (2011): *Bærekraftig og samfunnsnyttig luftfart*. Avinor, SAS, Norwegian, NHO Luftfart og Widerøe: [http://www.avinor.no/tridionimages/B%C3%A6rekrafttrapport\\_luftfart-ny\\_tcm181-130695.pdf](http://www.avinor.no/tridionimages/B%C3%A6rekrafttrapport_luftfart-ny_tcm181-130695.pdf)
- Bergsdal, Håvard, Johan Pettersen, Christian Solli, Christine Hung, Carine Grossrieder og Johanne Hammervold (2012): *Environmental analysis. Climate – Norwegian High Speed Railway Project Phase 3. Final report*. MiSA: [http://www.jernbaneverket.no/PageFiles/17582/Climate\\_Final%20report%20Phase3\\_MiSA.pdf](http://www.jernbaneverket.no/PageFiles/17582/Climate_Final%20report%20Phase3_MiSA.pdf)
- Chester Mikhail V. og Arpad Horvath (2009): *Environmental assessment of passenger transportation should include infrastructure and supply chains*. University of California: [http://www.lalica.net/Appello\\_a\\_Monti/Chester%20and%20%20Horvath%202009%20\(California\).pdf](http://www.lalica.net/Appello_a_Monti/Chester%20and%20%20Horvath%202009%20(California).pdf)
- Danielsen, Steinar (2003): *Måling for kontroll av simulerte nøkkeltall for energiforbruk per bruttotonnkilometer*. BanePartner: [http://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/id/124118/11TU00782\\_ocr\\_red.pdf](http://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/id/124118/11TU00782_ocr_red.pdf)
- Denstadli, Jon Martin og Anne Gjerdåker (2011): *Transportmiddelbruk og konkurranseflater i tre hovedkorridorer*. TØI-rapport 1147/2011. Transportøkonomisk institutt: <https://www.toi.no/getfile.php/Publikasjoner/T%C3%98I%20rapporter/2011/1147-2011/1147-2011-elektronisk.pdf>
- Fridstrøm, Lasse, Østli, Vegard og Kjell Werner Johansen (2013): *Vrakpant som klimatiltak*. TØI-rapport 1292/2014. Transportøkonomisk institutt: <https://www.toi.no/getfile.php/Publikasjoner/T%C3%98I%20rapporter/2013/1292-2013/1292-2013-elektronisk.pdf>
- Fuglestad, Jan, Marianne T. Lund og Terje Berntsen (2011): *Luftfart og klima – En oppdatert oversikt over status for forskning på klimaeffekter av utslipp fra fly*. CIENS Forskningssenter for miljø og samfunn: <http://www.ciens.no/Data/0/123.pdf>
- GEMIS 4.9: *GEMIS – Globales Emissions-Modell integrierter Systeme*. Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien: <http://www.iinas.org/gemis-de.html>
- Hawkins, Troy R., Bhawna Singh, Guillaume Majeau-Bettez og Anders Hammer Strømman (2012): *Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles*. Journal of Industrial Ecology, 17: 53–64. Og korreksjonsartikkelen (2013): Journal of Industrial Ecology, 17: 158–160: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x/abstract>
- Hægstad, Andres (2007): *Prestasjonsmåling av Energiforbruk*. Studentoppgave NTNU <http://jernbaneforskning.no/files/pages/554/2007-hagstad-prosjekt.pdf>
- Jernbaneverket (2007): *Godstransport på bane – Jernbaneverkets strategi*: [http://www.jernbaneverket.no/PageFiles/3093/Godstransport\\_p\\_b\\_1720617a.pdf](http://www.jernbaneverket.no/PageFiles/3093/Godstransport_p_b_1720617a.pdf)
- Jernbaneverket (2014): *Handlingsprogram 2014–2023*: <http://www.jernbaneverket.no/PageFiles/29130/Handlingsprogram%202014-2023%20a.pdf>
- Johansen, Kjell Werner og Bjørnar Andreas Kvinge (2004): *Lønnsom persontransport på jernbanen? En vurdering av driftsøkonomisk og samfunnsøkonomisk lønnsomhet på norske jernbanestrekninger*. TØI-rapport 710/2004. Transportøkonomisk institutt: <https://www.toi.no/getfile.php/Publikasjoner/T%C3%98I%20rapporter/2004/710-2004/710-2004-el.pdf>
- Johnson, Daniel K. (2007): *Indirect energy associated with Swedish road transport*. Kungliga Tekniska högskolan: [http://www.ejtir.tbm.tudelft.nl/issues/2007\\_03/pdf/2007\\_03\\_01.pdf](http://www.ejtir.tbm.tudelft.nl/issues/2007_03/pdf/2007_03_01.pdf)

- Prosam (2013): *Bygrensetelling 2012 – Bil- og kollektivtelling 6. november 2012*. Ruter:  
<http://www.prosam.org/index.php?page=report&nr=204>
- Samferdselsdepartementet (2012): *Prop 1 S (2012–2013)*:  
[http://www.regjeringen.no/pages/38072236/PDFS/PRP201220130001\\_SDDDDPDFS.pdf](http://www.regjeringen.no/pages/38072236/PDFS/PRP201220130001_SDDDDPDFS.pdf)
- Schlaupitz, Holger (2008): *Energi- og klimakonsekvenser av moderne transportsystemer. Effekter ved bygging av høyhastighetsbaner i Norge*. Norges Naturvernforbund:  
<http://naturvernforbundet.no/getfile.php/Dokumenter/Rapporter%20og%20faktaark/2008-2007/Energi%20og%20klimakonsekvenser%20av%20moderne%20transportsystemer.pdf>
- Schlaupitz, Holger (2013): *Gods fra trailer til tog – En studie av trafikkpotensial og muligheter Oslo–Trondheim/Åndalsnes*: Naturvernforbundet:  
<http://naturvernforbundet.no/getfile.php/Dokumenter/Rapporter%20og%20faktaark/2013/Gods%20fra%20trailer%20til%20tog.pdf>
- Simonsen, Morten (2010): *Transport, energi og miljø – Sluttrapport*: Vestlandsforskning:  
<http://sip.vestforsk.no/pdf/Felles/Sluttrapport.pdf>
- SSB (2013): *Samferdsel og miljø 2013 – Utvalgte indikatorer for samferdselssektoren*. Frode Brunvoll og Jan Monsrud (red.). Statistisk sentralbyrå: <http://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/attachment/135474?ts=140bef2c560>
- Stratton, Wong og Hileman (2010): *Life Cycle Greenhouse Gas Emissions from Alternative Jet Fuels*. Massachusetts Institute of Technology: <http://web.mit.edu/aeroastro/partner/reports/proj28/partner-proj28-2010-001.pdf>
- Strippel, Håkan og Stefan Uppenberg (2010): *Life cycle assessment of railways and rail transports – Application in environmental product declarations (EPDs) for the Bothnia Line*. Svenska Miljöinstitutet:  
<http://www.ivl.se/webdav/files/B-rapporter/B1943.pdf>
- TRL (2004): *The demand for public transport: A practical guide*:  
<http://www.demandforpublictransport.co.uk/TRL593.pdf>
- Vågane, Liva (2009): *Flere i hver bil? Status og potensial for endring av bilbelegget i Norge*. TØI-rapport 1050/200. Transportøkonomisk institutt:  
<https://www.toi.no/getfile.php/Publikasjoner/T%C3%98I%20rapporter/2009/1050-2009/1050-hele%20rapporten%20nett.pdf>
- Aamaas, Borgar, Jens Borken-Kleefeld og Glen P. Peters (2013): *The climate impact of travel behavior: A German case study with illustrative mitigation options*. Environmental Science & Policy Volume 33: 273–282:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901113001366>

# VEDLEGG 1: TABELL

|                                                                       | Lokaltog<br>(persontrafikk) |        | IC-tog<br>(persontrafikk) |       | Langdistansetog<br>(persontrafikk) |       | Kombi-<br>godstog   |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------|---------------------------|-------|------------------------------------|-------|---------------------|
|                                                                       | Oslo S–Dal                  |        | Oslo S–Lillehammer        |       | Oslo S–Trondheim                   |       | Alnabru–<br>Tr.heim |
|                                                                       | Normal                      | Rush   | Normal                    | Rush  | Normal                             | Rush  | Normal              |
| Distanse jernbane (km)                                                | 57                          | 57     | 181                       | 181   | 550                                | 550   | 545                 |
| Distansefaktor vegtransport/banetransport                             | 0,97                        | 0,97   | 0,99                      | 0,99  | 0,91                               | 0,91  | 0,82                |
| Tog: Kapasitet (sitteplasser, tonn (netto))                           | 295                         | 590    | 482                       | 482   | 240                                | 406   | 432                 |
| Tog: Kapasitetsutnyttelse                                             | 30 %                        | 60 %   | 25 %                      | 60 %  | 70 %                               | 70 %  | 90 %                |
| Tog: Energi, framdrift (kWh/setekm, kWh/tonnkm)                       | 0,032                       | 0,033  | 0,032                     | 0,033 | 0,043                              | 0,043 | 0,054               |
| Tog: Energi, tillegg tap i banestrømsystemet                          | 11 %                        | 11 %   | 19 %                      | 19 %  | 26 %                               | 26 %  | 28 %                |
| Tog: CO <sub>2e</sub> , prod. og vedl.hold (g/setekm, g/tonnkm)       | 1                           | 1      | 1                         | 1     | 1                                  | 1     | 0                   |
| Personbil: Belegg (antall personer)                                   | 1,50                        | 1,25   | 1,75                      | 1,50  | 2,00                               | 2,00  | -                   |
| Personbil: Andel bykjøring av total kjøring                           | 20,0 %                      | 20,0 % | 6,5 %                     | 6,5 % | 2,5 %                              | 2,5 % | -                   |
| Personbil: Energi, framdrift ord. bil (kWh/bilkm)                     | 0,637                       | 0,755  | 0,620                     | 0,658 | 0,614                              | 0,629 | -                   |
| Personbil: Energi, framdrift elbil (kWh/bilkm)                        | 0,202                       | 0,202  | 0,202                     | 0,202 | 0,202                              | 0,202 | -                   |
| Personbil: CO <sub>2e</sub> , prod. og vedl.hold. ord. bil (g/bilkm)  | 14                          | 14     | 14                        | 14    | 14                                 | 14    | -                   |
| Personbil: CO <sub>2e</sub> , prod. og vedl.hold.elbil (g/bilkm)      | 21                          | 21     | 21                        | 21    | 21                                 | 21    | -                   |
| Personbil: Andel elbil av total bilkjøring                            | 10 %                        | 10 %   | 5 %                       | 5 %   | 3 %                                | 3 %   | -                   |
| Ekspressbuss: Belegg (antall personer)                                | 20                          | 30     | 20                        | 30    | 20                                 | 30    | -                   |
| Ekspressbuss: Energi, framdrift (kWh/busskm)                          | 2,825                       | 2,825  | 2,825                     | 2,825 | 2,825                              | 2,825 | -                   |
| Ekspressbuss: CO <sub>2e</sub> , prod. og vedl.hold (g/busskm)        | 42                          | 42     | 42                        | 42    | 42                                 | 42    | -                   |
| Fly: Belegg                                                           | -                           | -      | -                         | -     | 70 %                               | 70 %  | -                   |
| Fly: Energi, flyging Garderm.–Værnes (kWh/passasjer)                  | -                           | -      | -                         | -     | 182,1                              | 182,1 | -                   |
| Fly: Tillegg for GWP, høyere luftlag                                  | -                           | -      | -                         | -     | 30 %                               | 30 %  | -                   |
| Fly: CO <sub>2e</sub> , prod. og vedl.hold. (kg/passasjer)            | -                           | -      | -                         | -     | 0,5                                | 0,5   | -                   |
| Fly: Distanse til og fra flyplass (sum) (km)                          | -                           | -      | -                         | -     | 80                                 | 80    | -                   |
| Fly: Energi, framdrift tilbringer (kWh/pass.km) *                     | -                           | -      | -                         | -     | 0,18                               | 0,18  | -                   |
| Fly: CO <sub>2e</sub> , prod. og vedl.hold tilbringer (g/pass.km)     | -                           | -      | -                         | -     | 3                                  | 3     | -                   |
| Vogntog: Energi, framdrift (kWh/tonnkm)                               | -                           | -      | -                         | -     | -                                  | -     | 0,216               |
| Vogntog: CO <sub>2e</sub> , prod. og vedl.hold (g/tonnkm)             | -                           | -      | -                         | -     | -                                  | -     | 2                   |
| Energi: CO <sub>2e</sub> , el.prod. og -distr. (g/kWh) **             | 166                         | 166    | 166                       | 166   | 166                                | 166   | 166                 |
| Energi: CO <sub>2e</sub> , forbrenning fossilt drivstoff (g/kWh)      | 269                         | 269    | 269                       | 269   | 269                                | 269   | 269                 |
| Energi: CO <sub>2e</sub> , utvinn., raff. og distr. drivstoff (g/kWh) | 38                          | 38     | 38                        | 38    | 38                                 | 38    | 38                  |
| Energi: CO <sub>2e</sub> , bioinnblanding (g/kWh)                     | -9                          | -9     | -9                        | -9    | -9                                 | -9    | -9                  |
| Trafikkendring personreiser: Til personbil                            | 50 %                        | 55 %   | 45 %                      | 55 %  | 20 %                               | 25 %  | -                   |
| Trafikkendring personreiser: Til buss                                 | 20 %                        | 30 %   | 20 %                      | 25 %  | 15 %                               | 15 %  | -                   |
| Trafikkendring personreiser: Til fly                                  | 0 %                         | 0 %    | 0 %                       | 0 %   | 30 %                               | 35 %  | -                   |
| Trafikkendring personreiser: Til andre tog                            | 20 %                        | 5 %    | 25 %                      | 10 %  | 25 %                               | 15 %  | -                   |
| Trafikkendring personreiser: Redusert reiseomfang                     | 10 %                        | 10 %   | 10 %                      | 10 %  | 10 %                               | 10 %  | -                   |
| Endring i klimagassutslipp (tonn CO <sub>2e</sub> / avgang):          |                             |        |                           |       |                                    |       |                     |
| Innsparing veg- og flytrafikk, framdrift                              | 0,3                         | 1,9    | 1,2                       | 3,9   | 5,7                                | 11,1  | 11,1                |
| Innsparing veg- og flytrafikk, transportmidler                        | 0,0                         | 0,1    | 0,1                       | 0,3   | 0,2                                | 0,4   | 0,3                 |
| Endring tog, framdrift                                                | -0,1                        | -0,2   | -0,5                      | -0,6  | -1,2                               | -2,0  | -2,4                |
| Endring tog, transportmidler                                          | 0,0                         | 0,0    | -0,1                      | -0,1  | -0,1                               | -0,2  | -0,1                |

\* Andelen elektrisitet er 36 prosent og diesel 64 prosent.

\*\* For lading av elbiler tilkommer 5 prosent for transformering til lavspenststrøm og tap i lavspennetnettet.

Merk at noen kolonner inneholder data for person- og godstrafikk, der enhetene avviker. I persontrafikken er det passasjerkilometer de fleste data relaterer seg til, mens det for godstrafikken er nettotonnkilometer.

## VEDLEGG 2: STATUS I 2013

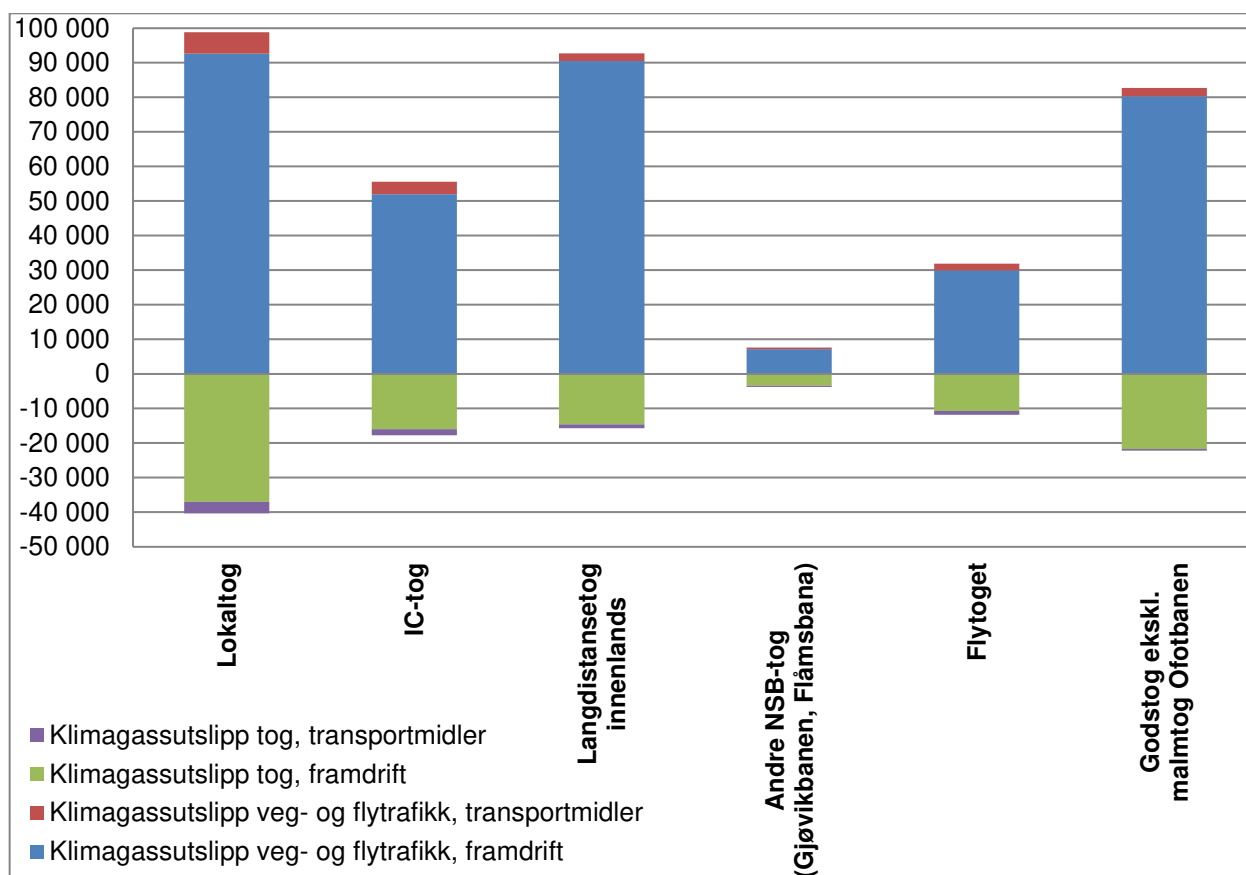
### INNLEDNING

Hovedformålet med dette notatet har vært å se på klimakonsekvensene av å nedprioritere noen tog til fordel for andre. Beregningene vi har gjort, har gitt oss interessante data som det er fristende å bruke til å gjøre et grovt anslag over «klimakutt-bidraget» fra den totale togtrafikken i Norge.

Vi tar derfor utgangspunkt i SSBs statistikk<sup>25</sup> over transportarbeidet på norske jernbaner i 2013, som er vist i tabellen på side 20. Så har vi estimert klimakonsekvensen av at én person reiser én kilometer (passasjerkilometer), og av at ett tonn gods fraktes én kilometer (nettotonnkilometer). Til beregningene har vi til en viss grad brukt data fra tabellen i vedlegg 1, som gjelder for 2020, i tillegg til at vi har brukt en del andre data, som vi redegjør kort for seinere i dette vedlegget.

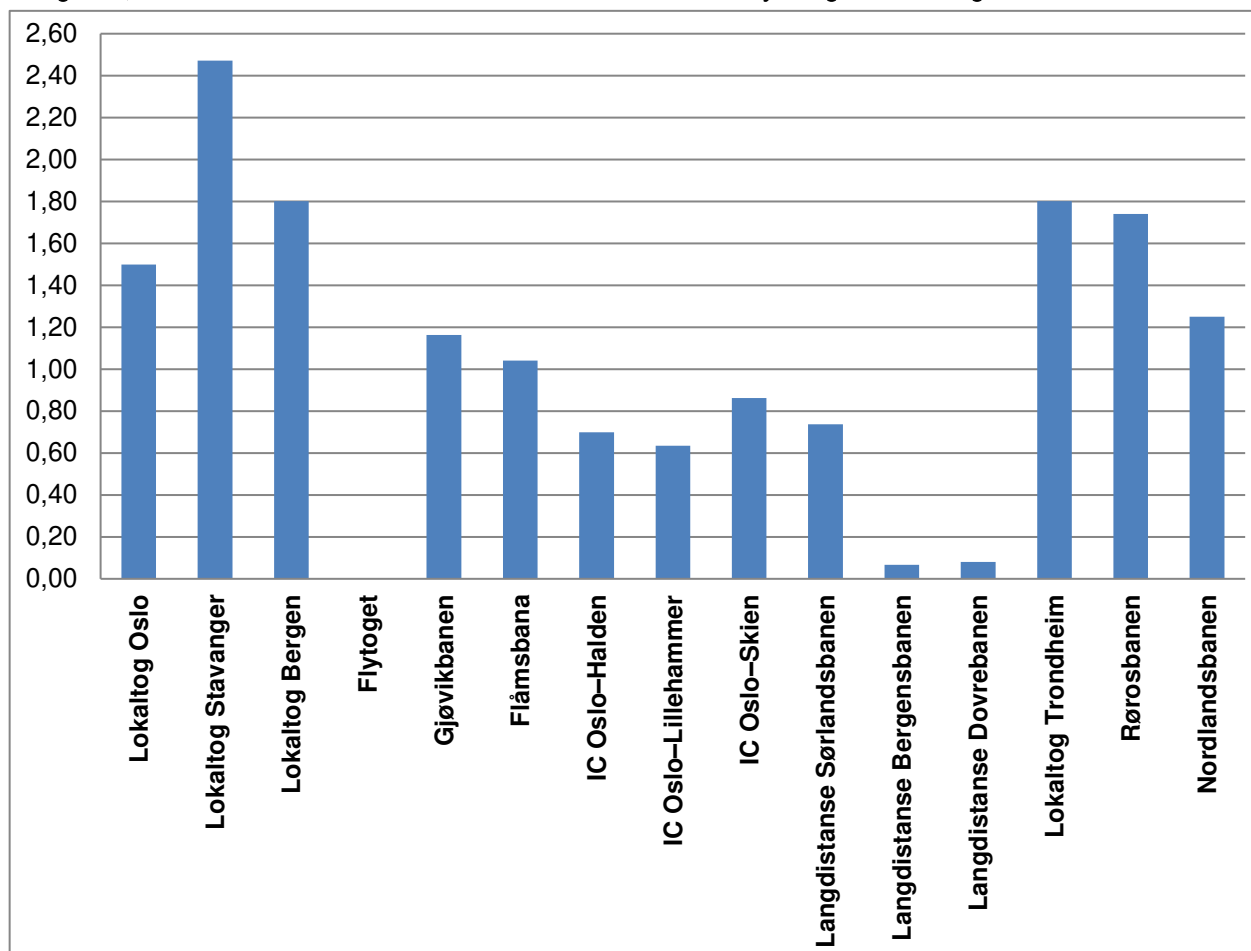
Siden vi bare har analysert den elektrisk drevne togtrafikken, holder vi den dieseldrevne trafikken utenom denne analysen. Statistikken gjør det ellers vanskelig å beregne klimakonsekvensene av persontogtrafikken over landegrensene – også den andelen som foregår på norsk område – så dette har vi også utelatt.

I dette vedlegget viser vi også hvor stort økonomisk tilskudd drift av persontrafikken på jernbanen i Norge fikk per passasjerkilometer i 2013, fordelt på de ulike togkategoriene.



<sup>25</sup> SSBs statistikkbank: Tabell 10484: *Persontransport med jernbane, etter strekningstype*. Tabell: 04780: *Gods- og persontransport med jernbane, etter transporttype*.

Figuren viser endringer i klimagassutslipp (tonn CO<sub>2</sub>-ekv.) i 2013 dersom den elektrisk drevne togtrafikken i Norge ikke hadde eksistert. Grønne søyler angir endringer i togtrafikkens klimagassutslipp, gitt CO<sub>2e</sub>-utslipp for elektrisitet på 166 g/kWh, som er basisalternativet som er brukt i Jernbaneverkets høyhastighetsutredning.



Figuren viser det økonomiske tilskuddet for drift av persontrafikken på jernbane i Norge i 2013, uttrykt i 2013-kroner per passasjerkilometer. Grenseoverskridende trafikk og «øvrige regiontog» er ikke inkludert i figuren.

## RESULTATER

De to foregående figurene viser våre hovedfunn når det gjelder togtrafikkens «klimakutt-bidrag» og økonomiske tilskudd per passasjerkilometer i 2013.

Tabellen på neste side går mer i detalj. Den viser transportarbeidet på norske jernbaner i 2013, og for persontrafikken også tilbydd kapasitet og kapasitetsutnyttelse. Tabellen viser også det økonomiske tilskuddet til drift av persontrafikken, både i absolutte tall og per passasjerkilometer. Videre viser tabellen forutsetningene om direkte energiforbruk samt et grovt overslag over endringene i klimagassutslipp ved bortfall av togtilbudet. For sistnevnte viser vi tall for framdrift av transportmidlene og for produksjon og vedlikehold av transportmidlene separat. Klimagassutslipp fra framdrift av tog er vist under forutsetning av at strømforbruket gir utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter på 166 g/kWh, som er basisalternativet som er brukt i Jernbaneverkets høyhastighetsutredning.

Vi ser at lokaltog i Oslo-området og langdistansepersontog står for det største persontransportarbeidet. Kapasitetsutnyttelsen er forholdsvis høy i langdistansetrafikken. Togtrafikkens bidrag til reduserte klimagassutslipp står i noenlunde forhold til transportarbeidet. Men det er viktig å merke seg at godstrafikken gir et betydelig bidrag. Utover Flytoget, som ikke mottar driftstilskudd, peker langdistansetog på Bergensbanen og Dovrebanen seg ut med svært lave tilskudd per passasjerkilometer. Heller ikke godstrafikken mottar driftstilskudd.

Det er grunn til å spørre om det er relevant å analysere klimakonsekvensen av malmtog på Ofotbanen. Om ikke Ofotbanen hadde eksistert, ville disse transportene neppe foregått i Norge, noe som tilsier å holde dem utenom analysen. Vi har likevel gjort et grovt overslag som er vist i tabellen på neste side.

|                                                        | Transportarbeid (millioner passasjerkilometer og millioner tonnkilometer) | Kapasitet (millioner setekilometer) | Kapasitetsutnyttelse | Tilskudd til persontogtrafikk (millioner kroner) | Tilskudd per passasjerkilometer (kroner) | Direkte energiforbruk (kWh) per passasjerkilometer og tonnkilometer | Endring i klimagassutslipp (tusen tonn CO <sub>2</sub> -ekv.) veg- og flytrafikk framdrift | Endring i klimagassutslipp (tusen tonn CO <sub>2</sub> -ekv.) veg- og flytrafikk transportmidler | Endring i klimagassutslipp (tusen tonn CO <sub>2</sub> -ekv.) tog, framdrift | Endring i klimagassutslipp (tusen tonn CO <sub>2</sub> -ekv.) tog, transportmidler |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Lokaltog Oslo                                          | 912                                                                       | 3 443                               | 26 %                 | 1 366                                            | 1,50                                     | 0,044                                                               | 82                                                                                         | 5                                                                                                | -30                                                                          | -3                                                                                 |
| Lokaltog Stavanger                                     | 70                                                                        | 481                                 | 15 %                 | 173                                              | 2,47                                     | 0,040                                                               | 6                                                                                          | 0                                                                                                | -4                                                                           | 0                                                                                  |
| Lokaltog Bergen                                        | 49                                                                        | 253                                 | 19 %                 | 88                                               | 1,80                                     | 0,052                                                               | 4                                                                                          | 0                                                                                                | -3                                                                           | 0                                                                                  |
| Flytoget                                               | 330                                                                       | 1 392                               | 24 %                 | 0                                                | 0,00                                     | 0,040                                                               | 30                                                                                         | 2                                                                                                | -11                                                                          | -1                                                                                 |
| Gjøvikbanen                                            | 64                                                                        | 422                                 | 15 %                 | 74                                               | 1,16                                     | 0,035                                                               | 6                                                                                          | 0                                                                                                | -3                                                                           | 0                                                                                  |
| Flåmsbana                                              | 16                                                                        | 38                                  | 42 %                 | 16                                               | 1,04                                     | 0,044                                                               | 1                                                                                          | 0                                                                                                | 0                                                                            | 0                                                                                  |
| IC Oslo-Halden                                         | 174                                                                       | 518                                 | 34 %                 | 121                                              | 0,70                                     | 0,045                                                               | 13                                                                                         | 1                                                                                                | -5                                                                           | 0                                                                                  |
| IC Oslo-Lillehammer                                    | 235                                                                       | 832                                 | 28 %                 | 149                                              | 0,63                                     | 0,032                                                               | 18                                                                                         | 1                                                                                                | -5                                                                           | -1                                                                                 |
| IC Oslo-Skien                                          | 275                                                                       | 856                                 | 32 %                 | 237                                              | 0,86                                     | 0,035                                                               | 21                                                                                         | 1                                                                                                | -6                                                                           | -1                                                                                 |
| Langdistanse Sørlandsbanen                             | 249                                                                       | 528                                 | 47 %                 | 183                                              | 0,74                                     | 0,047                                                               | 28                                                                                         | 1                                                                                                | -5                                                                           | 0                                                                                  |
| Langdistanse Bergensbanen                              | 301                                                                       | 519                                 | 58 %                 | 20                                               | 0,07                                     | 0,047                                                               | 34                                                                                         | 1                                                                                                | -5                                                                           | 0                                                                                  |
| Langdistanse Dovrebanen                                | 254                                                                       | 383                                 | 66 %                 | 20                                               | 0,08                                     | 0,047                                                               | 29                                                                                         | 1                                                                                                | -4                                                                           | 0                                                                                  |
| Grensekryssende persontrafikk                          | 45                                                                        |                                     |                      |                                                  |                                          |                                                                     |                                                                                            |                                                                                                  |                                                                              |                                                                                    |
| Godstog elektrisk (estimert), ekskl. malmtog Ofotbanen | 1 408                                                                     |                                     |                      |                                                  |                                          | 0,072                                                               | 80                                                                                         | 2                                                                                                | -22                                                                          | -1                                                                                 |
| Malmtog Ofotbanen                                      | 733                                                                       |                                     |                      |                                                  |                                          | 0,007                                                               | 38                                                                                         | 2                                                                                                | -1                                                                           | 0                                                                                  |
| Lokaltog Trondheim (diesel)                            | 61                                                                        | 190                                 | 32 %                 | 109                                              | 1,80                                     |                                                                     |                                                                                            |                                                                                                  |                                                                              |                                                                                    |
| Rørosbanen (diesel)                                    | 55                                                                        | 147                                 | 37 %                 | 95                                               | 1,74                                     |                                                                     |                                                                                            |                                                                                                  |                                                                              |                                                                                    |
| Nordlandsbanen (diesel)                                | 151                                                                       | 273                                 | 55 %                 | 189                                              | 1,25                                     |                                                                     |                                                                                            |                                                                                                  |                                                                              |                                                                                    |
| Øvrige regiontog (mest diesel)                         | (22)                                                                      | 161                                 | n.a.                 | 116                                              | n.a.                                     |                                                                     |                                                                                            |                                                                                                  |                                                                              |                                                                                    |
| Godstransport diesel (estimert)                        | 407                                                                       |                                     |                      |                                                  |                                          |                                                                     |                                                                                            |                                                                                                  |                                                                              |                                                                                    |

Merknader: Antall setekilometer for persontog over grensa er i SSBs statistikk plassert på innenlandske togkategorier, mens tallet for passasjerkilometer på norsk område i samme tog er plassert i en egen kategori. Dette gjør at spesielt IC Oslo–Halden får en noe lavere kapasitetsutnyttelse enn hva som er reelt. Antall passasjerkilometer for «øvrige regiontog» blir også for lavt, noe som gjør at vi for disse ikke kan beregne kapasitetsutnyttelse eller tilskudd per passasjerkilometer. Se også fotnote 33. For godstrafikken viser tabellen transportarbeidet i nettotonnkilometer, der lastbærernes vekt ikke er inkludert. Det oppgitte direkte energiforbruket inkluderer ikke tapet i jernbanens strømsystem.

## KLIMAANALYSEN: AVVIKENDE FORUTSETNINGER I FORHOLD TIL 2020

Til analysen i dette vedlegget har vi gjort antakelser om at andre togkategorier til en viss grad er «identiske» med korridoren Oslo–Trondheim, som vi har gått i dybden på tidligere i dette notatet. Det har gjort det mulig å bruke data fra tabellen i vedlegg 1 til beregningene, men med en del endringer, som vi redegjør for under. Der ikke annet er angitt, definerer vi Gjøvikbanen, Flåmsbana og Flytoget som lokaltog.

### TRAFIKKENDRINGER OG AVSTANDER

I tabellen i vedlegg 1 («trafikkendringer personreiser») har vi vist hvordan vi i beregningene tidligere i notatet har forutsatt at folk vil reise dersom deler av et togtilbud bortfaller. Men de tre persontogkategoriene i korridoren Oslo–Trondheim er neppe representative for hele landet. I den delen av lokaltrafikken nærmest de store byene er det nærliggende å anta at andelen som går over til buss, kan være større enn hva vi har forutsatt for lokaltog Oslo–Dal, i og med at køer og manglende tilgangen til parkering kan gjøre bruk av personbil vanskelig. I langdistansetrafikken er det grunn til å anta at overgangen til fly ville vært mindre på Sørlandsbanen enn på Dovrebanen, i og med at Sørlandsbanen betjener flere delmarkeder med kortere reiser, som

utgjør en betydelig andel av togtrafikken – der ekspressbuss og personbil framstår som sterke konkurrenter. Bergensbanen og Flåmsbana har et betydelig innslag av turisttrafikk. Hadde togtilbudet ikke eksistert, er det vanskelig å si noe om hvordan trafikken da hadde blitt utført. Noen hadde kanskje brukt turistbusser eller rutebusser, andre egen bil eller leiebil, mens andre hadde flydd eller kanskje brukt hurtigbåt, mens atter andre muligens ikke hadde reist så mye. Denstadli og Gjerdåker (2011, s. 28, 41) viser at færre av passasjerene på Bergensbanen enn på Dovrebanen vurderer alternative reisemåter når de reiser mellom landsdelene.

Når vi nå skal beregne «klimakutt-bidraget» fra hele den elektrisk drevne togtrafikken, er det heller ikke noen opsjon at deler av trafikken overføres til andre tog. Vi forutsetter at en betydelig andel av dem som ifølge tabellen i vedlegg 1 ville gått over til andre tog, isteden hadde valgt ekspressbuss, som nok hadde blitt etablert i betydelig omfang dersom togtilbudet hadde forsvunnet.

Vi finner grunn til å anta at dersom togtilbudet hadde forsvunnet helt, så vil andelen reisevirksomhet som hadde bortfalt, blitt noe større enn hva vi har forutsatt tidligere i notatet. Effekten avhenger bl.a. av hvor gode alternative reisetilbud som hadde blitt etablert, og den ville vært større på lang sikt enn på kort sikt. Dette gjelder særlig på typiske pendlerstrekninger, der bortfall av et godt togtilbud kan føre til at folk etter hvert velger å bosette seg nærmere arbeidsplassen og motsatt. Som nevnt er det også stor usikkerhet om alternative reisemiddelvalg og reiseomfang for turisttrafikken. Vi velger likevel å ikke differensiere mellom togkategoriene og legger skjønnsmessig til grunn at 15 prosent av reiseomfanget for alle togkategorier hadde bortfalt helt dersom togtilbudet hadde blitt nedlagt.<sup>26</sup>

For lokal- og IC-tog legger vi til grunn at 50 prosent av trafikken hadde blitt overført til personbil dersom togtilbudet hadde blitt nedlagt, mens vi forutsetter at 35 prosent hadde begynt å bruke ekspressbuss. For langdistansetrafikken forutsetter vi at 25 prosent ville brukt personbil, mens 30 prosent hadde brukt ekspressbuss og 30 prosent fly.

For godstog antar vi, som tidligere i dette notatet, at det bare er lastebilen som er et reelt alternativ for transportene. Malmtransportene på Ofotbanen har vi omtalt tidligere i dette vedlegget.

#### ANDEL RUSHTRAFIKK

Andelen rushtrafikk av togtrafikken er av interesse når vi på bakgrunn av tabellen i vedlegg 1 skal fastsette belegg og utslippsfaktorer for vegtrafikken. Vi bruker bygrensetellinger for Oslo (Prosam 2013) og regner antall passasjerer som passerer bygrensa i periodene kl. 07–09 og 15–17. For NSB og Flytoget til sammen utgjør disse 41 prosent av passasjerene på en vanlig ukedag. Antar vi at lørdag og søndag har halv trafikk av en vanlig ukedag, og at reiselengdene er de samme i rush og utenom rush, blir andelen rushtrafikk 34 prosent av den totale ukestrafikken. Vi runder opp og forutsetter 35 prosent rushtrafikk for IC- og lokaltog. For langdistansetog forutsetter vi at 20 prosent er rushtrafikk, slik vi har definert den tidligere i notatet.

#### KAPASITETSUTNYTTELSE

For persontog bruker vi faktisk kapasitetsutnyttelse, som vi finner ved å dele antall passasjerkilometer på antall setekilometer i SSBs statistikk. For personbil, ekspressbuss og fly bruker vi samme tall som for 2020.

#### TRANSPORTARBEID FOR GODSTRAFIKK PÅ BANE

Siden SSBs godsstatistikk inkluderer lastbærernes vekt, har vi måttet trekke fra denne i beregningene. Tallet vi må trekke fra, har vi funnet gjennom SSBs statistikk<sup>27</sup> over lastbærerenheter sendt med godstog, og gjennom å beregne gjennomsnittlig transportdistanse for lastbærerne gjennom SSBs statistikk over transportmengde og transportarbeid for kombinerte godstransporter. I tillegg har vi forutsatt at vekselholdere veier 4,2 tonn og semitrailere 8,2 tonn.

---

<sup>26</sup> For Flytoget kan 15 prosent høres mye ut, men det må også ses i sammenheng med arbeidsreisene til flyplassen, og at det foreligger alternative flyplasser på Østlandet og alternative reisemåter for de kortere flyturene.

<sup>27</sup> SSBs statistikkbank: Tabell: 10456: *Godstransport med jernbane, etter transporttype og -enhet*.

Andelen elektrisk drevet trafikk har vi estimert til 16 prosent, ved hjelp av tall i Jernbaneverkets miljørapport. Og vi har forutsatt at dieselandelen er lik for kombinerte transporter og andre transporter.

#### ENERGIFORBRUK TOG, FRAMDRIFT

Vi tar utgangspunkt i tall over energiforbruk for materielltypene publisert i en artikkel i Lokomotivmanns Tidene i 2013.<sup>28</sup> For materiell av type 73, 74 og 75, som er omtalt tidligere i notatet, bruker vi samme forbrukstall som for 2020, bortsett fra at vi ikke forutsetter noen effektivisering.

Lokaltrafikken i Oslo-området utføres med materiell av type 69, 72 og 75, og vi bruker en miks av forbrukstall for disse typene.<sup>29</sup> Lokaltog i Bergens-området utføres med type 69, og vi har anslått en miks av undertypene. Med støtte i Hægstad (2007, s. 48) forutsetter vi 15 prosent lavere forbruk på denne strekningen enn for hva som er gjennomsnittet for materielltypen, som ellers for det meste brukes i «hard» kjøring rundt Oslo med mange start og stopp. Lokaltog i Stavanger-området kjøres utelukkende med type 72. For IC-trafikken Oslo–Halden har vi lagt til grunn forbrukstall for type 73 med 240 seter, tillagt 10 prosent for å ta høyde for at enkelte avganger kjøres med eldre materielltyper. For IC-trafikken Oslo–Lillehammer bruker vi forbrukstall for type 74, men legger til grunn et seteantall på 260. For IC-trafikken Oslo–Skien gjør vi det samme, men øker tallet med 10 prosent for å ta høyde for at enkelte avganger kjøres med eldre materielltyper. Vi legger til grunn at all langdistansetrafikk har et energiforbruk tilsvarende type 73.

For tomkjøring og annet forbruk legger vi til 5 prosent for lokaltog Oslo, 3 prosent for øvrige lokaltog samt IC-tog og 2 prosent for langdistansetog.

Energiforbrukstall for Gjøvikbanen, Flytoget og godstog er tatt fra Jernbaneverkets miljørapport<sup>30</sup> for 2013, som vi forutsetter er bruttotall inkludert tomkjøring. Vi anslår skjønnsmessig at Flåmsbana har samme energiforbruk per setekilometer som lokaltog i Oslo-området.

Energiforbruket per setekilometer (persontog) og nettotonnkilometer (godstog) for de ulike togkategoriene/strekningene er vist i tabellen på forrige side. Tabellen viser forbruket uten tapet i jernbanens strømsystem.

Energitalpet i jernbanens strømsystem er estimert på bakgrunn av samme kilder og prinsipp som er brukt i beregningene tidligere i notatet. Tapssatsene i Sør-Norge, uttrykt som et tillegg til togmateriellets nettoforbruk, varierer mellom 15 og 35 prosent<sup>31</sup>, mens vi regner hele 52 prosent for malmtog på Ofotbanen.

#### ENERGIFORBRUK/KLIMAGASSUTSLIPP ANDRE TRANSPORTMIDLER, FRAMDRIFT

For personbiler med forbrenningsmotor tar vi også her utgangspunkt i Fridstrøm, Østli og Johansen (2013, s. 28). Vi regner derfor med et energiforbruk i 2013 som er 10 prosent høyere enn hva vi har estimert for 2020. Andelen bilkjøring med elbiler regner vi med var på 1 prosent i lokaltrafikken og i trafikken i konkurranse med Flytoget. Ellers anser vi elbilandelen som neglisjerbar.

For ekspressbuss regner vi med 5 prosent høyere energiforbruk i 2013 enn hva vi har brukt for 2020.

---

<sup>28</sup> Artikkelen «Flirt – en energivinner» av Grethe Thorsen i Lokomotivmanns Tidende nr. 9 – 2013 (s. 10): <http://www.lokmann.no/lt/2013/lt0913.pdf>

<sup>29</sup> Vi legger til grunn planlagt togproduksjon i 2013, som betyr at antall setekilometer er fordelt med 34 prosent på type 69, 36 prosent på type 72 og 30 prosent på type 75. For type 69 har vi skjønnsmessig lagt til grunn at 10 prosent av produksjonen er utført med de eldre vogntypene 69A eller type 69B.

<sup>30</sup> Jernbaneverkets miljørapport 2013, energiforbruk og transportarbeid: <http://miljorapport2013.jernbaneverket.no/nokkeltall/energiforbruk-togselskap/>

<sup>31</sup> Vi har estimert dette tapet i jernbanens strømsystem til å være følgende i 2013: Lokaltog Stavanger samt Flytoget: 15 prosent. Lokaltog Oslo, IC Oslo–Halden og IC Oslo–Skien: 21 prosent. IC Oslo–Lillehammer: 23 prosent. Gjøvikbanen og Flåmsbana: 25 prosent. Langdistanse Sørlandsbanen: 28 prosent. Langdistanse Bergensbanen og Dovrebanen: 30 prosent. Lokaltog Bergen: 35 prosent. Godstog Sør-Norge: 28 prosent.

For fly legger vi til grunn at det er flytypen Boeing 737-700W som er «gjennomsnittsflyet» på de tunge rutene i Sør-Norge i 2013. Sammen med en noe lavere sats for effektivisering som følge av diverse flytekniske og flyoperative tiltak, taksing, trafikkstyring etc. gir dette 20 prosent høyere energiforbruk i 2013 enn i 2020. Vi legger til grunn samme utslipp for de andre flyrutene i Sør-Norge som for flytrafikken Gardermoen–Værnes, korrigert for avstanden langs jernbanesporet.

For vogntog regner vi 7 prosent høyere energiforbruk i 2013 enn hva vi har estimert for 2020. Når det gjelder malmtransportene til Narvik, har vi helt skjønnsmessig redusert forbruket med 25 prosent, sett i forhold til forbrukstallet som vi ellers bruker for vogntog i 2013.

#### KLIMAGASSFAKTORER FOR ENERGIBÆRERNE

Vi bruker de samme utslippsfaktorene for energibærerne som i vedlegg 1, bortsett fra at vi halverer klimagassreduksjonen fra bioenergi for vegtransporten, mens vi regner null bioenergibruk i flytrafikken.

#### KLIMAGASSUTSLIPP, PRODUKSJON OG VEDLIKEHOLD AV TRANSPORTMIDLER

For alle transportmidler regner vi med 10 prosent høyere klimagassutslipp fra produksjon og vedlikehold av transportmidlene i 2013, sett i forhold til hva vi regner for 2020.

### **KLIMAANALYSEN: USIKKERHETSDRØFTING**

På samme måte som for hovedanalysen i dette notatet er det forutsetningene om hvordan passasjerene vil respondere dersom togtilbudet endres, som etter alt å dømme er det største usikkerhetsmomentet. Siden alle strekninger er forskjellig, blir det noe upresist å bruke generelle tall. Det skaper stor usikkerhet og gjør at våre funn må anses som et grovt estimat.

### **TILSKUDD PER PASSASJERKILOMETER**

Ved hjelp av SSBs statistikk over transportarbeid samt tilgjengelig informasjon om økonomisk tilskudd til drift av persontrafikken på norske jernbaner har vi kunnet beregne tilskuddet uttrykt per passasjerkilometer for de ulike togkategoriene.<sup>32</sup> Også dette er informasjon som er av interesse når vi diskuterer prioriteringer på jernbanenettet og mellom ulike togkategorier.

Det er verd å merke seg at Jernbaneverkets kostnader for drift av banenettet ikke er inkludert i dette regnestykket, bortsett fra kostnadene for bruk av Gardermobanen.

Godstogselskap samt Flytoget mottar ingen tilskudd for sin togtrafikk.

Tilskuddet per passasjerkilometer for persontogtrafikken i 2013 er vist i tabellen på side 20.<sup>33</sup>

---

<sup>32</sup> Tilskuddsbeløp for NSBs persontogtrafikk er tatt fra trafikkavtalen for 2012–2017 mellom Samferdselsdepartementet og NSB, bilag E: <http://www.regjeringen.no/Upload/SD/Vedlegg/Jernbane/nsvkjopsavtale2012c.pdf> Vi har brukt tall for «NSBs kjøpsbehov» for 2013 og oppjustert til 2013-priser ved hjelp av konsumprisindeksen. Tilskudd til persontog på Gjøvikbanen, Bratsbergbanen, Ofotbanen og til langdistansetog Oslo–Stockholm (norsk side) er tatt fra statsbudsjettet for 2013 (Samferdselsdepartementet 2012, s. 154).

<sup>33</sup> Grensekryssende tog tilhører kategorien «øvrige regiontog», bortsett fra langdistansetog Oslo–Stockholm (norsk side), som kommer i tillegg og mottok 5–6 mill. kroner i 2013.