

Rapport 2008-101

**Klimaeffekter av
høyhastighetstog**

Klimaeffekter av høyhastighetstog

Utarbeidet for
Samferdselsdepartementet

Innhold:

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	1
1 INNLEDNING	9
1.1 Problemstilling.....	9
1.2 Metode og avgrensninger.....	10
1.3 Norsk klimapolitikk	11
2 AKTUELLE HØYHASTIGHETSBANER	15
2.1 Oslo-Trondheim.....	15
2.2 Oslo-Bergen	17
2.3 Kommentarer	19
3 HVA ER KLIMAEFFEKTEN AV HØYHASTIGHETSTOG?	21
3.1 Positiv klimaeffekt fra driften av banen	21
3.1.1 Basisalternativet.....	21
3.1.2 Toget kan ta betydelige mengder trafikk fra fly	28
3.1.3 Indirekte utslippsreduksjon ved å øke godstrafikk på bane?	29
3.1.4 Klimaeffekter utover CO ₂ -effekten	30
3.2 Utslipp fra transportsektoren over tid	31
3.3 Negativ klimaeffekt fra bygging av høyhastighetsbane	34
3.4 Bygging og drift vil medføre store inngrep i naturen	38
3.5 Oppsummering.....	40
4 VIL HØYHASTIGHETSTOG VÆRE KONKURRANSEDYKTIG?	43
4.1 Gjennomsnittlig reisetid er antakelig viktigste enkeltfaktor.....	43
4.2 Hva bestemmer reiseetterspørselen?.....	43
4.3 Priselastisiteter	44
4.3.1 Direkte priselastisiteter	44
4.3.2 Krysspriselastisiteter	45
4.4 Pris- og avgiftsnivået på fly-, bil- og togreiser	46
4.4.1 Flyreisende fullfinansierer luftfartssektoren	46
4.4.2 Togreisende betaler en svært liten del av infrastrukturkostnadene.....	47
4.4.3 Veitrafikken betaler deler av infrastrukturkostnadene.....	48
4.4.4 Ulike rammebetingelser kan være optimalt	48
4.5 Høyhastighetstoget vil kunne konkurrere tids- og prismessig med andre transportmidler	49
4.6 Erfaringer fra andre land.....	51
4.6.1 Gjennomsnittlig reisetid er viktigste konkurranseparameter	51
4.6.2 Svenske høyhastighetstog har tatt betydelige markedsandeler.....	52
4.7 Oppsummering.....	53
5 ER HØYHASTIGHETSTOG ET KOSTNADSEFFEKTIVT KLIMATILTAK?	55
5.1 Den direkte mernytten av toget er relativt lav	55
5.2 Reelle endringer i transportkostnader som følge av ”modale skift” og lignende skal med i beregningene	55
5.3 Endringer i eksterne effekter verdsettes.....	56
5.4 Ikke verdsatte eksterne effekter kan være betydelige	57
5.5 Sysselsettingseffekter og lignende skal ikke med i analysen	57
5.6 20 prosent skattekostnader skal tillegges kostnadene	58
5.7 Høyhastighetstog framstår som et svært dyrt klimatiltak	58

5.8	Oppsummering.....	60
6	ALTERNATIVE INVESTERINGER FOR Å REDUSERE KLIMAGASSUTSLIPPENE	63
6.1	Investeringer for økt gods på bane.....	63
6.1.1	Forventet etterspørsel etter godskapasitet på bane	63
6.1.2	Investeringsbehov	65
6.1.3	Klimaeffekter av mer gods på bane	67
6.2	Investeringer for raskere fremføring av persontogtrafikk.....	68
6.2.1	Effekter av tiltak på Bergensbanen.....	68
6.2.2	Effekter av tiltak på Dovrebanen.....	71
6.3	Synergier mellom tiltakene for økt gods- og persontrafikk.....	74
6.4	Tiltak og kostnader i SFTs tiltakskatalog	75
6.4.1	Industri – fangst og lagring.....	78
6.4.2	Transport – vei og luft	79
6.4.3	Stasjonær forbrenning (bygg)	80
6.4.4	Petroleumsvirksomhet	81
6.5	Kjøp av klimakvoter	82
6.5.1	International kvotehandel	82
6.5.2	CDM og JI	82
6.6	Oppsummering.....	84
	REFERANSER.....	87
	VEDLEGG 1: UTSLIPPSKOEFFISIENTER.....	93

Sammendrag og konklusjoner

Resymé

Investering i høyhastighetstog på strekningene Oslo-Trondheim og Oslo-Bergen framstår som et dyrt og lite effektivt klimatiltak. Selv om all flytrafikk overføres til bane i tillegg til at noe trafikk overføres fra vei, vil ikke kostnaden per redusert tonn CO₂ kunne komme ned på et nivå som er konkurransedyktig med alternative utslipps-reducerende tiltak. I våre beregninger har vi i stor grad "latt tvilen komme toget til gode". Som følge av utslipp av klimagasser fra byggingen av nye linjer for høyhastighetstog vil det ta i størrelsesorden 14-20 år før tiltaket vil gi en netto utslipps-gevinst. Ved i stedet å investere i andre klimatiltak kan en oppnå utslippsreduksjoner som er mange ganger større, som inntreffer tidligere, og til betydelig lavere kostnader. I tillegg vil en unngå vesentlige inngrep og skader i naturen som bygging av høyhastighetsbaner vil medføre.

Bakgrunn

Utslipp fra transportsektoren stod for nær 32 prosent av de samlede norske klimagass-utslippene i 2007, det vil si 17,3 millioner tonn CO₂-ekvivalenter. Det er ventet at utslippene fra sektoren vil øke i årene fremover dersom det ikke settes i verk tiltak. Et av de foreslåtte tiltakene er etablering av høyhastighetstog mellom noen større norske byer. På oppdrag av Jernbaneverket gjennomførte den tyske VWI-gruppen i 2007 en mulighetsstudie for høyhastighetstog i Norge. Konklusjonen i den tyske studien er at det kan være samfunnsøkonomisk lønnsomt å bygge ut utvalgte strekninger som høyhastighetsbaner, dvs. baner med en gjennomsnittsfart over 200 km/time.

For strekningene Oslo-Trondheim og Oslo-Bergen vil reisetiden kunne reduseres med nærmere 4 timer, fra 6 timer og 40 minutter til omtrent 2 timer og 45 minutter. Det er lagt til grunn i størrelsesorden 2 millioner passasjerer per år for hver av strekningene, hvorav ca. halvparten forventes å være eksisterende passasjerer overført fra fly, bil og buss. Av den overførte trafikken vil 75-85 prosent komme fra fly, og toget antas å ta ca. halvparten av dagens flytrafikk på begge strekninger (1/3 av flytrafikken i 2020). Den andre halvparten av trafikkgrunnlaget for høyhastighetstoget er antatt å bestå av nåværende togpassasjerer på strekningene og generering av ny trafikk, fordelt med omtrent halvparten på hver. Det er lagt til grunn 2 timers frekvenser mellom byene, med timesavganger i rushtida. Totalt vil det være 12 avganger per døgn i hver retning. Det meste av linjenettet for høyhastighetstogene vil måtte bygges på nytt, og vil ifølge VWI kunne bygges som enkeltspor med nødvendige kryssningsspor og stå ferdig i 2020.

Problemstilling

Som et grunnlag for stortingsmeldingen om Nasjonal transportplan 2010-19 har Samferdselsdepartementet gitt Econ Pöyry i oppdrag å foreta en grundig belysning av klima- og andre miljøvirkninger av høyhastighetsbaner. I utredningen er det sett nærmere på følgende problemstillinger:

- *Hvor store reduksjoner i utslipp av klimagasser gir høyhastighetsbaner, inkludert både utbyggings- og driftsfasen?*
- *Hva er tiltakskostnaden, dvs. investerings- og driftskostnad per redusert tonn CO₂ for høyhastighetsbaner, og hvordan forholder denne seg til kostnadene for andre tiltak, spesielt innenfor samferdselssektoren?*

- *Hvilke endringer i rammebetingelser kan være aktuelle for å flytte passasjertrafikk fra fly til bane?*
- *Hvordan vil forventet teknologisk utvikling fram mot 2020 kunne påvirke utslippsreduksjonen av å flytte over fly- og biltrafikk til høyhastighetsbane?*

Utredningen vurderer strekningene Oslo-Trondheim og Oslo-Bergen, med fokus på førstnevnte strekning hvor investeringene er anslått å være lavest. Utgangspunktet for analysen har vært å se om, og eventuelt under hvilke forutsetninger, bygging av høyhastighetsbaner kan være et kostnadseffektivt klimatiltak. Så langt vi har funnet det forsvarlig har vi benyttet VWIs data. Videre har vi i vurderingene stort sett latt "tvilen komme toget til gode", dvs. valgt forutsetninger som favoriserer høyhastighetstoget.

Konklusjoner og tilrådinger

Bygging av høyhastighetsbaner er et svært dyrt klimatiltak

For strekningen Oslo-Trondheim har vi som et utgangspunkt beregnet en tiltakskostnad, dvs. kostnad pr enhet reduserte CO₂-utslipp, på vel 39.700 kr/tonn når vi kun ser på reduksjonen i direkte CO₂-utslipp, og vel 23.000 kr/tonn CO₂-ekvivalenter når det tas hensyn til at utslipp fra fly kan ha en klimaeffekt som er 1,8 ganger høyere enn de direkte CO₂-utslippene fra flytrafikken (såkalt RFI-justering). Sistnevnte effekt regnes ikke med i Kyotoprotokollen, men gir uttrykk for den reelle, globale klimagevinsten av å redusere utslippene fra flytrafikken. Faktoren på 1,8 er usikker, men er basert på anbefalinger fra CICERO og kan synes å være et rimelig anslag i forhold til andre beregninger som både viser høyere og lavere faktor. For strekningen Oslo-Bergen er tiltakskostnadene henholdsvis ca. 49.400 og 28.200 kr/tonn. Dette er kostnader som er langt høyere enn for alternative klimatiltak i Norge og utlandet, hvor kostnadene er i størrelsesorden 600 kr/tonn eller lavere.

Potensialet for utslippsreduksjoner er begrenset

Med utgangspunkt i VWIs anslag for overført trafikk har vi anslått potensialet for utslippsreduksjon knyttet til strekningene Oslo-Trondheim og Oslo-Bergen til kun ca. 0,17 millioner tonn CO₂ årlig eller knappe 0,30 millioner tonn dersom man inkluderer effekten av utslipp i høyere luftlag. Tallene inkluderer reduserte direkte og indirekte utslipp, samt utslipp fra tilbringertransport på knapt 5.000 tonn CO₂. Norske utslipp av klimagasser i 2007 var i underkant av 54 millioner tonn målt i CO₂ (ikke inkludert effekt av utslipp i høyere luftlag). Det betyr at de to høyhastighetsbanene kun kan redusere norske klimagassutslipp med i størrelsesorden 3 promille.

Jo flere flypassasjerer som overføres til tog jo større utslippsreduksjon

Beregningene av utslippsreduksjonene avhenger dels av hvor mange passasjerer som forventes å velge tog fremfor fly. I basisberegningen, som er basert på VWIs forutsetninger, overføres omtrent en tredjedel av flypassasjerene i 2020 til høyhastighetstoget. Dersom vi isteden antar at all flytrafikk mellom byene overføres til toget i tillegg til det øvrige trafikkgrunnlaget øker utslippsreduksjonen til omtrent 0,5 millioner tonn CO₂/år, eller 0,9 millioner tonn/år når effekten av reduserte utslipp i høyere luftlag inkluderes. Den direkte effekten på CO₂-utslippene utgjør i dette tilfellet i underkant av 1 prosent av de totale norske klimagassutslippene i 2007. For å håndtere så mange togpassasjerer vil det antakelig være nødvendig å bygge lengre krysningsspor og -belter

og eventuelt også dobbeltspor på enkelte strekninger, noe som vil øke investeringskostnadene slik at tiltakskostnadene ikke vil reduseres tilsvarende.

Overføring av dagens togpassasjerer på strekningene til høyhastighetstog frigjør kapasitet på eksisterende jernbanelinjer som kan benyttes til økt godstransport. Dersom man kan sette inn 1-2 ekstra godstog på hver av strekningene til erstatning for transport av gods på vei vil det kunne føre til utslippsreduksjoner på i størrelsesorden 100.000-200.000 tonn CO₂ årlig, men tiltakskostnadene vil fortsatt være langt høyere enn for alternative tiltak. Gjennomførbarheten av dette er imidlertid ikke vurdert i dette prosjektet.

Togene krever kraft som også gir utslipp

Vi legger som basisforutsetning til grunn at toget vil benytte kraft som er produsert som et gjennomsnitt av dagens produksjonskapasitet, dvs. med en importandel på knapt 8 prosent. Siden Norge er en del av et europeisk kraftmarked kan det imidlertid argumenteres for at all kraft som toget benytter har alternativ anvendelse, og dermed kan eksporteres eller redusere importen til Norge slik at utslippene hos de europeiske kraftprodusentene reduseres. Vurdert på denne måten vil utslippsreduksjonen være ca. 19 prosent lavere enn våre anslag (ikke inkludert effekt av reduserte utslipp i høyere luftlag).

Teknisk forbedring fram mot 2020 vil redusere klimaeffekten av høyhastighetstog

Det er sannsynlig at høyhastighetstogene er mer energieffektive i 2020 enn i dag. Den europeiske kraftproduksjonen vil også være mindre karbonintensiv bl.a. som følge av EUs mål om økning av andelen fornybar kraftproduksjon. Fangst av CO₂ fra fossilbasert kraftproduksjon kan også tenkes å spille en rolle.

Men også flyene må forventes å bli mer energieffektive. Det har vært en betydelig energieffektivisering for nye fly de seinere årene, og bransjen forventer ytterligere 20-30 prosents effektivisering (eller mer) fram mot 2020. Eventuell bruk av biodrivstoff vil dessuten redusere nettutslippene fra luftfarten betydelig ut over dette. Også utslippene fra veitrafikken må forventes å reduseres som følge av bl.a. generell energieffektivisering og bruk av alternative drivstoff.

Dersom vi antar at alle transportformer forbedrer sin energieffektivitet med om lag 20 prosent fram til 2020 vil utslippsreduksjonen fra høyhastighetstog bli 21 prosent lavere når vi bare betrakter CO₂-utslippene. Hovedårsaken til at utslippsreduksjonen blir såpass mye lavere når alle transportformene oppnår samme prosentvise energieffektivisering er at flytransport er langt mer karbonintensiv enn de andre transportformene.

Utslippsreduksjoner under ulike forutsetninger

I tabellen nedenfor har vi sammenstilt potensielle utslippsreduksjoner som en følge av etablering av høyhastighetstog, gitt ulike forutsetninger om overføring av passasjerer fra fly, kraftproduksjon og teknologisk utvikling, jf gjennomgangen ovenfor. Utslipp knyttet til endringer i tilbringertransporten er inkludert for alle alternativene. Utslippsreduksjonene er noe høyere for strekningen Oslo-Bergen enn for Oslo-Trondheim.

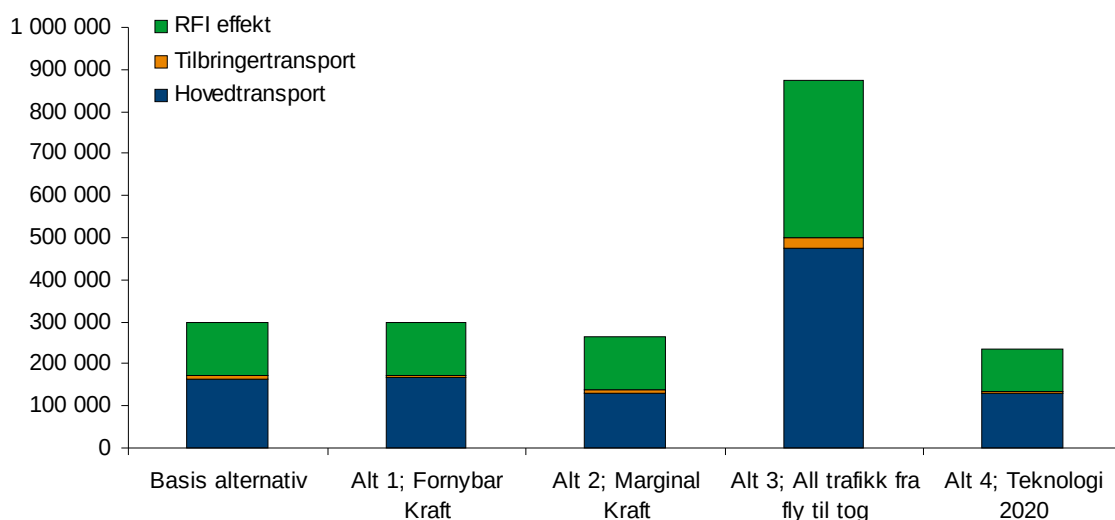
Tabell A Potensialet for utslippsreduksjoner. Tonn CO₂ pr. år

Sammenligning	Oslo- Trondheim	Oslo- Bergen	Totalt	Inkl. RFI-effekt*
Basisalternativet: 7,7 prosent importandel kraft	80.900	90.000	170.900	296.900
Alt 1: 100 prosent fornybar kraftproduksjon	82.200	91.600	173.800	299.800
Alt 2: Gjennomsnittlig europeisk kraftproduksjon	66.600	71.300	137.900	263.900
Alt 3: All flytrafikk til tog	229.000	269.300	498.300	875.400
Alt 4: Teknologiforbedring 2020	64.100	71.300	135.400	236.200

* justert for at utslipp i høyere luftlag har en klimaeffekt utover utslipp av CO₂

Kilde: Econ Pöyry

Figur A Fordeling utslippsreduksjon på strekningene Oslo-Trondheim og Oslo-Bergen. Tonn CO₂ per år



Kilde: Econ Pöyry

Utslipp fra bygging av nye jernbanelinjer gjør at nettoeffekten ligger langt fram i tid

For et tiltak som i driftsfasen har en marginal utslippseffekt er det naturlig også å vurdere utslippene i investeringsfasen. Siden det ikke er foretatt noen detaljvurdering av prosjektene er det vanskelig å vurdere hvor store utslippene fra byggingen vil kunne bli. De viktigste utslippskildene vil være utslipp fra bruk av drivstoff i anleggsarbeidet og energi til fremstilling av stål og andre materialer. Med utgangspunkt i analyser av utslipp fra bygging av veier har vi på noe usikkert grunnlag estimert utslippene som følge av bygging av høyhastighetsbanene Oslo-Trondheim og Oslo-Bergen til i størrelsesorden 2,5 millioner tonn CO₂ for begge strekningene til sammen. Dermed vil klimaeffekten av tiltaket først være positiv etter ca. 14-20 år.

Nye traséer vil gi irreversible inngrep i naturen

Bygging av nye linjer for høyhastighetstog vil medføre betydelige inngrep i naturen. Høyhastighetsbaner vil kreve dype skjæringer og høye fyllinger, og vil gi til dels irreversible inngrep i bl.a. myrterreng, verneverdige biotoper og viktige områder for villrein. Videre vil det kreves inngjerding av sporområdet med tanke på sikkerheten, men dette vil skape barrierer for dyreliv, ferdsel og turisme.

Høyhastighetstog vil kunne konkurrere tids- og prismessig med fly

Den positive klimaeffekten er særlig knyttet til at trafikk overføres fra fly til tog. Høyhastighetstog må derfor fremstå som et reelt alternativ til fly. Erfaringer fra utlandet viser at reisetid er den viktigste enkeltparameter for høyhastighetstogets konkurranseposisjon. Med en reisetid på litt under 3 timer og hyppige avganger i rushtiden burde toget være konkurransedyktig med fly, gitt at det oppnås god regularitet. Også prismessig bør toget kunne konkurrere med fly, og i noen grad også med buss og privatbil. Forutsatt at investeringskostnaden i sin helhet dekkes over statsbudsjettet, og altså ikke dekkes av brukerne, vil en billettpris på i størrelsesorden 100-400 kr per tur vil være tilstrekkelig til å dekke løpende kostnader for toget. Prisdifferensiering mellom arbeids- og fritidsreisende vil imidlertid kunne bidra til å øke gjennomsnittlig billettpris noe. Uansett vil en slik relativt lav pris kunne være konkurransedyktig i forhold til dagens flymarked, samtidig som erfaringene fra utlandet viser at et høyhastighetstog må forvente sterk konkurranse fra flyselskapene, spesielt lavprisselskapene.

Det vil være krevende for et høyhastighetstog å trekke til seg en betydelig større andel av de passasjerene som i dag reiser med fly mellom byene enn hva som er forutsatt i VWIs utredninger, dvs. omtrent en tredjedel. Myndighetene har imidlertid i utgangspunktet virkemidler i form av avgifter eller kvoter for antall flyavganger som kan benyttes for å presse passasjerer over på toget. Dersom man skal oppnå opp mot 80-100 prosent overgang til toget må man høyst sannsynlig innføre en svært høy avgift på flydrivstoff eller lignende på disse strekningene eller regulere trafikken direkte. Å innføre svært sterke virkemidler overfor flytrafikken på disse strekningene sammenliknet med andre strekninger vil framstå som vanskelig å forstå ut fra en klimapolitisk vurdering. Dessuten vil en slik åpenbar forskjellsbehandling av toget i forhold til flytrafikken på disse strekningene kunne komme i konflikt med EØS-avtalen.

Høye investeringskostnader

Beregningene av tiltakskostnadene på henholdsvis ca. 39.600 og 23.000 kr/tonn CO₂ for strekningen Oslo-Trondheim er basert på følgende forutsetninger:

- Nærmere 58 mrd. kr i infrastrukturinvesteringer, hvor vi har tatt hensyn til at investeringen finansieres via generelle skatter og at dette gjennom såkalte vridningseffekter gir en samfunnsøkonomisk kostnad som er 20 prosent høyere enn den finansielle kostnaden. Investeringene avskrives over 30-100 år og til en realrente på 4,5 prosent (VWI benytter 2 prosent).
- 1,3 mrd. kr i investeringer i togmateriell som avskrives over 30 år til en realrente på 4,5 prosent. Investeringene er forutsatt finansiert utenom statsbudsjettet gjennom et selskap som driver banen, og er dermed ikke tillagt skattefinansieringskostnader.
- 108 mill. kr i årlige driftskostnader, som er forutsatt finansiert gjennom løpende billettinntekter og dermed ikke tillagt skattefinansieringskostnader.
- 341 og 34 mill. kr/år i henholdsvis reduserte tidskostnader og bedre tilgjengelighet. Denne gevinsten er beregnet av VWI, mens bruk av norske metoder for tidskostnader og tilgjengelighet sannsynligvis hadde gitt en lavere gevinst.
- Økte eksterne kostnader knyttet til lokal forurensning, støy, ulykker, slitasje på infrastruktur og kø (unntatt klimakostnader) på nesten 5,8 mill. kr/år som følge av overgang av trafikk fra fly, bil og buss til høyhastighetstoget samt generering av ny togtrafikk. Grunnen til at en får økte eksterne kostnader er at høyhastighets-

toget genererer relativt mye ny trafikk som gir økte slitasjekostnader på høyhastighetsbanen, noe som mer enn oppveier gevinstene ved å overføre trafikanter fra andre transportformer til toget.

Dette er etter vår vurdering den samfunnsøkonomisk riktige måten å regne tiltaks-kostnadene på. Ettersom vi benytter VWIs tall for reduserte tidskostnader og bedre tilgjengelighet undervurderes antakelig tiltakskostnadene noe. I VWIs beregninger av kostnadene inngår ikke skattefinansieringskostnader, noe som bidrar til at vårt kostnads-anslag er høyere enn VWIs. Høyere realrente enn VWI bidrar også til å øke våre kostnadsanslag.

Den viktigste årsaken til at VWIs beregninger gir en positiv samfunnsøkonomisk lønnsomhet er at det er lagt inn gevinster for økt sysselsetting av investeringen i og drift av infrastruktur. Dette er etter vår vurdering en framgangsmåte man bør være svært varsom med å benytte, selv i en situasjon med høy og vedvarende arbeidsløshet. Det er for tiden ingen slike gevinster å hente for prosjektet i norsk økonomi, som har full sysselsetting og mangel på arbeidskraft.

Endrede forutsetninger kan ikke redusere tiltakskostnadene tilstrekkelig

Dersom vi antar at all flytrafikk mellom Oslo og Trondheim i 2020 overføres til høyhastighetstog i tillegg til den forutsatte overgangen av passasjerer fra bil og buss, forutsetter at den økte kapasiteten på eksisterende toglinjer som følge av bortfall av passasjertrafikk kan benyttes til å overføre godstransport fra vei til bane, reduserer kalkulasjonsrenta fra 4,5 til 2 prosent, setter skattefinansieringskostnadene til null, ser bort fra investerings- og driftskostnadene for togmateriellet begrunnet med at disse skal betales av trafikantene og endelig og legger inn vårt høye anslag for nyttevirkningene av toget, reduseres tiltakskostnadene til ca. 2.800 kr/tonn CO₂ og ca. 1.800 kr/tonn for den totale klimavirkningen. Selv ikke disse endringene i forutsetningene, og som ikke kan anbefales, er tilstrekkelige til å gjøre høyhastighetstog konkurransedyktig med alternative klimatiltak.

Vesentlig reduserte investeringskostnader er nødvendig for at tiltakskostnadene skal komme ned på et konkurransedyktig nivå. Ettersom VWIs kostnadsestimater er basert på en mulighetsstudie synes det langt mer sannsynlig at en detaljprosjektering vil gi høyere kostnadsanslag enn at kostnadene skal kunne reduseres vesentlig.

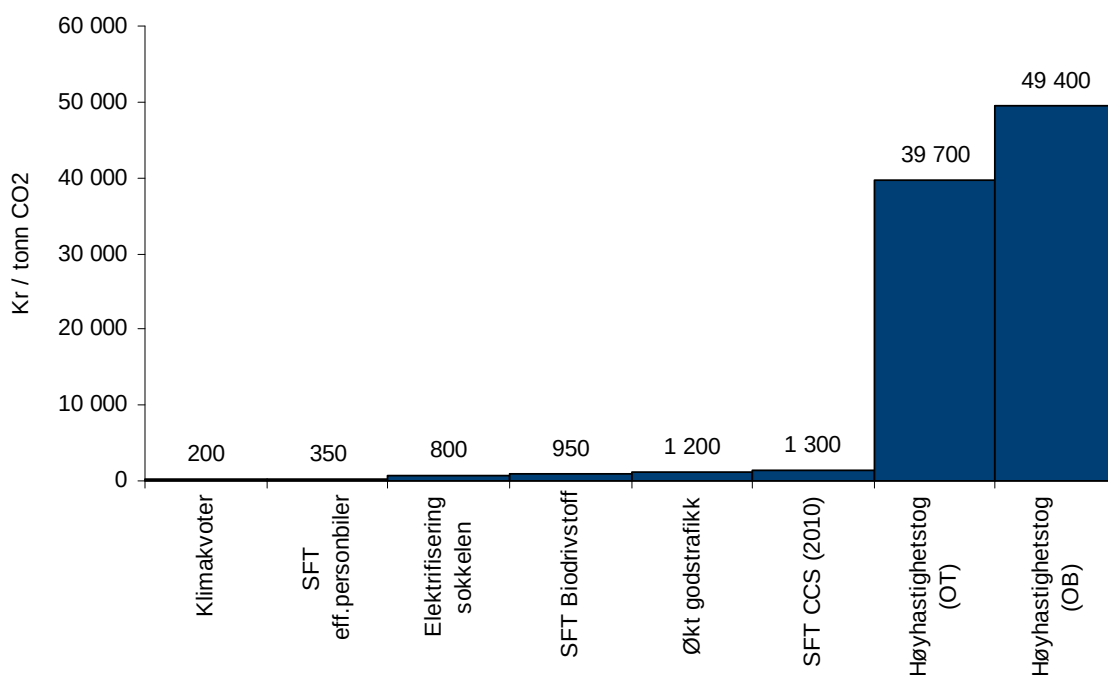
Mer effektivt å flytte godstrafikk over til tog

Investeringer i bedret tilgjengelighet for persontog er som regel dyre, og klimaeffekten er i mange tilfeller liten, dvs. at vurdert kun som klimatiltak vil tiltakskostnaden i mange tilfeller være høy. Disse investeringene vil imidlertid ha mange andre nytteeffekter, ikke minst bedre fremkommelighet, som kan gjøre at de allikevel er samfunnsøkonomisk ønskelige. Investeringer som forbedrer fremkommeligheten for godstog, og som bidrar til at godstrafikk flyttes fra vei til bane, vil ha en langt lavere tiltakskostnad per redusert tonn CO₂ i tillegg til flere andre nytteeffekter som blant annet redusert støy, ulykker og utslipp av partikler. Basert på våre foreløpige og forenklete beregninger ser det ut til at satsing på godstog er et til dels betydelig mer lønnsomt klimatiltak enn satsing på persontog, uansett om dette er konvensjonelle tog eller høyhastighetstog. Det er imidlertid viktig å ta hensyn til at investeringer i bedret fremkommelighet for tog påvirker både gods- og persontrafikken, og at den samlede nytteeffekten dermed kan være større enn om de vurderes som isolerte gods- eller persontrafikktiltak.

Investering i andre tiltak gir langt større klimaeffekt

Det finnes en rekke andre tiltak som bør gjennomføres i stedet for å investere i høyhastighetstog for å redusere utslippene av klimagasser. I transportsektoren vil energieffektivisering av personbiler, innføring av alternative drivstoff og overføring av gods fra vei til bane være vesentlig mer kostnadseffektive alternativer. SFTs klimatiltskatalog presenterer ulike forslag til tiltak som kan redusere de norske utslippene med i størrelsesorden 20 mill. tonn CO₂/år. Av dette er ca. 4,4 mill. tonn reduksjoner innenfor transportsektoren. For 136 mrd. kr., som tilsvarer investeringen i høyhastighetstog Oslo-Trondheim og Oslo-Bergen, kan man i stedet få gjennomført alle tiltakene i SFTs tiltakskatalog som koster mindre enn 600 kr/tonn CO₂ dersom vi forutsetter at investeringene har 40 års levetid og bruker en kalkulasjonsrente på 4,5 prosent. Dette gir en utslippsreduksjon på i størrelsesorden 12,5 mill. tonn/år, hvorav ca. 3 mill. tonn er i transportsektoren. Regnestykket overvurderer potensialet noe, ettersom en del av tiltakene vil være vanskelige å gjennomføre i alle fall på kort sikt (noen vil bl.a. kreve utvikling av ny teknologi). På den annen side har vi forutsatt at alle tiltakene koster 600 kr/tonn, noe som overvurderer kostnadene ved mange av tiltakene. Dersom hele beløpet benyttes utenlands til å kjøpe kvoter og/eller å gjennomføre utslippsreducerende tiltak vil en kunne oppnå en utslippsreduksjon på i størrelsesorden 25 mill. tonn CO₂/år, forutsatt en kvotepris på 300 kr/tonn. Disse grove anslagene viser at andre tiltak vil kunne være langt mer effektive enn høyhastighetstog dersom formålet er å begrense klimautslippene.

Figur B *Kostnad per redusert tonn CO₂ for ulike tiltak*



Kilde: Econ Pöyry

1 Innledning

I 2005 fikk Jernbaneverket i oppdrag av Samferdselsdepartementet å gjennomføre en utredning av mulighetene for og de samfunnsøkonomiske konsekvenser av å etablere høyhastighetsbaner for tog, dvs. strekninger med en hastighet på over 200 km/t. Utredningen, som ble gjennomført av den tyske VWI gruppen, ble presentert i 2006 (fase 1) og 2007 (fase 2 og 3)¹. Konklusjonen i denne utredningen er at det kan være samfunnsøkonomisk lønnsomt å bygge ut utvalgte jernbanestrekninger til høyhastighetsbaner, se VWI (2007).

Den økte velstanden i Norge har ført til at vi reiser mer, både privat og i jobb-sammenheng. I tillegg gjør økt vekst og handel at stadig flere varer fraktes fra der de produseres til der de skal brukes. Norsk transport er stort sett basert på fossilt brensel, og den økte trafikken har derfor ført til at transportvirksomheten er blitt en av de største kildene til klimagassutslipp. Høyhastighetsbaner som erstatning for utslippsintensiv transport, og da spesielt flyreiser, blir ofte trukket frem som et mulig klimatiltak. Hvor effektivt det er som klimatiltak vil imidlertid avhenge av hvor store utslippsreduksjoner dette kan gi og hvor mye disse utslippsreduksjonene koster sammenliknet med kostnadene for andre utslippsreduserende tiltak.

1.1 Problemstilling

Som et grunnlag for stortingsmeldingen om Nasjonal transportplan 2010-19 har det vært ønskelig med en grundig belysning av miljøvirkninger som følge av høyhastighetsbaner generelt og for utslipp av klimagasser spesielt.

I utredningen er det sett nærmere på følgende problemstillinger:

- Hvor store reduksjoner i utslipp av klimagasser gir høyhastighetsbaner, inkludert både utbyggings- og driftsfasen?
- Hva er tiltakskostnaden, dvs. investerings- og driftskostnad per redusert tonn CO₂ for høyhastighetsbaner, og hvordan forholder denne seg til kostnadene for andre tiltak, spesielt innenfor samferdsel?
- Hvilke endringer i rammebetingelser kan være aktuelle for å flytte passasjertrafikk fra fly til bane?
- Hvordan vil forventet teknologisk utvikling kunne påvirke utslippsreduksjonen av å flytte over fly- og biltrafikk til høyhastighetsbane?

Utredningen ser på bygging av høyhastighetsbane mellom Oslo og Trondheim og mellom Oslo og Bergen, med fokus på førstnevnte strekning. Den gir ikke noen vurdering av ulike alternative investeringer i transportsektoren for å dekke fremtidig etterspørsel etter transport, men fokuserer på bygging av høyhastighetstog som klimatiltak hvor vi også trekker inn klimavirkninger i andre transportsektorer som følge av dette så langt som det har vært mulig.

¹ Hvis ikke annet er spesifisert, gjelder alle henvisninger til VWI, VWI rapport fase 2 og 3 fra 2007. "Report phase 2" er relevant for strekningen Oslo-Trondheim, mens "Report Phase 3" er relevant for strekningen Oslo-Bergen.

1.2 Metode og avgrensninger

I denne rapporten har vi vurdert hvorvidt høyhastighetstog er et kostnadseffektivt klimatiltak. Som et ledd i vurderingen har vi beregnet utslippsreduksjonen som kan forventes ved å investere i høyhastighetstog på strekningene Oslo-Trondheim og Oslo-Bergen. Rapporten tar utgangspunkt i estimerte utslipp av klimagasser i form av generelle eller gjennomsnittlige utslippsfaktorer for ulike transportslag, dvs. at beregningene ikke er direkte basert på detaljerte målinger. Vi har vurdert klimaeffekter ved at trafikk blir overført fra fly, bil og buss til tog, i tillegg til utslipp knyttet til endringer i tilbringertransport, godstransport og togets muligheter til å ta trafikk fra fly. Vi vil også se på klimaeffekten ved ulike forutsetninger for strømproduksjonen. I rapporten tas det også hensyn til klimaeffekten av utslipp i høyere luftlag, selv om denne effekten er usikker.

Når det gjelder utslipp knyttet til bygging av infrastruktur er det fortsatt stor usikkerhet hvilke traseer som blir valgt og antall og lengde på tunneler, broer mv. Det finnes også få beregninger av klimagassutslipp ved bygging av infrastruktur. Begge disse momentene bidrar til at det ikke er mulig å gi noe mer enn et grovt anslag på størrelsen på disse utslippene. Utslipp tilknyttet bygging av togsettene er ikke inkludert, da det antas at høyhastighetstog vil føre til overført trafikk fra fly og eksisterende tog, og dermed redusere behovet for bygging av nye fly og ”konvensjonelle” togsett. Vi har ikke vurdert klimavirkninger av eventuelle reduserte investeringer på flyplassene som følge av bygging av høyhastighetstog, ettersom vi ikke har data for dette.

I vurderingen av rammebetingelser som skal til for at høyhastighetstog er å foretrekke fremfor andre transportmidler har vi sett på erfaringer fra andre land. Dette gir en indikasjon på hvilke endringer i rammebetingelser som eventuelt vil være nødvendige for å få tilstrekkelig mange passasjerer til å velge høyhastighetstog istedenfor fly.

Vi har foretatt en forenklet samfunnsøkonomisk vurdering av kostnadene og nytten ved å investere i høyhastighetstog for å kunne anslå kostnadseffektiviteten av investeringen vurdert som klimatiltak. Den beregnede tiltakskostnaden for høyhastighetsbanene er sammenlignet med tiltakskostnadene for andre klimatiltak. De investeringer som vi har sett nærmere på er tilrettelegging for overføring av gods fra vei til bane, investeringer for raskere fremføring av persontogtrafikk, samt ulike tiltak i SFTs tiltakskatalog fra 2007.

Når det gjelder teknologisk utvikling og hvordan dette vil påvirke potensialet for reduksjoner ved høyhastighetstog har vi sett nærmere på hva som kan forventes å være den marginale kraftproduksjonen i Norge i 2020 og forventet drivstoffeffektivisering innenfor luftfart og personbiler.

Utgangspunktet for analysen har vært å se om, og eventuelt under hvilke forutsetninger bygging av høyhastighetsbaner kan være et kostnadseffektivt klimatiltak. Vi har så langt som vi mener det er forsvarlig benyttet VWIs anslag for kostnader og overføring av trafikk fra andre transportformer m.v. Videre har vi i vurderingene latt ”tvilen komme toget til gode”, dvs. valgt forutsetninger som favoriserer høyhastighetstoget. Dette innebærer at beregningene og vurderingene på mange måter utgjør et slags ”best case” sett fra togets side.

1.3 Norsk klimapolitikk

Kyotoprotokollen (1997) er en internasjonal avtale om reduksjon i utslippene av klimagasser som innebærer bindende utslippsforpliktelser for industrialiserte land (Annex I-landene), og frivillig deltagelse for utviklingsland (Non-Annex I-landene). Protokollen har 182 medlemmer per mai 2008, hvorav 36 har forpliktet seg til å redusere sine utslipp totalt med minst fem prosent i perioden 2008-2012 sammenlignet med 1990-nivået. De øvrige landene har ingen juridiske bindende forpliktelser. Norge har forpliktet seg til å begrense utslippene av klimagasser for perioden 2008-2012 til 1 prosent over 1990-utslippene. Klimagassene som er inkludert i protokollen er karbon-dioksid (CO₂); metan (CH₄); Nitrogendioksid (N₂O), samt HFCs, PFCs og SF₆.²

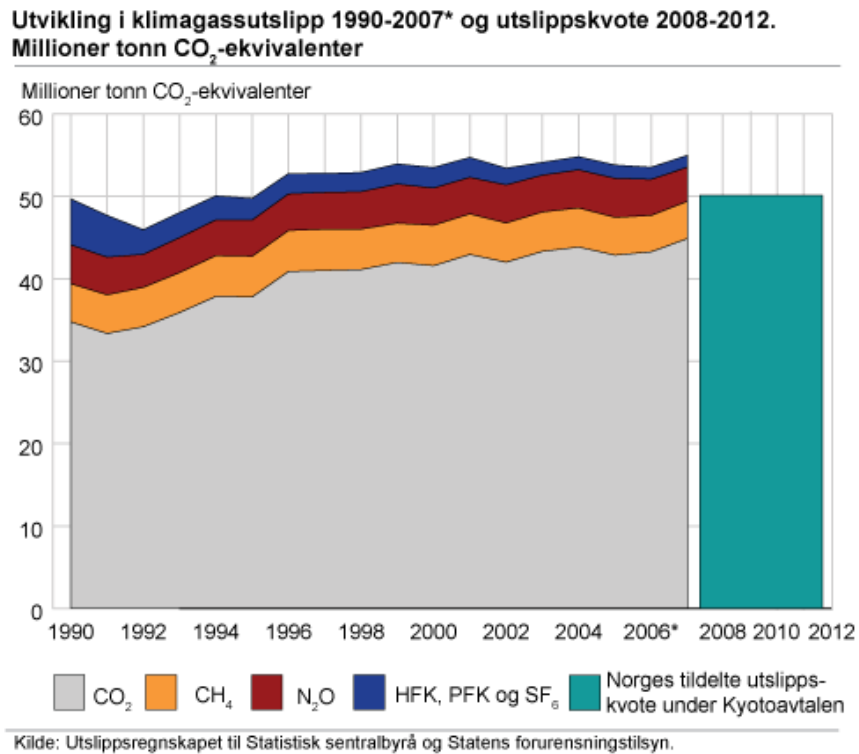
Den siste rapporten fra FNs klimapanel (IPPC) har gjort det klart med overveiende sannsynlighet at klimaforandringene er menneskeskapte. Uten nye tiltak vil globale klimagassutslipp øke med 25-90 prosent fra 2000 til 2030, og dette vil kunne få store konsekvenser for livet på jorden. Skal global oppvarming stabiliseres på + 2 °C, må utslippene reduseres med 50-85 prosent innen 2050 (IPCC, 2007). Dette har satt klimaforandringer og utslipp av klimagasser er enda høyere på den politiske agendaen internasjonalt og i Norge.

Regjeringen og alle opposisjonspartier, unntatt Fremskrittspartiet, inngikk i januar 2008 et klimaforlik³. Gjennom klimaforliket har Norge en målsetting om å overgå sine forpliktelser under Kyotoprotokollen med 10 prosent. Norge skal kutte utslippene med en tredjedel innen 2020 og være karbonnøytrale i 2030. Karbonnøytralitet innebærer at alle norske utslipp skal kompenseres for ved å gjennomføre utslippsreduksjoner i andre land. Selv om Norge kan kjøpe klimakvoter fra utlandet er målet å redusere nasjonale utslipp med to tredeler. I 2007 var de totale klimagassutslippene i Norge 55 millioner tonn CO₂-ekvivalenter, hvorav 82 prosent var utslipp av CO₂. Dette er 11 prosent mer enn i 1990. Uten betydelige utslippskutt kombinert med kjøp av klimakvoter vil ikke Norge således kunne innfri sine forpliktelser.

² Kyoto Protocol: http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php

³ <http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/pressesenter/pressemeldinger/2008/Enighet-om-nasjonal-klimadugnad.html?id=496878>

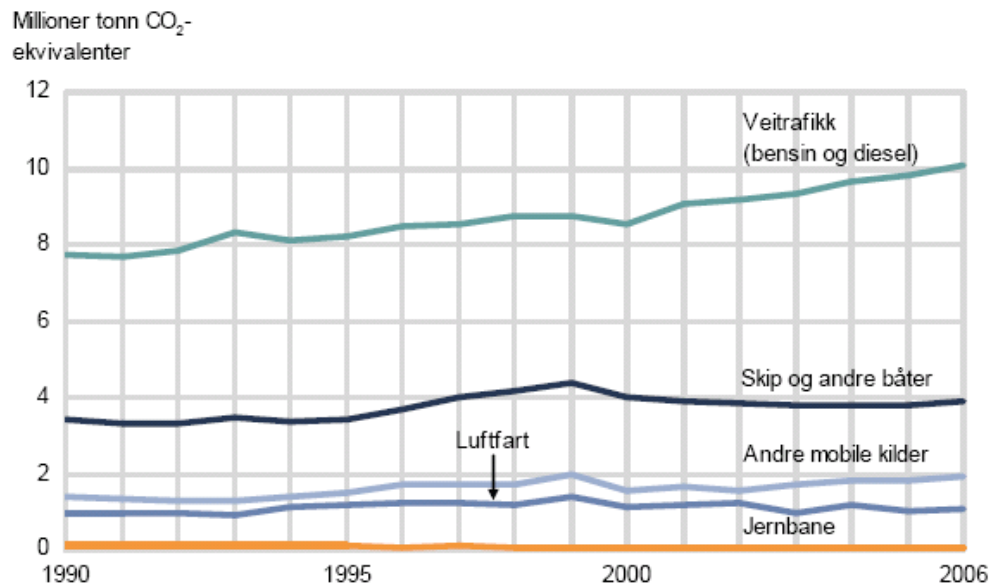
Figur 1.1 Norske utslipp av klimagasser



Kilde: Statistisk sentralbyrå (2008)

Utslipp fra transport og andre mobile kilder stod for nær 32 prosent av de samlede norske klimagassutslippene i 2007, det vil si 17,3 millioner tonn CO₂-ekvivalenter. Disse utslippene har økt med mer enn 29 prosent siden 1990, fra 13,6 millioner tonn CO₂. Utslipp fra veitrafikk er den viktigste kilden til klimagassutslipp innen transportvirksomheten, og samtidig den kilden som har vært i raskest vekst. Utslippene fra luftfartssektoren har vært om lag konstant siden 1990, men utslippene fra andre mobile kilder vokser lavere enn utslippene fra veitrafikken (Statistisk sentralbyrå, 2008). Det er forventet at utslipp fra transportsektoren vil fortsette å øke dersom ikke tiltak settes i verk. Reduksjon av transportbehovet og overgang til mer miljøvennlige transportmidler og drivstoff er mulige tiltak.

Figur 1.2 *Utslipp av klimagasser etter transportmiddel 1990-2006.*
Millioner tonn CO₂-ekvivalenter



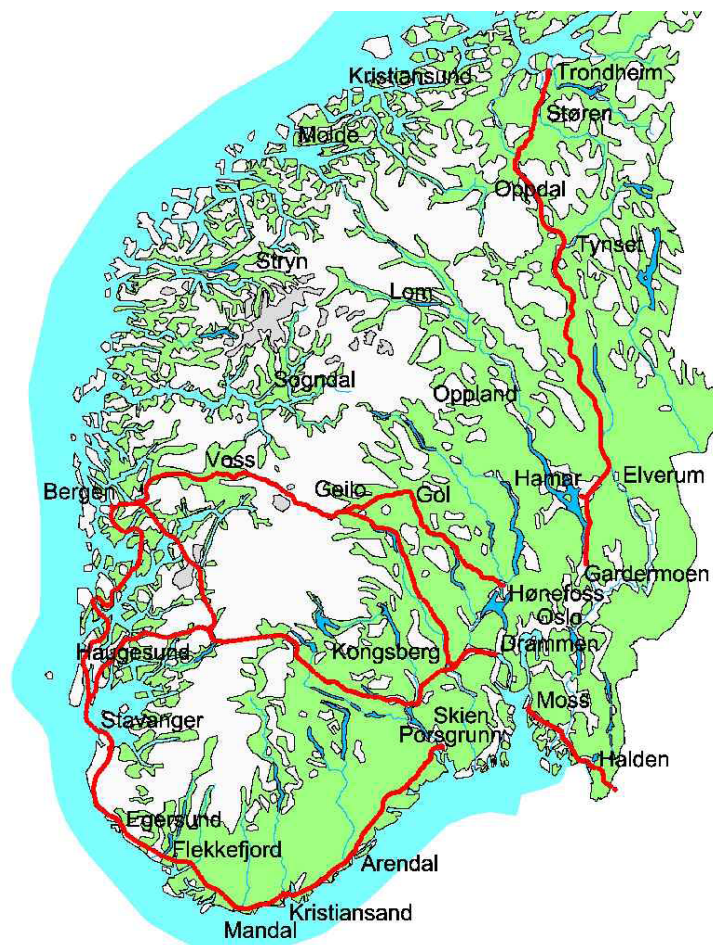
Kilde: SSB (2008)

Utslippsreduksjoner innenfor transportsektoren vil være viktig for å nå både Norges forpliktelser i Kyotoprotokollen og det nasjonale målet om å være karbonnøytral innen 2030. Regjeringens mål er at eksisterende og nye virkemidler i transportsektoren utløser en reduksjon i klimagassutslippene på mellom 2,5 og 4 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i forhold til referansebanen som legges til grunn i Statens forurensningstilsyns tiltaksanalyse.

2 Aktuelle høyhastighetsbaner

Fordelen ved et høyhastighetstog sammenlignet med dagens regionstog er først og fremst redusert reisetid. Dette vil ikke bare gi fordeler til dagens togpassasjerer, men også gjøre toget mer attraktivt blant de som i dag reiser med bil, buss og fly. Men høyhastighetstog vil betjene færre stopp sammenlignet med dagens fjerntog, og kreve bygging av nye linjer. I dette kapitlet gis en kort oversikt over de viktigste nøkkeltallene fra den tyske utredningen (VWI, 2007) for strekningene Oslo-Trondheim og Oslo-Bergen.

Figur 2.1 Høyhastighetstog i Norge (kun strekningene Oslo-Trondheim og Oslo-Bergen er vurdert i denne rapporten)



Kilde: VWI (2007)

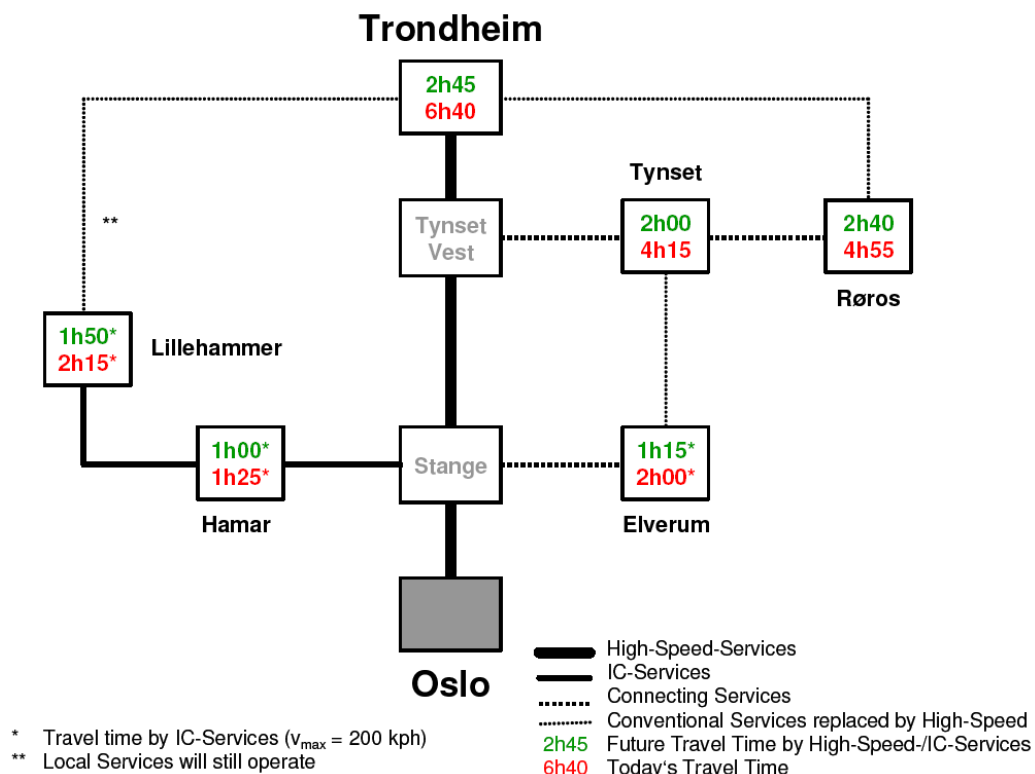
2.1 Oslo-Trondheim

VWI (2007) foreslår at det etableres en linje for høyhastighetstog på strekningen Oslo-Trondheim som følger traseen Gardermoen, Eidsvoll, Stange, Koppang, Alvdal, Tynset, Støren og Heimdal. Dette vil gi en linje på i alt 464 km, hvorav 344 km vil være ny linje. Den nye linjen vil gå mellom Sørli (Stange) og Melhus, mens det legges til grunn at det på øvrige strekninger allerede finnes eller er vedtatt utbygget spor som kan benyttes for høyhastighetstog. Den nye linjen består i hovedsak av enkeltspor, men med tre kryssningsspor for møtende trafikk. Hastighetene på toget vil være maksimalt 200

km/t for strekningen Oslo-Stange, og maksimalt 250 km/t for strekningen Stange-Trondheim.

Regulære stopp er planlagt i Oslo, Gardermoen, Stange, Tynset-vest og Trondheim. Det er lagt til grunn 2 timers frekvens Oslo-Trondheim med timeservice i rushtiden. Dette vil gi 12 avganger per døgn i hver retning, dvs. i alt 24 avganger per døgn. Normal kapasitet på toget vil være 340 passasjerer, men kan økes til 680 i rushtiden dersom ekstra vogner tilkobles. Reisetiden mellom Oslo og Trondheim er anslått til 2 timer og 45 minutter. I dag er reisetiden mellom Oslo og Trondheim 6 timer og 40 minutter.

Figur 2.2 Reisetid til og fra Oslo



Kilde: VWI (2007)

Investeringen i infrastruktur er anslått til 57,864 milliarder kroner, inkludert et påslag på 20 prosent for usikkerhet. I tillegg kommer investeringer i 12 høyhastighetstog på i alt 1,344 milliarder kroner. Driftskostnadene er anslått til 108 millioner kroner per år, og skal dekke vedlikehold av infrastruktur og tog, samt energi og personalkostnader for driften av togene.

Det er antatt en gjennomsnittlig økning i trafikken mellom Oslo og Trondheim på 28 prosent mot 2020. Antall passasjerer er anslått til 5.350 per dag eller 1,95 millioner per år. Passasjerene tenkes generert som presentert i Tabell 2.2.1.

Tabell 2.2.1 Passasjergrunnlag Oslo-Trondheim

	Personkilometer (mill km)		Antall passasjerer ¹		Andel av total trafikkmengde (prosent)
	Per dag	Per år	Per dag	Per år	
Fra fly til tog	0,86	314	2 018	736 564	38
Fra bil til tog	0,16	58	375	137 035	7
Fra buss til tog	0,14	51	329	119 906	6
Totalt overført	1,16	423	2 722	993 504	51
Økning i togtrafikk	0,60	219	1 408	513 882	26
Total økning	1,76	642	4 130	1 507 386	77
Nåværende passasjergrunnlag	0,52	190	1 220	445 364	23
Total passasjerer tog	2,28	832	5 350	1 952 750	100

¹ VWI rapporten oppgir anslag på overført personkilometer. Antall passasjerer er beregnet ut fra en forutsetning om at hver passasjer i gjennomsnitt reiser 426 km, rapport fase 2, side 38.

Kilde: VWI (2007)

Omtrent halvparten av trafikken på toget forventes å bli overført fra fly, bil og buss. Toget forventes å få en markedsandel på ca. 55 prosent totalt på strekningen Oslo-Trondheim og 45 prosent totalt for alle mellomdistanser. Tre fjerdedeler av den overførte trafikken er forventet å komme fra fly. VWI (2007) legger til grunn at ca. 2.000 personer per dag vil ta tog i stedet for fly mellom Oslo og Trondheim. Ettersom det i dag flyr ca. 4.500 personer daglig mellom Oslo og Trondheim betyr det at høyhastighetstoget vil overta knappe 45 prosent av dagens flytrafikk eller 30 prosent av estimert flytrafikk i 2020.

Høyhastighetstoget forventes også å generere en god del ny trafikk, noe som anslås å utgjøre 26 prosent av togtrafikken. Det er videre forutsatt at all eksisterende togtrafikk på de relevante distanser (nåværende passasjergrunnlag i tabellen) overføres til høyhastighetstoget, noe som vil utgjøre 23 prosent av det totale trafikkgrunnlaget.

2.2 Oslo-Bergen

Basert på diskusjon med Norsk Bane AS og Høyhastighetsringen AS har VWI for strekningen Oslo – Bergen foreslått følgende traseer;

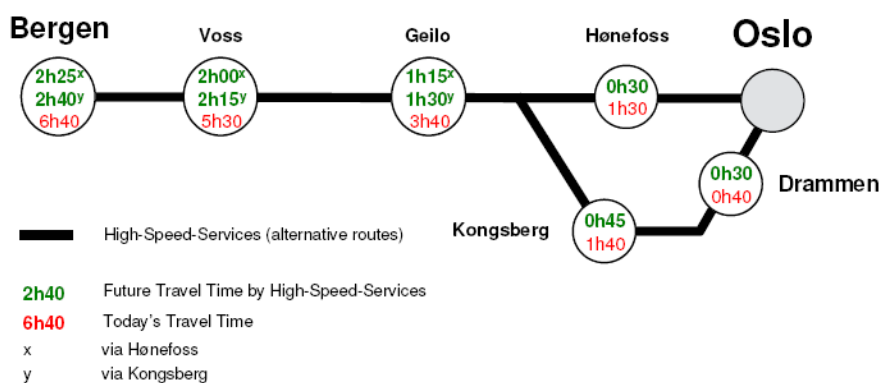
- via Hønefoss, Geilo, Voss (Hallingdal/Hardangervidda)
- via Drammen, Kongsberg, Geilo, Voss (Numedal/Hardangervidda)
- via Haukeli

Investeringskostnadene for infrastrukturen varierer mellom 79 og 142 milliarder kroner, med Hallingdal-traseen som den billigste og traséen over Haukeli som den dyreste. Tunnelandelen vil være 66 prosent for traséen over Haukeli og 45 prosent for de to andre. Det billigste alternativet medfører 36 prosent høyere investeringer enn strekningen Oslo-Trondheim. Vi har valgt å bruke strekningen via Hønefoss, Geilo, Voss (Hallingdal/Hardangervidda) som referanse i den videre rapporten ettersom dette er den billigste og raskeste ruten mellom Oslo og Bergen. Det er også ruten som er best egnet for en stegvis bygging. I følge VWI er potensialet for utslippsreduksjon identisk

for alle alternativene. Dermed vil strekningen gjennom Hallingdal representere den best egnede som klimatiltak.

En av grunnene til at dette er den billigste løsningen er at linjen bygges i sammenheng med eksisterende linje. På denne måten kan redningstunneler fra eksisterende tunneler brukes. Ny tunnel vi kreve bygging av parallellgående redningstunnel eller nødutganger i yttervegg. Dette innebærer at den relevante traseen er Hønefoss - Bergen. Strekning forutsetter at Ringeriksbanen (Sandvika-Hønefoss) er fullført og at strekningen mellom Oslo og Hønefoss er tilpasset høyhastighetstog. Mulige mellomstasjoner er Voss, Geilo og Hønefoss. Strekningen mellom Oslo og Bergen vil være 395 km, mens den nye traséen mellom Hønefoss og Bergen vil være 338 km. Strekningen Oslo Bergen bli 94 km kortere enn i dag. Reisetiden vil kunne komme ned til 2 timer og 25 minutter, mot 6 timer og 40 minutter i dag, se Figur 2.3.

Figur 2.3 Reisetid mellom Oslo og Bergen



Intraplan Consult GmbH 2007

Kilde: VWI (2007)

Daglig trafikkgrunnlag på linjen vil være over 6.000 passasjerer og det er forespeilt avganger annenhver time og hver time i rushtiden. Forventet passasjerantall er gjengitt i tabell 2.2, hvor det også fremkommer hvor trafikken hentes fra.

Tabell 2.2 Trafikkanslag Oslo-Bergen

	Personkm (mill. km)		Antall passasjerer ¹		Andel av total trafikkmengde (prosent)
	per dag	Per år	per dag	Per år	
Fra fly til tog	1,00	365	2 050	748 250	33
Fra bil til tog ²	0,10	37	205	74 825	3
Fra buss til tog ²	0,10	37	205	74 825	3
Totalt overført	1,20	438	2 460	897 900	40
Økning i togtrafikk	1,10	402	2 255	823 075	37
Total økning	2,30	840	4 715	1 720 975	77
Nåværende passasjergrunnlag	0,70	256	1 435	523 775	23
Total passasjerer tog	3,00	1 095	6 150	2 244 750	100

¹ VWI rapporten oppgir anslag på overført personkilometer. Antall passasjerer er beregnet ut fra at gjennomsnittlig reiselengde pr. passasjer er 488 km, se rapport fase 3, side 42/43.

² Overført trafikk fra buss og bil er estimert til 0,2 million personkm daglig. Econ Pöyry antar at dette fordeler seg 50/50.

Kilde: VWI (2007)

Omtrent halvparten av trafikken på toget forventes å bli overført fra fly, bil og buss. Toget forventes å få en markedsandel på ca. 53 prosent totalt på strekningen Oslo-Bergen. Ca. 83 prosent av den overførte trafikken er forventet å komme fra fly, noe som utgjør ca. 2.000 personer per dag. I tillegg til overført trafikk forventes ny trafikk vil utgjøre ca. 37 prosent av den totale økningen mellom Oslo og Bergen. Denne nye trafikken ventes å komme fra økt trafikk i forbindelse med fritidsreiser til Geilo og Voss fra begge storbyene.

2.3 **Kommentarer**

Det har ikke vært en del av prosjektet å vurdere realismen i anslagene for passasjerer og overføring av trafikk fra andre transportmidler. Vi vil imidlertid sterkt understreke usikkerheten i anslagene, ettersom man i Norge ikke har erfaring med høyhastighetstog på lange strekninger. Ved å sammenlikne tabell 2.1 og 2.2 ser vi at det forventes om lag samme passasjerutvikling på strekningen Oslo-Bergen som på strekningen Oslo-Trondheim. Imidlertid forventes en mindre andel av den samlede trafikken å bli overført fra fly på strekningen Oslo-Bergen enn for strekningen Oslo-Trondheim. Det forventes overgang av noen færre passasjerer mellom Oslo og Bergen enn mellom Oslo og Trondheim, men til gjengjeld forventes en større økning i trafikken på førstnevnte strekning slik at totalt antall passasjerer blir litt høyere enn for strekningen Oslo-Trondheim. I 2007 reiste ca 1,6 millioner mennesker på hver av strekningene Oslo-Bergen og Oslo-Trondheim med fly (Avinor, 2008). Begge rutene er blant de mest trafikkerte i hele Europa og per august 2008 går det daglig omkring 30 avganger hver vei på hver av strekningene. VWI (2007) har anslått at høyhastighetstog vil kunne ta i underkant av 0,8 millioner passasjerer på hver av rutene, noe som tilsvarer halvparten av dagens trafikk eller en tredjedel av trafikken i 2020.

Jernbaneverket har uttalt at VWI-beregningenes trafikktall og transportmiddelfordeling er i tråd med kjente kilder; trafikktellinger fra Avinor og reisevanedata publisert i Reisevaneundersøkelsen 2005 (TØI, 2006). Werner Johansen (2007) synes at anslaget på 2 millioner passasjerer per år på strekningen med de innlagte stoppene er plausibelt, men at en samtidig kunne forvente at toget vil ta en større andel av flytrafikken enn det VWI har kommet fram til. Selv om en betydelig del av de som flyr mellom Oslo og Trondheim har endepunkt for reisen i utlandet, mener Werner Johansen (2007) at toget med stopp på Gardermoen burde være et attraktivt tilbringertilbud mellom Trøndelag og Gardermoen. TØI (2007) mener også at VWIs anslag for overført trafikk fra fly til tog er noe lavt og estimerer overført trafikk fra fly opp mot 1 million istedenfor 0,8 millioner per år på hver av strekningene. For å fange opp den potensielle klimaeffekten ved at toget tar en større andel enn VWI anslår, har vi også gjort beregninger basert på at all flytrafikk blir overført til tog.

3 Hva er klimaeffekten av høyhastighetstog?

I dette kapitelet analyseres klimaeffekten ved at det blir bygget høyhastighetsbaner på strekningene Oslo-Trondheim og Oslo-Bergen. Som et utgangspunkt estimerer vi den potensielle utslippsreduksjonen som skyldes at flere vil reise med tog fremfor fly, bil og buss. Vi har valgt å kalle dette estimatet for Basisalternativet, hvor utslippsreduksjonen er beregnet til 0,17 millioner tonn CO₂ årlig. Dette ligger nært anslaget på 0,16 millioner tonn som er beregnet i VWI-utredningen⁴.

Det vil alltid være usikkerhet forbundet med å anslå utslippsvirkningene for så omfattende tiltak, både fordi det er usikkerhet omkring utslipp fra de forskjellige transportmidlene og fordi det er stor usikkerhet om hva utviklingen med og uten tiltaket vil være. Det er ulike oppfatninger av hva som skal inkluderes i denne typen klimaregnskap, noe som gir avvikende utslag.

For å kunne vurdere hvorvidt høyhastighetstog kan anbefales som et klimatiltak har vi også vurdert følgende:

- Utslipp fra tilslutningstrafikk
- Utslipp ved produksjon av strøm
- Utslippsvirkninger av frigjøring av kapasitet for godstrafikk
- Framtidig energieffektivisering
- Klimaeffekter utover CO₂-utslippene
- Utslipp forbundet med bygging av høyhastighetsbane

Basert på disse vurderingene kan høyhastighetstog på de to strekningene gi en utslippsreduksjon på mellom 0,1 og teoretisk maksimalt 0,7 millioner tonn CO₂ årlig. Utslippsreduksjonen kan således teoretisk utgjøre maksimalt ca.1,3 prosent av de totale norske klimagassutslippene i 2007. Dersom man tar hensyn til at utslippsreduksjoner i høyere luftlag har større klimaeffekt blir den positive klimaeffekten av høyhastighetstog nesten fordoblet.

3.1 Positiv klimaeffekt fra driften av banen

3.1.1 Basisalternativet

Utslippsfaktorene for de ulike transportmidlene er basert på "Well-to-Wheel" data fra Vestlandsforskning (2000, 2006). Betegnelsen "Well-to-wheel" innbærer at både direkte utslipp ved bruk av fremkomstmiddelet ("Tank-to-Wheel") og indirekte utslipp knyttet til energibærerne ("Well-to-Tank") er inkludert. Sistnevnte inkluderer energibruk og utslipp knyttet til utvinning, produksjon og transport av energibærerne (elektrisitet, bensin, diesel etc.), samt overføringstap i elektrisitetssystemene. Utslipp fra produksjon og vedlikehold av transportmidlene er ikke med. Vi har videre brukt data for "normal-

⁴ 76 500 tonn CO₂ per år for strekningen Oslo-Trondheim og på 83 100 tonn CO₂ per år for strekningen Oslo-Bergen.

belegg”⁵. Gitt disse forutsetningene kan utslippskoeffisientene derfor være noe forskjellige fra utslippskoeffisienter brukt i andre publiserte kilder.

Bil, Buss og fly

Det er antatt et normalbelegg på 2,2 passasjerer per bil og 36 prosent på buss, som gir et energiforbruk på 0,310 kWh/pkm og utslipp av 84 g CO₂/pkm for bil, og 0,141 kWh/pkm og 38 g CO₂/pkm for buss (Vestlandsforskning, 2006b). For fly er utslippene basert på fly av typen Boeing 737 for reiser omkring 400 km ettersom det er 360 km mellom Gardermoen og Værnes, og 320 km mellom Gardermoen og Flesland. Vi har tatt utgangspunktet i et normalbelegg på 66 prosent på fly. Det meldt om en økning i beleggsfaktor blant selskaper som opererer i Norge i 2006 og 2007, men vi har ikke tatt hensyn til dette, ettersom det er usikkert om dette er en vedvarende trend. Dette gir et energiforbruk på 0,782 kWh/pkm og utslipp av CO₂ på 232 g/pkm (Vestlandsforskning, 2006). På sine hjemmesider benytter SFT utslippsfaktoren 158 g/pkm for innenlands luftfart, som er kun basert på direkte utslipp. Vi har valgt å bruke utslippsfaktorer fra Vestlandsforskning for direkte og indirekte utslipp.

Energiforbruk eksisterende regionstog

Drift av elektriske tog gir ikke noen utslipp av klimagasser eller andre forurensende stoffer, og eventuelle utslipp er derfor knyttet til produksjon av elektrisitet. På regional-linjene Oslo–Trondheim og Oslo-Bergen benyttes NSB Regionstog Type 73. Dette elektriske togsettet ble introdusert i 1999 som ”Signaturtog”, og har en krenge-mekanisme som tillater høyere hastigheter på de lengste strekningene.

Vestlandsforskning (2000) har beregnet energiforbruket for Signatur til 0,041 kWh/setekm for strekningen Oslo-Kristiansand. Setekilometer er basert på 100 prosent belegg. Som vi ser av tabell 3.1 er energiforbruket ved Signaturtoget noe lavere enn for andre elektriske tog. Bakgrunnen for dette er at Signatur har forholdsvis mange motor-drevne akslinger (6 av 16, jevnt fordelt over toget) og således kan omdanne en betydelig del av energien som frigjøres ved bremsing til elektrisk energi.

Tabell 3.1 Energiforbruk regionstog

Tog	Energiforbruk (100 prosent belegg)	Kilde
Signatur BM73	0,041 kWh/setekm	Vestlandsforskning (2000)
Flytoget BM71	0,046 kWh/setekm	Vestlandsforskning (1997)
El-tog	0,0461 kWh/setekm	Transportøkonomisk Institutt (1997)
El-tog	0,042 kWh/setekm	Statistisk sentralbyrå (2006)
Fjernetog	0,078 kWh/setekm	Vestlandsforskning (2006b)
InterCity tog	0,051 kWh/setekm	Vestlandsforskning (2006b)

Kilde: Som referert til i tabellen, gjengitt i Vestlandsforskning (2006b)

Gitt et energiforbruk på 0,041 kwh/setekm og et normalbelegg på 45 prosent (SSB, 2006⁶), er forbruket per personkilometer 0,091 kWh/pkm. Dette er noe lavere enn de

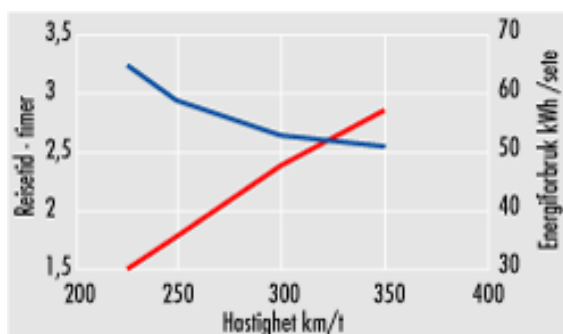
⁵ Normalbelegg innebærer for eksempel at utslipp ved bilkjøring er fordelt på 2,2 personer i stedet for 4 som er antatt å være fullt belegg. Anslaget for normalbelegg på 2,2 personer er basert på Vestlandsforskning (2006b), andre kilder benytter 1,6 – 1,86 personer. Betegnelsen ”personkilometer” (=antall passasjerer på en tur * kjørt distanse) er brukt for normalbelegg, mens betegnelsen ”setekilometer” (=antall seter * kjørt distanse) er brukt for fullt belegg.

0,110 kWh/pkm NSB melder i sin miljørapport for 2007. Vi legger imidlertid til grunn 0,091 kWh/pkm som anslag for energiforbruket for eksisterende persontog.

Energiforbruk høyhastighetstog

Det er mange forhold som påvirker energiforbruket ved togdrift, inkludert togtype, hastighet, antall stoppesteder, topografi, kjørestil og klimaforhold. Dette vil også påvirke energiforbruket for høyhastighetstog. Ifølge Kemp (2006) er høyhastighetstog svært energikrevende og energiforbruket dobles når hastigheten økes fra 200 km/t til 350 km/t, se figur 3.1.

Figur 3.1 Sammenhengen mellom hastighet, energiforbruk og reisetid



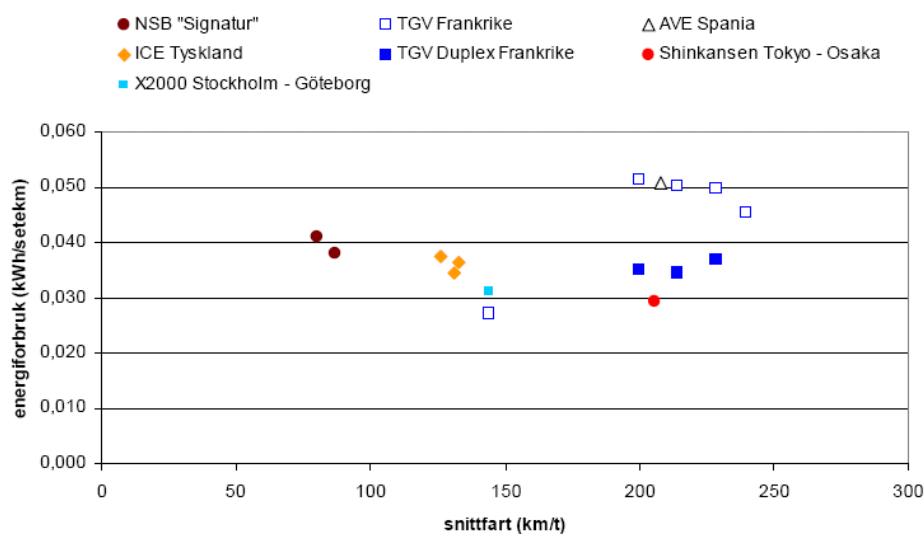
Kilde: Kemp (2006)

Figur 3.1 viser for eksempel at en hastighetsøkning fra 225 til 350 km/t reduserer reisetiden med 45 minutter (blå linje) mens energiforbruket nær dobles (rød linje).

På den annen side argumenterer Framtiden i våre hender (2007) for at høyhastighetstog ikke er mer energikrevende enn regiontog. For det første gjelder utbedringsstudiene for høyhastighetsbane i Norge kun hastigheter på 200-300 km/t, dvs. ikke så høyt som 350 km/t, og bør derfor heller sammenlignes med både Signaturtoget og Flytoget som begge er utviklet for hastighet opp mot 210 km/t. For det andre viser statistikk fra andre høyhastighetsbaner at energiforbruket er lavere enn for norske fjerntog, se Figur 3.2. Dette bygger på forutsetningen om at høyhastighetstog har færre stopp og at faktorer som vekt, hastighet, skinnegang, kjøremønster og teknologiske løsninger (for eksempel aerodynamikk og motorteknologi for regenererende bremsing) gjør kjøringen svært energieffektiv.

⁶ SSB Statistikk for NSB, regionstog, by-til-by, <http://www.ssb.no/emner/10/12/kolltrans/tab-2008-01-03-05.html>

Figur 3.2 *Energiforbruk og snittfart for ulike togtilbud*



Kilde: Fremtiden i våre hender (2007)

Vi har valgt å bruke 0,041 kWh per setekm for eksisterende regionstog og 0,038 kWh per setekm for høyhastighetstog. Sistnevnte er noe høyere enn 0,041 kWh per setekm brukt i Schlaupitz (2008), men er basert på VWIs forslag om å bruke tyske ICE som togsett for en eventuell høyhastighetsbane i Norge, og vil være i togets favør. Normalbelegg for høyhastighetstog er antatt å være 66 prosent, altså noe høyere enn for konvensjonelle tog (45 prosent).⁷ Selv om energiforbruket per setekilometer for dagens regionstog og høyhastighetstog er omtrent likt, vil energiforbruk per personkilometer være lavere for høyhastighetstog forutsatt et høyere passasjergrunnlag. Dersom man i tillegg tar hensyn til at traséene blir kortere, vil høyhastighetstoget komme enda bedre ut når man ser på bestemte strekninger.

Utslippene for elektriske tog er knyttet til utslipp ved produksjon av kraften toget bruker. I basisalternativet har vi lagt til grunn norsk gjennomsnittsförbruk der all norsk elektrisitet er basert på fornybare energikilder og 7,7 prosent av elektrisiteten er importert med en utslippsfaktor basert på gjennomsnittet ved europeisk kraftproduksjon, dvs. 525 g CO₂/kwh (Vestlandsforskning, 2006). For eksisterende tog med 0,091 kWh/pkm gir dette et utslipp på 3,7 g CO₂/pkm og for høyhastighetstog med 0,058 kWh/pkm gir dette et utslipp på 2,3 g CO₂/pkm. Dersom ikke annet er nevnt har vi brukt disse utslippsfaktorene som grunnlag for våre beregninger (nærmere diskusjon av dette nedenfor).

Begrenset utslippsreduksjon fra høyhastighetstog

Utslippsreduksjonen ved drift av høyhastighetstog forutsetter at passasjerer velger tog fremfor buss, bil og fly. Fly forurenser langt mer enn de andre transportmidlene. Overgang fra eksisterende togtrafikk vil også gi en positiv effekt, ettersom vi har antatt at høyhastighetstog er mer energieffektivt enn dagens tog. Det er imidlertid forventet at høyhastighetstog også vil generere ny trafikk av passasjerer som ikke reiste denne strekningen tidligere, noe som vil medføre økte utslipp.

⁷ VWI har estimert et daglig passasjergrunnlag for strekningen mellom Oslo og Trondheim til 5.350 passasjerer. Basert på 24 daglige avganger og kapasitet på 340 gir dette en kapasitet på 8.160 og normalbelegg på 66 prosent.

Den årlige utslippsreduksjonen er i basisalternativet beregnet til 165.900 tonn CO₂ årlig til sammen for begge strekningene. Dette utgjør knapt 3 promille av totale norske klimagassutslipp. 78.400 tonn av dette gjelder strekningen Oslo-Trondheim. Av dette utgjør overført trafikk fra fly til tog 72.000 tonn, fra bil til tog 4.800 og fra buss til tog 1.800. Overføring av eksisterende togpassasjerer reduserer utslippet med 300 tonn CO₂ årlig, mens det at flere reiser med tog enn tidligere øker utslippene med 500 tonn. Tilsvarende fordeling vil også gjelde for strekningen Oslo-Bergen. Vi ser at i hvilken grad toget kan ta passasjerer fra flytrafikken vil ha stor betydning for størrelsen på klimaeffekten. Dersom toget skal ta så store deler av flypassasjerene som vi her har forutsatt, må også flyavgangene reduseres tilsvarende om klimaeffekten skal oppnås. Vil det derimot være like mange avganger som uten høyhastighetstog, men bare med færre passasjerer, vil vi ikke oppnå den estimerte utslippsreduksjonen.

Tilbringertransport

En passasjer som i dag skal reise med fly og som skal fra Oslo sentrum til Bergen sentrum må reise fra Oslo sentrum til Gardermoen, fly til Flesland, og reise fra Flesland og inn til Bergen sentrum. Tilsvarende vil det være en rekke ulike transportmønstre til og fra flyplassene, avhengig av hvor folk reiser fra og hva som er endelig destinasjon. Buss, tog og bil er de vanligste transportmidlene til og fra flyplass, tog- og busstasjon. I tillegg til å endre hovedtransporten vil høyhastighetstog også endre mønsteret for tilbringertransport. Vi har ikke tilstrekkelig data om disse transportmønstrene, og har for enkelhetens skyld kun sett på tilbringertransport i Oslo, Bergen og Trondheim.

Utslipp av CO₂ per km privatbil og drosje er de samme som tidligere brukt, bortsett fra at normalbelegget for bil som tilbringermiddel er 1,6 og for drosje 1,3 passasjerer (Vestlandsforskning, 2006). Når det gjelder trikk og bane i Oslo sentrum er gjennomsnittsutslipp på 7,1 g CO₂ per personkm benyttet.⁸

Reisevanedata⁹ for tilbringertransport for Gardermoen, Flesland og Værnes er gjengitt i tabell 3.3. Vi har ikke funnet nylige undersøkelser som gir tall for bruk av transportmidler til de mest sentrale togstasjonene. Reisevaneundersøkelsen (2005) gir statistikk for transportmidler på korte og lange strekninger i Norge. Basert på denne har bilen en markedsandel på 50-60 prosent avhengig av strekningen, med en høyst andel kollektivtransport i Oslo. For tilbringertransport til togstasjonene har vi antatt en betraktelig mindre bruk av privatbil ettersom det er begrensede muligheter for parkering, og i stedet lagt til grunn mer bruk av drosje og kollektivtransport ettersom alle stasjonene ligger sentralt i de tre byene med gode kollektivforbindelser.

⁸ Beregningen er basert på et vektet gjennomsnitt for t-bane (0,164 kWh/pkm) og trikk (0,228 kWh/pkm) Vestlandsforskning (2006a) og markedsandel på hhv 80 prosent og 20 prosent (Sporveiene 2006).

⁹ Fra Asplan Viak (2007), Møreforskning (2007) og Osl (2007).

Tabell 3.2 *Markedsandeler tilbringertransport, prosent*

Transportmiddel	Markedsandel togstasjon			Markedsandel flyplass		
	Oslo	Bergen	Trondheim	Oslo	Bergen	Trondheim
Bil parkert	3	10	10	21	17	15
Bil returnert (dobbel)	10	14	14	12	27	19
Drosje	15	20	20	6	33	14
Buss	20	31	31	18	23	27
Lokaltog	20	23	23	7	0	25
Trikk/t-bane	30	0	0	0	0	0
Flytog	0	0	0	36	0	0
Fots	2	2	2	0	0	0
Total	100	100	100	100	100	100

Kilde: Econ Pöyry

Vi har antatt at gjennomsnittlig tilbringerstrekning er 50 km til Gardermoen, 20 km til Flesland og 35 km til Værnes basert på avstand til sentrum. Gjennomsnittlig tilbringerstrekning til høyhastighetsstasjonene er forutsatt å være 15 km for alle stasjoner. Vi har antatt 15 km i gjennomsnittlig "tilbringerstrekning" for alle bilister.

Tilbringertransport til flyplassene er korrigert for andel transfer- og transitt-passasjerer¹⁰ med henholdsvis 9,4 prosent ved Gardermoen, 6,5 prosent ved Flesland og 6,3 prosent ved Værnes (Avinor, 2007).

For passasjerer som i dag reiser med buss og regiontog antas det at overføring til høyhastighetstog ikke vil gi utslippsendringer. Dette fordi både bussterminal og togstasjon ligger i sentrum og passasjerene vil bruke samme transportmiddel for tilslutning. En passasjer som reiser med bil vil reise hele strekningen, dvs. både hovedtransport og tilbringertransporten. Dersom de i stedet reiser med tog, vil de måtte reise til togstasjonen. Dette kan føre til økning eller nedgang i utslipp, avhengig av tilslutningstrafikken som er antatt.

Tabell 3.3 *Utslippsreduksjon som følge av endring i tilbringertransport. Tonn CO₂ årlig, avrundet til nærmeste 100 tonn*

	Total
Fly til tog	8.200
Bil til tog	0
Buss til tog	0
Økning togtrafikk	-3.200
Total	5.000

¹ Tilbringertransport knyttet til eventuelle mellomstasjonene er ikke inkludert

Kilde: Econ Pöyry

¹⁰ Begrepet *transitt* brukes for en passasjer som ikke forlater flyet ved mellomlanding, mens *transfer* er brukt om passasjerer som bytter fly ved mellomlanding.

Vi har beregnet at utslippsreduksjonen fra endret tilbringertransport som følge av høyhastighetstog vil være ca 5.000 tonn CO₂ årlig. At passasjer velger tog fremfor fly vil føre til en utslippsreduksjon på i størrelsesorden 8.200 tonn CO₂ årlig. Den største reduksjonen er knyttet til tilbringertransport til Gardermoen som ligger lengst unna sentrum og som er trafikkert for begge strekningene. Passasjerer i Oslo vil da i stedet for å erise til Gardermoen kunne reise til Oslo sentrum, og dermed reduseres CO₂-utslippene. Høyhastighetstog vil imidlertid også gi en økning i utslippene grunnet økning i togtrafikken og den tilhørende økning i tilbringertrafikken. Dette er passasjerer som ikke reiser denne strekningen i dag og dermed ikke har noen utslipp. Disse vil benytte bil, buss og drosje til toget på samme måte som andre passasjerer, noe som er anslått å føre til en økning i utslippene på ca 3.200 tonn CO₂ årlig. Endringer som følge av at reisende velger tog fremfor bil, vil ikke føre til noen nevneverdig effekt på utslippene. Vurdert i forhold til de totale utslippsreduksjonen representerer utslippsendringer i tilbringertransporten en relativt liten andel. Det er selvsagt også usikkerhet forbundet med dette estimatet. Utslippsreduksjonen vil fordele seg omtrent likt på de to strekningene, slik at dersom kun strekningen Oslo og Trondheim blir utbygd, vil dette innebære en reduksjon på ca 2.500 tonn CO₂ årlig.

Basert på våre beregninger, vil den totale utslippsreduksjonen ved høyhastighetstog for *basisalternativet* være 0,17 millioner tonn, inkl hovedtransport og tilbringertransport for strekningene Oslo Bergen og Oslo Trondheim.

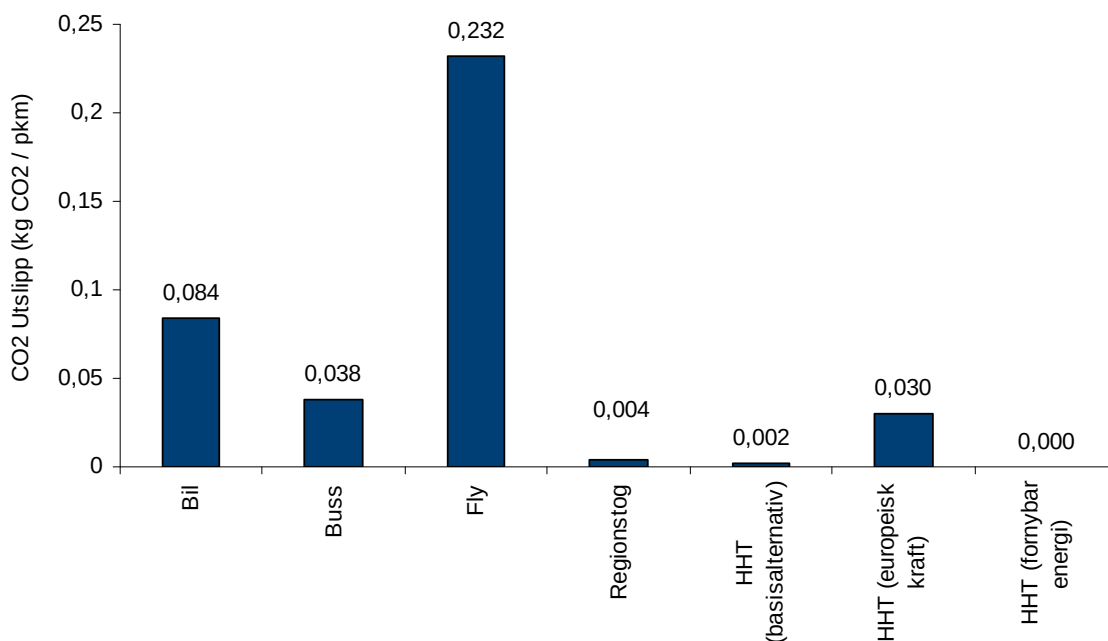
Nærmere om klimagassutslipp knyttet til tog

Drift av elektriske tog har ingen direkte utslipp av klimagasser. NSB kjøper opprinnelsesmerket strøm fra vannkraft og omtaler tog som CO₂-nøytralt.¹¹ Det kan i midlertidig argumenteres for at toget bør belastes med utslipp tilsvarende et gjennomsnitt av utslippet fra kraftproduksjon på kontinentet. Norsk vannkraft brukt til togdrift kan alternativt eksporteres for å erstatte utslippsintensiv kraftproduksjon på kontinentet, og dermed gi en utslippsreduksjon der.

Energiforbruk og CO₂-utslipp for de ulike transportmidlene som er diskutert i avsnittene foran er summert i Figur 3.3. Forutsetningene for anslagene er hovedsakelig basert på Vestlandsforskning (2006b). Dersom vi forutsetter at et eventuelt høyhastighetstog benytter marginal kraft fra kontinentet, vil utslippene fra tog og buss være i samme størrelsesorden.

¹¹ <http://www.nsb.no/article27176-3417.html> (besøkt 03.09.08).

Figur 3.3 *Utslipp av CO₂ knyttet til ulike transportmidler. Kg CO₂/pkm*



Kilde: Econ Pöyry basert på Vestlandsforskning (2006b)

Tabell 3.4 viser forskjellen i de samlede utslippsreduksjonene mellom de ulike forutsetningene for kraftproduksjonen.

Tabell 3.4 *Utslippsreduksjon (inkludert tilbringertransporten) gitt ulike forutsetninger for kraftproduksjonen. Tonn CO₂/år, avrundet*

	Oslo-Trondheim	Oslo-Bergen	Totalt
Basisalternativet: CO ₂ reduksjon, gitt norsk forbruk med 7,7 prosent importandel	80.900	90.000	170.900
Alt 1; CO ₂ reduksjon gitt produksjon basert på 100 prosent fornybare energikilder	82.200	91.600	173.800
Alt 2; CO ₂ reduksjon gitt gjennomsnittlig europeisk kraftproduksjon	66.600	71.300	137.900

Kilde: Econ Pöyry

Vi har i basisalternativet lagt til grunn dagens produksjonsprofil for kraft som forbrukes i Norge, og hvor ca. 8 prosent er importert kraft og resten er vannkraft. Om vi så i stedet anser toget som karbonnøytralt (alt. 1 i tabell 3.2) vil utslippsreduksjonen bare bli marginalt større. Til sammenligning kan vi se at klimaeffekten av høyhastighetstog nesten 20 prosent mindre dersom man legger til grunn at norsk vannkraft kan eksporteres og erstatte kraft produsert i importlandene.

3.1.2 Toget kan ta betydelige mengder trafikk fra fly

Klimaeffekten for høyhastighetstog er hovedsakelig knyttet til at flere velger å ta tog fremfor fly. Som vi skal komme tilbake til i kapittel 4 vil både reisetid og billettpris være avgjørende for hvor stort markedsandel toget kan få og dermed hvor stor klimaeffekten ved toget kan tenkes å bli.

VWI antar at høyhastighetstog vil kunne ta rundt 2 millioner passasjerer årlig totalt på hver av strekningene. Knapt 0,8 millioner av disse er tidligere flypassasjerer. I dag reiser ca 1,6 millioner flypassasjerer årlig på hver av disse strekningene, men VWI venter at antallet vil øke til ca. 2,2 millioner i 2020, slik at høyhastighetstog da vil ta nesten en tredjedel av all flytrafikken. ICE-togene som er foreslått vil ha 2 førervogner (en i hver ende) og 2 passasjervogner med en kapasitet på 340 passasjerer. Med 24 avganger daglig gir dette en kapasitet på vel 3 millioner passasjerer årlig om toget fylles helt opp. Med 2 ekstra vognsett er det i teorien mulig å øke kapasiteten fra 340 til 680 passasjerer per tog¹², noe som vil gi høyhastighetstoget en maksimumskapasitet 6 millioner passasjerer årlig på hver av strekningene. Det vil være nødvendig å forlenge flere krysningsspor eller bygge dobbeltspor enkelte steder, noe som vil øke kostnadene betraktelig. Med nesten 4 millioner ledig kapasitet vil toget kunne ta all trafikk fra flyet selv med enkeltspor og vekst i trafikkgrunnlaget. Potensialet for utslippsreduksjoner for de to strekningene kan dermed i teorien økes betraktelig. Dersom vi som en illustrasjon forutsetter at all flytrafikk mellom byene blir overført vil den totale utslippsreduksjonen bli nærmere 0,5 millioner tonn CO₂ årlig. Det er ingen endringer i annen overført eller økt trafikk. Dette representerer den teoretisk, maksimale utslippsreduksjonen som kan oppnås som følge av høyhastighetstog. Utslippsreduksjonen utgjør imidlertid fortsatt bare i underkant av 1 prosent av Norges totale klimagassutslipp. Et slikt alternativ forutsetter at alle flyavganger på strekningene blir lagt ned. Realismen i dette og hva slags virkemidler som vil være nødvendige for å realisere et slikt alternativ er kort vurdert i neste kapittel.

Tabell 3.5 Årlig utslippsreduksjon gitt ulike forutsetninger overført trafikk fra fly til tog. Tonn CO₂/år, avrundet til nærmeste 100 tonn

Begge strekningene	Oslo-Trondheim	Oslo-Bergen	Totalt
Basisalternativet: toget tar 1/3 av flytrafikken i 2020	80.900	90.000	170.900
Alt 3: CO ₂ reduksjon dersom toget tar all flytrafikk i 2020	229.000	269.300	498.300

Kilde: Econ Pöyry

3.1.3 Indirekte utslippsreduksjon ved å øke godstrafikk på bane?

VWI har foreslått bygging av enkeltsporet høyhastighetstrasé i Norge ettersom det er antatt at dette er tilstrekkelig for dekke behovet for persontransport. Det er antatt at selv med dobbeltspor vil det ikke være praktisk mulig med godstog på disse linjene. Dette er også i tråd med erfaringer fra Tyskland og andre europeiske land, og skyldes kravet til stigning, sikkerhet, frekvens, tidsbruk etc. (VWI, 2007). For eksempel er det av sikkerhetsmessige årsaker ikke tillatt at å kjøre godstog og persontog i samme tunnel i Tyskland, noe som begrenser mulighetene for godstrafikk på nye høyhastighetslinjer.

Det er forutsatt at alle dagens langdistansereisende med tog på strekningene vil benytte høyhastighetstog fremfor regionstog, noe som vil medføre en betydelig reduksjon i togtrafikken på eksisterende linjer. Denne økte kapasiteten kan benyttes til økt godstrafikk. CargoNet og NSB har beregnet at ett godstog kan frakte like mye som 24 vogntog, og at dersom man setter inn 1-2 ekstra tog daglig på hver av strekningene vil det føre til utslippsreduksjoner på mellom 100.000-200.000 tonn CO₂ årlig. Dette anslaget er kun

¹² VWI presenterer denne muligheten i sin analyse. Den praktiske gjennomførbarheten er ikke vurdert.

ment for å gi en indikasjon på at bedret kapasitet på eksisterende linjer kan brukes til godstrafikk. Gjennomførbarheten av dette er ikke vurdert i dette prosjektet.

3.1.4 Klimaeffekter utover CO₂-effekten

Det er antatt at klimaeffekten ved transport er større enn den rene CO₂-effekten i og med at transport også medfører utslipp av andre klimagasser. Det er derfor ønskelig å vurdere den totale klimaeffekten ved drift av høyhastighetstog. Det finnes flere metoder for å estimere den totale effekten. Vi har valgt å beregne den direkte utslippsreduksjonen av klimagasser¹³ og den indirekte effekten ved utslippsreduksjon knyttet til utslipp av klimagasser i høyere luftlag. Data for utslipp av klimagasser er relativt godt dokumentert, mens effekten av utslipp i høyere luftlag er mer usikker.

Utslipp av andre klimagasser

Transportsektoren slipper ut miljø- og klimagasser som ikke er inkludert i Kyoto-protokollen, men som likevel kan påvirke klimaet. Blant annet er ikke vanndamp, NO_x¹⁴ og flyktige organiske karbonforbindelser (NMVOC) inkludert i Kyoto-protokollen, men i Göteborg-protokollen.¹⁵ NO_x og NMVOC bidrar til å danne ozon, som er en drivhusgass. NO_x kan også reagere med svovel og danne sur nedbør, i tillegg til at den kan bidra til å bryte ned drivhusgassen metan. Av klimagassene definert i Kyoto-protokollen har transportsektoren noe utslipp av metan. Ved hjelp av IPCC-standarder for oppvarmingspotensial, kalt "Global Warming Potential (GWP)" kan metan regnes om til CO₂-ekvivalenter. Metan har en GWP på 21, dvs. at en enhet metan tilsvarer 21 enheter CO₂-ekvivalenter. I 2007 var de totale CO₂-utslipp 45 millioner tonn, mens totale klimagassutslipp var 53,4 tonn CO₂-ekvivalenter.

En overgang til høyhastighetstog fører til mindre endringer i utslippene av metan. Disse endringene er så små i forhold til de utslippsendringene vi her snakker om at vi har valgt å se bort fra dem.

Utslipp i høyere luftlag

Det antas at utslippene fra flytrafikken har større betydning for klimaforandringene enn klimaregnskapet tilsier. Ifølge Inter-Governmental Panel on Climate Change (1999)¹⁶ påvirker luftfarten klimaet gjennom CO₂, ozon, metan, vanndamp, kondensstriper, cirrusskyer og sot. IPCC har beregnet at global luftfart har økt forekomsten av cirrusskyer og kondensstriper i atmosfæren med mellom 0,2 prosent og 0,1 prosent sammenlignet med før-industriell tid (IPCC, 1999). Det er mye usikkerhet knyttet til den eksakte klimavirkningen av luftfart, spesielt når det gjelder kondensstriper og cirrusskyer. IPCC har beregnet Radiative Forcing Index (RFI)¹⁷, her omtalt som "tilleggsfaktoren", for internasjonal luftfart til 2,7 (2,0-4,0) (IPCC, 1999). Dette betyr at luftfartens samlede

¹³ Klimagassene inkludert i Kyoto-protokollen CO₂, CH₄, N₂O og de fluorholdige HFC, PFC og SF₆.

¹⁴ Nitrogenoksider (NO_x) er en fellesbetegnelse for nitrogenmonoksid (NO) og nitrogendioksid (NO₂).

¹⁵ Göteborg Protokollen trådte i kraft i 2005 og omhandler forurensning til luft; inkludert svoveldioksid (SO₂) og nitrogenoksider (NO_x), ammoniakk (NH₃) og flyktige organiske forbindelser (NMVOC). Blant annet er Norge forpliktet til å redusere de årlige utslippene av nitrogenoksider (NO_x) til 156.000 tonn i 2010.

¹⁶ Se <http://www.grida.no/climate/ipcc/aviation/008.htm>, <http://www.grida.no/climate/ipcc/aviation/083.htm>, <http://www.grida.no/climate/ipcc/aviation/064.htm>

¹⁷ Radiative Forcing måles i watt per kvadratmeter og er den termiske energien som treffer jordas overflate grunnet utslippenes oppvarmende effekt.

virksomhet på drivhuseffekten er 2,7 ganger større enn hva luftfartens utslipp av CO₂ alene tilsier.

Ettersom de ulike gassene har ulik RFI og ulik levetid i atmosfæren vil den ovennevnte tilleggsfaktoren variere med tidshorisonen og flyhøyde. Tilleggsfaktoren vil være avtagende for lengre tidshorisoner på grunn av avtagende effekt av kondensstriper og cirruskyer. Et tidsperspektiv på 100 år er brukt i Kyotoprotokollen. Basert på RFI for 100 år, har Cicero (2008) beregnet tilleggsfaktoren til 1,2 inkludert kondensstriper og 1,8 om vi tar med det usikre bidraget av cirrus. Innen EU brukes en tilleggsfaktor på 2, og det har vært diskutert å bruke denne faktoren når lufttransport skal inkluderes i EUs kvotehandelssystem. Dette er nå tatt ut av forslaget, men det er ventet at utslipp av NO_x vil bli tatt med.¹⁸ Arvesen og Hertwich (2007) antar at tilleggseffekten vil være lavere for innenlands reiser på grunn av gjennomgående kortere distanser og dermed lavere cruisehøyder, og bruker en tilleggsfaktor på 1,3 for innenriksreiser i Norge og 2,0 for utenriksreiser. Schlaupitz (2008) bruker 1,3 som tilleggsfaktor, selv om dette presiseres at anslaget for 1,3 i stor grad er basert på gjetting. Vi har valgt å bruke tilleggsfaktoren på 1,8, noe som også vil være til fordel for toget. Nå må det riktignok presiseres at tilleggsfaktorene er basert på globale gjennomsnitt og at effekten vil avhenge av lokale og klimatiske forhold. Det er derfor ikke vanlig å bruke disse faktorene for å sammenligne enkeltstrekninger for fly. Vi har allikevel valgt å justere klimaeffekten for luftfart på de to strekningene, for å illustrere den potensielle klimaeffekten av høyhastighetstog. Resultatene av dette fremkommer i tabell 3.7. Selv etter at CO₂-utslippene er justert for dette vil høyhastighetstog være et beskjedent klimatiltak, med en utslippsreduksjon på knappe 0,3 millioner tonn CO₂ årlig i basisalternativet. Hadde vi i stedet brukt den mer konservative tilleggsfaktoren på 1,3, ville klimaeffekten justert for RFI vært betraktelig lavere enn her beregnet.

Tabell 3.6 Utslippsreduksjon ved innføring av høyhastighetstog. Tonn CO₂ per år

	Oslo-Trondheim	Oslo-Bergen	Totalt
<i>Basisalternativ</i>	80 900	90 000	170 900
RFI-effekt	58 300	67 700	126 000
Basisalternativ justert for RFI	139 200	157 700	296 900

Kilde: Econ Pöyry

3.2 Utslipp fra transportsektoren over tid

I forrige seksjon ble klimaeffekten av høyhastighetstog estimert med utgangspunkt i dagens elektrisitetsproduksjon og transportteknologi. En eventuell høyhastighetsbane vil ikke stå klar før tidligst i 2020. Med det økte fokus som må forventes i årene framover på å utvikle ny og mer energieffektiv teknologi må det forventes at ny teknologi vil kunne gi et vesentlig bidrag til reduserte utslipp i 2020. Vi vil nedenfor se litt på hvordan dette kan tenkes å påvirke klimaeffektene av høyhastighetstog.

¹⁸ Luftfarten i EUs kvotehandelssystem:
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0818:FIN:EN:PDF> side 10

Mer energieffektive tog og mer klimavennlig produksjon av elektrisk kraft?

Som tidligere nevnt vil utslipp ved togdrift være knyttet til effektiviteten i kraftforbruket og produksjon av kraften.

Det er usikkert hvordan energieffektiviteten for tog og høyhastighetstog vil kunne utvikle seg fram mot 2020. NSB har som mål å redusere sitt forbruk av elektrisitet med 15 prosent over de neste 5 år blant annet ved å installere energimålere, redusere strøm til varme og ventilasjon, samt drive opplæring om energieffektiv kjøring (NSB, Enova¹⁹). Deutsche Bahn melder om at energiforbruket for lokaltog har sunket, mens det ikke har vært noen nedgang i forbruk per personkilometer for fjerntog siden 1990 (CER, 2008). Utslipp per personkm har derimot sunket for både lokal og fjerntrafikk på grunn av mer klimavennlig elektrisitetsproduksjon.

Trolig vil nye fjerntog i 2020 være mer energieffektive enn i dag, noe som isolert sett vil si at våre beregninger undervurderer utslippsreduksjonen ved å ta i bruk slike tog. Videre vil kraftproduksjonen i 2020 sannsynligvis være mer miljøvennlig ved at den er basert på en større andel fornybar energi. For eksempel er det et mål at andelen fornybar energiproduksjon i EU skal øke fra 8,5 til 20 prosent innen 2020. Fangst av CO₂ i fossilbasert kraftproduksjon vil også kunne bidra til reduserte utslipp fra kraftproduksjon. Både norske myndigheter, EU og internasjonale selskaper jobber for å utvikle teknologi for storskala CO₂-fangst og lagring (CCS). EUs målsetninger er at teknologien vil være kommersielt tilgjengelig i 2020.

Selv om det er stor usikkerhet knyttet til fremtidig kraftproduksjon, CCS-teknologi og energieffektivitetsforbedringer på tog, har vi som en illustrasjon antatt at utslipp fra tog er 20 prosent lavere i 2020 enn i dag.

Betydelige utslippsreduksjoner innen flytrafikken må forventes

I motsetning til internasjonal luftfart er innenriks luftfart regulert av Kyotoprotokollen, og i Norge er disse utslippene ilagt CO₂-avgift²⁰. EU-kommisjonen har foreslått å inkludere luftfart i EUs kvotesystem der alle flygninger internt i EU/EØS-området blir kvotepliktige fra 2011, mens alle flygninger til og fra EU omfattes fra 2012. Sammen med økte drivstoffpriser kan dette forsterke insentivene til å effektivisere energibruken i luftfarten.

Selv om utslippene fra flytrafikken øker, øker utslippene mindre enn trafikkmengden (Miljøstatus²¹). Dette skyldes overgang til mer drivstoffeffektive fly, høyere setebelegg og mer utslippseffektive flybevegelser. Et større innslag av lavkostflygninger og mer fleksibel prising hos nettverkselskapene bidrar til stadig høyere gjennomsnittsbelegg (Avinor, 2006). Lufthansa, SAS og Norwegian rapporterer om bedre utnyttelse av drivstoff, samt økte kabinfaktorer. Disse mener at flytrafikken kan bli opp til 20-25 prosent mer effektiv de kommende 20 år. Til sammenlikning hevdes det i Avinor (2006) at nye fly i dag er 70 prosent mer drivstoffeffektive enn i 1970 og de forventer en ytterligere forbedring på 50 prosent frem til 2020.

¹⁹ <http://naring.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=2304>

²⁰ CO₂-avgiften på mineralolje til bruk i innenriks luftfart tilsvarer 255 kroner pr. tonn CO₂ for 2008.

²¹ <http://www.miljostatus.no/Tema/Klima/Klima/Sektorvise-tiltak/Transport/Luftfart/#D>

Bruk av drivstoff basert på alger og biomasse (forskning hos Boeing), vingekonstruksjonen "Winglets"²² og dataprogrammet "Continuous Descent Approach" (CDA) som overvåker værforhold og trafikk på flyplasser for bedre å kunne tilpasse farten er interessante initiativ som kan bidra til betydelige utslippsreduksjoner i luftfarten på lang sikt.²³

I tråd med anslag fra sektoren (NTP Arbeidsdokument 02/2007) antar vi som en illustrasjon at utslipp per personkilometer for fly i Norge vil være 20 prosent lavere i 2020.

Utslippsreduksjoner i veitrafikken må også forventes

SSB har beregnet at energiforbruket og klimagassutslippene har vokst langsommere enn det samlede transportarbeidet. Årsaken til dette er at det har skjedd en betydelig teknologiforbedring, samt at vi har hatt en vridning mot økt bruk av dieslbiler (SSB 2008/17). SFT har gjennomført en høring av et forslag om å innføre et omsetningspåbud for biodrivstoff med minimum 2 volumprosent innblanding fra 2008, 5 volumprosent fra og med 2009 og ca 7 volumprosent biodrivstoff fra 2010. Biodrivstoff er om-diskutert, og det ventes at et eventuelt omsetningspåbud vil følges av krav til at utslipps-reduksjonene er reelle og at det ikke skaper negative effekter for miljø og samfunn. EU-direktiv 2003/30/EF (biodrivstoffdirektivet) setter referanseverdier for nasjonale mål på 2 prosent ved utgangen av 2005 og 5,75 prosent ved utgangen av 2010. Få av EU-landene ligger an til å nå disse målene.

I tillegg til energieffektivisering og bruk av biodrivstoff forventes det at salget av el- og hybridbiler kan øke i fremtiden. Elbilteknologien har lenge vært under utvikling, og er i dag innført i markeder over hele verden. Begrensningene i funksjonsmåte og kapasitet gjør den egnet først og fremst i byene, men det er forventet at økt rekkevidde og høyere drivstoffpriser vil gi økt etterspørsel (Zero²⁴). Som for tog, vil klimaeffekten av elbiler avhenge av hvordan strømmen blir produsert. Men selv med el produsert i et fossilt kraftverk på kontinentet vil bilens totale energibruk og klimautslipp bli lavere enn for petroleumsbaserte biler (Bellona, 2007). Hybridbil-teknologien har skutt fart i den senere tid, der elektromotor og et batteri er kombinert med en tradisjonell bensin- eller dieselmotor. En datamaskin optimaliserer bruken av de to, og man kan oppnå en dobling av energieffektiviteten. Dette innebærer en halvering av CO₂-utslippene, samtidig som den lokale forurensningen reduseres. Hydrogenbiler kan også være basert på fornybar energi, men teknologien og infrastrukturen er mindre utviklet. Hydrogen kan brukes i brenselceller som er mer energieffektive enn vanlige motorer, og teknologien kan være kommersialisert innen 10 år (Bellona, 2007).

Det norske klimaforliket setter et langsiktig mål om at gjennomsnittlig utslipp fra nye personbiler skal være på under 120 g CO₂/km, mot 171 g per km som vi har brukt. En oppnåelse av dette målet er imidlertid i stor grad avhengig av teknologiutviklingen hos de internasjonale bilprodusentene. Som TØI (2007) antar vi 23 prosent reduksjon i utslipp per personkilometer for bil og 19 prosent for buss fram mot 2020.

²² Winglets er en type vingekonstruksjon med økt vingspenn og en 2-3 meter bøy opp i luften som reduserer drivstoff-forbruket.

²³ Pressmelding 8 desember, 2007, <http://se.ypb.waymaker.net/sasgroup/release.asp?id=157678> (30 juni 2008).

²⁴ <http://www.zero.no/transport/elbil/forslag-til-statsbudsjettet-for-2009-fritak-for-fordelsbeskatning-for-nullutslippsbiler-som-firmabiler>.

Om lag 20 prosents effektivisering antas fram mot 2020

Vi har som en illustrasjon antatt at samtlige transportmidler er ventet å være om lag 20 prosent mer energieffektive i 2020 enn i dag. Ser man på klimaeffekten ved høyhastighetstog fra 2020 vil det samlede reduksjonspotensialet reduseres med nærmere 135 000 tonn CO₂ eller vel 79 prosent av *basisalternativet*. Det at klimaeffekten blir mindre enn først antatt er hovedsakelig knyttet til effektiviseringer innen luftfarten, som er mest karbonintensiv.

Tabell 3.7 *Utslippsreduksjon justert for teknologiutvikling mot 2020. Tonn CO₂ per år*

	Oslo-Trondheim	Oslo-Bergen	Total
Basisalternativ	80 900	90 000	170 900
Alt 4: Utvikling mot 2020	64 100	71 300	135 400

Kilde: Econ Pöyry

3.3 Negativ klimaeffekt fra bygging av høyhastighetsbane

Vi har nå presentert klimagevinstene ved høyhastighetsbaner som viser at de har visse klimafordeler fremfor for eksempel fly. For å få fram det totale klimaregnskapet viktig vurdere klima- og miljøeffektene av bygging av infrastrukturen som er nødvendig. Høyhastighetsbaner krever omfattende investeringer i nytt linjenett, noe som kan gi betydelige utslipp av klimagasser i anleggsfasen.

Til tross for at det er gjort mange analyser av klimaeffektene ved ulike transporttiltak har vi funnet få studier av klimaeffektene ved bygging av den nødvendige infrastrukturen. Ved vurderingen av klimaeffektene av et produkt foretar en ofte en fravugge-til-grav analyse (Life Cycle Analysis) der man tar hensyn til utslipp for hele livsløpet til produktet noe som for eksempel også inkluderer vedlikehold og avfallsbehandling etter at brukstiden er over. Ved en mer begrenset vurdering av klimaeffektene av produksjon av et produkt er det vanlig å se på energibruken til fremstilling av produktet og produksjon av innsatsvarer.

VWIs utredning er kun en mulighetsstudie, og det er fortsatt mange usikkerhetsmomenter med hensyn til traseer og konstruksjon for et så stort prosjekt. En detaljert studie av utslippet forbundet med byggeprosessen ligger utenfor rammene av dette prosjektet. Våre utslippsanslag er derfor kun et grovanslag basert på tilgjengelig litteratur og informasjon. Vi skiller ikke mellom utslipp i Norge (dvs. som belastes det norske utslippsregnskapet) og utslipp i utlandet i forbindelse med produksjon av materialer. Naturlig nok vil dette anslaget være forbundet med stor usikkerhet, og er derfor kun ment å gi en viss indikasjon på hvilket utslippsnivå vi kan forvente fra byggingen av høyhastighetsbane. Utslippsfaktorene varierer i litteraturen, og vil i stor grad avhenge av forutsetninger omkring kraftproduksjonen. Utbyggerne av en eventuell høyhastighetsbane kan kjøpe materialer både fra norske og internasjonale produsenter og vi har derfor tatt utgangspunkt i internasjonale utslippsfaktorer for materialer er hentet fra Strippel (2001) og Statsbyggs miljøkalkulator (Civita, 2007), som inkluderer utvinning og transport av råvarer, samt foredling og produksjon av anleggs-materialene²⁵.

²⁵ Vi har kun sett på utslipp av CO₂ og ikke tatt hensyn til binding av karbon i bygningsmaterialene.

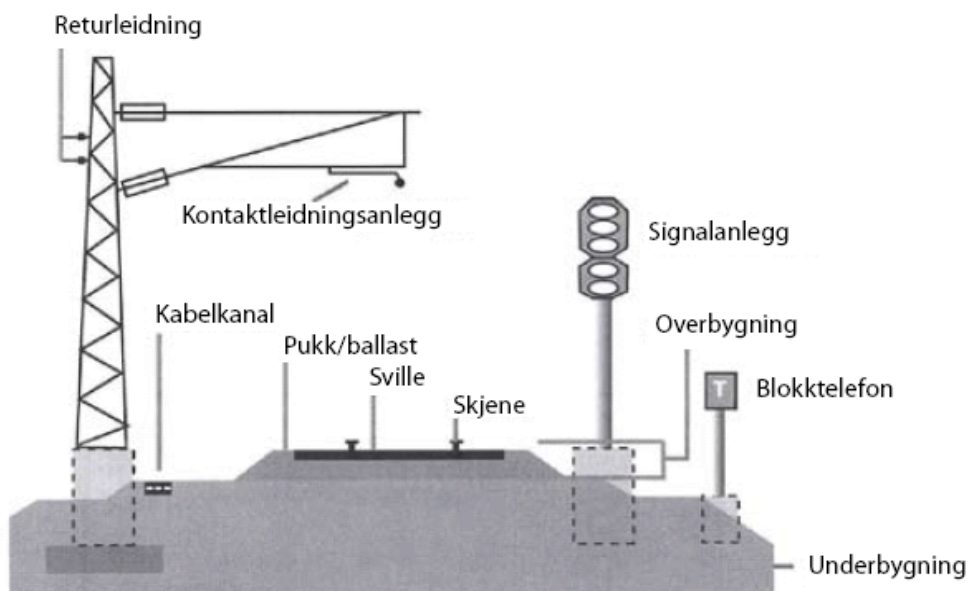
Traséer

Traseer for høyhastighetstog krever slake svinger og lite stigning, og vil derfor i stor grad kreve nytt linjenett. Strekningen Oslo-Trondheim vil bli på 464 km, hvorav 344 km er ny linje og 20 prosent er tunell (VWI). For strekningen Oslo-Bergen er det for strekningen via Hallingdal antatt 338 km ny linje og 45 prosent tunell (VWI). Kryssingsspor og parallelle sikkerhets- og servicetunneler er estimert til 10 prosent av strekningene (Sintef, 2007). Dette gir nye linjer på i alt ca 370 km for hver av strekningene, hvorav 84 km er tunnel for Oslo-Trondheim og 184 km er tunnel for Oslo-Bergen.

Generelt om traséarbeidet

Underbyggingen for en jernbanelinje består av fylling, bro, tunnel eller skjæring, mens overbyggingen består av ballast/pukk, sviller, skinner og sporveksler som vist i Figur 3.4 (Jernbaneverket, 2008)²⁶.

Figur 3.4 Skjematisk fremstilling av et jernbanespor



Kilde: Jernbaneverket

Vi antar at det generelle arbeidet med underlaget kan sammenlignes med veibygging. Strippel (2001) har beregnet CO₂-utslipp fra bygging av bilvei basert på bruk av anleggsmaskiner, fremstilling av materialer og transport samt tapt opptak/frigjøring av bundet CO₂ fra biomasse.²⁷ Utslipet er estimert til 2440 tonn CO₂ per km (13 meter tofelts) vei bygget i betong og 1780 tonn CO₂ per km for asfaltert vei²⁸.

På nye strekninger for høyhastighetsbane i Tyskland er ofte stålskinnene helstøpt i et betongunderlag fremfor bruk av sviller. Dette ser også ut til å være lagt til grunn i VWIs

²⁶ Se http://www.jernbaneverket.no/jernbanenettet/slik_fungerer_jernbanen/

²⁷ Det er antatt felling av 660 m³ skog per km vei (inkl felling på hver side av veien), CO₂-opptak på 771 kg CO₂/m³ skog og en tilleggsfaktor på 2 for å inkludere annen biomasse (Strippel, 2001).

²⁸ Strippel (2001) har utført en life-cycle analysis for 1 km vei som er 13 meter bred. Om lag 90 prosent av utslippene kommer fra byggefasen, mens resten er knyttet til vedlikehold og drift. William-Derry (2007) har National Road Association (2002) gjort tilsvarende studier.

utredning. Vi har derfor tatt utgangspunkt i estimerte utslipp knyttet til vei med betongdekke.

Når det gjelder utslipp knyttet til anleggsarbeidet, tapt biomasse og transport er dette korrigert for at en enkeltsporet jernbane er 8 meter og ikke 13 meter som Strippel har brukt. I tillegg har vi korrigert for at utslippene er annerledes når linjen går i tunnel. Dette gir utslipp på ca 0,5 millioner tonn CO₂ for strekningen Oslo Trondheim og 0,4 millioner tonn CO₂ for strekningen Oslo Bergen.

En moderne jernbane består normalt av to parallelle skinner i stål med tverrliggende sviller i betong. Med 60 kg stål per meter skinne, gir dette et utslipp på ca 0,15 millioner tonn CO₂ for hver av strekningene fra produksjonen.

Bygging av tunneler

Bygging av tunneler er energikrevende, spesielt relatert til boring og frakt av overskuddsmasse. For boring av tunneler er det tradisjonelt snakk om to ulike teknikker; sprengning eller bruk av tunnelboremaskin (TBM). Konvensjonell sprengning er mer vanlig i Norge, mens bruk av TBM er mer utbredt i Europa og antatt å være mer effektiv for lengre og kompliserte strekninger (Jernbaneverket, 2006²⁹). Konvensjonell sprengning vil kunne gi lavere utslipp enn bruk av TBM. For enkelhets skyld har vi antatt bruk av TBM for tunnelene knyttet til høyhastighetsbanen. Boret drives frem av hydrauliske pumper, som avhengig av beliggenhet og kapasitet vil være drevet med elkraft eller dieselmotor. Vi har tatt utgangspunkt i en 3.500 kW Herrenknecht TBM med radius 4,4 meter som ble brukt til boring av jernbanetunnel gjennom Gotthard i Sveits.³⁰ TBM'en var i drift 24 timer i døgnet og boret i gjennomsnitt 12 meter per døgn. Sistnevnte vil i stor grad avhenge av berggrunnen som i dette tilfelle var gneis, granitt og skifer. Skalert opp vil dette innebære et forbruk på nesten 2 TWh, noe som tilsvarer hele 1,6 prosent av Norges gjennomsnittsproduksjon (NVE, 2008). Vi har på denne bakgrunn lagt til grunn at en TBM må driftes ved strøm fra det europeiske markedet (evt. bruk av gass eller dieselmotorer, noe som vil føre til høyere utslipp). Utslipp fra boring er dermed estimert til ca 0,30 millioner tonn CO₂ for strekningen Oslo-Trondheim og ca 0,75 millioner tonn CO₂ for Oslo-Bergen. Dette må antas å være konservativt ettersom vi ikke har inkludert utslipp knyttet til produksjon, montering og transport av TBM, samt materiale til sikring av tunnel (for eksempel ved bruk av betong innsprøytning eller betongelementer).

Uavhengig av boremetode må løsmasser transporteres fra tunnelene selv om en antar at noe av massen kan brukes som underlag eller fylling for linjen. Løsmasser fra tunnelboring kan fraktes ut og vekk ved bruk av biltransport, midlertidig jernbane eller andre hydrauliske eller mekaniske transportsystemer. For enkelhets skyld har vi antatt transport med vogntog som tar 30 tonn på en strekning på 40 km for linjen mellom Oslo og Trondheim og 60 km for linjen mellom Oslo og Bergen. Grunnen til at vi antar ulike gjennomsnittlige avstander er at tunnelene mellom Oslo og Bergen trolig vil være noen noe lengre enn for tunnelene mellom Oslo og Trondheim. En tunnel på 4,4 meter i radius og "svellefaktor" på 1,3³¹ gir dette nesten 80.000 m³ avfallsmasse per kilometer tunnel.

²⁹ http://www.jernbaneverket.no/prosjekter/pagaende/skoyen_asker/lysaker_sandvika/article.jhtml?articleID=1642115

³⁰ Se www.herrenknecht.com

³¹ "Svellefaktor" på 1,3 korrigerer for at tettheten til diverse materialer er lavere i "løs" tilstand enn i "fast", som for eksempel for sand og stein (Strippel, 2001).

Gitt at vogntogene også må kjøre tilbake til anlegget gir dette ca 0,05 million tonn CO₂ for strekningen Oslo-Trondheim og ca. 0,17 million tonn CO₂ for Oslo-Bergen ved frakt av løsmasser.

Bygging av broer

Konstruksjon av broer vil også medføre betydelige utslipp som i stor grad vil avhenge av materialbruken. Som et ledd i sin miljøsertifisering har Skanska Sverige beregnet utslippet for en 770 m lang og 18 meter høy jernbanebro over Ålandsfjärden til om lag 10.000 tonn CO₂ (Skanska, 2008³²). Størsteparten av utslippet er knyttet til produksjon av materialer som stål (ca 70 prosent) og betong (ca 25 prosent). Utslipp fra maskiner og transport utgjør ca 5 prosent. Det er usikkert hvor høye og lange broer som vil være nødvendige for de nye traseene. Dagens trasé mellom Oslo og Trondheim har 390 broer, hvorav 4 er mer enn 150 m lange (Jernbanestatistikk, 2007). Vi kan forvente at dette representerer et minimum av broer som er nødvendige for den nye strekningen. I tillegg må det bygges en rekke over- og underganger ettersom tradisjonelle planoverganger ikke vil være ønskelig av sikkerhetshensyn. Vi antar ca 0,1 million tonn CO₂ i utslipp ved bygging av diverse broer for hver av strekningene.

Andre kilder til utslipp som ikke er inkludert

Vi har ikke inkludert utslipp knyttet til bygging av togsett ettersom vi antar at disse vil erstatte innkjøp av konvensjonelle togsett og fly. Heller ikke utslipp knyttet til bygging av stasjoner er inkludert, ettersom det antas at høyhastighetstogene vil betjene eksisterende stasjoner. Vi har heller ikke inkludert utslipp knyttet til administrasjon av prosjektet, dvs. energibruk i bygninger, ansatte reiser til og fra jobb, flyreiser og annet indirekte utslipp.

Totalt

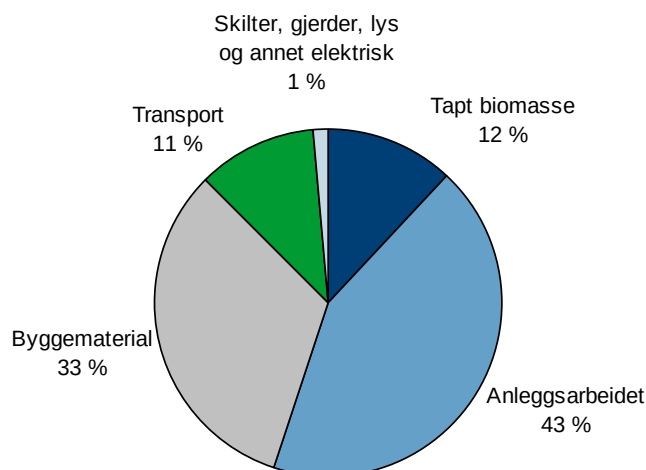
De grove estimatene ovenfor gir et utslipp på ca. 1,1 millioner tonn CO₂ for strekningen Oslo Trondheim og 1,6 millioner tonn CO₂ for strekningen Oslo Bergen. Årsaken til at utslippet er høyere for sistnevnte er et større antall tunneler gitt et mer kupert terreng. Sammenliknet med utslippsreduksjonen på ca 0,08 millioner tonn årlig for hver av strekningene, vil det ta henholdsvis i størrelsesorden 14 og 20 år før høyhastighetsstrekningene faktisk vil gi en netto utslippsreduksjon.³³

Figur 3.5 viser fordelingen av utslipp basert på kilder av gjennomsnittet for de to strekningene.

³² Dette bygger på skriftlig og muntlig kommunikasjon med Hilde Hermundsgård Reine, Miljøsjef Skanska Norge AS.

³³ Diskontering av fremtidige klimaeffekter er ikke foretatt dvs. at vi ikke har vurdering betydningen av utslippsreduksjon i dag (bygging) i forhold til utslippsreduksjoner i fremtiden (drift).

Figur 3.5 *Utslippskilder ved bygging av infrastruktur for høyhastighetsbane*



Kilde: Econ Pöyry

Vi kan sammenligne dette med et av de siste store høyhastighetsprosjektene i Tyskland. En 86 km lang trasé mellom Nürnberg og Ingolstadt ble bygd i 2006 som en del av linjen mellom Nürnberg og München. Ca 1/3 av strekningen er tunnel, 1/3 fylling og 1/3 skjæring, og det er totalt 82 broer (58 for jernbanen og 24 for biltrafikk). Totalt ble det brukt ca 4 millioner m³ betong (Deutsche Bahn, 2008³⁴). Dette alene tilsvarer et utslipp på 5.000 tonn CO₂ per km enkeltspor eller 1,8 millioner tonn CO₂ for hver av de 370 km lange strekningene vi har sett på bare tilknyttet produksjon av betong. Denne sammenlikningen indikerer at våre anslag for utslipp fra byggingen av høyhastighetsbaner er forsiktig anslått.

Schlaupitz (2008) har nylig beregnet energibruk og klimabelasting ved bygging av jernbanens infrastruktur. Basert på deres forutsetninger for en "standardbane" med dobbeltspor estimerer de utslippene per kilometer bane til 4.100 tonn CO₂ ekvivalenter. Utslipp i byggefasen ved etablering av en 460 km ny høyhastighetsbane fra Gardermoen til Trondheim med dobbeltspor, blir dermed i underkant 1,9 mill tonn CO₂ ekvivalenter (Schlaupitz, 2008). Justert ned til en bane med enkeltspor (hvilket anslås gi en reduksjon i utslippet på en fjerdedel) og 370 km (ikke 460 km) ny bane gir dette 1,15 mill CO₂ ekvivalenter. Dette stemmer vel overens med våre anslag på 1,1 millioner tonn CO₂.

3.4 Bygging og drift vil medføre store inngrep i naturen

I Forslag til Nasjonal transportplan (2010-2019) er transportetatens miljøvisjon at "Transport skal ikke gi alvorlig skade på mennesker eller miljø". I tillegg til reduksjon av klimagasser inngår følgende etappemål (NTP Arbeidsdokument 02/2007);

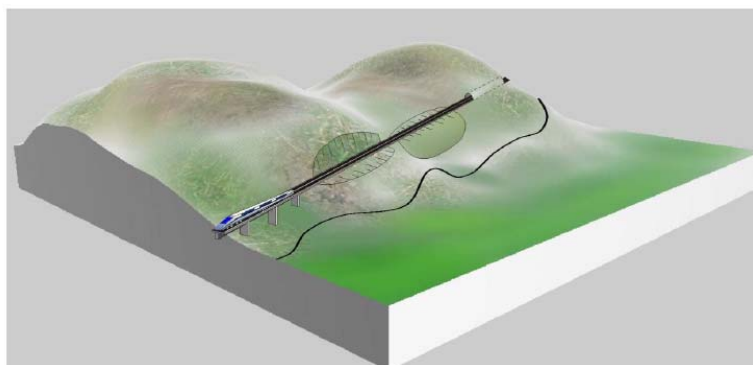
- Unngå inngrep i viktige naturområder og ivareta viktige økologiske funksjoner (M4).
- Begrense inngrep i viktige kulturminner, kulturmiljøer, kulturlandskap og dyrket jord (M5).

³⁴ http://www.db.de/site/shared/de/dateianhaenge/infomaterial/broschuere__strecke__nuernberg__muenchen.pdf (fritt oversatt).

Vurderingene av høyhastighetstog bør derfor også ta hensyn til andre miljøproblemer enn klimagasser. Også Naturvernforbundet argumenterer for at en må tillegge naturinngrep og utslipp knyttet til bygging stor vekt.³⁵ Mulighetsstudien fra VWI viser at høyhastighetsbaner i Norge vil medføre store og irreversible inngrep i naturen, noe som bl.a. kan påvirke det biologiske mangfoldet. Det er forløpig ikke gjort noen miljøkonsekvensanalyse i henhold til norsk lovverk.

Beitnes og Olsson (2007) argumenterer for at det ikke er teknologien ved høyhastighetstog, men utbyggingen som er det kritiske elementet. Som tidligere nevnt må traseen for en høyhastighetsbane ha slake svinger og maksimum 3 prosent stigning, og dette vil ha stor betydning for de løsninger som velges og dermed for naturinngrepene. For eksempel brukes dalbunnen i de fleste dalførene på Østlandet til jordbruk og annen infrastruktur, og i tillegg er det her mye bevaringsverdige landskap. En ny bane kan derfor bli nødt til å ligge i dalsidene eller inne på åsrygger og skogsterreng langs dalene, se figur 3.5. Optimale baner vil kreve mange dype skjæringer, tunneler og høye fyllinger. På Østlandet er det krevende bergforhold for bygging av tunneler grunnet lav overdekning, sårbart grunnvann og muligheter for omfattende forvitring (Sintef, 2007).

Figur 3.6 Mulige terrenginngrep ved høyhastighetsbane



Kilde: Beitnes og Olsson (2007)

På høyfjellet vil høyhastighetslinjer også kunne medføre inngrep i myrterreng, bresjøavsetninger³⁶, verneverdige biotoper og viktige områder for villrein (Beitnes og Olsson, 2007). Traséen må bygges inn eller opp i terrenget for å beskytte mot snødrev (Sintef, 2007). Linjene skal være inngjerdet med krysningsmuligheter for vilt hver 2-5 km mellom Sørli og Trondheim samt Hønefoss og Bergen. Dette er for å hindre skade på mennesker og dyr, men det vil også innebære en barriere for friluftsliv, utmarksbeite og dyreliv. Flere områder langs de foreslåtte traséene er populære hytteområder, og linjer og inngjerdninger kan ha uheldige konsekvenser for disse. Et eksempel på negative konsekvenser er ved Langedrag naturpark, en av de største turistattraksjonene i Numedal og Hallingdal, hvor man er svært negativ til planene om høyhastighetsbane.³⁷ Støy fra tog vil ikke være forenlig med Langedrag sin virksomhet.

³⁵ Lars Haltbrekken, http://www.naturvern.no/data/f/1/11/37/5_2401_0/Spekter_141107.pdf

³⁶ Finkornet materiale, oftest silt, avsatt av breelver i en bredemt sjø.

³⁷ Innlegg i Hallingdølen, 14 Juni, 2008., <http://www.hallingdolen.no/apps/pbcs.dll/article?AID=/20080614/LESARBREV/657615826>

Vestlandsområdet er særlig utfordrende med hensyn til fjell- og fjordkryssninger, noe som vil kreve tunneler og broer. Det er blant annet forslått tunnel gjennom Forollhogna og Folgefonna nasjonalpark, samt Finse biotopverneområde. Folgefonna fikk status som nasjonalpark i 2005 og er med nærmere 550 km² den første nasjonalparken som strekker seg fra fjord til bre. Hallingskarvet nasjonalpark (450 km²) og Finse biotopvernområde (6,7 km²) ble opprettet i 2006 for å sikre landskapet og plante- og dyrearter, og å sikre et viktig trekkområde for villrein på Hardangervidda og i Nordfjella. Samferdselsministeren har utelukket at høyhastighetstog skal kysse Hardangervidda, noe som innebærer at et høyhastighetstog mellom Oslo og Bergen enten må legges i tunnel under Hardangervidda eller i bue rundt.³⁸ Ved å legge store deler av traseene i tunnel forhindres synlige naturinngrep, men bygging og vedlikehold av tunneler er energikrevende og etterlater enorme mengder overskuddsmasse som må transporteres vekk og deponeres.

Strekningen Eidsvoll–Hamar krever store inngrep i Mjøsas strandsone. Naturvernforbundet og Direktoratet for naturforvaltning er kritiske til en videre utbygging av strandsonen ved Mjøsa og argumenterer for at dette strider mot den nasjonale miljøpolitikken om at verdien av strandsonen langs vann og vassdrag skal tillegges stor vekt i den generelle arealforvaltning og i forbindelse med anlegg og utbygginger.³⁹

3.5 Oppsummering

Vi har estimert klimaeffekten ved innføring av høyhastighetstog mellom Oslo og Trondheim og Oslo og Bergen. Som et basisalternativ har vi estimert klimaeffekten fra overført trafikk og generert ny trafikk i tråd med VWIs forutsetninger for hoved- og tilbringertransport til 0,17 millioner tonn CO₂ årlig.

Tabell 3.8 Utslippsreduksjoner under ulike forutsetninger. Avrundet til nærmeste 100 tonn CO₂ per år

	Oslo-Trondheim	Oslo-Bergen	Totalt
Basisalternativ	80.900	90.000	170.900
Alt 1: Fornybar Kraft	82.200	91.600	173.800
Alt 2: Marginal Kraft	66.600	71.300	137.900
Alt 3: All flytrafikk til tog	229.000	269.300	498.300
Alt 4: Teknologiforbedring 2020	64.100	71.300	135.400

Kilde: Econ Pöyry

Følgende forutsetninger er lagt til grunn for de ulike alternativene:

- *Basisalternativet*: Forutsetter at ca. 1/3 av flytrafikken i 2020 mellom byene overføres til tog, at kraftforbruket tilsvarende dagens kraftproduksjonsmikse med ca. 7,7 prosent kraftimport. Reduksjoner fra tilbringertransporten er inkludert.
- *Europeisk kraftproduksjon*: All elektrisk kraft er antatt å være produsert basert på europeisk gjennomsnittlig kraftproduksjon i dag, noe som fører til at utslipp fra

³⁸ Dagsavisen, 02.11.2007.

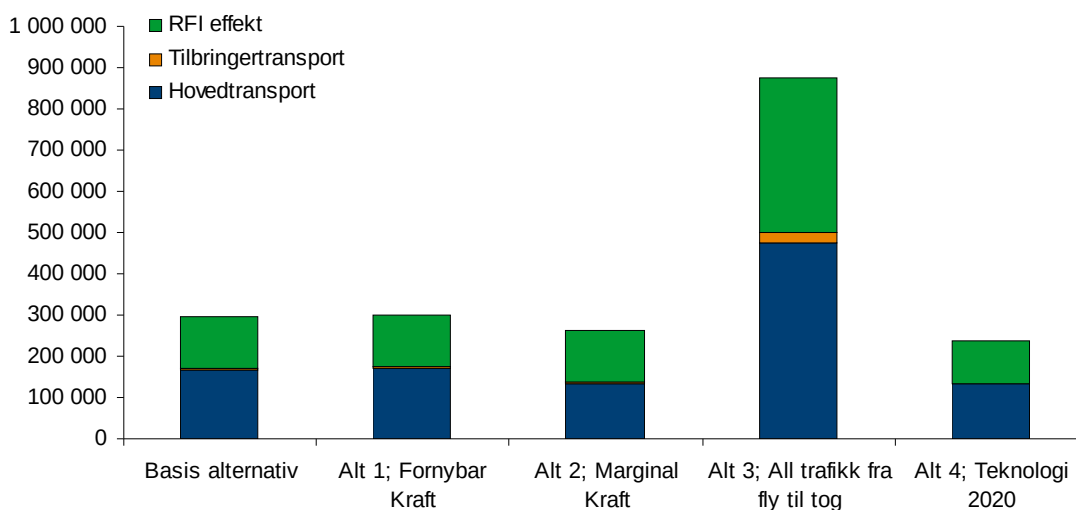
³⁹ Brev til Jernbaneverket og statens vegvesen 22.05.2007, <http://www.dirnat.no/content.ap?thisId=500030905&language=0&print=1> og Lars Haltbrekken, http://www.naturvern.no/data/f/1/11/37/5_2401_0/Spekter_141107.pdf

tog øker. Utslippsreduksjonen blir da ca 20 prosent mindre i forhold til Basisalternativet.

- *All flytrafikk til tog:* Kapasiteten på høyhastighetstoget utvides til å ta all flytrafikk i tillegg til trafikken i Basisalternativet.
- *Teknologiforbedring 2020:* Alle transportformer har forbedret energieffektiviteten med ca 20 prosent i 2020 i forhold til i Basisalternativet.

Som vist i grafen under har vi justert for at den delen av utslippereduksjonen som skjer i høyere luftlag har en klimavirkning på 1,8 ganger CO₂-utslippene alene.

Figur 3.7 Klimaeffekter ved høyhastighetstog. Tonn CO₂ per år, avrundet til nærmeste hele 100 tonn



Kilde: Econ Pöyry

Transport med høyhastighetsbane er i hovedsak mer klimavennlig enn bil, buss og fly. Gitt VWI's forutsetninger om overført trafikk vil dette i basisalternativet medføre reduksjon på ca. 0,17 million tonn CO₂ årlig på de to strekningene inkludert reduksjon knyttet til tilbringertransport. Dette representerer ca. 3 promille av de samlede norske klimagassutslippene i 2007. Utslippsreduksjonen blir noe høyere dersom man inkluderer klimaeffekt ved utslippsreduksjon i høyere luftlag. Da vil den totale utslippsreduksjonen tilsvare ca. 0,3 millioner tonn CO₂.

Men økt forbruk av strøm i Norge til høyhastighetstog medfører økte globale utslipp, gitt at kraften som benyttes har alternativ anvendelse. Med et felles nordeuropeisk kraftmarked, dvs. hvor vi tar hensyn til utslipp ved den europeiske gjennomsnittsproduksjonen, er buss like klimavennlig som høyhastighetstog (alternativet kraft europeisk gjennomsnitt). I en slik situasjon, som etter vår oppfatning er den riktige å legge til grunn dersom man er opptatt av virkningene på de globale utslippene og ikke bare hva som godskrives Norge, er den samlede utslippsreduksjonen redusert til ca. 0,14 mill. tonn CO₂/år.

I beste fall kan høyhastighetstog medføre en direkte utslippsreduksjon på i underkant av 0,5 millioner tonn CO₂/år, eller 0,85 millioner tonn dersom man også tar hensyn til sparte utslipp av klimagasser i høyere luftlag. Dette forutsetter at *all* flytrafikk mellom de relevante strekningene legges ned og passasjerene overføres til toget. I tillegg vil det som følge av færre avganger med tog på eksisterende linjer være muligheter for å over-

føre noe gods fra vei til bane, noe som kan øke utslippsreduksjonen med ytterligere 100.000 – 200.000 tonn CO₂/år.

Dette er statiske beregninger som bygger på ulike forutsetninger om utslipp, markedsandeler og normalbelegg. Det må derfor gjøres oppmerksom på at for eksempel normalbeleggene kan endres etter innføring av høyhastighetstog. For å oppnå den anslåtte klimaeffekten må et eventuelt høyhastighetstog komme som erstatning for utbygging av veier og flyplasser, ikke som et tillegg. Dette innebærer at eksisterende fly- og togavganger må reduseres betraktelig.

Utslippsreduksjonene fra drift med høyhastighetstog gjengitt i tabell 3.8 forutsetter at traséene for toget allerede er bygget. Det er store utslipp knyttet til transport og fremstilling av konstruksjonsmaterialer, samt forbruk av drivstoff for anleggsmaskinene. Basert på våre moderate anslag vil netto utslippsreduksjon ved høyhastighetstog først være positivt om 14-20 år (da har vi ikke tatt hensyn til effekt av utslipp i høyere luftlag). Klimaeffekten ventes å være positiv for strekningen Oslo-Trondheim tidligere enn for Oslo-Bergen grunnet det store antall tunneller på sistnevnte strekning.

Hovedkonklusjonen er at høyhastighetstog kan gi en positiv, men beskjeden klimaeffekt et godt stykke inn i fremtiden. Avgjørende er at høyhastighetstog bygges som et alternativ til fly, bil og buss, ikke som et tillegg, og at kapasiteten bør utnyttes best mulig når den først er bygget. Høyhastighetsbane vil medføre irreversible inngrep i naturen og vil med inngjerding være en barriere for dyre- og friluftsliv langs linjen.

4 Vil høyhastighetstog være konkurransedyktig?

Hvordan skal man få folk til å velge høyhastighetstog framfor fly? Vil høyhastighetstog være konkurransedyktig i seg selv eller vil det trenge endringer i rammevilkårene, for eksempel i form av avgiftsøkninger for fly og/eller subsidier for toget? I dette kapitlet vil vi forsøke å gi noen indikasjoner på i hvilken grad høyhastighetstog vil kunne konkurrere med fly og andre transportmidler, og hvilke endringer i rammebetingelser som eventuelt vil være nødvendig for å få tilstrekkelig mange passasjerer til å velge høyhastighetstog istedenfor fly. Siden vi i Norge ikke har noen erfaring med bruk av høyhastighetstog på så lange strekninger har vi også sett på erfaringer fra andre land, spesielt Sverige, med innføring av høyhastighetstog.

4.1 Gjennomsnittlig reisetid er antakelig viktigste enkeltfaktor

Høyhastighetstog er internasjonalt oftest sett på som substitutt til flytrafikk mens vanlige passasjertog betraktes som substitutt til busstransport (Nelldal, 2007). Høyhastighetstogenes suksess måles derfor oftest i forhold til om de klarer å ta markedsandeler fra fly. All internasjonal erfaring viser at den mest avgjørende faktor for høyhastighetstogenes markedsandel er *gjennomsnittlig reisetid*. Reisetid inkluderer både tid i lufta eller på toget, tiden det tar å sjekke inn, passere sikkerhetssjekk og om bordstigning på fly eller tog. Tiden fra innsjekking til ombordstigning refereres ofte til som terminaltid.

Ett av de komparative fortrinnene for tog sammenliknet med fly er redusert terminaltid, mens flytransport er raskere når man først er i lufta. Å reise med tog er derfor mer effektivt jo kortere turen er. Togets markedsandel vil øke jo kortere avstanden er eller jo hurtigere toget kjører. Når høyhastighetstog har blitt introdusert internasjonalt har den totale reisetiden vært den viktigste forklaringsfaktoren for togets markedsandel, selv om billettpris, rute, avgangshyppighet og komfort også har hatt en viss forklaringskraft.

Vi vil nedenfor se litt på hva som bestemmer reiseetterspørselen generelt, og hvordan et høyhastighetstog kan tenkes å passe inn i dette bildet.

4.2 Hva bestemmer reiseetterspørselen?

Etterspørselen etter persontransport av en spesiell type er særlig avhengig av (Ibenholt, 2001):

- prisen på transport generelt i forhold til pris- og inntektsnivået generelt,
- relative priser mellom ulike transportmidler,
- inntektsnivå og
- omfanget av økonomisk samkvem mellom ulike geografiske områder

Betydningen av de ulike faktorene varierer noe avhengig av om man snakker om ferie- og fritidsreiser eller forretningsreiser. Ferie- og fritidsreiser antas å være mer avhengig av priser og inntekt enn forretningsreiser, mens forretningsreisene er mer avhengig av omfanget av handel og annet økonomisk samkvem mellom land og regioner.

Det er vanlig å anta at etterspørselen etter transport i forbindelse med arbeid vil endre seg lite som følge av en prisendring, mens etterspørselen etter transport i forbindelse med ferie- og fritid vil endre seg relativt sett mer. Lav prisfølsomhet for forretningsreiser henger sammen med at utgifter i forbindelse med arbeidsreiser ofte ikke dekkes av den reisende selv, men av arbeidsgiveren.

4.3 Priselasititeter

En eventuell introduksjon av høyhastighetstog vil kunne ta trafikk fra fly, buss, eksisterende togruter, privatbiler og også generere ny trafikk. Virkningene av en så stor endring i tilbudet er vanskelig å analysere, fordi en ikke har erfaring med noe liknende i Norge. Analyser av tilbud og etterspørsel etter transport ser vanligvis på marginale endringer i priser og liknende, noe som vil være til begrenset hjelp for å forstå hva som vil skje som følge av en eventuell introduksjon av høyhastighetstog. Det kan uansett være av interesse å se på prisfølsomheten til de ulike transportformene som grunnlag for noen betraktninger omkring høyhastighetstogets konkurranseposisjon. Fokus vil være på prisfølsomheten i forhold til flyreiser, siden det er i forhold til disse at høyhastighets-toget i første rekke vil konkurrere. Framstillingen bygger i stor grad på Ibenholt (2001).

4.3.1 Direkte priselasititeter

Betydningen av endringer i priser for etterspørselen etter reiselivstjenester måles gjerne i form av priselasititeter. En elastisitet sier noe om hvor følsom en størrelse, for eksempel etterspørselen etter et gitt gode, er overfor endringer i de faktorer som forklarer størrelsen. For etterspørselen etter et gode er dette typisk prisen på det aktuelle godet, prisen på alle andre goder og inntekten. Priselasititeter kan enten være såkalt egne elastisiteter, som sier hvor mange prosent etterspørselen endrer seg hvis prisen på godet øker med en prosent, eller krysspriselasititeter som sier noe om avhengigheten i forhold til prisen på andre varer og tjenester.

Det er ofte viktig å skille mellom kortsiktige og langsiktige elastisiteter. På lengre sikt er mulighetene for å tilpasse seg endrede priser større, derfor er langsiktige elastisiteter oftest høyere (i absolutte tall) enn kortsiktige.

Priselasitetene for de ulike transportmidlene bil, buss, fly, tog og båt spriker litt mellom ulike studier, og det er følgelig vanskelig å trekke noen klare konklusjoner. Et forsøk på å rangere transportmidlene etter hvor prisfølsomme de er resulterer i at bil er minst prisfølsom, deretter buss og tog, og sist fly og båt som de mest prisfølsomme transportmåtene. Men unntak av flyreiser er forbrukerne mer prisfølsomme overfor lange reiser enn korte. De korte reisene inkluderer daglige reiser til og fra arbeid, og disse reisene kan man ikke like enkelt substituere bort. At korte flyreiser er mer prisfølsomme enn lange kan forklares med at substituttene er bedre på korte strekninger, mens man på lange strekninger oftest ikke har så mange alternative transportmåter å velge blant.

Rimelige intervaller for priselasititeter fordelt på noen transportformer fremkommer av Tabell 4.1.

Tabell 4.1 *Intervaller for priselastisiteter for ulike transportmidler*

Transportmåte	Intervall
Buss fjerntransport	-0,20 til – 0,75
Tog fjerntransport	-0,35 til – 1,50
Fly innenriks	-1,25 til – 3,00

Kilde: Ibenholt (2001), ECON (2003)

En rekke studier viser at jernbanereiser, i det minste på lang sikt, er forholdsvis følsomme for prisendringer. Carlsson (1999) finner priselastisiteter for innenriksreiser i Sverige med Intercity og X2000-tog på mellom -0,64 og -1,57. Det er for øvrig et generelt trekk at etterspørselen etter jernbanereiser er klart mindre elastisk enn etterspørselen etter flyreiser.

Jansson m.fl. (1990) viser at den totale etterspørselen etter togreiser i Sverige er på -1,04. Togtransporten deles videre opp etter hvorvidt det er mulig å fly tilsvarende strekning og etter hvor lang strekningen er. Som forventet viser det seg at strekninger med flykonkurranse har en mer elastisk etterspørsel enn strekninger uten slik konkurranse. Videre blir etterspørselen mer elastisk jo lenger strekningen er, noe som blant annet kan forklares med at andelen strekninger med flykonkurranse øker med lengden på strekningen.

TØI (1999) har estimert strekningsvise priselastisiteter for innenriks flyreiser i Norge. Strekningen Oslo-Trondheim har her en elastisitet på -0,61, mens Oslo-Bergen har en elastisitet på -0,56.

4.3.2 Krysspriselastisiteter

Kostnadene ved å benytte andre transportmidler kan være viktige for etterspørselen etter et gitt transportmiddel, i tillegg til kostnadene knyttet til transportmidlet direkte. For eksempel vil en partiell økning i prisen på flyreiser gjør flytransport relativt sett mer kostbart i forhold til annen transport, og annen transport blir mer attraktiv. Virkningen på etterspørselen av en partiell økning i prisen på et transportmiddel er delvis et resultat av at inntekten faller reelt sett (inntektseffekten), og delvis et resultat av at reiser med dette transportmidlet blir dyrere i forhold til annet forbruk (substitusjonseffekten), spesielt annen transport. Hvis kostnaden ved alle persontransporttjenester øker like mye relativt sett, endres ikke det relative prisforholdet mellom transporttjenestene. Det foreligger da ingen incentiver til å substituere mellom forskjellige transportmidler.

Tabell 4.2 *Krysspriselastisiteter ved 1 prosent endring av billettprisene for alternative transportmidler*

Prosentvis endring i etterspørselen etter	Endring i billettprisen for		
	Fly	Buss	Tog
Fly innenriks	-1,25 - -3,00	0,005 – 0,012	0,011 – 0,037
Buss fjerntransport	0,05 – 0,22	-0,20 - -0,72	0,012 – 0,24
Tog fjerntransport	0,05 – 0,41	0,007-0,24	-0,35 – -1,50

Kilde: ECON (2003)

Tabellen viser at konkurranseflatene mellom transportmidlene er begrenset. Et unntak er imidlertid prisen på flyreiser, hvor krysspriselastisitetene er relativt høye for samtlige

alternative transportmidler. Dette kan eventuelt forklares med at flyreiser er å betrakte som luksusvarer, hvilket også bekreftes av at flyreiser har de, i absolutte tall, høyeste verdiene for egen priselastisitet. Samtidig går flyreiser stort sett mellom større byer hvor det gjerne finnes alternative transportmiddel, dvs. at det, i hvert fall for mellomlange distanser, finnes gode substitusjonsmuligheter. Krysspriselastisitetene er forventningsmessig atskillig lavere i markedet for forretningsreiser enn i markedet for ferie- og fritidsreiser.

4.4 Pris- og avgiftsnivået på fly-, bil- og togreiser

Hvorvidt høyhastighetstog vil kunne konkurrere prismessig med fly vil i stor grad avhenge av billettprisene toget kan tilby i forhold til billettprisene på alternative reise-måter på samme strekning. Nedenfor følger en gjennomgang av pris-, avgifts- og kostnadsstruktur for fly og jernbane, med hovedfokus på flyreiser. Bakgrunnen for denne gjennomgangen er å synliggjøre forskjellene på hvordan infrastrukturen for de ulike transportformene finansieres, for blant annet å kunne vurdere billettpriser og konkurransedyktigheten for et høyhastighetstog i forhold til andre transportformer.

4.4.1 Flyreisende fullfinansierer luftfartssektoren

SSBs konsumprisindeks viser at billettprisene på flyreiser innenlands økte fram til utgangen av 2001. Økningen fra 2000 til 2001 var på hele 20 prosent, noe som antas å skyldes bl.a. at passasjeravgiften ble utvidet. Fra 2002 ble billettprisene redusert med ca. 23 prosent fram til utgangen av 2004. Deretter økte de med ca. 15 prosent til utgangen av 2007. Reduksjonen skyldes bl.a. at Norwegian Air Shuttle åpnet en rekke nye innenlandsruter i 2002, passasjeravgiften ble avskaffet og det ble innført forbud mot å opptjene bonuspoeng innenlands.

TØI (2006) viser at gjennomsnittlig billettpris på strekningen Oslo-Trondheim og Oslo-Bergen i 2005 var henholdsvis kr. 1.597 og kr. 1.662. Dette var en nedgang på henholdsvis 2 og 5 prosent fra 2003. Dersom vi antar at prisen på disse rutene har steget like mye som det generelle prisnivået for innenlands flytrafikk siden 2005 skulle prisnivået for billettene på disse strekningene ligge på ca. kr. 1.677 for Oslo-Trondheim og kr. 1.745 for Oslo-Bergen ved utgangen av 2007. Det understrekes imidlertid at prisnivået varierer betydelig over døgnet og uken, samt i hvilken grad billetten gir fleksibilitet til å endre tidspunkt for avgang m.v. Både SAS Braathens og Norwegian opererer ruter på disse destinasjonene, og Norwegian har gradvis bygget opp kapasiteten siden 2003. TØI (2006) viser til at det er en viss prisforskjell mellom selskapene, særlig i forretningsmarkedet. Prisenivået har sunket bl.a. fordi Norwegian med sine lavere priser nå står for en større del av trafikken enn tidligere. Reiser betalt av arbeidsgiver utgjorde i 2005 knapt halvparten av alle flyreiser innenlands i Norge ifølge TØI (2006).

Luftfartens infrastruktur er i dag i all hovedsak fullfinansiert gjennom brukerbetaling. Innenlandske flygninger ilegges startavgift, passasjeravgift, underveisavgift og sikkerhetsavgift og avisingsavgift for å dekke drift og investeringer i sektoren. Det betales høyere startavgift på natten. I tillegg betales 25 prosent merverdiavgift.

Innenlands luftfart betaler i 2008 en CO₂-avgift på 0,65 kr/liter drivstoff, noen som tilsvarer 255 kr/tonn CO₂. Dette er høyere enn den generelle innenlandske CO₂-avgifts-satsen for mineralolje på 0,55 kr/liter.

Foruten klimaeffektene bidrar flytrafikken til eksterne kostnader knyttet til lokale skader som følge av lokale utslipp av NO_x, VOC, partikler og SO₂, støy, ulykker og slitasje på rullebaner, se Tabell 4.3.

Tabell 4.3 Eksterne marginale kostnader for fly. 2007-kroner per flykilometer.

Totale klimaeffekter/ indirekte effekter	Lokale utslipp	Støy	Ulykker	Slitasje	Sum
6,3/2,8	0,9	3,9	0,3	3,8	11,7

Kilde: ECON (2003)

De direkte klimaeffektene kan antas å være internalisert gjennom CO₂-avgiften på drivstoff, som ligger litt i overkant av forventet, langsiktig kvotepris på rundt 30 euro/tonn CO₂ (ca. 240 kr/tonn CO₂) i EUs kvotehandelssystem. Som nevnt i kapittel 3 har fly andre klimaeffekter i tillegg til de direkte utslippene av CO₂. Hvor store disse effektene er, er usikkert, men de er tidligere anslått til å være 80 prosent av de direkte CO₂-effektene. Sistnevnte anslag (kr. 2,8) er lagt inn i Tabell 4.3 sammen med de totale klimaeffektene.

NO_x-utslippene er verdsatt ut fra kostnadene ved å oppfylle Göteborg-protokollens krav til utslippsreduksjoner i Norge. Alle utslipp og støy er forutsatt å skje i spredtbygde strøk og er følgelig verdsatt i henhold til dette. Støyplager er verdsatt på basis av tidligere betalingsvillighetsundersøkelser for reduserte støyplager, og kan være noe høyt verdsatt for strekningene Oslo-Trondheim og Oslo-Bergen. Slitasjekostnadene er i følge ECON (2003) relativt høye sammenliknet med øvrige transportformer, og kan allerede helt eller delvis være internaliserte gjennom gebyrene som luftfarten betaler.

Til tross for høye anslag og muligheter for at enkelte faktorer helt eller delvis allerede er internaliserte, legger vi til grunn at flytrafikken bør belastes med et tillegg på kr. 11,7 per flykm for å dekke de eksterne kostnadene forbundet med aktiviteten. Dette gir et tillegg i billettprisen på ca. 63 kr for strekningene Oslo-Trondheim når vi regner med et snitt på 66 passasjerer per flygning og 360 km flydistanse.

4.4.2 Togreisende betaler en svært liten del av infrastrukturkostnadene

Jernbanes infrastruktur er i all hovedsak finansiert over statsbudsjettet. For bruk av jernbanen betales det en kjøreveisavgift for godstransport. For Gardermobanen heves det egne kjøreveisavgifter.

Togdriften finansieres gjennom billettinntekter og offentlig kjøp av tjenester. Samferdselsdepartementet og NSB AS (inkludert datterselskapet NSB Gjøvikbanen AS) har inngått avtale om offentlig kjøp av persontrafikkjenester for å sikre et togtilbud på strekninger som ikke er kommersielt lønnsomme.

Persontransport med tog medfører eksterne effekter som ikke er inkludert i operatørenes kostnader. I den grad driften medfører bruk av elkraft produsert fra fossile kilder medfører driften utslipp av klimagasser. Kostnadene forbundet med disse utslippene kan sies å være internaliserte gjennom EUs kvotehandelssystem (EU ETS). For øvrig medfører persontog støy, ulykkeskostnader og slitasje på banen. Tabell 4.4 viser at sistnevnte står for mesteparten av de eksterne kostnadene, fulgt av ulykkeskostnadene.

Tabell 4.4 *Eksterne marginale kostnader for elektriske persontog. 2007-kroner pr. togkilometer*

Støy	Ulykker	Slitasje	Sum
1,5	6,6	11	19,1

Kilde: ECON (2003)

For strekningen Oslo-Trondheim vil dette utgjøre ca. 8.860 kr/tur. Med et anslått passasjerantall på 223 personer per tur for et høyhastighetstog (5.350 passasjerer/dag, 24 avganger), gir dette en kostnad på ca. 40 kroner/passasjer.

Sammenliknet med de eksterne kostnadene for flytransport ser vi at de eksterne kostnadene per kilometer for persontransport med jernbane er en god del høyere. Kostnaden pr passasjer blir imidlertid lavere ettersom toget kan ta flere passasjerer pr. tur. Dersom en tar i betraktning at en del av de anslått eksterne kostnadene for flytransport knyttet til støy og slitasje allerede kan være belastet flyselskapene blir forskjellene mellom transportformene enda større.

4.4.3 Veitrafikken betaler deler av infrastrukturkostnadene

Bygging og drift av riksveier finansieres hovedsakelig over statsbudsjettet. Bompenger bidrar ifølge ECON (2004) med om lag en femtedel av de samlede bevilgningene til utbygging, drift og vedlikehold av riksveinettet. Halvparten av bompengeordningene er med og finansierer bro- eller tunnelløsninger som erstatter fergesamband.

Privatbilistene betaler sine kostnader ved å eie og bruke bil fullt ut. Buss-selskapene dekker kostnadene fullt ut gjennom billettprisene (gjelder bl.a. ekspressruter på langdistanser) eller får dekket deler av kostnadene gjennom avtaler med det offentlige (gjelder hovedsakelig lokalruter).

Veitrafikken medfører en rekke eksterne kostnader som vist i Tabell 4.5. Ifølge ECON (2003) er disse kostnadene internalisert for personbiler gjennom de bruksavhengige avgiftene disse betaler, mens avgiftene for busstransport er litt lavere enn de eksterne kostnadene.

Tabell 4.5 *Eksterne marginale kostnader ved veitransport. 2007-kroner per kjøretøykm*

	Klimagasser	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	Sum
Personbiler							
-Bensin	0,05	0,02	0,08	0,09	0,18	<0,01	0,43
-Diesel	0,05	0,05	0,08	0,09	0,18	<0,01	0,46
Buss	0,16	0,48	0,51	0,13	0,53	0,32	2,13

Kilde: ECON (2003)

4.4.4 Ulike rammebetingelser kan være optimalt

Brukerbetaling og andre avgifter som gir en pris som er forskjellig fra grensekostnaden ved å produsere et produkt kan gi opphav til et samfunnsøkonomisk tap. Et unntak fra denne regelen er hvis det forekommer eksterne effekter. Brukerne bør i så fall betale avgifter slik at de internaliserer den negative eksterne effekten de har på andre brukere eller samfunnet for øvrig.

ECON (2003) viser til at i noen grad kan forskjellen i finansieringsmåte mellom transportsektorene forklares med forskjeller i marginalkostnader. Selv i perioder og områder med ledig kapasitet koster det noe å la ett ekstra fly ta av eller lande på en flyplass, mens det er tilnærmet kostnadsfritt å la en ekstra bil benytte en veistrekning. Prising etter marginalkostnadsprinsippet tilsier at flyselskapet som benytter flyplassen bør pålegges en betaling, mens veibrukeren ikke bør avkreves betaling. Jernbanen (og havnene) befinner seg trolig i en mellomstilling – det er ikke helt kostnadsfritt å la et tog benytte en jernbanestrekning, men neppe så dyrt som å ta imot eller sende av gårde et fly. Forskjellen i andelen brukerfinansiering mellom de ulike transportformene kan altså til en viss grad forklares ved at marginalkostnadene er forskjellige.

Selv med et felles sett av prinsipper for finansiering av infrastruktur følger det ikke at avgiftsnivået eller graden av brukerfinansiering skal være likt i alle sektorer. Effektivitet og verdiskaping må dessuten veies opp mot ulike fordelingspolitiske mål og sektorpolitiske hensyn.

I NTP 2006-2015 pekes det på at optimale rammebetingelser ikke nødvendigvis innebærer like rammebetingelser. Rammebetingelsene må utformes etter et felles sett av prinsipper som sikrer en samfunnsmessig rasjonell tilpasning. Hva som er rasjonelt avhenger blant annet av kostnadsstrukturen i den enkelte transportsektoren, relativ finansieringskostnad ved skatte- kontra brukerfinansiering og ikke minst om avgiftspolitikken i en transportsektor primært er rettet inn mot å skaffe staten inntekter (fiskale avgifter) eller ikke.

I ECON (2004) vises det til at ulikt omfang av brukerbetaling mellom transportsektorene kan være problemfylt dersom det eksisterer betydelige konkurranseflater mellom transportformene – altså at transportformene konkurrerer om de samme transportene. Da vil prisvridninger som ikke reflekterer forskjeller i samfunnsøkonomiske kostnader gi opphav til markedsløsninger som ikke er optimale. De fleste analyser konkluderer imidlertid med at konkurranseflatene mellom transportformene hittil har vært relativt beskjedne.

4.5 Høyhastighetstoget vil kunne konkurrere tids- og prismessig med andre transportmidler

Toget vil konkurrere tidsmessig

Internasjonale erfaringer viser at gjennomsnittlig reisetid er viktigste konkurranseparameter for høyhastighetstog i forhold til fly, og viktigere enn blant annet pris. Ut fra dette må et høyhastighetstog kunne konkurrere tidsmessig med fly på strekningen Oslo-Trondheim og Oslo-Bergen for å oppnå en betydelig markedsandel. Med en reisetid på i underkant av 3 timer bør dette være mulig når en tar i betraktning reisetid til og fra flyplassene i disse byene som til dels ligger langt utenfor bykjernen. Også transitttrafikk fra Bergen og Trondheim inn til Gardermoen av passasjerer som skal videre derfra med andre fly kan tenkes å benytte høyhastighetstoget når det stopper på Gardermoen. Dette er imidlertid langt mer usikkert ettersom denne type flyreiser ofte prises svært gunstig samlet sett, slik at merkostnadene for strekningen Trondheim-Oslo med fly kan bli svært lave. Den største utfordringen vil kunne bli å sikre stabilitet i tilbudet året rundt, og unngå stans og store forsinkelser som følge av ekstreme værforhold.

Erfaringene fra utlandet viser imidlertid at et høyhastighetstog må forvente sterk konkurranse fra flyselskapene, spesielt lavprisselskapene. For å lykkes er man sannsynligvis avhengig av å kapre en betydelig andel forretningsreisende, som må finne dette alternativet mer attraktivt samlet sett enn å reise med fly. En avgangsfrekvens som kan konkurrere med fly, spesielt i "rushtidene" morgen og ettermiddag, vil i denne sammenheng være viktig. 24 avganger per døgn begge veier for toget mot 30-40 avganger med fly kan gi en konkurransemessig ulempe, men timesavganger i rushtiden kan muligens gjøre toget attraktivt nok for forretningsreisende.

Toget vil også kunne konkurrere på pris

Foruten reisetid er billettprisen sannsynligvis den viktigste enkeltparameteren for å avgjøre høyhastighetstogets konkurranseposisjon i forhold til fly. En viktig forutsetning for at et høyhastighetstog skal kunne konkurrere med eksisterende flyruter og ta passasjerer fra disse er sannsynligvis at billettprisene for toget ikke er særlig høyere enn billettprisene for tilsvarende flystrekning. Dersom toget skal kunne ta passasjerer fra buss og privatbil vil antakelig billettpris spille en større rolle i forhold til prisene og kostnadene ved disse transportmidlene. Pga små konkurranseflater i forhold til andre transportmidler må antakelig billettprisen på et høyhastighetstog være en god del lavere enn kostnadene for reiser med privatbil, og antakelig ikke svært mye høyere enn billettprisen for buss.

Med utgangspunkt i dagens system for finansiering og drift av jernbanen kan vi som en illustrasjon se på hva billettprisen for høyhastighetstoget vil bli dersom den skal dekke de forventede kostnadene til innkjøp av togmateriell og drift av banen. Ifølge VWI (2006) er årlige driftskostnader for en høyhastighetsbane anslått til 108 mill. kr. Investeringene i selve togsettene er anslått til 1.344 mill.kr. Med utgangspunkt i anbefalingene i Jernbaneverket (2006) legger vi til grunn en kalkulasjonsrente på 4,5 prosent og antar 25 års avskrivningstid på togene. Dette gir en årlig kostnad på 103 mill. kr. Årlige kostnader knyttet til kjøp og drift av togene blir da ca. 210 mill.kr. Til sammenlikning pekes det i Werner Johansen (2007) på at dagens kostnader til å drive dagtogene på Dovrebanen kan anslås til 170 mill. kr. per år, inkl. avskrivninger på togene.

Fordelt på det anslåtte passasjertallet per år på ca. 1,9 millioner gir VWIs anslag en kostnad per passasjer på ca. 110 kroner per tur. Selv med et påslag på 40 kr. for eksterne kostnader er dette svært konkurransedyktig med fly, og det bør også være relativt konkurransedyktig med bil og buss. Bussbillettprisene på strekningen Oslo-Trondheim ligger i dag i følge våre undersøkelser på rundt 400 kr per tur. Billettprisene på kortere strekninger, hvor høyhastighetstoget er forventet å hente en del passasjerer, vil ligge lavere enn dette.

Kostnadene ved bruk av privatbil på strekningen Oslo–Trondheim ligger på rundt 1.660 kr. dersom en legger Statens satser til grunn (kr. 3,5/km). Drivstoffutgiftene vil alene beløpe seg til ca. 550 kr/tur dersom man legger til grunn en literpris på 14 kr og et forbruk på 0,8 liter/mil. Kostnadene per person blir imidlertid betydelig lavere jo flere passasjerer som transporteres. Privatbilen har dessuten en fleksibilitet i å transportere folk fra dør til dør som ingen av de andre transportmidlene har.

VWI (2006) anslår billettinntektene for høyhastighetstoget for strekningen Oslo-Trondheim til 519 mill. kr. per år, noe som gir en billettpris på ca. 265 kr per reise. Det

oppgis at dette er i samme størrelsesorden som NSBs gjennomsnittspris for strekningen i dag.

Også om toget bare oppnår halvparten av det anslåtte passasjergrunnlaget (221 kr/tur) eller om driftskostnadene skulle bli en god del høyere burde det være konkurranse-dyktig. Kortere avskrivningstid på togene (for eksempel ned til 10 år) endrer ikke denne konklusjonen.

Hele investeringen i ny infrastruktur er anslått til å koste ca. 57,9 mrd kr. Dersom en også legger til grunn at passasjerene skal betale for investeringen i infrastruktur blir den årlige kostnaden for dette i størrelsesorden 2,9 mrd kr dersom en legger til grunn 30-100 års nedskrivningstid i tråd med VWIs anslag og 4,5 prosent realrente i tråd med Jernbaneverket (2006). Dette gir en kostnad per passasjer på ca. 1.500 kr. per tur. Dette er omtrent på nivå med dagens anslåtte gjennomsnittlige billettpris for fly på strekningen Oslo-Trondheim. Dersom bare halvparten av passasjergrunnlaget oppnås vil kostnadene bli ca. 3.000 kr per passasjer.

Svært høy overgang av passasjerer fra fly til tog kan bli vanskelig

Disse relativt grove anslagene indikerer at passasjerene vil kunne betale de løpende driftskostnadene knyttet til høyhastighetsbanen og kanskje litt av de faste kostnadene knyttet til investeringer i infrastrukturen og likevel kunne konkurrere med alternative transportmidler. Med en billettpris på i størrelsesorden 100–400 kr i gjennomsnitt vil høyhastighetstog kunne oppnå det forutsatte trafikkgrunnlaget og samtidig dekke sine løpende kostnader knyttet til drift og avskrivning av transportmateriellet.

Det vil imidlertid kunne bli krevende for et høyhastighetstog å trekke til seg en betydelig større andel av de passasjerene som i dag reiser med fly mellom byene enn hva som er forutsatt i VWIs utredninger. Myndighetene har imidlertid i utgangspunktet virkemidler i form av avgifter eller kvoter for antall flyavganger som kan benyttes for å presse passasjerer over på toget. Dersom man skal oppnå opp mot 80-100 prosent overgang til toget må man høyst sannsynlig innføre en svært høy avgift på flydrivstoff eller lignende på disse strekningene regulere antall avganger direkte. Å innføre svært sterke virkemidler overfor flytrafikken på disse strekningene sammenliknet med andre strekninger vil framstå som vanskelig å forstå ut fra en vurdering av klimapolitiske virkemidler. Dessuten vil en slik åpenbar forskjellsbehandling av toget i forhold til flytrafikken på disse strekningene kunne komme i konflikt med EØS-avtalen.

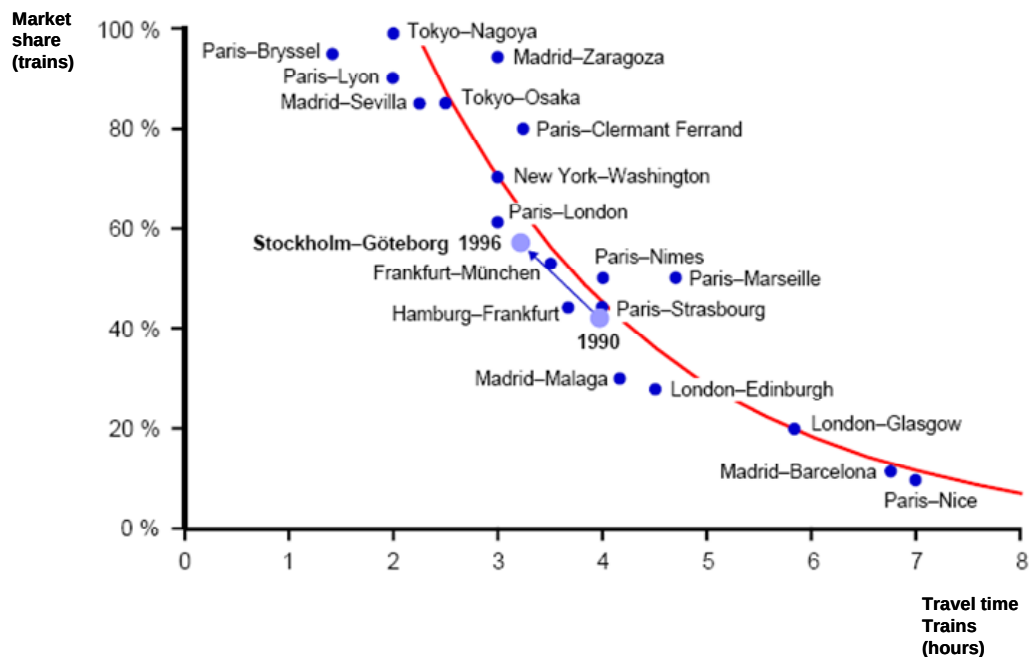
4.6 Erfaringer fra andre land

4.6.1 Gjennomsnittlig reisetid er viktigste konkurranseparameter

Verdens første høyhastighetstog ble åpnet mellom Tokyo og Osaka i 1964. Siden den tid er høyhastighetstog blitt bygget en rekke steder i verden. Den første høyhastighetslinjen i Europa ble åpnet for trafikk i 1981 mellom Paris og Lyon, og det europeiske høyhastighetsnettet har vært i kontinuerlig utvikling siden. I dag er det ca. 5.550 km med høyhastighetslinjer i Europa i land som Frankrike, Tyskland, Italia og Spania. Ytterligere 3.500 km er under bygging og 8.500 km er planlagt innen 2025 (Banverket, 2008).

Som tidligere nevnt viser all internasjonal erfaring at den mest avgjørende faktor for høyhastighetstogenes markedsandel er *gjennomsnittlig reisetid*, se også Figur 4.1.

Figur 4.1 Forholdet mellom reisetid og markedsandel tog/fly



Kilde: Nelldal (2007)

Figuren viser forholdet mellom reisetid og høyhastighetstogets markedsandel i forhold til fly på noen utvalgte internasjonale ruter. Den viser at toget kan nå rundt 50 prosent markedsandel når reisetiden er rundt 3,5 timer og opp mot 100 prosent når reisetiden er 2 timer eller mindre. Dette skyldes den lange terminaltiden på flyplassene, som ofte er på mer enn 2 timer. De eneste gjenværende flyrutene på de korteste strekningene som har fått konkurranse fra høyhastighetstog er ofte transittruter til trafikk-knutepunkt (såkalte "hubs"). I situasjoner hvor passasjerene skal videre med andre fly kan flytransport fremdeles være å foretrekke hvis det ikke er korresponderende tog til flyplassen. Strukturen på de regionale kommunikasjonene er derfor også av betydning.

Da det svenske høyhastighetstoget X2000 ble introdusert mellom Stockholm og Göteborg i 1990, ser vi av Figur 4.1 at togets markedsandel økte med 15 prosentpoeng fra 1990 til 1996 (fra 42 til 57 prosent). Dette skyldes at reisetiden med tog mellom byene ble redusert fra 4 til 3 timer. Vi har nedenfor valgt å se litt nærmere på erfaringene med utbygging av høyhastighetsbaner i Sverige, som antas å være det av landene med høyhastighetsbaner som er mest likt Norge.

4.6.2 Svenske høyhastighetstog har tatt betydelige markedsandeler

Siden den første ruten med høyhastighetstog mellom Stockholm og Göteborg ble introdusert i 1990 er en rekke høyhastighetsruter innført gjennom X2000-programmet. X2000-togene har en hastighet på 200 km/time og er dermed ikke like hurtig som andre europeiske høyhastighetstog som ofte har en hastighet på mer enn 300 km/time. Dagens tilbud og reisetider fremkommer av Tabell 4.6.

Tabell 4.6 X2000-ruter og reisetider

Rute	Stockholm-Göteborg	Stockholm-Sundsvall	Malmö-Göteborg	Malmö-Stockholm	Stockholm-Karlstad	Stockholm-Östersund
Reisetid	2t 45 min	3t 16 min	2 t 45 min	4 t 9 min	2 t 12 min	4 t 50 min

Kilde: SJ (2007)

Introduksjonen av høyhastighetstog mellom Stockholm og Göteborg i 1990 betød at fly og tog ble omtrent like hurtige mellom disse byene. Det eksisterende intercity-toget mellom byene hadde mistet markedsandeler til flyet siden tidlig på 1980-tallet, og høyhastighetstoget tok markedsandeler både fra fly og intercity-toget. Økningen i markedsandelen utover på 1990-tallet hadde nok også sammenheng med krisen innen luftfarten som følge av 11/9-angrepet i USA, økte drivstoffpriser og innføringen av merverdiavgift på transport.

Åpningen for større trafikk og introduksjonen av nye ruter fra Bromma flyplass i 1994, som ligger nærmere Stockholm enn Arlanda, bidro til å bremse veksten i togtrafikken noe. Økt konkurranse fra lavpris-flyselskapene som etablerte seg i Sverige i 2002-2003 bidro også til pressede priser og stagnasjon i togtrafikken. Dette førte bl.a. til at Statens Järnvägar (SJ) introduserte et nytt lavpris-system kalt "just nu" der billettprisen øker jo nærmere avgang en kommer. Dette har bidratt noe til å øke togets markedsandel de senere årene.

Innenriks flytrafikk i Sverige er redusert med 21 prosent mellom 1990 og 2006, og antall flyplasser innenfor en avstand på 400 km fra Stockholm er redusert dramatisk. I stedet dominerer nå høyhastighetstog tilførselen til Arlanda innenfor dette området.

Da SJ introduserte X2000 i 1990 introduserte de samtidig et helt nytt forretningskonsept. Dette inkluderte organisatoriske endringer og et nytt servicekonsept rettet inn mot forretningsreisende mellom Stockholm og Göteborg. Dette omfattet bl.a. flere måltider, telefontilgang, komfortable seter og differensiert prising. Senere har Internett-tilgang og mobil-frie (stille) soner kommet til. Avgangshyppigheten på togene har økt over tid, og de ovennevnte strekningen er blitt utbygd for høyhastighetstog i takt med at avgangene med ordinære tog er trappet ned.

4.7 Oppsummering

Forholdsvis grove beregninger basert på anslag for kostnadene ved drift av et høyhastighetstog på strekningen Oslo-Trondheim indikerer at et slikt tog vil kunne konkurrere prismessig med dagens gjennomsnittspriser for alternative transportmidler. Selv om disse kostnadene er usikre og kan være anslått for lavt, og anslagene for høyhastighetstogets markedsandel kan være for optimistisk anslått, er det likevel grunn til å anta at toget vil kunne konkurrere med flytrafikken og likevel dekke de variable kostnadene. Dersom råoljeprisene holder seg på dagens nivå eller til og med øker vil høyhastighetstogets konkurranseposisjon forbedres.

Det kan være noe mer usikkert i hvilken grad høyhastighetstoget vil kunne konkurrere med buss og privatbil, som det er forutsatt at høyhastighetstoget også skal ta trafikk fra. Kostnadene ved disse transportmidlene er relativt lave, men dersom toget ikke blir belastet noen kostnader ved infrastrukturen burde det være mulig å konkurrere pris-

messig og oppnå overføring av de nødvendige antall reisende. Vi antar at det vil være mulig å drive en viss form for prisdiskriminering mellom ulike kategorier reisende (forretning/privat) på ulike strekninger slik at både det forutsatte antall reisende og inntektsgrunnlag kan sikres.

Med en reisetid på i underkant av 3 timer bør høyhastighetstoget være konkurranse-dyktig med fly når en tar i betraktning reisetid til og fra flyplassene i disse byene som til dels ligger langt utenfor bykjernen. Også transitt-trafikk fra Bergen og Trondheim inn til Gardermoen av passasjerer som skal videre derfra med andre fly kan tenkes å benytte høyhastighetstoget når det stopper på Gardermoen.

Erfaringene fra utlandet viser imidlertid at et høyhastighetstog må forvente sterk konkurranse fra flyselskapene, spesielt lavprisselskapene. For å lykkes er man sannsynligvis avhengig av å kapre en betydelig andel forretningsreisende, som må finne dette alternativet mer attraktivt samlet sett enn å reise med fly. En avgangsfrekvens som kan konkurrere med fly, spesielt i "rushtidene" morgen og ettermiddag, vil i denne sammenheng være viktig. 24 avganger per døgn begge veier for toget mot 30-40 avganger med fly kan gi en konkurransemessig ulempe, men timesavganger i rushtiden kan muligens gjøre toget attraktivt nok for forretningsreisende. En overgang på opp mot 80-100 prosent av de flyreisende til toget vil sannsynligvis kreve spesielle virkemidler i form av høye avgifter eller kvoter på flyreiser fra myndighetene side. En slik politikk kan komme i konflikt med EØS-avtalen.

5 Er høyhastighetstog et kostnadseffektivt klimatiltak?

I dette kapitlet foretar vi en forenklet samfunnsøkonomisk vurdering av kostnadene og nytten ved å investere i høyhastighetstog, for å kunne anslå kostnadseffektiviteten av investeringen vurdert som klimatiltak. Det understrekes at dette ikke er noen fullstendig kvantitativ samfunnsøkonomisk nytte-kostnadsanalyse av å investere i høyhastighetstog, men kun en overordnet vurdering for å kunne gi et anslag på tiltakskostnadene. Det er kun tatt hensyn til direkte utslipp ved drift, dvs. utslipp knyttet til tilbringertransport, bygging og effekt av utslipp i høyere luftlag er ikke inkludert, med mindre dette er spesifisert. I Econ Pöyry (2008) diskuteres prinsippene for gjennomføring av en nytte-kostnadsanalyse for høyhastighetstog, hvor vi blant annet sammenlikner VWI sin nytte-kostnadsanalyse med en analyse basert på norsk situasjon og praksis.

5.1 Den direkte mernytten av toget er relativt lav

Trafikanter som forutsettes å gå over fra fly, tog, bil eller buss får i utgangspunktet dekket opp sitt reisebehov gjennom de transportmidlene de benytter i dag. Overgang til å benytte høyhastighetstog kan imidlertid gi en økt nytte i form av redusert reisetid, økt komfort og frekvens, lavere pris etc. i forhold til å benytte dagens transportmidler. Verdien av denne mernytten (betalingsvilligheten) skal inngå i en samfunnsøkonomisk analyse. For den økningen i totalt antall reisende som høyhastighetstoget genererer skal deres nytte av dette tilbudet (betalingsvillighet) også inngå i analysen.

Verdien av denne nytten er vanskelig å anslå uten en omfattende vurdering og eventuelt en betalingsvillighetsundersøkelse for ulike kategorier reisende. VWI (2007) anslår verdien av redusert reisetid og bedre tilgjengelighet til henholdsvis 341 og 34 mill. kr/år. De har summert endringer i total reisetid med tog, bil, buss og fly og multiplisert disse differansene med norske enhetspriser for reisetid for ulike formål og transportmidler. Tilgjengelighetsgevinstene er sjablongmessig verdsatt til 10 prosent av reisetidsgevinstene. Denne metoden skiller seg imidlertid vesentlig fra den "norske" metoden, hvor man beregner en indirekte trafikanthytte basert på betaling til operatør (dvs. billett-kostnaden) og konsumentoverskuddet (differansen mellom passasjerens samlede betalingsvilje og hva de faktisk betaler). Ifølge Werner Johansen (2007) kan "brutto-metoden" som VWI benytter gi et anslag for trafikantenes nytte som er 2-3 ganger så stor som den nytten en ville få med en "norsk" framgangsmåte.

Vi vil i beregningene av tiltakskostnader ta utgangspunkt i VWIs anslag, men også vise et alternativ med et noe høyere anslag.

5.2 Reelle endringer i transportkostnader som følge av "modale skift" og lignende skal med i beregningene

VWI viser til at de har lagt inn i beregningene alle besparelser og kostnader sett fra de reisendes så vel som eieren av infrastrukturen sin side. I dette ligger også delvis et anslag for nytten av den nye trafikken som genereres. De viser til at ratene som benyttes er høyere enn de tilsvarende norske verdiene. I alt nesten 1,3 mrd. kroner er lagt inn som gevinst her, og av dette utgjør reduserte kostnader ved å fly de passasjerene som går over til tog hele 1,1 mrd. kroner.

Vanligvis trekkes sparte kostnader av denne type ikke inn i beregningene, ettersom de motsvares av reduserte inntekter for transportørene. Endringer i trafikkavhengige slitasjekostnader på infrastrukturen som følge av overgang fra andre transportformer til høyhastighetstog verdsettes imidlertid i vår analyse som en del av de eksterne effektene.

En høyhastighetsbane vil imidlertid kunne ha effekter for trafikanter som fortsetter å benytte andre transportmidler. Dette vil eksempelvis være tilfelle dersom overføringen av trafikk fra andre transportmidler til høyhastighetstoget gir bedre flyt i vegtrafikken eller fører til et endret flytilbud. I slike tilfeller vil de generaliserte reisekostnadene påvirkes også for trafikanter som ikke overføres til tog (Jernbaneverket, 2006). Den forutsatte nedgangen i flytrafikken som følge av introduksjon av høyhastighetstog vil antakelig gi et noe dårligere tilbud til de gjenværende reisende, for eksempel i form av færre avganger. Dette skulle man ideelt sett lagt inn som en kostnad i beregningene, noe vi imidlertid ikke vil gjøre her i mangel på data. Ut over dette vil det neppe være tilsvarende effekter av betydning for andre transportmidler som følge av innføring av høyhastighetstog.

5.3 Endringer i eksterne effekter verdsettes

Transportvirksomhet har mange konsekvenser som den enkelte transportbrukeren ikke nødvendigvis tar hensyn til, såkalte eksterne effekter. Disse kan bestå av skader fra utslipp til luft, støy, ulykker, slitasje på infrastrukturen og i noen tilfeller køkostnader. Negative eksterne effekter betyr at de samfunnsøkonomiske kostnadene er høyere enn de privatøkonomiske. Dette kan ofte «rettes på» ved å pålegge avgifter. Vi sier da at de eksterne effektene *internaliseres* ved hjelp av avgifter. Poenget med avgiftene er altså å bringe samsvar mellom de privatøkonomiske og de samfunnsøkonomiske kostnadene.

Mange av kostnadene ved transport er vanskelige å verdsette. Det gjelder både interne kostnader som reisetid og eksterne kostnader som støy. I den grad kostnadene er interne, er imidlertid *behovet* for verdsetting mindre, ettersom de «automatisk» blir tatt hensyn til. Prinsipielt skal de eksterne kostnadene verdsettes til det samfunnet (eller de berørte partene) er villige til å betale for slippe disse effektene (alternativt trenger av kompensasjon for å akseptere effektene). Det finnes en rekke metoder for å beregne denne betalingsviljen, se for eksempel ECON (2003) for en gjennomgang av noen av disse. I ECON (2003) er det også gjort en vurdering av de eksterne kostnadene for de ulike transportmåtene.

I en samfunnsøkonomisk vurdering av et tiltak er det viktig å ta hensyn til endringer i de eksterne kostnadene. For høyhastighetsbane mellom Oslo og Trondheim har vi beregnet at de eksterne kostnadene, unntatt utslipp av klimagasser, øker med 5,7 mill. kr pr. år sammenlignet med dagens trafikkmønster. Grunnen til at de eksterne kostnadene øker er først og fremst at jernbanen har høye eksterne kostnader knyttet til slitasje på sporet, se også Tabell 5.1.

I VWI's studie har man tatt hensyn til støy, ulykker og lokale utslipp, dvs. at man ikke har med reduserte køkostnader og slitasjekostnader. I VWIs beregning blir det en netto reduksjon i de eksterne kostnadene, hvilket også ville vært tilfelle for våre beregninger hvis slitasjekostnadene holdes utenfor. Uansett så betyr endringer i de eksterne kostnadene lite for sluttresultatet.

Tabell 5.1 Eksterne kostnader ved bil, buss, fly og tog, 2007- kr pr. km

Transport	Lokale utslipp	Støy	Ulykker	Slitasje	Kø	Sum
Fly	0,9	3,9	0,3	3,8	0	8,9
Personbil, bensin	0,02	0,08	0,18	<0,01	0,09	0,38
Personbil, diesel	0,05	0,08	0,18	<0,01	0,09	0,41
Buss	0,48	0,51	0,53	0,32	0,13	1,97
Persontog	0	1,5	6,6	11	0	19,1

Kilde. ECON (2003)

5.4 Ikke verdsatte eksterne effekter kan være betydelige

Sår i landskapet, inngrep i naturen etc. er ikke verdsatt i VWIs beregninger, og disse må antas å være betydelige. Som vist i kapittel 3.4 vil høyhastighetsbane føre til irreversible sår i naturen. Det vil være nødvendig å bygge nye traseer grunnet krav til mindre stigninger og svinger. Dette vil medføre utgravninger, fyllinger og boring av tunneler, som vil kreve stor anleggsvirksomhet og gi store mengder avfall. For å beskytte dyr og mennesker mot passerende tog, og skinnegangene mot snø, vil trassene bli inngjerdet. Dette vil føre til høyhastighetstog representerer en barriere for dyre- og friluftsliv. Deler av strekningene vil også passere populære hytteområder.

5.5 Sysselsettingseffekter og lignende skal ikke med i analysen

VWI (2007) har lagt inn sysselsettingsvirkninger av investeringen i og drift av infrastruktur på henholdsvis 641 mill. kr. og 476 mill. kr. per år.

I diskusjoner om ulike prosjekter brukes gjerne som argument for gjennomføring av et prosjekt at det ”skaper arbeidsplasser” eller gir ”ringvirkninger”. En tenker da vanligvis på at gjennomføringen av et prosjekt skaper økt etterspørsel av ulike leveranser til prosjektet, servicefunksjoner av forskjellig slag, økt omsetning pga. det økte forbruket som inntektene fra prosjektet gir opphav til osv.

Johansen (1977) peker på at ved å trekke inn slike ringvirkninger kan en få nær sagt et hvilket som helst prosjekt til å se samfunnsøkonomisk lønnsomt ut. Han viser til at det er nødvendig å være presis med hensyn til hva alternativene er. I områder med sysselsettingsvansker kan det være relevant å trekke inn slike ting. En må da imidlertid stille spørsmålet om alternativet til gjennomføring av prosjektet er at det ikke kommer noen stimulans til ulike aktiviteter som gir økt sysselsetting. Hvis forskjellige aktiviteter kan stimuleres på andre måter, vil det riktige synspunktet være at de ressursene som brukes opp gjennom de såkalte ringvirkningene er knappe ressurser som trekkes bort fra andre anvendelser. Bærerne av de såkalte ringvirkningene, arbeidskraft, vare- og tjenesteleveranser til prosjektet osv. er da kostnader som ikke skal behandles på noen annen måte enn som regulære kostnader ved prosjektet.

Også Finansdepartementet (2005) konkluderer med at det generelt må stilles strenge krav til det empiriske grunnlaget for å kunne regne inn ringvirkninger i en samfunnsøkonomisk analyse. Bidrag til netto verdiskaping kan i følge departementet være mest sannsynlige for tiltak rettet mot områder med særlig høy arbeidsledighet eller der positive eksterne virkninger ikke fanges opp av partielle analyser.

Som en hovedregel bør det ikke korrigeres for arbeidsledighet ved beregning av kalkulasjonslønn. Unntak vil være for tiltak som er spesielt rettet mot langtidsledige eller andre grupper som faller utenfor det ordinære arbeidsmarkedet, eller prosjekter som er rettet mot avgrensede geografiske områder med særlig høy arbeidsledighet. I Norge har vi nå i mange år hatt full sysselsetting og mangel på arbeidskraft, noe som gjør denne problemstillingen lite aktuell. Vi legger derfor ikke inn noen gevinster av at prosjektet gir sysselsetting i utbyggings- og driftsfasen.

5.6 20 prosent skattekostnader skal tillegges kostnadene

Investeringene i høyhastighetsbanene er forutsatt å bli finansiert over statsbudsjettet. For å skape realøkonomisk rom for en slik investering i økonomien må beskatningen økes, enten nå eller i fremtiden. Skattefinansiering av offentlige prosjekter innebærer kostnader for samfunnet som må inkluderes i en samfunnsøkonomisk analyse. Skatten utgjør en kile mellom prisen til tilbyder og prisen til den som etterspør for eksempel arbeidskraft. Skatten bidrar derfor til vridninger i ressursbruken som gir et effektivitetstap for samfunnet, for eksempel ved at folk jobber mindre enn de ville ha gjort ved lavere skattenivå. Skattefinansiering av nye prosjekter innebærer økt skatt, og derfor mer effektivitetstap for hver krone som brukes.

Finansdepartementet (2005) anbefaler å bruke en skattekostnad på 20 øre per krone for netto økt offentlig finansiering som følge av et offentlig tiltak, og dette legges til grunn i våre beregninger for investeringskostnadene for banen med alt utstyr. Som en illustrasjon viser vi imidlertid effektene av en skattekostnad på null.

5.7 Høyhastighetstog framstår som et svært dyrt klimatiltak

Svært høye tiltakskostnader i Basisalternativet

For strekningen Oslo-Trondheim har vi som et utgangspunkt beregnet en tiltakskostnad på vel 39.600 kr/tonn når vi kun ser på reduksjonen i CO₂-utslippene, og vel 23.000 kr/tonn CO₂-ekvivalenter når det tas hensyn til at reduserte utslipp fra fly har en klimaeffekt som er 1,8 ganger høyere enn CO₂-utslippene fra flytrafikken. Sistnevnte effekt regnes ikke med i Kyotoprotokollen, men gir uttrykk for den reelle klimagevinsten av å investere i høyhastighetstog. For strekningen Oslo-Bergen er tiltakskostnadene henholdsvis ca. 49.500 og 28.300 kr/tonn. Dersom man kun vurderer tiltaket ut fra dets bidrag til å oppfylle de norske utslippskravene i Kyotoprotokollen er det førstnevnte tiltakskostnad som er relevant.

Beregningene er basert på følgende forutsetninger (gjelder Oslo-Trondheim):

- 57,86 mrd.kr i infrastrukturinvesteringer tillagt skattefinansieringskostnader på 20 prosent, hvor det er brukt en avskrivningstid på mellom 30 og 100 år for de ulike komponentene i tråd med VWIs tall. Dette er noe lengre avskrivningstider enn hva som anbefales i Jernbaneverket (2006), noe som gir en litt lavere årskostnad enn om sistnevntes anbefalinger benyttes. Investeringene er neddiskontert med en realrente på 4,5 prosent i tråd med Samferdselsdepartementets anbefaling. Utgangspunktet for dette er en risikofri realrente med et påslag for usikkerhet på 2,5 prosent. VWI bruker en realrente på 2 prosent, men har lagt inn et påslag i kostnadene på 20 prosent for usikkerhet. Vi får en årskostnad på nesten 3,4 mrd.kr.

- 1,344 mrd.kr i investeringer i togmateriell avskrives over 30 år i tråd med VWIs tall, til en realrente på 4,5 prosent (VWI benytter 2 prosent). Investeringene er forutsatt finansiert utenom statsbudsjettet gjennom et selskap som driver banen, og er dermed ikke tillagt skattefinansieringskostnader. Dette gir en årskostnad på vel 82 mill.kr.
- 108 mill.kr i årlige driftskostnader, som er forutsatt finansiert gjennom løpende billettinntekter og dermed ikke tillagt skattefinansieringskostnader.
- 341 og 34 mill. kr/år i henholdsvis reduserte tidskostnader og bedre tilgjengelighet (VWIs tall).
- Økte eksterne kostnader (unntatt klimakostnader) på nesten 5,8 mill. kr./år som følge av overgang av trafikk fra fly, bil og buss samt generering av ny trafikk. Grunnen til at en får økte eksterne kostnader er at det genereres ny trafikk som gir økt slitasje på jernbanen, noe som mer enn oppveier gevinsten ved å overføre trafikanter fra andre transportformer.

Dette er etter vår vurdering den riktige måten å regne tiltakskostnadene på. Ettersom vi benytter VWIs tall for reduserte tidskostnader og bedre tilgjengelighet undervurderes antakelig tiltakskostnadene noe, jfr. diskusjonen ovenfor.

Hvis vi kun ser på investerings- og driftskostnadene i forhold til utslippsreduksjonene, dvs. ser bort fra reduserte tidskostnader, endringer i eksterne kostnader og skattekostnaden, blir tiltakskostnaden hhv. ca. 38.300 og 22.300 kr/tonn CO₂ for strekningen Oslo-Trondheim og ca. 46.600 og 26.600 kr/tonn CO₂ for Oslo-Bergen. Dette er de anslagene som egentlig bør brukes til å sammenlikne med tiltakskostnadene i SFTs tiltakskatalog, hvor det er brukt tilsvarende metode.

Endrede forutsetninger kan ikke redusere tiltakskostnadene i Basisalternativet tilstrekkelig

Som en illustrasjon har vi gjort en del endringer i forutsetningene for å vise hvilken effekt disse kan ha på tiltakskostnadene i favør av et høyhastighetstog (alle tallene gjelder strekningen Oslo-Trondheim):

- En realrente på 2 prosent på alle investeringene reduserer tiltakskostnadene til henholdsvis ca. 21.200 og 12.300 kr/tonn CO₂-ekvivalenter.
- Hvis vi i tillegg ser bort fra skattefinansieringskostnadene på 20 prosent for investeringene i infrastruktur får vi tiltakskostnader på henholdsvis ca. 17.800 og ca. 10.300 kr/tonn.
- Dersom vi også ser bort fra driftskostnadene og investeringskostnadene i togmateriell begrunnet med at disse skal finansieres gjennom billettinntektene faller tiltakskostnadene til henholdsvis ca. 15.700 og 9.100 kr/tonn.
- Dersom vi i tillegg til dette også erstatter anslaget for reduserte tidskostnader og bedre tilgjengelighet med våre anslag fra Econ Pöyry (2008) (fra 375 til 729 mill.kr.), reduseres tiltakskostnadene til henholdsvis ca. 11.400 og 6.600 kr/tonn.

Endringene i de eksterne kostnadene betyr omtrent ingen ting for tiltakskostnadene. Ser en bort fra eksterne kostnader som følge av generering av ny trafikk får vi reduserte eksterne kostnader på i størrelsesorden 15 mill.kr./år. Dersom vi trekker ut jernbanens slitasjekostnader fra de eksterne kostnadene blir reduksjonen i de eksterne kostnadene

som følge av overgang til høyhastighetstog nesten 29 mill. kr./år, noe som bare reduserer tiltakskostnadene med noen få hundrelapper per tonn CO₂.

Vi ser at ingen av disse endringene i forutsetningene, som vi ut fra en faglig vurdering ikke anbefaler, klarer å redusere tiltakskostnadene ned mot et nivå som er sammenliknbart med alternative tiltak i Norge eller i utlandet (dvs. under ca. 600 kr/tonn). Dette skyldes først og fremst de svært høye investeringskostnadene i infrastrukturen. Det må tas høyde for at det på dette stadium er stor usikkerhet med hensyn til investeringskostnadene og at disse kan være anslått for lavt. Det er også usikkert om man faktisk klarer å sikre det passasjergrunnlaget som er forutsatt for høyhastighetstoget. Dersom vi i tillegg tar med at det vil gå flere år før investeringene i høyhastighetstog gir en netto utslippsreducerende effekt som følge av utslippene i anleggsperioden, framstår investering i høyhastighetstog som et svært dyrt og usikkert klimatiltak.

Flere passasjerer fra fly gjør ikke tiltaket konkurransedyktig med andre tiltak

Dersom vi som et ekstremtilfelle antar at all flytrafikk mellom byene overføres til høyhastighetstog vil tiltakskostnadene reduseres til knapt 14.000 kr/tonn CO₂ i Basisalternativet når vi kun ser på CO₂-utslippene, og til ca. 8.400 kr/tonn når hele klimavirkningen tas med (tallene er kun for Trondheim). Reduseres kalkulasjonsrenta fra 4,5 til 2 prosent og skattefinansieringskostnadene settes til null reduseres tiltakskostnadene til ca. 6.300 kr/tonn når kun CO₂-utslippene betraktes, og 3.800 kr/tonn når hele klimavirkningen tas med. Ser vi i tillegg bort fra investerings- og driftskostnadene for togmateriellet og legger inn vårt høye anslag for nyttevirkningene av toget reduseres tiltakskostnadene til vel 4.100 kr/tonn CO₂ og vel 2.400 kr/tonn for den totale klimavirkningen.

Dersom vi i tillegg legger inn en utslippsreduksjon på 100.000 tonn CO₂/år som følge av økt godstrafikk på strekningen får vi tiltakskostnader på i størrelsesorden 9.700 og 6.200 kr/tonn CO₂. Reduseres kalkulasjonsrenta fra 4,5 til 2 prosent og skattefinansieringskostnadene settes til null reduseres tiltakskostnadene til ca. 4.400 kr/tonn når kun CO₂-utslippene betraktes, og 2.800 kr/tonn når hele klimavirkningen tas med. Ser vi i tillegg bort fra investerings- og driftskostnadene for togmateriellet og legger inn vårt høye anslag for nyttevirkningene av toget reduseres tiltakskostnadene til knapt 2.800 kr/tonn CO₂ og ca. 1.800 kr/tonn for den totale klimavirkningen. Ikke engang dette er altså tilstrekkelig til å gjøre tiltaket konkurransedyktig.

Reduserte investeringskostnader er således nødvendig for at tiltakskostnadene skal komme ned på et konkurransedyktig nivå. Ettersom VWIs kostnadsestimater er basert på en mulighetsstudie synes det langt mer sannsynlig at en detaljprosjektering vil gi høyere kostnadsanslag, selv om VWI har lagt inn et påslag på 20 prosent for å ta hensyn til usikkerheten i anslagene. Se for øvrig Econ Pöyry (2008) for en grundig drøfting av "optimism bias" i forbindelse med blant annet jernbaneprosjekter.

5.8 Oppsummering

Våre beregninger viser at investering i høyhastighetstog er et dyrt og svært lite effektivt klimatiltak. Selv i et ekstremt, urealistisk alternativ hvor all flytrafikk mellom byene overføres til toget, og hvor vi for øvrig har sett bort fra økte kostnader som følge av økt kapasitet på togene, vil ikke tiltakskostnadene kunne komme ned på et nivå som er konkurransedyktig med alternative tiltak (i størrelsesorden 600 kr/tonn CO₂ eller lavere). Når en også tar i betraktning at de fleste av forutsetningene er anslått i favør av

toget, ved at vi blant annet har lagt til grunn utslippsreduksjoner som ikke vil være mulige eller realistiske i praksis, og sett bort fra teknologiske forbedringer fram til 2020, er det klart at våre beregninger overvurderer effektene og undervurderer kostnadene ved tiltaket.

Bildet blir enda mer negativt når en tar i betraktning at bygging av nye linjer for høyhastighetstog også gir utslipp av klimagasser, og at det vil ta i størrelsesorden 14-20 år før tiltaket vil gi en netto utslippsgevinst. Dersom vi legger til usikkerheten i kostnadsanslagene framstår investeringene i høyhastighetstog som et dyrt, risikofylt og lite effektivt klimatiltak.

6 Alternative investeringer for å redusere klimagassutslippene

Tidligere i rapporten har vi sett på hvilke potensielle klimaeffekter som kan oppnås dersom man investerer i infrastruktur for høyhastighetsbaner. I dette kapitlet drøfter vi klimaeffekter av alternative investeringer i transportsektoren og øvrige sektorer. Konkret ser vi nærmere på:

- Investeringer for tilrettelegging av økt gods fra vei til bane
- Investeringer for raskere fremføring av persontogtrafikk
- Ulike tiltak i SFTs tiltakskatalog
- Kjøp av klimakvoter eller gjennomføre utslippsreduserende tiltak i andre land.

6.1 Investeringer for økt gods på bane

Det er en politisk målsetting å få til overføring av mer av godstrafikken langs hovedstrekningene som i dag går på lastebil til jernbane. Dette har positive virkninger for samfunnet i form av mindre forurensninger og avlastning av vegnettet. Godstog fremstår som svært miljøvennlig sammenlignet med lastebil.

På grunn av sterk historisk vekst i godsbasert skinnetrafikk er kapasiteten tilnærmet fullt utnyttet på jernbanens hovedstrekninger. Ifølge Econ Pöyry (2008) er det i dag en betydelig etterspørsel etter godstransport på skinner som ikke blir realisert som følge av mangelfull kapasitet.⁴⁰ Konsekvensen av dette er at en betydelig andel av dagens godstrafikk som potensielt kunne fremføres på bane skjer med lastebil. Dette har negative konsekvenser blant annet for miljøet i form av unødig høye klimagassutslipp

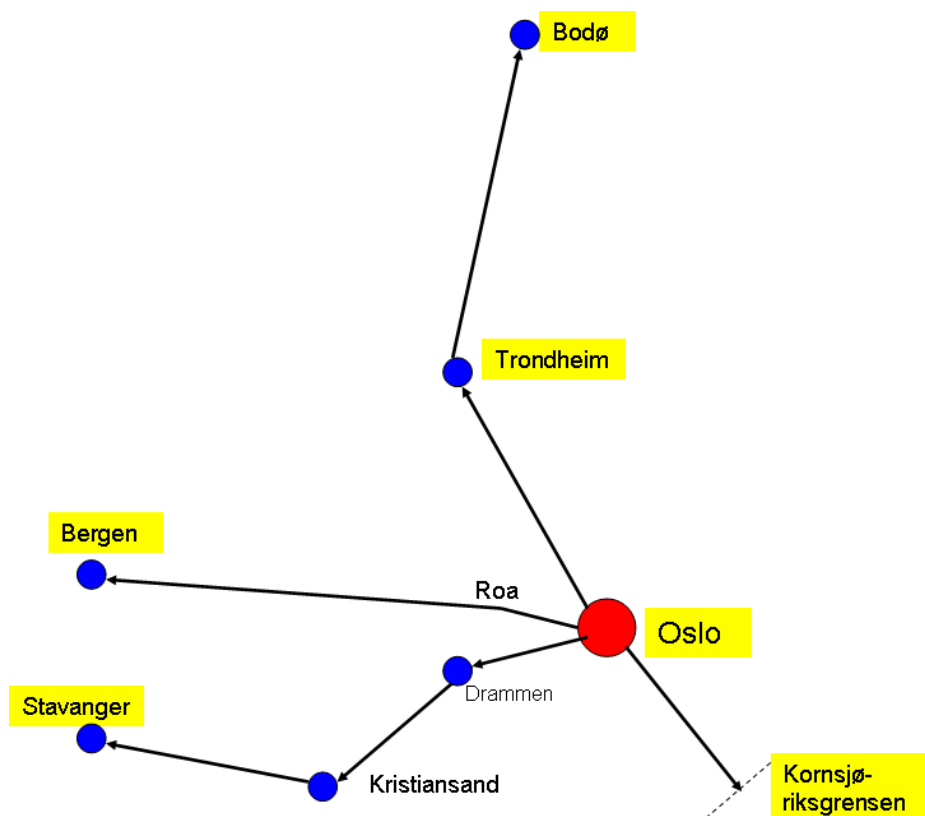
Nedenfor analyserer vi effekter på klimagassutslippene ved at det investeres i kapasitetsutvidende tiltak som bidrar til at en større andel av godstrafikken kan flyttes over fra vei til bane.

6.1.1 Forventet etterspørsel etter godskapasitet på bane

Vår analyse omfatter innenlandsk godstransport, dvs. mellom Oslo (Alnabru) og endestasjonene på hovedstrekningene i Norge, se Figur 6.1. Godstransport mellom Oslo og Drammen og Oslo og Kristiansand på Sørlandsbanen er ikke inkludert. For godstransport mellom Oslo og utlandet over Østfoldbanen regnes effekter mellom Alnabru og Kornsjø ved riksgrensen.

⁴⁰ Utsagnet bygger på intervjuer av de største transportørene som opererer dør-dør nettverk.

Figur 6.1 Hovedstrekningene som analyseres



Det har vært en betydelig vekst i godstrafikken på disse hovedstrekningene i perioden 2003 til 2007, med en gjennomsnittlig årlig vekst fra om lag 7,5 prosent på Dovrebanen til om lag 13,5 prosent på Bergensbanen, se Tabell 6.1.

Tabell 6.1 Årlig og gjennomsnittlig vekst i utvikling i transport av containere, prosent

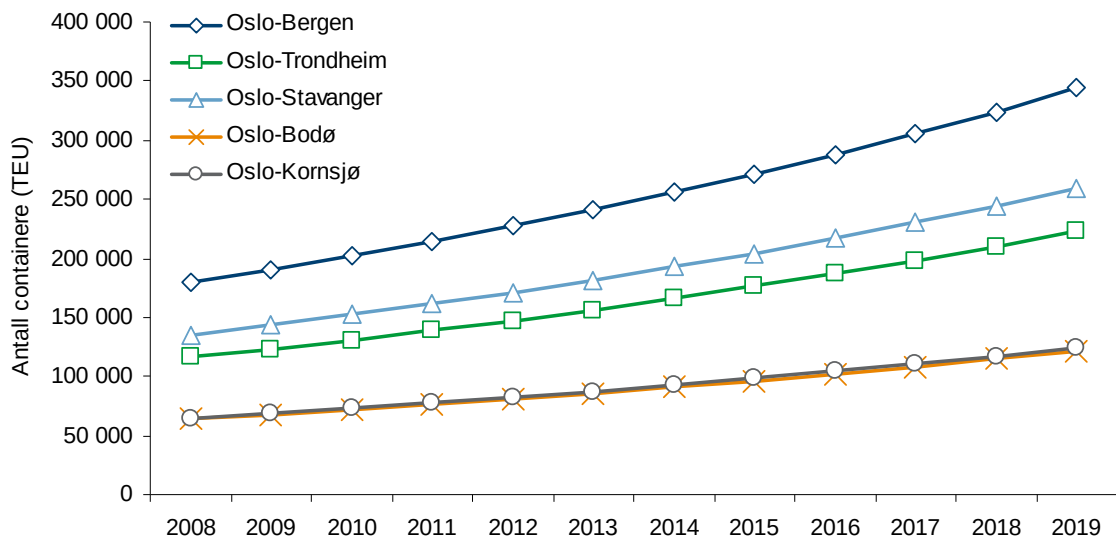
Årlig vekst	2003	2004	2005	2006	2007	Gj.snitt
Dovrebanen	10,2	7,6	8,7	1,8	8,8	7,4
Sørlandsbanen	8,7	9,3	6,5	6,8	8,2	7,9
Nordlandsbanen	8,7	10,1	7,8	4,8	4,9	7,3
Bergensbanen	5,2	18,0	14,8	17,6	11,9	13,5

Kilde: CargoNet

I vår beregning av fremtidig etterspørsel etter godskapasitet på skinner har vi forutsatt en årlig vekst i transportarbeidet på 6 prosent, herunder en årlig vekst i jernbanens markedsandel for innenlandsk godstransport på 2 prosent⁴¹. Videre har vi lagt til grunn at forventet produksjon i 2008 kunne vært 30 prosent høyere enn i dag, jfr. tidligere intervjuer med de store samlasterne (Econ Pöyry, 2008). Forventet produksjon på de ulike strekningene frem mot 2019 er vist i Figur 6.2.

⁴¹ Vurderingen baserer seg på intervjuer med de store samlasterne som uttrykker et ønske om å øke andelen gods på bane på de ulike hovedstrekningene dersom kvaliteten på dette tilbudet hadde vært bedre, herunder frekvens, fremføringstid og regularitet.

Figur 6.2 Forventet etterspørsel etter godskapasitet på bane



Kilde: Econ Pöry

6.1.2 Investeringsbehov

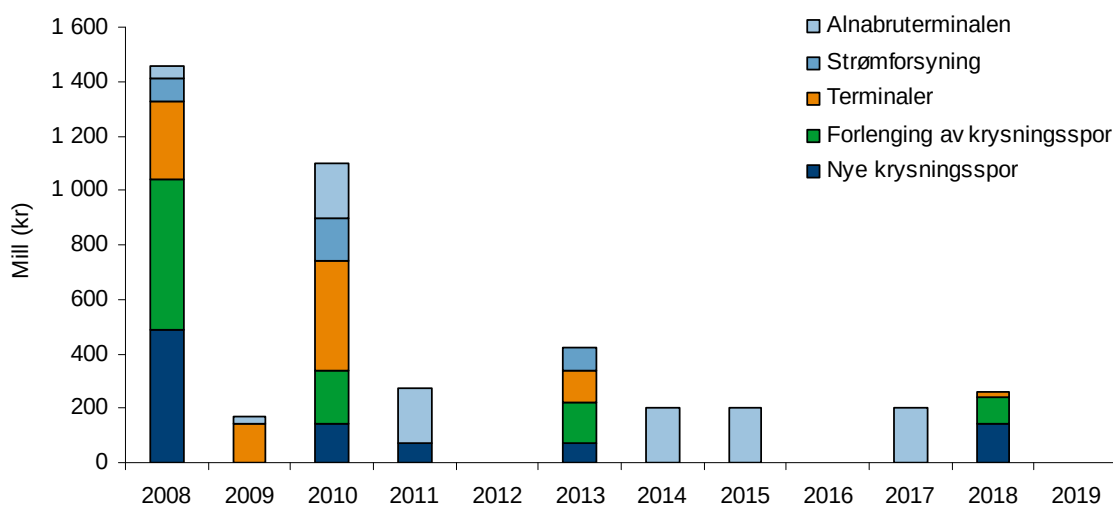
De viktigste investeringene for å øke kapasiteten for godstrafikk på bane er

- Nye kryssningsspor
- Forlengelser av kryssningsspor
- Terminalutvidelser
- Strømforsyning.

Med bakgrunn i forventet etterspørsel etter skinnebasert godskapasitet som drøftet ovenfor har vi beregnet nødvendige investeringer i kryssningsspor, terminalkapasitet og strømforsyning på de ulike hovedstrekningene frem mot 2019⁴². I våre beregninger forutsettes investeringene gjennomført året før flaskehalsen i terminal eller bane-kapasitet blir effektiv. Figur 6.3 viser samlet investeringsbehov for hovedstrekningene fordelt på tiltak og år.

⁴² Beregningene er gjort i samarbeid med Jernbaneverket

Figur 6.3 *Investeringsbehov fordelt på type tiltak*

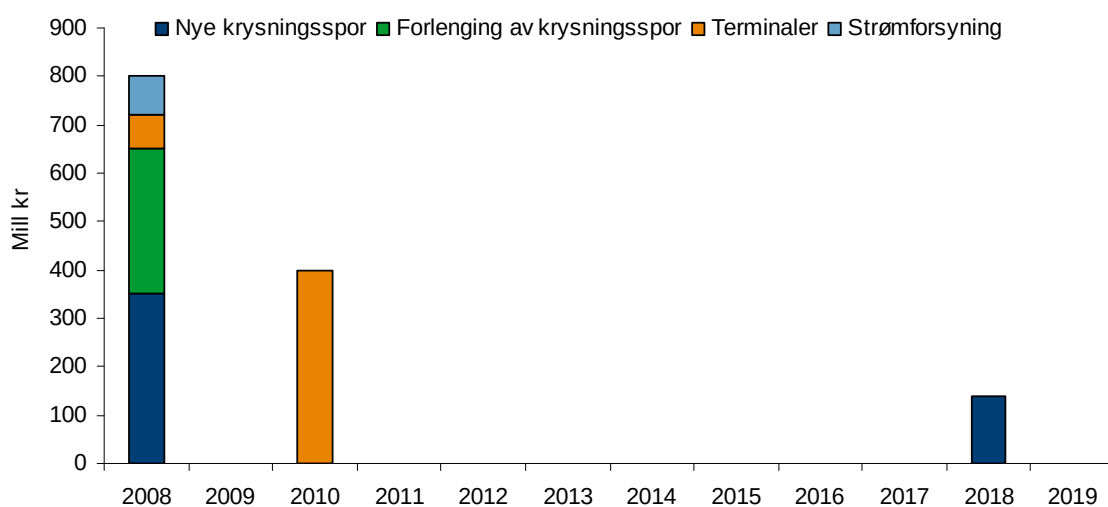


Kilde: Econ Pöyry

Samlet må det investeres om lag 4,3 mrd kroner på hovedstrekningene for å i møtekomme den forventede etterspørselen etter godskapasitet på skinner. Det er betydelige flaskehalser i dagens infrastruktur, og for å realisere dagens etterspørsel må det investeres tungt både i kryssningsspor og terminalutvidelser, noe som i Figur 6.3 fremkommer som investeringer i 2008. Videre ser vi at det på grunn av betydelige flaskehalser i 2011 og 2014 må investeres tungt i kapasitetsutvidende tiltak også i 2010 og 2013.

Som illustrasjon vises i Figur 6.4 nødvendige investeringer på Bergensbanen fordelt på tiltak og år. Totalt må det investeres om lag 1,35 mrd kr på denne strekningen. En betydelig andel av investeringene må gjøres i 2008 (800 mill kr) ettersom det er betydelige kapasitetsproblemer både med hensyn til terminaler og skinner.

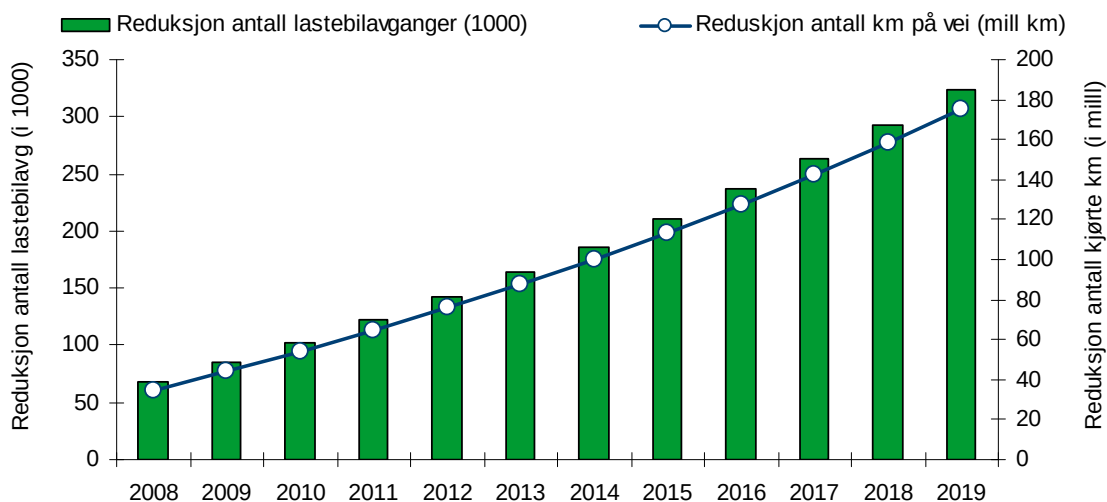
Figur 6.4 *Investeringsbehov på Bergensbanen fordelt på tiltak.*



6.1.3 Klimaeffekter av mer gods på bane

Klimaeffektene av investeringene i kapasitetsutvidende tiltak for gods på bane oppstår i og med at en større andel av dagens gods vil fremføres med tog i stedet for lastebil. Figur 6.5 viser redusert antall lastebilavganger og tilhørende reduksjon i antall kjørt km på veiene som følge av de kapasitetsutvidende tiltakene.

Figur 6.5 Reduksjon i antall lastebilavganger og kjørte km på vei



Kilde: Econ Pöyry

Beregningen viser at effekten av investeringene i kapasitetsutvidende tiltak vil være 85.000 færre lastebilavganger i 2009, tilsvarende 44 millioner færre kjørte km på vei. I 2019 vil antall reduserte lastebilavganger stige til om lag 280.000, tilsvarende 160 mill km redusert lastebilkjøring.

Effekten av tiltaket er satt lik levetiden på investeringene, dvs. 40 år.⁴³ Ettersom vi ikke har tall for investeringer etter 2019 baserer vi fremskrivningen frem mot 2047 på reduksjon i CO₂-utslipp dette året. Vi har kun sett på dette som et klimatiltak, og derfor ikke lagt inn andre nyttevirksomheter av investeringen i beregningene. Dette overvurderer tiltakskostnaden betydelig. Årlige kostnader er basert på en annuitet. Kalkulasjonsrente er satt til 4,5 prosent. Resultatene er som følger:

- Gjennomsnittlig årlig redusert kjøring med lastebil er 152 mill km
- Gjennomsnittlig årlige reduksjon i antall tonn CO₂ er 200.000
- Kostnad per tonn CO₂ er om lag 1.200 kr (andre nytte-effekter er ikke tatt hensyn til)

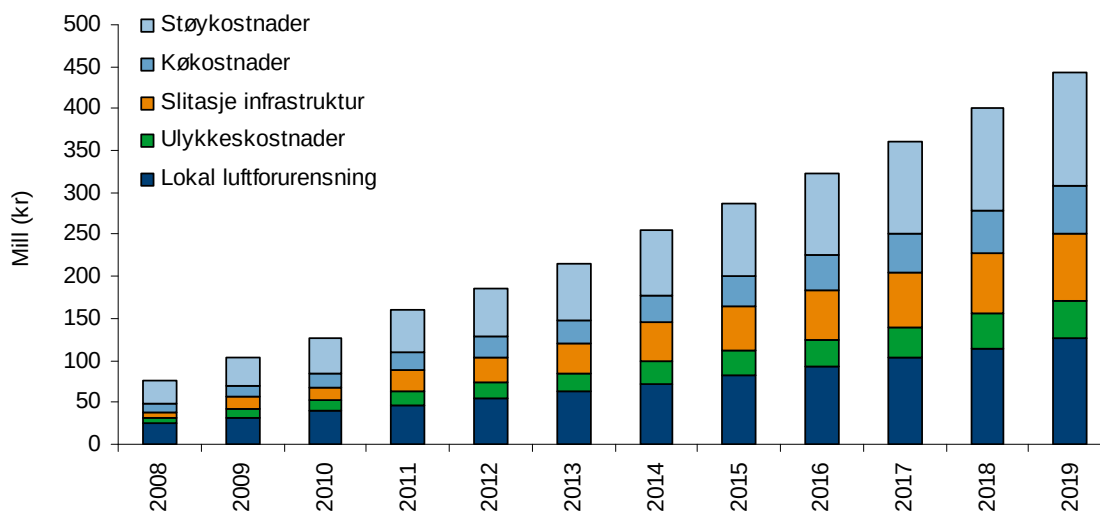
Ved å sammenlikne med beregningene av tiltakskostnadene for et høyhastighetstog fra kapittel 5 ser vi at dette tiltaket både gir større direkte utslippsreduksjon og til en langt lavere kostnad pr tonn CO₂.

Overføring av gods fra vei til bane vil i tillegg gi betydelige nyttevirksomheter for samfunnet i form av reduserte lokale miljøutslipp, mindre støy, redusert veislitasje og

⁴³ 20 prosent skattekostnad er ikke medregnet.

reduerte ulykkeskostnader. Figur 6.6 illustrerer disse nytteeffektene fordelt på kategori og år.

Figur 6.6 Verdssetting av nyttevirkninger utover CO₂ fordelt på kategori og år



Vi ser at nyttevirkningene av tiltaket stiger fra om lag 75 mill kr i 2008 til i underkant av 450 mill kr i 2019. Fremskrivning av nytteeffekter basert på 2019-tall til 2047 gir gjennomsnittlig nytte på 384 mill kr per år. De viktigste effektene av tiltaket består av reduserte støyplager og lokal luftforurensning.

6.2 Investeringer for raskere fremføring av persontogtrafikk

Et alternativ, eller supplement, til høyhastighetsbaner er å utbedre eksisterende jernbanespor for å få en raskere fremføring av persontogtrafikk på hovedstrekningene Oslo-Bergen og Oslo-Hamar. Tiltakene vil bedre det aktuelle togtilbudet både gjennom økt frekvens og raskere fremføringstid og vil kunne ha effekt både på fjerntogstrekningene og Intercity-strekningene. Tiltakenes kostnad og effekt på reisetid er beskrevet med utgangspunkt i Stamnettutredningen⁴⁴ og Nasjonal Transportplan 2010-19.

6.2.1 Effekter av tiltak på Bergensbanen

Bergensbanen omfatter i denne sammenheng strekningen Oslo-Bergen over Roa samt strekningen fra Hokksund til Hønefoss. Bergensbanen er landets mest trafikkerte fjernstrekning og en viktig turistbane. Dagens kjøretid Oslo-Bergen er på 6 ½ time. Tilsvarende kjøretid med bil er 8 timer. De forslåtte tiltakene i Jernbaneverkets stamnettutredning er vist i Figur 6.7.

⁴⁴ Mer på skinner frem mot 2040, Jernbaneverkets stamnettutredning, oktober 2006.

Figur 6.7 Tiltak Bergensbanen



Kilde: Jernbanverkets stamnettutredning

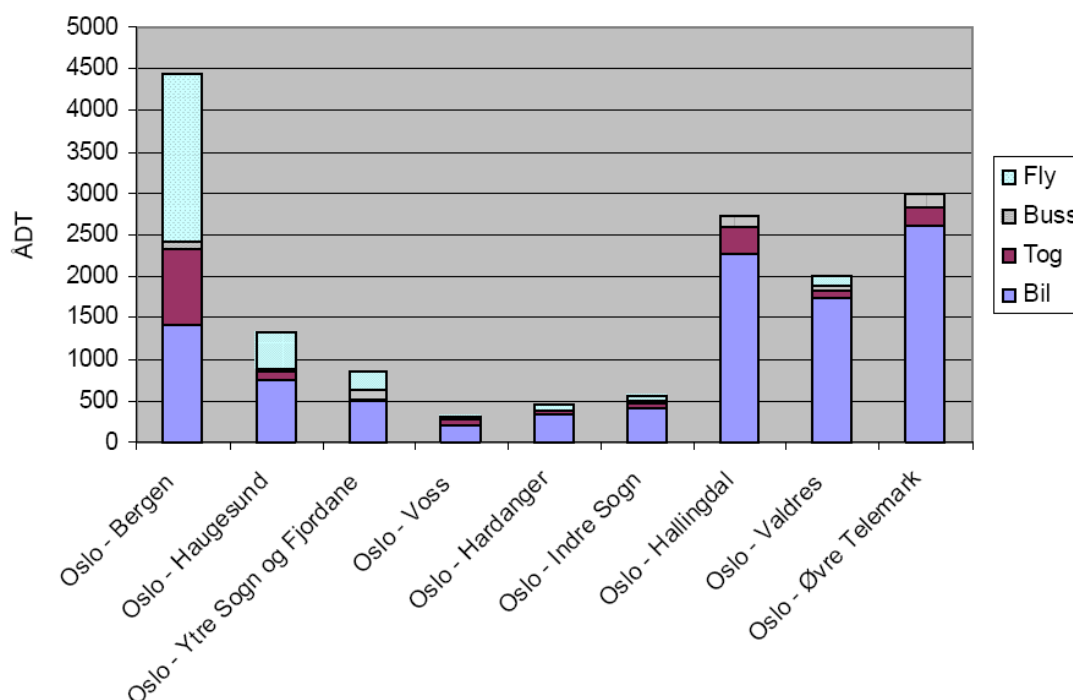
Basert på stamnettutredningen vurderer vi at reisetiden mellom Oslo-Bergen kan reduseres med om lag 2 timer til 4 ½ time basert på følgende tiltak:

- Bygging av Ringeriksbanen, som gir en reduksjon i reisetiden med om lag 1 time. Kostnad 6,8 mrd kr (NTP 2010-19)
- Oppgradering av Vossebanen vil redusere reisetiden med ytterligere 20 minutter. Kostnad 3 mrd kr.
- Ytterligere linjeomlegginger Finse-Voss, herunder reduksjon av antall stopp, samt nye kryssningsspor kan gi ytterligere 40 minutters reduksjon. Kostnad 4 mrd. kr.

Korridorutredninger gjennomført i forbindelse med utarbeidelsen av Nasjonal Transportplan (2006-15)⁴⁵ viser at jernbanene har en relativt høy markedsandel på fjernstrekningen Oslo-Bergen, men heller lav på mellomliggende strekninger hvor bil er den dominerende transportmåten.

⁴⁵ Korridorutredninger – sluttrapport fra tverretattlig arbeidsgruppe, februar 2003, www.sd.dep.no

Figur 6.8 Markedsandeler Oslo-Bergen persontransport etter kategori



Kilde: Nasjonal persontransportmodell, TØI, 2003

Ifølge SSB har den gjennomsnittlige, årlige veksten i personkilometer for jernbane vært 1 prosent i perioden 2003-07.⁴⁶ Dersom vi fremskriver tallene i figuren over med denne veksten finner vi at antall reiser per dag med tog på strekningen Oslo-Bergen i 2010 vil være om lag 1.220 per døgn.⁴⁷

Vi har vurdert potensielle substitusjonseffekter mellom personbil og tog som følge av tiltakene på fjerntogstrekningen Oslo-Bergen. Tiltaket vil også kunne ha effekt for lokaltog og intercity-trafikk. Disse effektene er ikke tatt hensyn til. Vi har forutsatt at tiltakene gjennomføres innen 2010 og at jernbanen fra dette året øker sin markedsandel med henholdsvis 30 og 40 prosent på bekostning av personbil. Veksten i persontrafikk forutsettes i etterkommende år å følge grunnprognosen for tog i NTP 2010-19⁴⁸.

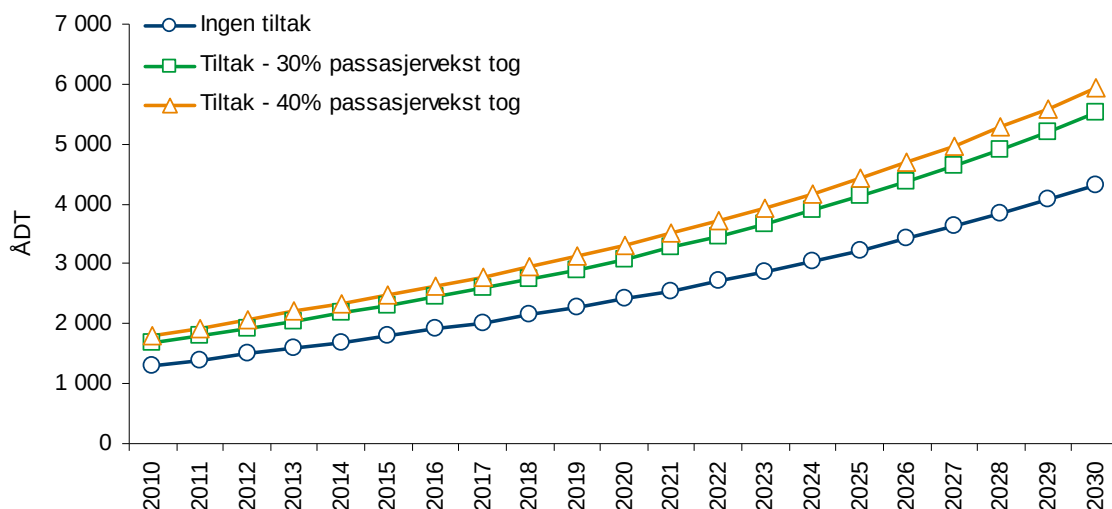
Figur 6.9 illustrerer utvikling for i Årsdøgnstrafikk (ÅDT) på jernbane for Oslo-Bergen hvis ikke noen tiltak på strekningen gjennomføres og hvis tiltakene gjennomføres og gir en økning i jernbanes ÅDT på henholdsvis 30 og 40 prosent.

⁴⁶ SSB, Tabell: 03982: Innenlandsk persontransport, etter transportmåte.

⁴⁷ Den tyske utredningen av høyhastighetsbaner operer med 1435 reisende per dag for eksisterende trafikk.

⁴⁸ I NTPs grunnprognose er følgende årlig vekst lagt til grunn 2010-14 (7%), 2014-20 (6%), 2020-30 (6%), 2030-40 (6%)

Figur 6.9 Forutsetning om utvikling i Årsdøgnstrafikk (ÅDT) Oslo-Bergen



Kilde: NTP, bearbeidet av Econ Pöyry

Klimaeffekten av tiltaket består av reduksjoner i CO₂-utslipp som følge av mindre bilkjøring. I vår beregning har vi lagt til grunn at avstanden Oslo-Bergen er 497 km og at gjennomsnittlig CO₂-utslipp er 84 g per personkm basert på normalbelegg på 2,2 passasjer per bil. Effekten av tiltaket er beregnet over infrastrukturens levetid som er 40 år. Driftskostnader, herunder vedlikehold av infrastrukturen er ikke inkludert. Tabell 6.2 viser at tiltakskostnaden for utbedring av Bergensbanen er svært høy hvis en kun vurderer dette som et klimatiltak. Det er i anslaget ikke tatt hensyn til redusert reisetid eller andre nytteeffekter, dvs. at tiltakskostnadene er overvurdert.

Tabell 6.2 Utslippsreduksjon og kostnader Oslo-Bergen per år

	30 prosent passasjervekst	40 prosent passasjervekst
CO ₂ reduksjon (tonn)	15 100	20 170
Kostnad (kr/tonn)	49 600	37 170

Kilde: Econ Pöyry

6.2.2 Effekter av tiltak på Dovrebanen

Dovrebanen omfatter i denne sammenheng Hovedbanen fra Oslo S til Eidsvoll og den egentlige Dovrebanen fra Eidsvoll til Trondheim. I tillegg inngår Gardermobanen som går parallelt med Hovedbanen fra Etterstad via Lillestrøm til Oslo Lufthavn (OSL) og videre til Eidsvoll. Dagens kjøretider på strekningen er:

- Oslo-Trondheim 6 ½ time
- Oslo-Lillehammer 2 ¼ time
- Oslo-Hamar 1 ½ time.

Figur 6.10 viser mulige tiltak for å redusere kjøretiden på strekningen omtalt i Jernbaneverkets stamnettutredning.

Figur 6.10 Tiltak Dovrebanen



Kilde: Jernbanverkets stamnettutredning

Tiltakene skissert ovenfor vil legge til rette for økt person- og godstrafikk. For persontrafikken betyr dette redusert reisetid, bedre pålitelighet, fleksibilitet og robusthet i togframføringen. Dobbeltspor pluss flere og lengre kryssingsspor gir i tillegg større mulighet for å tilby ruteleier i samsvar med etterspørselen i markedet. Tiltakspakken vurderes i stamnettutredningen å koste 16-18 mrd kr.

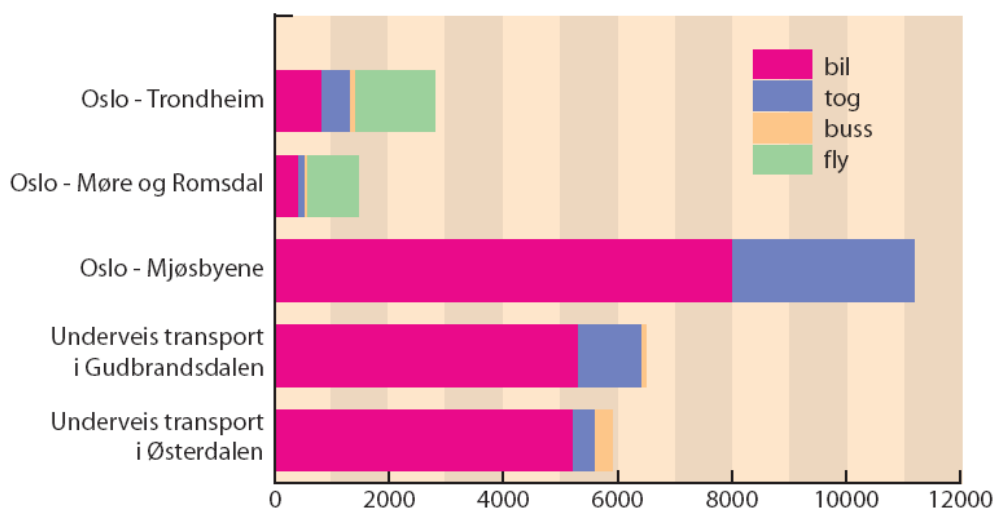
Med nytt dobbeltspor Eidsvoll-Hamar-Lillehammer vil kjøretidene bli:

- Oslo-Trondheim 5 ½ timer (1 time reduksjon)
- Oslo-Lillehammer 1 ¼ time (1 time reduksjon)
- Oslo-Hamar 1 time (½ time reduksjon)

Av tiltakene skissert i Figur 6.10 har vi vurdert bygging av dobbeltspor Eidsvoll-Hamar-Lillehammer og bedre tilbudet mellom Oslo og Lillehammer. På denne bakgrunn vurderer vi at investeringene knyttet til denne strekningen vil koste mellom 12 og 14 mrd kr.

Den siste analysen av reisemiddelfordeling som vi kjenner til ble utarbeidet i 2001 i forbindelse med NTP 2002-11. Fordelingen på transportform for ulike strekninger i transportkorridoren Oslo-Trondheim er vist i Figur 6.11.

Figur 6.11 Persontransport i nasjonal transportkorridor Oslo-Trondheim/Ålesund. Antall reiser per dag. Reisemiddelfordeling på enkelte relasjoner



Kilde NTP 2002-2011

Som nevnt ovenfor har gjennomsnittlig årlig vekst i personkilometer for jernbanen vært 1 prosent i perioden 2001-07.⁴⁹ Dersom vi fremskriver tallene i reisemiddelfordelingen i figuren over med denne veksten finner vi at antall reiser per dag med tog i Oslo-Mjøsbyene i 2010 vil være om lag 4.500.

Markeds- og trafikkvurderinger gjennomført med markedsmodellen for IC-området viser:

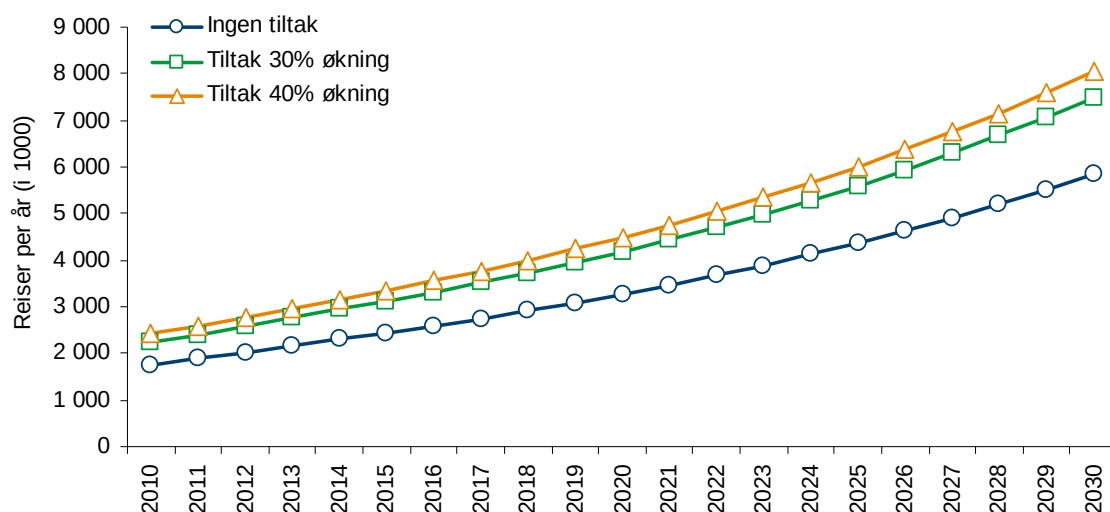
- Togtilbudet har en sterk posisjon for reiser mellom Mjøsbyene og Gardermoen Oslo.
- Innenfor IC-området vil utbygging av tilbudet kunne gi betydelig økning i togets markedsandeler.

Vi har vurdert potensielle substitusjonseffekter mellom personbil og tog som følge av tiltakene på Intercity-strekningene Oslo-Hamar-Lillehammer. Tiltakene vil også kunne ha effekt for fjernogstrekningen Oslo-Trondheim, men denne effekten er ikke beregnet. Vi har forutsatt at tiltakene gjennomføres innen 2010 og at jernbane fra dette året øker sin markedsandel med henholdsvis 30 og 40 prosent på bekostning av personbil på Intercity-strekningene. Veksten i persontrafikk etter 2010 bygger på grunnprognoser for tog i NTP 2010-19.⁵⁰ Trafikkutviklingen er illustrert i Figur 6.12.

⁴⁹ SSB, Tabell: 03982: Innenlandsk persontransport, etter transportmåte.

⁵⁰ I NTPs grunnprognose er følgende årlig vekst lagt til grunn 2010-14 7 prosent, 2014-40 6 prosent.

Figur 6.12 Forutsetning - utvikling i reiser Oslo-Mjøsbyene



Kilde: NTP, bearbejdet av Econ Pöyry

Klimaeffekten av tiltaket består av reduksjoner i CO₂-utslipp som følge av mindre bilkjøring.⁵¹ Vi har lagt til grunn de samme forutsetninger som for Bergensbanen ovenfor. Tabell 6.3 viser utslippsreduksjon og tilhørende kostnader ved investeringer på i alt 13 mrd. kr.

Tabell 6.3 Utslippsreduksjon og kostnader Intercity-trafikk Oslo-Hamar-Lillehammer og Oslo-Trondheim

	30 prosent passasjervekst	40 prosent passasjervekst
CO2 reduksjon (tonn)	15 131	20 174
Kostnad (kr/tonn)	100 486	75 364

Analysen tar som nevnt ovenfor ikke hensyn til positive effekter som tiltaket kan gi mht. økt togtrafikk på strekningen Oslo-Trondheim. Det er heller ikke tatt hensyn til eventuelle endringer i tilslutningstrafikk. Dette innebærer sannsynligvis at potensialet for utslippsreduksjonene undervurderes og kostnadene overvurderes noe.

Ved å sammenlikne med tiltakskostnadene for høyhastighetstog ser vi at opprustning av togstrekningen Oslo-Hamar-Lillehammer gir høyere kostnader per tonn, selv om investeringen er langt lavere. Dette skyldes lavere utslippsreduksjon av klimagasser for sistnevnte tiltak.

6.3 Synergier mellom tiltakene for økt gods- og persontrafikk

Utbygging av dobbeltspor på Inter-City-strekningene vil også kunne ha betydelige positive effekter for skinnebasert godstrafikk. Fremføring av godstog skjer med en betydelig lavere hastighet sammenlignet med persontog. Kapasitetsutfordringene

⁵¹ I vår analyse har vi lagt til grunn at halvparten av reisene til Mjøsbyen fordeler seg likt på Hamar og Lillehammer. Gjennomsnittlig kjørelengde med bil er da 158,5 km en vei.

knytter seg derfor både til møtende trafikk og til persontog som må kunne passere godstog i samme kjøreretning. Utbygging av dobbeltspor, eventuelt krysningsspor, bidrar både til økt kapasitet, frekvens og regularitet for person- og godsbasert togtrafikk. Ettersom det i dag er en betydelig latent etterspørsel etter mer kapasitet for fremføring av gods på bane, vil utbygging av de omtalte dobbeltsporstrekningene kunne bidra til at mer av den godsbaserte trafikken flyttes over fra vei til bane. Dette vil kunne gi betydelige gevinster for miljøet. Tiltakskostnadene for dobbeltsporutbyggingen vil således kunne bli lavere enn de som er beregnet her.

6.4 Tiltak og kostnader i SFTs tiltakskatalog

SFT har gjennomført flere analyser for å beregne tiltakskostnadene for å redusere de norske utslippene av klimagasser, og nedenfor gjennomgås resultatene fra SFTs siste tiltaksanalyse (SFT, 2007). Analysen skisserer tiltak og kostnader både i transportsektoren og andre sektorer med betydelige utslipp av klimagasser.

Vurdering av gjennomførbarhet

Tidligere tiltaksanalyser fra SFT har presentert tiltakene utelukkende etter kostnadseffektivitet. De med best kostnadseffektivitet (dvs. laveste kostnader/tonn CO₂ redusert) har vært antatt å være de som lettest har latt seg gjennomføre. Det har imidlertid vist seg at noen svært kostnadseffektive tiltak kan være vanskelig å gjennomføre. Selv tiltak som er beregnet å være lønnsomme både for samfunnet og tiltakshaver å gjennomføre blir ikke alltid utløst fordi det finnes barrierer som ikke er tatt hensyn til. SFT (2007) vurderer derfor tiltakene både med hensyn til gjennomførbarhet og kostnader.

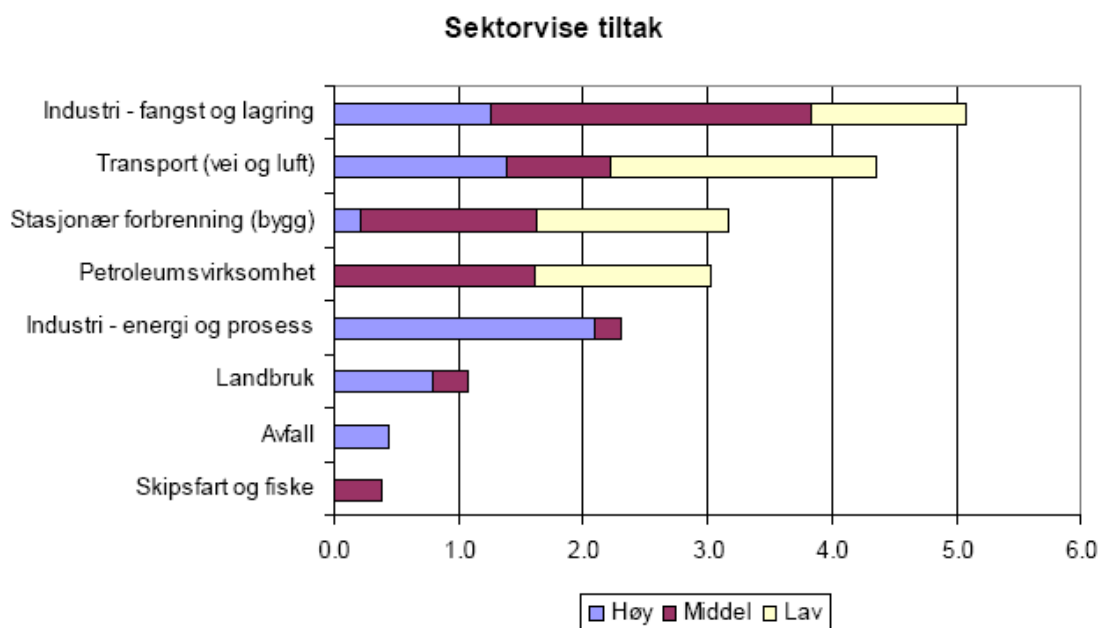
Med barrierer knyttet til gjennomførbarhet har SFT vurdert to forhold:

- *Teknologiske barrierer*, dvs. hvor avhengig samfunnet er av at det utvikles ny teknologi for at tiltaket skal bli utløst
- *Virkemiddelmessige barrierer*, dvs. i hvor stor grad det finnes akseptable virkemidler som bidrar til å utløse tiltaket, eller om det finnes ikke-verdsatte barrierer knyttet til tiltaket.

Eksempelvis kan det være teknologiske barrierer knyttet til å produsere andre-generasjons biodrivstoff, mens det er en virkemiddelmessig barriere knyttet til å implementere effektive tiltak for å redusere bilbruken i Norge.

Tiltakene er delt inn i tre gjennomføringskategorier: *Høy (H)*, *middels (M)* og *lav (L)*. Tiltak som vurderes å ha få barrierer mot gjennomføring, er vurdert å ha en høy gjennomførbarhet, mens tiltak som vurderes å kreve svært omfattende eller upopulære virkemidler (eller kreve et teknologisk gjennombrudd), vurderes å ha en lav gjennomførbarhet. Et tiltak med høy gjennomførbarhet vurderes således å kunne implementeres raskere enn tiltak med lav gjennomførbarhet.

Figur 6.13 Vurdering av tiltakenes gjennomførbarhet.
Millioner tonn CO₂ekvivalenter



Kilde: SFT (2007)

Av Figur 6.13 ser vi at det er et stort potensial for utslippsreduksjoner innenfor transportsektoren, men at de fleste tiltak i denne sektoren har lav eller middels gjennomførbarhet. Det er industri sektoren som har høyest andel tiltak med høy gjennomførbarhet.

Vurdering av tiltakenes kostnader

Kostnadene i SFTs tiltaksanalyse uttrykker årlige *merkostnader* i forhold til eksisterende investeringer eller driftsforhold. Beregning av årlige merkostnader er basert på annuiserte investeringer pluss netto årlige driftsutgifter. Annuiteten beregnes ut fra teknisk levetid for tiltaket og en konstant kalkulasjonsrente⁵² for tiltaket. SFT klassifiserer tiltakene i tre ulike kostnadskategorier:

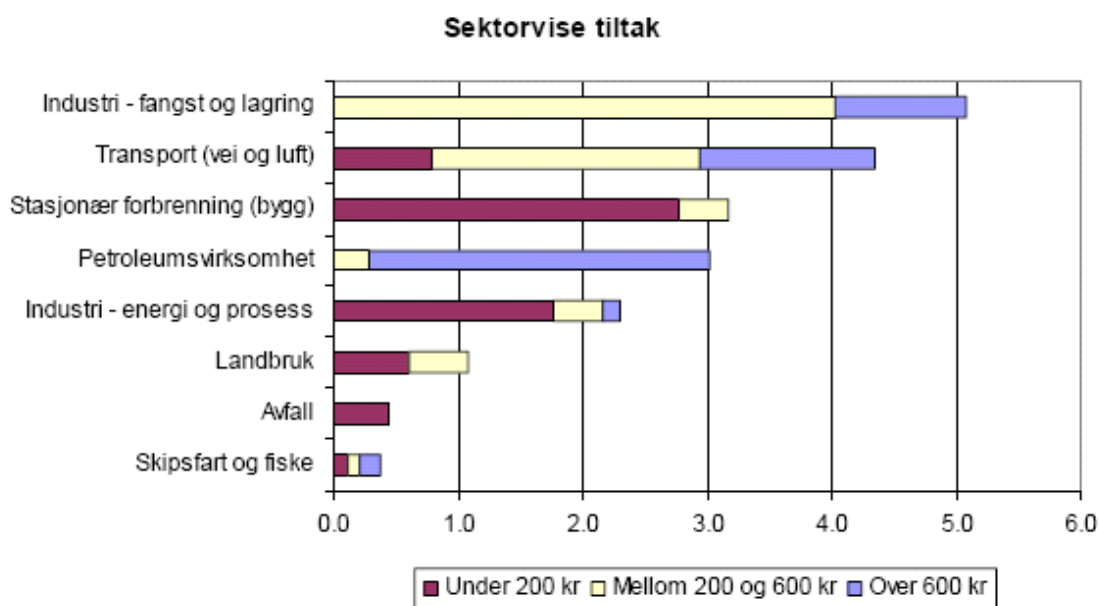
- Lav: Under 200 kroner/tonn CO₂-ekvivalent.
- Middels: Mellom 200 og 600 kroner/tonn CO₂-ekvivalent.
- Høy: Mer enn 600 kroner/tonn CO₂-ekvivalent.

Merkostnaden for et tiltak inkluderer mange og usikre parametere, som for eksempel energipriser (som olje eller gasspriser), teknologiutviklingsnivå (som behov for utskifting av batterier i elbiler) og markedsandel som medfører stordriftsfordeler.

Enkelte tiltak som er plassert med en kostnad på over 600 kroner/tonn CO₂-ekvivalent, kan ha en kostnad på 1000-1500 kroner/tonn CO₂-ekvivalent, noen enda høyere – ut fra dagens kostnadsbilde.

⁵² SFT har brukt en realrente på 4 – 7 prosent avhengig av ulik grad av investeringsrisiko ved de ulike tiltakstypene. For eksempel er det brukt 6 prosent for tiltak på sokkelen, mens det er brukt 4 prosent for stasjonær industri.

Figur 6.14 Tiltak fordelt på sektor og kostnad. Millioner tonn CO₂-ekvivalenter



Kilde: SFT (2007)

Av Figur 6.14 fremkommer at de aller fleste tiltakene innenfor transportsektoren har kostnader mellom 200 og 600 kr pr. tonn CO₂, og at det er forholdsvis få tiltak i denne sektoren som har en kostnad under 200 kr. Alle tiltak i avfallssektoren er forventet å ha en kostnad på under 200 kr, og likeledes har de fleste tiltak i byggsektoren (stasjonær forbrenning) en lav kostnad.

En sammenstilling av tiltakenes kostnader og gjennomførbarhet er vist i tabellen nedenfor.

Tabell 6.4 Kostnader og gjennomførbarhet for klimatiltak i Norge.
Millioner tonn CO₂

	Under 200 kroner	Mellom 200 og 600 kroner	Over 600 kroner	Deltotal
Høy	2,5	2,6	0,7	5,8
Middel	2,2	3,1	2,3	7,7
Lav	1,8	2,1	2,5	6,4
Deltotal	6,5	7,8	5,5	19,9

Kilde: SFT (2007)

Tabell 6.1 viser at det er et potensial for utslippsreducerende tiltak med høy og middels gjennomførbarhet på i alt ca. 4,5 millioner tonn CO₂ til en kostnad på under 200 kr/tonn, og på ca. 5,5 millioner tonn til en kostnad på mellom 200 og 600 kr. tonn. Til sammen gir dette således et potensial på i størrelsesorden 10 millioner tonn CO₂-ekvivalenter med høy og middels gjennomførbarhet til en kostnad på 600 kroner/tonn eller lavere.

Nedenfor presenteres en oversikt over tiltak i noen sektorer vurdert etter gjennomførbarhet og kostnad.

6.4.1 Industri – fangst og lagring

Det foreligger et betydelig potensial for fangst og deponering av CO₂ fra eksisterende industri i Norge. Det finnes imidlertid få studier på dette området sammenlignet med hva tilfeller er for gasskraftverk.

SFT har derfor valgt å ta utgangspunkt i de største punktkildene på land i Norge. I tillegg har de vurdert beliggenhet i forhold til deponeringssted og mulig samordning med andre planlagte og pågående CO₂-håndteringsprosjekter.

Tabell 6.5 viser SFTs beregnede potensial for fangst og lagring av CO₂ i industrien og vurdering av gjennomførbarhet, der total vurderingen av gjennomførbarhet er basert på kostnader og barrierer som tidligere beskrevet.

Tabell 6.5 Fangst og lagring av CO₂ fra eksisterende industri

Fangst og lagring – Industri ⁹		Reduksjon tonn CO ₂ - ekv (ikke skalert)	Total vurdering av gjennom- førbarhet
DE10	Fangst og lagring fra cracker på Mongstadraffineriet	765 000	H
DE11	Fangst og lagring fra gassterminalen på Kårstø	830 000	M
DE12	Ytterligere fangst og lagring fra gassterminalen på Kårstø	300 000	L
DE13	Fangst og lagring fra landanlegget på Snøhvit	780 000	M
DE15	Fangst og lagring fra Norcem Brevik	810 000	M
DE16	Fangst og lagring fra Yara Porsgrunn	500 000	H
DE17	Ytterligere fangst og lagring fra Yara Porsgrunn	200 000	L
DE18	Fangst og lagring fra Noretyl Rafsnes	340 000	L
DE19	Fangst og lagring fra metanolfabrikken på Tjeldbergodden	140 000	M
DE20	Fangst og lagring fra Hydro Aluminium Sunndal	425 000	L

Kilde: SFT

De viktigste tiltakene med høy gjennomførbarhet er fangst og lagring fra cracker på Mongstadraffineriet og fangst og lagring fra Yara Porsgrunn. Disse er omtalt nedenfor.

Crackeranlegget på Mongstadraffineriet

SFT påpeker at når fullrensning av gasskraftverket på Mongstad er gjennomført som planlagt i 2014 vil utslippene fra raffineriet utgjøre om lag 1,3 mill tonn. Av dette vil crackeren utgjøre om lag 0,9 mill tonn. Det bør være realistisk å fange CO₂ fra denne kilden innen 2020 i tillegg til gasskraftverket, både på grunn av nærhet til gasskraftverket og fordi avgassene fra crackeren relativt sett har høy andel CO₂. SFT vurderer at et slikt tiltak vil kunne redusere de nasjonale utslippene med 765 000 tonn i 2020.

Fangst og lagring fra Yara Porsgrunn

Dersom CO₂ fra Yara fanges og lagres i geologiske formasjoner vil dette kunne gi en netto reduksjon i de norske CO₂-utslippene. SFT vurderer det som realistisk å håndtere opp til 500.000 tonn CO₂ fra Yara uavhengig av om det etableres gassrør til Grenland.

Det er stor usikkerhet knyttet til kostnader ved håndtering av CO₂ fra eksisterende prosessindustri, men det antas imidlertid at for en del av tiltakene med slike høye kostnader vil få lavere kostnad innen 2020 på grunn av større produksjonsvolum, større marked og bedre logistikk. For en del tiltak er det ikke tilgjengelig informasjon om kostnader ved tiltakene. Dette skyldes blant annet at tiltakene er basert på ikke-kommersialisert teknologi, slik som fangst og lagring av CO₂.

I følge SFT varierer kostnadsanslagene for de planlagte norske gasskraftprosjektene mellom 400-2200 kr per tonn CO₂, gitt lagring i geologiske formasjoner. Investeringskostnadene for CO₂-renseanlegget på Kårstø er estimert til å koste 5 milliarder kroner og reduserer årlige CO₂-utslipp med én million tonn. Basert på totale kostnader, dvs. investeringskostnader og driftkostnader er dette estimert til 700 kr per tonn CO₂ (Regjeringen). Eventuell gevinst av CO₂ brukt for å øke uttaket av olje (EOR) er da ikke inkludert. SFT referer til IPCC og Enquist m.fl (2006) som forventer det dyreste CO₂-håndteringstiltakene i prosessindustriene på sikt vil kunne reduseres til under 600 kr innen 2030

6.4.2 Transport – vei og luft

Tiltakene innenfor transport er i SFTs tiltaksanalyse delt inn i to grupper:

- Tiltakt for mer effektive Areal og transportløsninger (ATP)
- Tiltak på kjøretøy og drivstoff

Tabell 6.6 viser tiltak innenfor ATP tiltak innenfor vegsektoren. Det er et moderat potensial for CO₂-reduksjon knyttet til de enkelte ATP-tiltakene. Videre vurderer SFT tiltakene gjennomgående å ha lav eller medium grad av gjennomførbarhet.

Tabell 6.6 Tiltak innenfor ATP-veitransport

ATP-Veitransport					
Tiltak nr.	Beskrivelse av tiltak	Reduksjon tonn CO ₂ -ekv (ikke skalert) ⁶	Vurdering av teknologisk barriere	Vurdering av virke-middel-messig barrierer	Total vurdering av gjennomførbarhet
T6	Samordnet godstransport på vei	233 000	IR	L	L
T1	Kompakt byutvikling	104 000	IR	M	M
T5	Tiltak for redusert bilbruk	194 000	IR	L	L
T4	Bedre organisering av personreiser	71 000	IR	L	L
T3	Tiltak for bedret kollektivtrafikk	13 000	IR	M	M
T2	Tiltak for økt andel gående /syklende	61 000	IR	M	M
T7	Redusert drivstoff-forbruk ved privatbilkjøring	130 000	IR	L	L

Kilde: SFT

Tabell 6.7 gir en oversikt over tiltak for kjøretøy og drivstoff. Flere av tiltakene knyttet til for kjøretøy og drivstoff innebærer et betydelig potensial for utslippsreduksjoner og er samtidig i høy grad gjennomførbare. Nedenfor presenteres de viktigste tiltakene.

Tabell 6.7 *Generelle tiltak for kjøretøy og drivstoff*

Veitransport					
Tiltak nr.	Beskrivelse av tiltak	Reduksjon tonn CO ₂ -ekv (ikke skalert)	Vurdering av teknologisk barriere	Vurdering av virke-middel-messig barrierer	Total vurdering av gjennom-førbarhet
M1/ M2	Innblanding av 4 % biodrivstoff i alt drivstoff	421 000	H	H	H
M3	Effektivisering i personbiler - nivå 1	721 000	H	H	H
M5	Effektivisering i personbiler - nivå 2	614 000	L	M	L
M7/ M12	Nullutslippskjøretøy - el og hydrogen i personbiler og kollektiv	273 000	M	M	M
M13/ M15	Innblanding av ytterligere 6% biodrivstoff i alt drivstoff (utover 4%)	308 000	H	H	H
M14/ M16	Høyinnblanding av biodrivstoff i 10% av kjøretøyparken	589 000	M	M	M
M17	Innblanding av 4 % biodiesel i anleggsdiesel	50 000	H	H	H
M18	Innblanding av ytterligere 6% biodiesel i anleggsdiesel (utover 4%)	38 000	H	H	H
M19	Høyere innblanding av biodrivstoff BTL (20% av bilparken)	1 356 000	L	M	L
M21	Effektivisering av varebiler (hybridrift)	26 000	M	M	M

Kilde: SFT

Effektivisering i personbiler – nivå 1

Tiltaket går ut på å redusere utslippene fra nye personbiler til 140g CO₂/km innen 2008-09 og 130g CO₂/km fra 2012. Dette er i samsvar med avtalen inngått av EU-kommisjonen og bilindustrien (ACEA). Det er knyttet betydelig usikkerhet til kostnaden ved å iverksette tiltak for mer drivstoffgjerrige biler og dette vil avhenge av oljepriser, avgiftslegging og generell økonomisk aktivitet. Ettersom Norge ikke har egen bilindustri vil det være avgjørende at også det internasjonale markedet etterspør mer miljøvennlige biler. Basert på SFTs delnotat (2007) til tiltaksanalysen er det antatt en merkostnad på 350 kroner per reduserte tonn CO₂.

Innblanding av 4 prosent drivstoff i alt drivstoff

Tiltaket medfører at alle som omsetter drivstoff i Norge får pålegg om å omsette en mengde biodrivstoff som utgjør 4 prosent av samlet mengde drivstoff i 2010. På energibasis tilsvarer dette en andel på 3,68 prosent for biodiesel og 2,64 prosent for bioetanol. I tiltaket forutsettes en gradvis introduksjon fra 2007 med full virkning fra 2010. Det er uproblematisk å blande inn opp til 5 prosent biodiesel i regulær autodiesel og 5 prosent bioetanol i regulær bensin, og det er ikke behov for nye pumper. Dette gjør at kostnadene knytte til infrastruktur er relativt lave, men kostnadene ved å skaffe miljøvennlig drivstoff er antatt å være betydelige. Kostnadene er antatt å være 900-1.000 kr.

6.4.3 Stasjonær forbrenning (bygg)

Tiltakene innen for bygg er tilpasset den sektorvise fremskrivningen for 2020. Denne sektoren inkluderer alle utslipp fra boliger, næringsbygg og mindre industribedrifter (med unntak av energiproduksjon og fiskeforedling).

Tabell 6.8 Tiltak stasjonær forbrenning

Stasjonær forbrenning- bygg					
E24	25% mindre energibehov i nye bygg	209 044	H	H	H
E24b	50% mindre energibehov i nye bygg (dvs ytterligere 25% utover E24)	123 000	M	M	
E25	Utfasing av olje gjennom fornybar energi, nivå 1	1 294 000	H	M	M
E26	Utfasing av olje gjennom fornybar energi, nivå 2	1 150 000	H/M	L	L
E27	Utfasing av olje gjennom fornybar energi, nivå 3	406 000	M	L	L

Kilde: SFT

Som vi ser av Tabell 6.8 er det kun et av tiltakene som vurderes å ha en høy grad av gjennomførbarhet. Dette gjelder tiltak for mindre energibehov i nye bygg. Tiltaket er knyttet opp nye byggeforskrifter (TEK) som medfører at alle nye bygg/større rehabiliteringer får en teknisk standard som skal redusere energiforbruket med om lag 25 prosent. Dette er et vedtatt virkemiddel, men effekten er ikke inkludert i fremskrivningene og er derfor inkludert i SFTs tiltaksanalyse.

6.4.4 Petroleumsvirksomhet

I Tabell 6.9 presenteres SFTs tiltaksliste for petroleumsvirksomheten. Når det gjelder tiltak for generell energieffektivisering på norsk sokkel er tiltaket i høy grad gjennomførbart, men potensialet for CO₂ reduksjoner betydelig lavere. Tiltaket inkluderer en rekke tiltak for optimalisert energistyring og -ledelse, herunder diverse tiltak for prosessoptimalisering. Tiltaket omfatter 2,5 prosent energieffektivisering på norsk sokkel. Kostnadene forbundet med dette er ikke beregnet.

Tabell 6.9 Tiltak petroleum

Petroleum		Reduksjon i tonn CO ₂ -ekv (ikke skalert)	Vurdering av teknologisk barriere	Vurdering av virkemiddel-messig barrierer	Total vurdering av gjennomførbarhet
PP1	Generell energieffektivisering på norsk sokkel	285 000	H	H	H
PK12	Kraft fra land/sentralisert kraftproduksjon på sokkelen	1 362 000	M	M	M
PK13	Kraft fra land/sentralisert kraftproduksjon på sokkelen 2	1 443 000	L	L	L

Kilde: SFT

Som vi ser av Tabell 6.9 er det et stort potensial knyttet til å redusere utslipp fra kraftforsyning på sokkelen ved bruk av kraft fra land eventuelt sentralisert kraftproduksjon på sokkelen. Tiltakene vurderes imidlertid å henholdsvis medium og lav grad av gjennomførbarhet, basert på en rekke faktorer som bakgrunn i avstand til land, feltets levetid. PK12 omfatter elektrifisering av felt som enten har en kortere vei til kraftforsyning og/eller representerer betydelige utslipp i perioden 2010 til 2020 fra installasjonene som lokalisert på og rundt disse feltene. Dette omfatter felt som Troll B/C, Ekofisk, Sørlege Nordsjø og Oseberg. Kostnadene for feltene i tiltaket PK12 varierer derfor fra under 600 til noe over 1000 kroner per tonn CO₂ redusert gitt forutsetningene lagt til grunn for SFTs beregninger.

6.5 Kjøp av klimakvoter

Som vi var inne på innledningsvis er Norge forpliktet til å begrense sine utslipp til 1 prosent over 1990-utslippene innen 2012. I tillegg har Norge gjennom klimaforliket mellom de fleste partiene på Stortinget påtatt seg ytterligere forpliktelser og ønsker å overoppfylle Kyoto-forpliktelsene med 10 prosent. Norge kan innfri sine forpliktelser ved å kutte nasjonal utslipp og/eller ved å gjennomføre tiltak i andre land. Kyoto-protokollen legger til rette for kostnadseffektive utslippsreduksjoner gjennom:

- Internasjonal kvotehandel, ofte forkortet med ETS for "Emission Trading system"
- Den grønne utviklingsmekanisme, forkortet CDM for "Clean Development Mechanism"
- Felles gjennomføring, JI som står for "Joint Implementation"

6.5.1 International kvotehandel

Handel med klimakvoter bygger på prinsippet om at aktører som er ilagt kvoteplikt for sine utslipp kan redusere sine utslipp og dermed få kvoter til overs som de kan selge til andre aktører som mangler kvoter for å dekke sine utslipp, og som har høyere tiltaks-kostnader enn selgeren. Mekanismen legger således til rette for kostnadseffektive utslippsreduksjoner. EUs kvotehandelssystem er ett eksempel på et slikt system.

Forpliktelsene til hvert industriland ("Annex 1-land") under Kyotoprotokollen for perioden 2008-2012 er satt i forhold til 1990-nivå. Hvert enkelt land er tildelt nasjonale kvoter, kalt AAU ("Assigned Amounts Units") og står fritt til å selge disse til andre Annex 1-land. Bortsett fra land i Øst-Europa er det få land som vil ha mulighet for dette pga. høye tiltakskostnader og vekst i utslippene siden 1990.

6.5.2 CDM og JI

CDM og JI er mekanismer som legger til rette for prosjektbaserte utslippsreduksjoner. CDM forgår i utviklingsland ("Non-Annex 1") som ikke har påtatt seg utslippsforpliktelser, mens JI er prosjekter i Annex 1-landene. Formålet med mekanismene er å få gjennomført rimelige utslippstiltak, samt å hjelpe disse landene til en mer bærekraftig utvikling. I tillegg legges det vekt på overføring av kunnskap og teknologi. Utvikler av et prosjekt får klimakvoter (Certified Emission Reduction, CERs) tilsvarende utslippsreduksjonen. Disse kredittene kan de selge til land, bedrifter eller personer som må redusere sine utslipp.

Alle CDM og JI-prosjekter må gjennom en omfattende godkjenningsprosess, der utslippsreduksjonen og bærekraftigheten ved prosjektet må dokumenteres. Prosjektet må godkjennes av FN og vertslandet. Mekanismene er ikke ment å fremme prosjekter som er levedyktige alene, så et grunnleggende prinsipp er det må dokumenteres at prosjektet ikke ville vært gjennomført uten klimakvoter. Per juli 2008 er det registrert over 1.000 CDM-prosjekter i verden, men bare 2 JI-prosjekter er registrert.

Prisen på en karbonkreditt eller klimakvote er påvirket av mange faktorer. Det er ulike risikomomenter knyttet til et CDM-prosjekt, både generelle prosjektrisikofaktorer og CDM-spesifikke risikofaktorer. Prisen på en klimakreditt vil i stor grad avhenge av hvor i registreringszyklusen prosjektet befinner seg på salgstidspunktet. For eksempel vil risikoen minke og prisen øke når prosjektet blir registrert. I tillegg vil politiske rammebetingelser, generell økonomisk utvikling og andre kvotemarkeder påvirke prisen.

Prisen på en klimakvote fra et CDM-prosjekt ligger på mellom 70 og 200 kroner per tonn CO₂ per juli 2008. Gulvet representerer minimumsprisen for en kvote levert fra Kina. Kina er den største leverandør av klimakvoter og minimumsprisen er satt av myndighetene sentralt. Den øvre prisen er prisen for kvotene (EUA) i EUs kvotemarked som det er knyttet liten risiko til. Gitt at registrene for CERs og EUAs blir koblet sammen, vil prisen på en sekundærkvote fra et CDM-marked nærme seg prisen på en EUA over perioden 2008-2012.

Econ Pöyry har lagt til grunn 200 kroner per tonn CO₂ som dagens kvotepris for å illustrere et mulig alternativ til å gjennomføre tiltak hjemme. Til sammenligning ble tiltakskostnaden for høyhastighetstog beregnet til nærmere 40.000 i kapittel 5.7.

Den fremtidige prisutviklingen på klimakvoter vil bl.a. være avhengig av internasjonale klimaforhandlinger, samt økonomisk og teknologisk utvikling. Det er usikkerhet forbundet med videreføringen av Kyotoprotokollen, samt utviklingen av internasjonale, nasjonale og regionale kvotemarkeder. For eksempler er ikke USA medlem av Kyoto-protokollen, og vestlige land ønsker også at utviklingslandene skal påta seg utslippsforpliktelser.

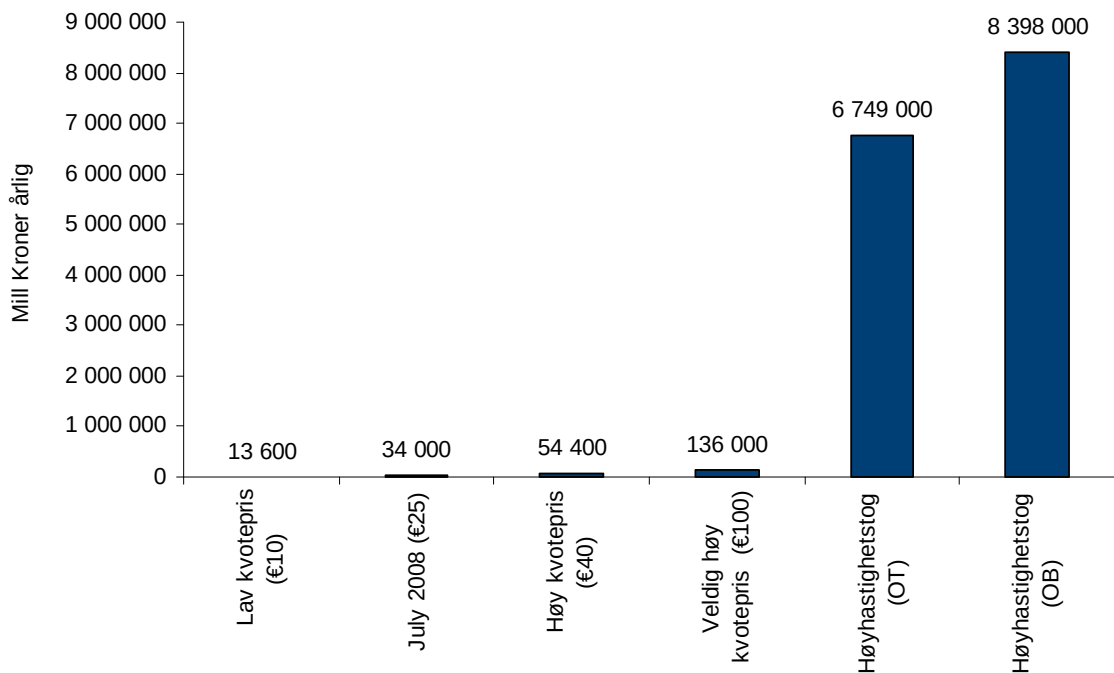
Tabell 6.10 Ulike internasjonale kvotepriser. Euro per tonn CO₂

Nåværende priser	Juli 2008
EUA (EU kvote) ^{1/4}	€24-25
Risikofrie CER (CDM kvote)	€18-22
Fremtidige priser EUA (2008-2012)	
Econ Pöyry/IDEA Carbon	€22 (18-26)
Fortis Bank	€27-48
UBS	€35
Deutsche Bank	€35

Kilde; Econ Pöyry, UBS, DB, Fortis, Point Carbon

Med utgangspunkt i ulike anslag for internasjonale kvotepriser har vi i figur 6.15 sammenliknet kostnadene ved å redusere CO₂-utslippene med 170.000 tonn per år som høyhastighetstog mellom Oslo, Trondheim og Bergen vil medføre med å kjøpe kvoter eller gjennomføre tiltak utenlands. Vi ser at kostnadene ved sistnevnte varierer mellom ca. 13,5 og 133 mill. kr/år, mens årskostnaden for høyhastighetstog vil ligge på i størrelsesorden 6,8 milliarder kr (knap 40.000 kr/tonn * 170.000 tonn).

Figur 6.15 *Kostnader ved å redusere CO₂-utslippene med 170.000 tonn årlig*

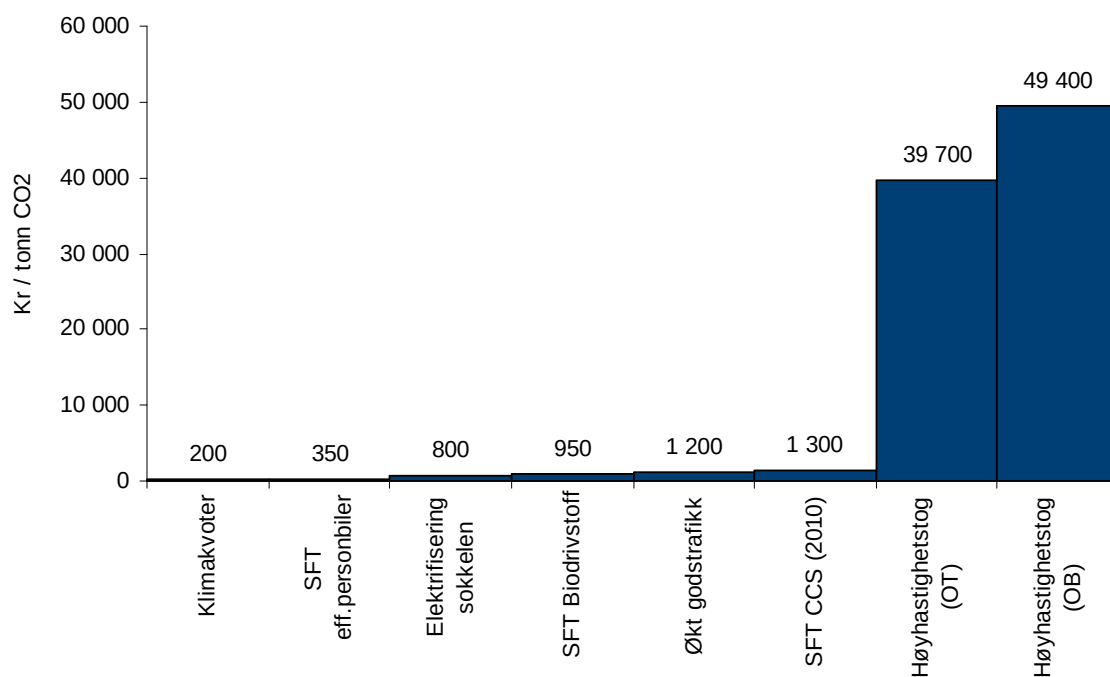


Kilde: Econ Pöyry

6.6 Oppsummering

I dette kapittelet har vi sett på alternative tiltak for å redusere utslipp av klimagasser i Norge. Vi har hatt fokus på tiltak i transportsektoren, men har også inkludert andre sektorer for å sette tiltakene i sammenheng. Det er stor variasjon mellom de ulike tiltakene når det gjelder potensialet for utslippsreduksjoner og kostnader. Av de tiltak som vi har presentert, ser vi av Figur 6.16 at kjøp av internasjonale klimakvoter det billigste alternativet. I transportsektoren vil energieffektivisering av personbiler, innføring av biodrivstoff og overføring av gods fra vei til bane representere de mest kostnadseffektive alternativene. Norge kan sette miljøkrav til biler, men dette tiltaket vil ellers være betinget av utviklingen i den internasjonale bilindustrien. Investeringer for å øke persontrafikken på tog, inkludert høyhastighetstog er de desidert dyreste tiltakene av de tiltakene vi har vurdert. Det er imidlertid viktig å ta med i vurderingen at utbedring av togtilbudet også gir andre nytteeffekter, som redusert reisetid og økt bekvemmelighet. Tiltakskostnadene for disse tiltakene er derfor sannsynlighet overvurdert siden det ikke er tatt hensyn til disse andre nytteeffekter. På den andre siden er det ikke tatt hensyn til eventuelle skattekostnader ved finansiering av disse tiltakene, hvilket taler for at tiltakskostnaden er undervurdert. I samferdselssektoren vil tilrettelegging for økt godstrafikk være langt billigere enn høyhastighetstog. Samferdselsdepartementet får for tiden utredet andre klimatiltak i transportsektoren.

Figur 6.16 *Kostnad per reduserte tonn CO₂ for ulike tiltak*



Kilde: Econ Pöyry, SFT

For 136 mrd. kr., som tilsvarer investeringen i høyhastighetstog Oslo-Trondheim og Oslo-Bergen, kan man i stedet minst få gjennomført alle tiltakene i SFTs tiltakskatalog som koster mindre enn 600 kr/tonn CO₂, noe som gir en utslippsreduksjon på 12,5 millioner tonn/år. (Vi har da forutsatt at investeringene i alle tiltakene har 40 års levetid og at en bruker en kalkulasjonsrente på 4,5 prosent). Alternativt kan man i teorien kjøpe kvoter for 25 millioner tonn CO₂ til 300 kr/tonn i det internasjonale kvotemarkedet. Høyhastighetstog vil bare føre til reduksjon på snaue 0,2 million tonn CO₂/år.

Referanser

- Arvesen, Anders og Hertwich, Edgard (2007): *Utslipp av klimagasser fra flytrafikk*, Program for industriell økonomi, NTNU, rapport 4/2007
- Askplan Viak (2007): Tilbringertjeneste Bergen lufthavn, Flesland, rapport 02/2007.
- Avinor (2006): Avinors sektorplan perspektiver for 2040.
- Avinor (2008): Reisevane og trafikk statistikk tilgjengelig på <http://www.avinor.no/avinor/trafikk> eller ved kontakt med avinor.
- Banverket (2008): *Svenska höghastighetsbanor*, Rapport 2008-05-30.
- Beitnes, og Olsson, (2007): http://www.jernbaneverket.no/multimedia/archive/01720/Notat_-_H_yhastigh_1720595a.pdf.
- Carlsson, F. (1999): "Private vs. Business and Rail vs. Air Passangers: Willingness to Pay for Transport Attributes". Working Paper in Economics no 14, Departement of Economics, Göteborg University.
- CER (2008): *Rail Transport and Environment*. Facts & Figures. Community of European Railway Infrastructure.
- Cicero (2008): *Prislappen på en flytur*, Klima- 01/2008.
- Civita (2007): *Klimagassregnskap for utbyggingsprosjekter*, Prosjektnummer 11273 tilgjengelig på <http://www.statsbygg.no/FoUprosjekter/FoU-prosjekter-i-Statsbygg/miljo/2006/11273-Klimagassregnskap-Utbyggingsprosjekter/>.
- Deutsche Bank (2008): Reuters 30. Mai 2008 <http://www.reuters.com/article/rbssIndustryMaterialsUtilitiesNews/idUSL3056939920080530> (lest 28.juli 2008).
- Deutsche Bahn (2008): (http://www.db.de/site/shared/de/dateianhaenge/infomaterial/broschuere__strecke__nuernberg__muenchen.pdf (lest 03.09.08).
- ECON (1998): Klimatiltak i Norge: Kostnader og potensialer, Rapport nr.24/98.
- ECON (2003): *Marginale kostnader ved transport*. Rapport 2003-054.
- ECON (2004): *Rammebetingelser og konkurranseforhold i norsk luftfart*. Rapport 2004-124.
- ECON (2007): Biodrivstoff – status og utsikter rapport nr. 069/2007.
- Econ Pöyry (2007): Energibærere i Norge, Rapport 083/2007.
- Econ Pöyry (2008): Nytte-kostnadsanalyser og høyhastighetstog. Rapport under utarbeidelse.
- Econ/Idea Carbon (2007): Rapport er kun tilgjengelig for abonnenter.

- Energirådet (2008): *Vindkraft offshore – industrielle muligheter for Norge*, http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/dok/rapporter_planer/rapporter/2008/vindkraft-offshore---industrielle-muligh.html?id=513736.
- Eurolectic (2006): Environmental Statistics of the European Electricity Industry 2005-2006.
- Finansdepartementet (2005): *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*.
- Flytoget (2007): *Flytogets årsrapport 2007*, <http://www.flytoget.no/nor/Om-Flytoget/prosentC3prosent85rsrapporter/prosentC3prosent85rsrapport-2007>
- Fortis (2008): *Reuters 25. Januar 2008*, <http://uk.reuters.com/article/rbssFinancialServicesAndRealEstateNews/idUKL2564255920080125> (lest 28 juli, 2008)
- Framtiden i våre hender (2007): "Energieffektive høyhastighetstog", Arbeidsnotat 11/2007, www.framtiden.no/dokumentarkiv/download-document/223-energieffektive-hoyhastighetstog.html.
- Grande (2007): *Tinfos Titan og Iron i et miljøperspektiv*, presentasjon, <http://www.energirike.no/filer/magasin%202007/s.19-20%20tinfos.pdf>.
- Ibenholt (2001): *Betydningen av pris for etterspørsel etter reiselivstjenester – en litteraturgjennomgang*. ECON Forskningsrapport 99/01.
- IPCC (1999): *Aviation and the global atmosphere*, <http://www.grida.no/Climate/ipcc/aviation/index.htm>, Kap 008, 083 og 064.
- IPCC (2007): *Forth assessment report*, http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf.
- Jansson, J. O., T. Sonesson og P. Andersson (1990): "Hur mycket bör det kosta att åka tåg?". *Ekonomisk debatt* nr 1/1990, 24-33.
- Jernbaneverket (2006): *Samfunnsøkonomiske analyser for jernbanen*. Metodehåndbok JD 205. Versjon 2.0 Juni 2006.
- Jernbaneverket (2006): *Mer på skinner fram mot 2040*, Jernbaneverkets Stamnettutredning http://www.jernbaneverket.no/multimedia/archive/01619/Stamnettutredning_1619755a.pdf
- Jernbaneverket (2007): *Jernbaneverkets Miljørapport*, www.jernbaneverket.no/Miljo/miljorapportering/
- Jernbaneverket (2007): *Jernbaneverkets Jernbanestatistikk* http://www.jernbaneverket.no/multimedia/archive/01821/Jernbanestatistikk_1821829a.pdf
- Jernbaneverket (2008): Telefonsamtale med Nybø i JBV og Randi B. Svånå i Asplan Viak 10.06.08
- Johansen (1977): *Samfunnsøkonomisk lønnsomhet*. Rapport nr. 1 Industriøkonomisk Institutt, Bergen.

- Kemp, Roger (2006): *Transport energy consumption*. Discussion paper. Lancaster University. www.engineering.lancs.ac.uk/research/download/Transportprosent20Energyprosent20Consumptionprosent20Discussionprosent20Paper.pdf
- Knudsen og Bang (2007): *Miljømessige konsekvenser av bedre veier*. Sintef Rapport nummer STF50 A07034.
- KTH Järnvägsgrupp, Avdelning för trafik och logistik, Stockholm.
- Kyoto Protokollen (1997): http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php
- Møreforskning (2007): *Etterspørselsmatriser for reiser til og fra de 12 største flyplassene i Norge*. Rapport 0715.
- Mesta (2005): *Miljørapport 2005*.
- Nelldal, Bo-Lennart (2007): *Möjligheter för tåget att konkurrera med och ersätta flyget*,
- Norges Vassdrag- og Energidirektorat (2002): NVE, *Kraftbalansen i Norge mot år 2015*. Rapport 4/2002.
- Norges Vassdrag- og Energidirektorat (2005): *Kraftbalansen i Norge mot år 2020. kraftbalansen i Norge mot 2020*. Oppdaterte anslag per juni 2005 NVE-rapport 19/2005.
- Norges Vassdrag- og Energidirektorat (2008): *Energi og vannkraftsstatistikk*, www.nve.no
- NTP (2007): *Nasjonal transportplan 2012-2019* Utarbeidet av Avinor, Jernbaneverket, Kystverket, Statens vegvesen. Arbeidsdokument 02/2007.
- Norwegian (2006): *Annual Report 2006* <http://www.norwegian.no/graphics/Investorrelations/Financialreports/Annualreports/NASAnnualreport2006.pdf>
- National Roads Association (2002): *Integration of the Measurement of Energy Usage into Road Design* Contract No: 4.1031/Z/02-091/2002
- OSL (2007): *Oslo Lufthavn – Beste kollektiv andel i Europa*
http://www.osl.no/index.asp?strUrl=//templates/applications/internet/showObject.asp?infoobjectid=1027329&menuid_1=&menuid=1000417&topExpand=top&subExpand=1000119&pid_1=1000417&l=1&cAD=1000124&languagecode=1044
- Park, Kwangho et al. (2003): “Quantitative Assessment of Environmental Impacts on Life Cycle of Highways”, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol 129, January/February 2003, pp 25-31.
- Point Carbon (2008): *Carbon Prices, Juli 2008*, <http://www.pointcarbon.com/> (lest 28 juli, 2008).
- TØI (2005): *Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2005 – nøkkelrapport*.
- Ruter (2007): *Årsrapport 2006 Oslo Sporveier*.

- Sclaupitz, Holger (2008): *Energi og Klimakonsekvenser av moderne transportsystemer*, Norges Naturvernforbund, rapport 3/2008
- SFT (2007): *Reduksjon av klimagasser i Norge. En tiltaksanalyse for 2020*.
- SINTEF (2007): *Høyhastighetsjernbaner i Norge – Utfordringer* Presentasjon 2007
www.bygg.ntnu.no/naringslivsringen/dokumenter/hoyhastighetsjernbane.pdf
- SJ (2007): *Våra Tåg*, SJ informationsbroschyr, November 2007.
- Statens forurensningstilsyn (2007): *Reduksjon av klimagasser i Norge En tiltaksanalyse for 2020*, SFT tiltaksplan, TA-2254/2007.
- Statens forurensningstilsyn (2007): Delnotat til tiltaksanalysen.
- Statistisks Sentralbyrå (2008): *Utslipp av klimagasser i Norge – i dag, i går og den nære framtid*, Rapport 17/2008.
- Strippel, Håkan (2001): *IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Life Cycle Assessment of Road A Pilot Study for Inventory Analysis*, <http://www3.ivl.se/rapporter/pdf/B1210E.pdf>
- TØI (1997): "Energieffektivitet og utslipp i transport". TØI-notat 1078/1997.
- TØI (2006): *Reisevaner med fly 2005*. Rapport 828/2006.
- TØI (2007): *Bærekraftig og samfunnsnyttig luftfart*, TØI/Cicero rapport 921/2007.
- Treloar, Graham J. et al (2004): "Hybrid Life-Cycle Inventory for Road Construction and Use", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 130, No. 1, January/February 2004, pp. 43-49.
- UBS (2007): Pressemelding Global Carbon Exchange, 15 November 2007
<http://www.globalcarbonexchange.com/latest-industry-news/ubs-raises-eua-price-forecast-to-35-euros.html> (lest 28 juli, 2008).
- Vestlandsforskning (2000): "På tur med Signatur. Energibehov ved bruk av kregende togsett på Sørlandsbanen". VF-notat 5/00. Vestlandsforskning, Sogndal.
- Vestlandsforskning (2006a): "Samfunnsregnskap for Oslo Sporveier 2005", VF-notat 8/06.
- Vestlandsforskning (2006b): "Transport, miljø og kostnader". VF-notat 15/2006. Vestlandsforskning, Sogndal www.vestforsk.no/www/download.do?id=630
- Viebahn, Peter, m.fl. (2006): *Comparison of carbon capture and storage with renewable energy technologies. Regarding structural, economical, and ecological aspects*. Wuppertal institute. www.lavutslipp.no/artman/uploads/CO2-avoided-ghgt-8.pdf
- VWI (2007): *Feasibility Study Concerning High-Speed Railway Lines in Norway*, Report Phase 2 and Report Phase 3.

Werner Johansen, K. (2007): "Lønnsomme" høyhastighetstog i Norge?" *Samferdsel* nr. 9, 2007.

William-Derry (2007): *Increases in greenhouse-gas emission from high-way widening projects*, October 2007, sightline institute, Seattle, US: http://www.sightline.org/research/energy/res_pubs/analysis-ghg-roads

Wormnes, Are (2006): "Raske tog krever mye energi", *Samferdsel* 10/2006
<http://samferdsel.toi.no/article19112-985.html>

VEDLEGG 1: Utslippskoeffisienter

Tabell V1.1 *Well-to-Wheel energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for hovedreisen ved persontransport på vei*

Transport-middel	Belegg (personer/bil, passasjerer/drosje, % av bussens seter)	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Personbil	1	0,682	185	0,0230	0,196	0,653	0,0269	0,070	0,168
	2	0,341	92	0,0115	0,098	0,326	0,0135	0,035	0,084
	2,2 (normal-belegg)	0,310	84	0,0105	0,089	0,297	0,0122	0,032	0,076
	3	0,227	62	0,0077	0,065	0,218	0,0090	0,023	0,056
	4	0,171	46	0,0058	0,049	0,163	0,0067	0,018	0,042
Drosje	1	0,469	121	0,0130	0,140	0,183	0,0148	0,030	0,161
	1,3 (normalbelegg)	0,361	93	0,0100	0,108	0,141	0,0114	0,023	0,107
	2	0,235	60	0,0050	0,070	0,092	0,0074	0,015	0,081
	3	0,156	42	0,0033	0,047	0,061	0,0049	0,010	0,054
	4	0,117	30	0,0025	0,035	0,046	0,0037	0,007	0,040
Buss	25	0,203	55	0,0040	1,725	0,154	0,0055	0,073	0,058
	36 (normalbelegg)	0,141	38	0,0028	1,198	0,107	0,0038	0,051	0,040
	50	0,102	27	0,0020	0,863	0,077	0,0028	0,037	0,029
	100	0,051	14	0,0010	0,431	0,038	0,0014	0,018	0,014

Kilde: Vestlandsforskning (2007)

Tabell V1.2 Well-to-Wheel energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med ulike flytyper. Distansekategori 400 km.

Flytype	Beleggs-prosent	Energi (kWh)	CO (g)	NO _x (g)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	CH ₄ (g)	NM VOC (g)	Partikler (g)
Boeing 737	100	0,516	0,272	0,396	168	0,043	0,008	0,016	0,015
	66	0,782	0,412	0,569	232	0,065	0,012	0,024	0,023
	50	1,032	0,544	0,732	292	0,085	0,016	0,032	0,030
	25	2,064	1,088	1,404	540	0,170	0,033	0,063	0,060
MD 81	100	0,499	0,174	0,645	164	0,041	0,023	0,079	0,015
	66	0,757	0,263	0,946	226	0,063	0,035	0,119	0,023
	50	0,999	0,347	1,230	284	0,083	0,046	0,158	0,030
	25	1,998	0,694	2,400	524	0,166	0,092	0,315	0,060
MD 82	100	0,510	0,178	0,658	167	0,043	0,023	0,080	0,016
	66	0,773	0,269	0,966	230	0,065	0,035	0,121	0,024
	50	1,021	0,355	1,256	290	0,085	0,046	0,160	0,032
	25	2,042	0,711	2,452	536	0,170	0,092	0,321	0,064
MD 83	100	0,536	0,187	0,688	173	0,045	0,024	0,084	0,016
	66	0,812	0,283	1,012	239	0,068	0,037	0,127	0,024
	50	1,071	0,374	1,316	302	0,090	0,049	0,168	0,032
	25	2,143	0,747	2,572	560	0,179	0,098	0,336	0,064
MD 87	100	0,562	0,215	0,690	179	0,047	0,028	0,097	0,017
	66	0,852	0,326	1,015	249	0,071	0,043	0,147	0,026
	50	1,124	0,430	1,320	314	0,094	0,057	0,194	0,034
	25	2,248	0,861	2,580	584	0,188	0,114	0,389	0,068
MD 93	100	0,459	0,139	0,655	154	0,038	0,001	0,003	0,014
	66	0,695	0,211	0,962	211	0,058	0,001	0,004	0,021
	50	0,917	0,278	1,250	264	0,076	0,002	0,005	0,028
	25	1,835	0,556	2,440	484	0,153	0,003	0,011	0,056
DC 9-41	100	0,595	0,427	0,419	187	0,049	0,070	0,137	0,018
	66	0,902	0,647	0,604	261	0,074	0,107	0,207	0,027
	50	1,190	0,855	0,778	330	0,098	0,141	0,273	0,036
	25	2,380	1,709	1,496	616	0,197	0,282	0,547	0,072
Fokker 50	100	0,343	0,216	0,371	126	0,028	0,024	0,025	0,010
	66	0,520	0,328	0,531	168	0,043	0,037	0,038	0,015
	50	0,686	0,432	0,682	208	0,057	0,049	0,050	0,020
	25	1,373	0,865	1,304	372	0,114	0,098	0,100	0,040

Kilde: Vestlandsforskning (2007)

Tabell V1.3 *Well-to-Wheel energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) tog*

Transportmiddel	Belegg (% av togets seter)	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Eltog: Lokaltog	25	0,184	7,5	0,00008	0,032	0,0018	0,0217	0,0004	0
	28 (normalbelegg)	0,165	6,7	0,00007	0,018	0,0016	0,0194	0,0004	0
	50	0,092	3,7	0,00004	0,016	0,0009	0,0109	0,0002	0
	100	0,046	1,9	0,00002	0,008	0,0005	0,0054	0,0001	0
Eltog: InterCity	25	0,203	8,2	0,00009	0,035	0,0020	0,0239	0,0005	0
	36 (normalbelegg)	0,141	5,7	0,00006	0,022	0,0014	0,0166	0,0003	0
	50	0,102	4,1	0,00004	0,018	0,0010	0,0120	0,0002	0
	100	0,051	2,1	0,00002	0,009	0,0005	0,0060	0,0001	0
Eltog: Flytog	25	0,250	10,1	0,00011	0,042	0,0025	0,0295	0,0006	0
	28 (normalbelegg)	0,223	9,0	0,00010	0,038	0,0022	0,0263	0,0005	0
	50	0,125	5,1	0,00005	0,021	0,0013	0,0147	0,0003	0
	100	0,063	2,5	0,00003	0,011	0,0006	0,0074	0,0001	0
Eltog: Fjerntog	25	0,310	12,6	0,00013	0,053	0,0031	0,0366	0,0007	0
	50	0,155	6,3	0,00007	0,026	0,0016	0,0183	0,0004	0
	55 (normalbelegg)	0,141	5,7	0,00006	0,024	0,0014	0,0166	0,0003	0
	100	0,078	3,1	0,00003	0,013	0,0008	0,0091	0,0002	0
Eltog: Nattog	25	0,362	14,6	0,00016	0,061	0,0036	0,0427	0,0008	0
	50	0,181	7,3	0,00008	0,031	0,0018	0,0213	0,0004	0
	55 (normalbelegg)	0,165	6,7	0,00007	0,028	0,0016	0,0194	0,0004	0
	100	0,091	3,7	0,00004	0,015	0,0009	0,0107	0,0002	0
Dieseltog (Lok+vogner)	25	0,409	107,2	0,02918	1,591	0,3259	0,0106	0,1174	0,0074
	36 (normalbelegg)	0,284	62,8	0,01718	0,926	0,1897	0,0067	0,0687	0,0043
	50	0,205	53,6	0,01464	0,796	0,1630	0,0053	0,0592	0,0037
	100	0,102	26,3	0,00727	0,398	0,0814	0,0027	0,0296	0,0019
Diesel-krengetog	25	0,364	93,0	0,02542	1,384	0,2834	0,0093	0,1021	0,0064
	36 (normalbelegg)	0,253	54,7	0,01501	0,805	0,1650	0,0059	0,0595	0,0037
	50	0,182	46,5	0,01271	0,691	0,1417	0,0047	0,0511	0,0032
	100	0,091	23,3	0,00641	0,346	0,0709	0,0023	0,0255	0,0016

Kilde: Vestlandsforskning (2007)

Tabell V1.4 *Well-to-Wheel energibruk (kWh/pkm) for Oslo Sporveier.*

Kategori	Enhet	T-bane	Trikk	Buss kontrakt	Buss rest	Tog	Båt kontrakt	Båt rest	Personbil	Drosje	Totalt
Transportarbeid	Mpkm	406,00	107,00	316,00	188,61	346,14	1,77	24,05	3318,81	160,72	5082,4
Trafikkarbeid	Mvkm	20,22	3,35	16,35	11,97	5,03			2023,66	123,63	
Miljøfaktorer											
CO ₂	kg/pkm	0,007	0,009	0,086	0,075	0,006	0,792	2,120	0,167	0,152	
Nox	g/pkm	0,028	0,039	0,898	0,922	0,026	6,800	5,483	0,469	0,258	
Pm _{2,5-10}	g/pkm	0,000	0,000	0,009	0,011	0,000	0,021	0,180	0,049	0,063	
Pm _{2,5}	g/pkm	0,000	0,000	0,025	0,029	0,000	0,090	0,602	0,085	0,119	
Sum utslipp											
Co ₂	Ktonn	2,7	1,0	27,3	14,2	2,1	1,4	51,0	554,8	24,4	678,9
NO _x	Tonn	11,2	4,1	283,7	173,9	8,9	12,1	131,9	1557,3	41,5	2224,5
PM _{2,5-10}	Tonn	0	0	3,0	2,1	0	0,0	4,3	163,2	10,1	182,7
PM _{2,5}	Tonn	0	0	7,9	5,4	0	0,2	14,5	280,6	19,2	327,8

Kilde: Vestlandsforskning (2006a)