

Vurdering av luftfartens bærekraft sammenliknet med vei og bane

Konklusjon

Klimagassutslipp fra transport avhenger sterkt av forutsetningene som legges til grunn. For en typisk reise til Bergen fra Oslo vil direkte utslipp av klimagasser for én person være 46-54 kg CO₂-ekvivalenter for fly, 31-62 kg for personbil, og 2-8 kg for jernbane. For en reise til Bodø fra Oslo vil utslippet være 79-92 kg for fly, 82-164 kg for personbil og 51-58 kg for tog. Hele Bergensbanen er elektrifisert, men for en togreise til Bodø er det kun dieseltog fra Trondheim og nordover.

Utslipp fra transport til og fra lufthavn eller jernbanestasjon vil komme i tillegg, og er ikke beregnet her.

Netto klimaeffekt fra utslipp fra fly i høyere luftlag er meget komplisert å beregne, og avhenger av en rekke faktorer, deriblant meteorologiske forhold, hvor og i hvilken høyde utslippene skjer og til hvilket tidspunkt. En spesifikk tilleggseffekt på en reise til Bergen og Bodø er dermed ikke beregnet i denne rapporten, men CICERO har ut fra nyere forskning angitt tilleggseffekten til å være mellom 0,8 og 2,5, med 1,8 som middelerdi.

For indirekte utslipp av klimagasser fra produksjon av drivstoff, bygging, drift og vedlikehold av infrastruktur og fremkomstmiddel for veitransport, jernbane og luftfart, viser studier generelt at indirekte utslipp er i samme størrelsesorden for de tre alternativene, men at fly, grunnet sin høye utnyttelsesgrad og lette konstruksjon, gjerne har noe mindre indirekte utslipp enn bil. I alt står indirekte utslipp for ca. 40 % av utslipp for bil, 50-70 % for tog og rundt 20 % for fly.

Luftfarten er en betydelig mindre kilde til støyplage i Norge enn vei og jernbane, og har mindre påvirkning på naturmiljøet i form av barriereeffekter i terrenget og fragmentering av habitat. Luftfart er heller ingen vesentlig kilde til lokal luftforurensning i norske byer og tettsteder.

1 Innledning

Avinor og norsk luftfart oppdaterer i 2017 sin rapport *Bærekraftig og samfunnsnyttig luftfart* (første gang utgitt i 2008, sist oppdatert i 2011). I den forbindelse har Norconsult fått i oppgave å beskrive forskjellen i bærekraft mellom luftfart og alternative transportmetoder (personbil og jernbane). Vurderingene er i stor grad basert på allerede publiserte studier og modeller, justert for forutsetningene der dette er relevant. I tillegg til direkte klimagassutslipp er det også vurdert andre relevante bærekraftskriterier innen miljø: støybelastning, påvirkning på naturmiljø, utslipp av lokal luftforurensning og indirekte klimagassutslipp og miljøpåvirkning fra bygging og drift av tog og bane, bil og vei og fly og lufthavn.

For klimagassutslipp er eksempelstrækningene Oslo – Bergen og Oslo – Bodø brukt for å belyse den relative forskjellen mellom transportalternativene.

2 Utvalgelse av bærekraftskriterier

Bærekraft er et vidt begrep som i utgangspunktet betyr å ta vare på behovene til dagens samfunn uten å ødelegge fremtidige generasjoners muligheter til å dekke sine behov. Bærekraftsbegrepet omfatter både miljøaspekter, økonomiske og sosiale aspekter. Innen miljø er det naturlig å snakke om

klimagassutslipp, ettersom klimaendringer ofte betraktes som den viktigste utfordringen verden står overfor i dag, men også energibruk, materialbruk, forurensning, støy, naturmiljø og arealbruk kan være relevante.

For å kunne sammenlikne transportalternativer i et livsløpsperspektiv er ikke bare direkte utslipp og påvirkninger relevante. Klimagassutslipp fra bygging av vei, bane og lufthavn kan utgjøre en betydelig andel, og det kan også produksjon av bil, tog, fly og drivstoff. Disse bidragene kan variere sterkt mellom de ulike transportalternativene.

Etter en gjennomgang av litteraturen er følgende bærekraftskriterier valgt ut for å belyse forskjellen i bærekraft mellom luftfart og personbil og jernbane:

- Klimagassutslipp (direkte og indirekte)
- Støyplage
- Påvirkning på naturmiljø
- Utslipp av lokal luftforurensning

3 Klimagassutslipp

3.1 Direkte utslipp

3.1.1 Forutsetninger

For direkte klimagassutslipp er eksempelstrækningene Oslo – Bergen og Oslo – Bodø brukt for å belyse den relative forskjellen mellom transportalternativene.

Reisen fra Oslo til Bergen er ca. 450 km med bil. Jernbanestrekningen er litt lenger, 461 km, mens flyturen er kortest i avstand på ca. 330 km.

Turen Oslo-Bodø er ca. 1185 km med bil, 1275 km med tog, og rett over 800 km med fly.

Direkte utslipp per person som reiser med personbil, tog eller fly vil avhenge sterkt av hvilke forutsetninger man legger til grunn. De viktigste er:

- Drivstofforbruk på kjøretøy og fly. Avhenger av motor, vekt, utforming på kjøretøy m.m.
- Hvor mange passasjerer er om bord? Passasjerbelegg/kabinfaktor.
- Hvilken elektrisitetsmix er i kraftnettet? Norsk vannkraft eller gasskraft, eller import fra utlandet?

Drivstofforbruk på fly vil variere med flytype og antall passasjerer, som igjen vil variere etter strekning og flyselskap. Nye fly er vesentlig mer drivstoffeffektive enn eldre fly. I denne rapporten er SAS utslippskalkulator brukt for å beregne utslipp fra fly. Gjennomsnittlig utslipp fra norske personbiler er 138 g CO₂ekv/personkilometer (HBEFA, 2014).

I følge siste nasjonale Reisevaneundersøkelse er det gjennomsnittlig 1,6 personer i personbilreiser i Norge (TØI, 2014). Lange reiser (300+ km) domineres av fritids- eller besøksreiser, med gjennomsnittlig 1,7-1,9 personer i bilen. En gjennomsnittlig arbeidsreise har 1,2 personer.

Gjennomsnittlig kabinfaktor for Norwegians innenriksflygninger i 2013 var 67 % (Myhre og Valen, 2015), mens SAS utslippskalkulator oppgir en kabinfaktor på 72 %.

Passasjerbelegg på NSBs regiontog har i mange år vært ca. 50 % (SSB, 2010), men SSB oppdaterer ikke lenger statistikken for dette. Gjennomsnittlig passasjerbelegg for alle NSB sine tog sett under ett (inkludert lokaltog) er i dag 34 % (NSB, 2016).

Utslipp fra forbruk av elektrisitet i Norge er komplisert. Det vanligste er å ta utgangspunkt i enten en utslippsfaktor for norsk gjennomsnittsmiks (vannkraft, med innslag av vind og naturgass), eller en nordisk gjennomsnittsmiks, siden Norge tidvis importerer kraft. Begge inkluderer brutto import av elektrisitet til Norge eller Norden. I denne rapporten er NSBs miljøkalkulator brukt for å beregne utslipp fra jernbane, hvor norsk elmiks har utslippsfaktor på ca. 40 g CO₂e/kWh, og Nordisk elmiks ca. 180 g CO₂e/kWh.

For å vise hvor mye resultatene avhenger av forutsetningene man legger til grunn, er utslipp for hvert av transportmidlene dermed presentert med to ulike forutsetninger:

- Gjennomsnittlig norsk personbil med enten 1 eller 2 personer.
- NSB regiontog med typisk passasjerbelegg med norsk eller nordisk elektrisitetsmiks.
- Typisk passasjerbelegg (72 %) på SAS mest brukte (Boeing 737-700) eller mest moderne flymaskin (Boeing 737-800).

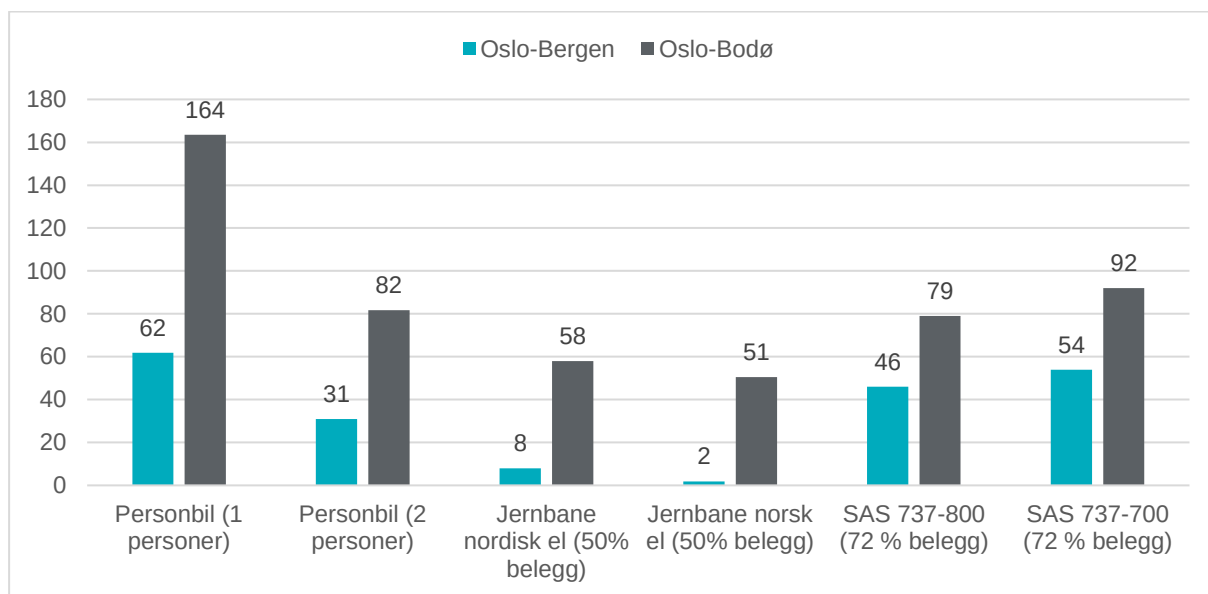
Dersom man ikke går eller sykler til eller fra lufthavnen eller jernbanestasjonen, vil utslipp fra bil eller kollektivtransport komme i tillegg. Dette er ikke beregnet her.

3.1.2 Utslipp per person

Direkte klimagassutslipp (kg CO₂-ekvivalenter) for én person med fly, personbil og tog mellom Oslo og Bergen og Oslo og Bodø er vist i Figur 1.

For en reise til Bergen kommer jernbane godt ut, ettersom Bergensbanen er elektrifisert, etterfulgt av personbil og til sist fly, avhengig av passasjerbelegg og flytype.

På den lengre distansen Oslo-Bodø kommer personbil dårligst ut. Jernbanen er elektrifisert til Trondheim, mens Nordlandsbanen er dieseldrevet. Det gjør at utslippene fra jernbane blir over 60 % av utslippene fra fly.



Figur 1: Direkte klimagassutslipp (kg CO₂-ekvivalenter) for én person med fly, personbil og tog mellom Oslo og Bergen og Oslo og Bodø. Evt. utslipp fra transport til og fra lufthavn eller jernbanestasjon vil komme i tillegg, det samme vil effekten av utslipp i høyere luftlag.

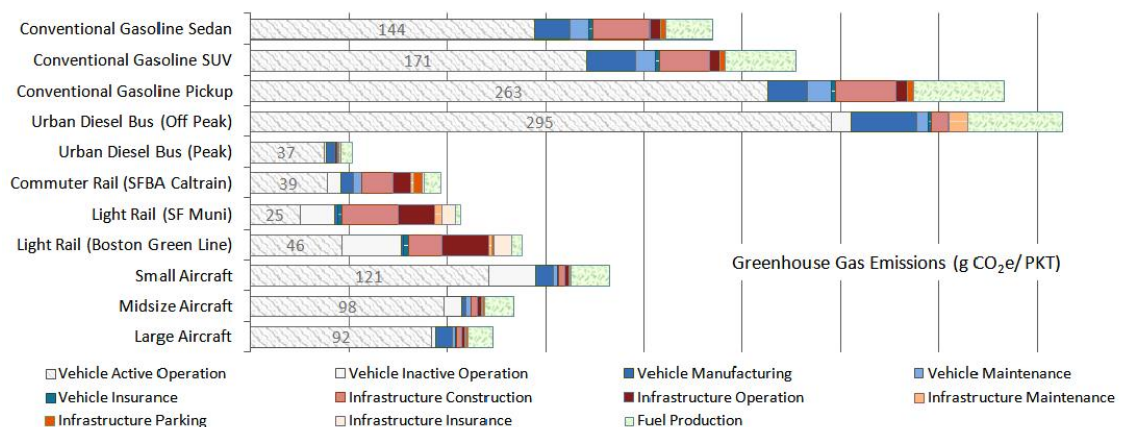
3.2 Indirekte utslipp

Det vil også være indirekte utslipp av klimagasser fra produksjon av drivstoff, bygging, drift og vedlikehold av infrastruktur og fremkomstmiddel for veitransport, jernbane og luftfart.

Beregning av indirekte utslipp avhenger også sterkt av forutsetningene det legges til grunn. Hvilken standard har veien? Hvor stor andel av de reisende tar toget fra Oslo til Bergen, og hvor mange skal av på Gol?

Generelt viser studier at indirekte utslipp er i samme størrelsesorden for de tre alternativene, men at fly, grunnet sin høye utnyttelsesgrad og lette konstruksjon, gjerne har noe mindre indirekte utslipp enn bil. Flyene er i stadig bruk, mens bilen står mest stille. Utslipp fra bygging, drift og vedlikehold av vei og bane er ganske like, og noe lavere for lufthavn. Produksjon av fossile drivstoff har høyere utslipp enn produksjon av elektrisk strøm, når en antar at togene går på strøm fra det nordiske kraftnettet.

Chester & Horvath (2009) beregner direkte og indirekte utslipp fra en rekke forskjellige biler, busser, tog og fly. Her ligger bruk av dieseldrevne tog til grunn.



Figur 2: Direkte og indirekte utslipp fra biler, busser, tog og fly. Chester & Horvath, 2009.

Dersom togdrift justeres for bruk av elektrisk fremdrift med 17,4 g CO₂e/pkm pluss 15 % tap i overføring, fås en riktigere fremstilling av alternativet tog i Norge.

Tabell 1: Direkte og indirekte utslipp fra bil, tog og fly, basert på Chester & Horvath (2009) justert for elektriske tog.

Kjøretøy		Direkte utslipp	Kjøretøy, produksjon og vedlikehold	Infrastruktur, etablering, drift og vedlikehold	Drivstoff well-to-tank	Sum
Sedan, bensin	g CO ₂ e/pkm	144	29	39	22	234
SUV, bensin	g CO ₂ e/pkm	171	37	34	35	277
Elektriske regiontog	g CO ₂ e/pkm	17,4	12	31	2,6	63
Mindre fly	g CO ₂ e/pkm	145	11	7	19	182
Sedan, bensin	%	62 %	12 %	17 %	9 %	100 %
SUV, bensin	%	62 %	13 %	12 %	13 %	100 %
Elektriske regiontog	%	28 %	19 %	49 %	4 %	100 %
Mindre fly	%	80 %	6 %	4 %	10 %	100 %

Disse tallene støttes også av andre referanser, som Tyler Lewis (2013) med fler, som viser indirekte utslipp i samme størrelsesorden.

I alt står altså indirekte utslipp for ca. 40 % av utslipp for bil, 50-70 % for tog og rundt 20 % for fly.

4 Utslipp i høyere luftlag

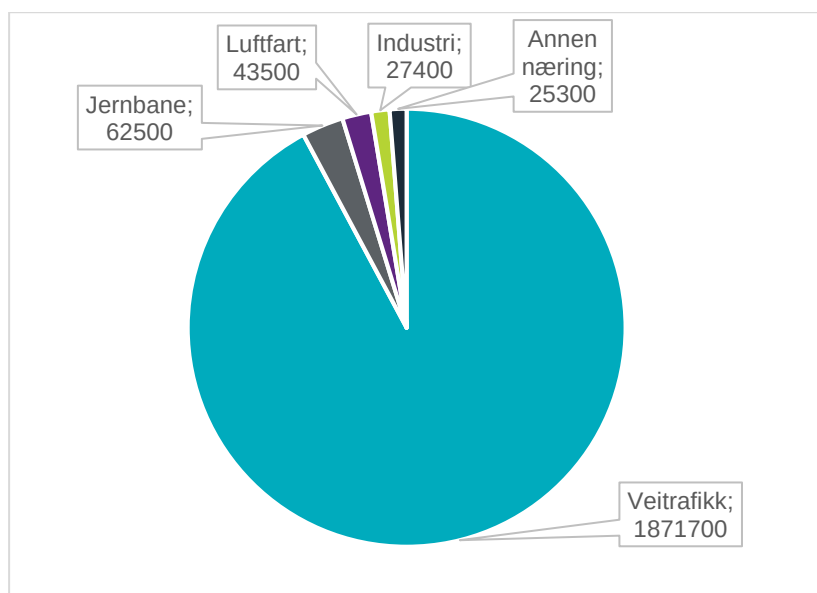
I tillegg til CO₂ slipper fly ut også vanndamp, hydrokarboner, karbonmonoksid, nitrogendioksid, svoveldioksid og sotpartikler. Disse utslippene skjer i høyere luftlag og påvirker klima direkte eller indirekte gjennom komplekse kjemiske og fysiske prosesser i atmosfæren. CICERO har ut fra nyere forskning beregnet tilleggseffekten utover CO₂ til å være mellom 0,8 og 2,5, med 1,8 som middelerverdi (CICERO, 2016). Effekten avhenger av tiden på året, samt hvor og i hvilke høyder flyvningene skjer.

5 Støy

Støy kan påvirke helsa og bidra til mindre velvære og økt mistrivsel, og anses som forurensning etter forurensningsloven. Veitrafikk er hovedkilden til støyplager i Norge, vist i Figur 3 (SSB, 2016).

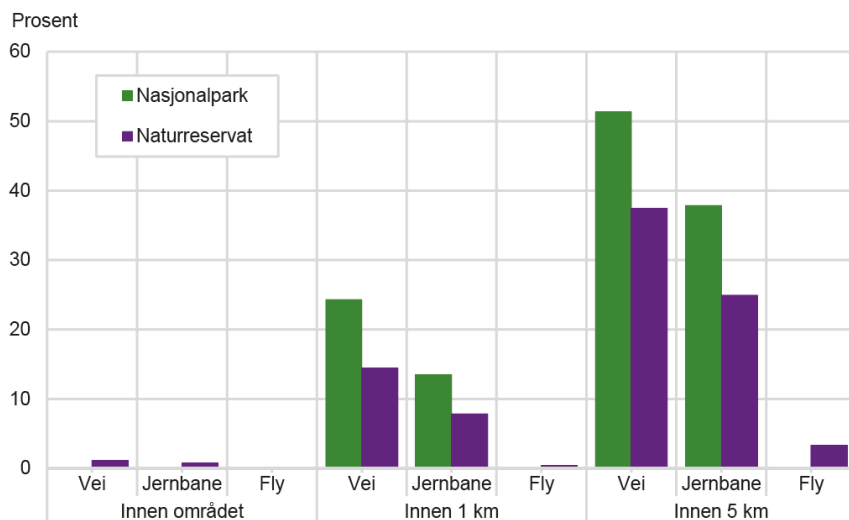
Statistisk Sentralbyrå har beregnet at 80-90 % av samferdselssektorens støy stammer fra veitransport, mens luftfart (inkludert militære flyvninger) står for ca. 2 %.

Økt trafikk og boligutbygging i sentrale områder gjør at stadig flere blir utsatt for støy. Støy fra luftfart er begrenset i utstrekning og dermed også for antall personer som er påvirket, og luftfarten har i større grad mulighet til å redusere støyplagen ved å justere inn- og utflygningsruter og flyenes motorpådrag over tettbebyggelse.



Figur 3: Antall støyutsatte (over 55 dB(A)) i Norge i 2014 etter kilde (SSB, 2016). Tallene for luftfart inkluderer militære flyvninger.

6 Påvirkning på naturmiljø



¹ Kun europa- og riksvei inkludert ferjestrekninger er tatt med i beregningene for veier.

Figur 4: Andel av nasjonalparker og naturreservat med transportinfrastruktur¹ i verneområdet, innen 1 km fra verneområdet og innen 5 km fra verneområdet. Norge. 31. desember 2014. Figur fra SSB (2015).

Vei og jernbane kan ofte ha en barriereeffekt i terrenget, som kan påvirke byområder og vilttrekk. Fragmentering av dyrenes leveområder er en trussel mot biologisk mangfold, og vei og jernbane har en mye større effekt enn lufthavner og lufttransport ettersom de gjerne går gjennom verneområder, vist i Figur 4. Over 50 prosent av nasjonalparkene i Norge ligger innen 5 kilometer fra vei, og én av fire har vei innen 1 km. For naturreservat har 37 prosent vei innen 5 km, mens nær 15 prosent har vei innen 1 km (SSB, 2015).

Barriereeffekten avhenger av både veiens bredde og hvor stor trafikken er. For de større pattedyrene i Norge vil veier kun utgjøre en barriere dersom det er brukt viltgjerder, støyskjerm eller midtrekkverk, eller hvis trafikkmengden er stor.

7 Lokal luftforurensning

Den viktigste kilden til lokal luftforurensning i norske byer er veitrafikk (Miljødirektoratet, 2017). Direkte utslipp av eksos og asfaltpartikler, nitrogenoksider og andre forurensninger skjer i stor grad i byer og tettbygde strøk, med direkte innvirkning på folks helse. Luftfart har lavere totale utslipp av lokal luftforurensning, og skjer i svært liten grad i befolkede områder. Elektrisk jernbane har ingen utslipp av lokal luftforurensning, mens dieseldrevne tog vil ha marginale lokale utslipp.

8 Referanser

Avinor m fl, 2008: Bærekraftig og samfunnsnyttig luftfart. https://avinor.no/globalassets/_konsern/miljo-lokal/miljo-og-samfunn/hovedrapport-2008.pdf

Avinor m fl, 2011: Aviation in Norway. Sustainability and social benefit.
https://avinor.no/globalassets/_konsern/miljo-lokal/miljo-og-samfunn/hovedrapport-engelsk.pdf

Avinor m fl. 2016. Grunnlagsdokument Nasjonal transportplan 2018-2029. 12. mai 2016.

Chester & Horvath 2009: Environmental assessment of passenger transportation should include infrastructure and supply chains. Environmental Research Letters 4, 2009. 024008 (8pp)

Chester & Horvath, 20019: Supporting information for: Environmental assessment of passenger transportation should include infrastructure and supply chains.

CICERO, 2016. Luftfart og klima - En oppdatert oversikt over status for forskning på klimaeffekter av utslipp fra fly. Report 2016:05

CWA 17089:2016 Indikatorer for bærekraftsvurdering av veier

HBEFA, 2014. INFRAS Berne. Handbook Emission Factors for Road Transport (HBEFA 3.2, July 2014).

Jemiolo 2015: Life cycle assessment of current and future passenger air transport in Switzerland. Master Thesis, University of Nordland.

Lewis, 2013. A Life Cycle Assessment of the Passenger Air Transport System Using Three Flight Scenarios. Master thesis, NTNU.

Miljødirektoratet, 2017. Lokal luftforurensning, Miljøkommune.no.

Myhre og Valen (2015): Luftfart, energi og miljø. Masteroppgave, Universitetet i Nordland.

NHO Luftfart (2015): En nyttig og bærekraftig norsk luftfart
<http://nholuftfart.no/getfile.php/Dokumenter/NHO%20Luftfart%20trykk%20opprykk%20web.pdf>

NSB Miljøkalkulator (februar 2017).

NSB, 2016. NSB Persontogs Miljø- og samfunnsrapport for 2015.

SSB: Statistikkområde Transport og reiseliv <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv>

SSB: Statistikkområde Natur og miljø <https://www.ssb.no/natur-og-miljo>

SSB: Statistikkområde Arealbruk og arealessurser <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/arealstat>

SSB, 2010. Kollektivtransport. Tabell 6264-1.

SSB, 2015. SSB-rapport 2015/34: Samferdsel og miljø, 2015. Utvalgte indikatorer for samferdselssektoren.

SSB, 2016. Støyeksposering og støyplage i Norge. 1999–2014.

Statens Vegvesen, 2015: Utredning om forbindelser mellom Østlandet og Vestlandet.

Transportøkonomisk institutt, 2009: Bærekraftig og samfunnsnyttig luftfart

<https://avinor.no/globalassets/konsern/miljo-lokal/miljo-og-samfunn/barekraftig-og-samfunnsnyttig-luftfart.-toi.pdf>

TØI, 2014. Transportøkonomisk institutt, 2014: Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2013/14 – nøkkelrapport. TØI rapport 1383/2014.

TØI, 2014. Transportøkonomisk institutt, 2014. Reisevaneundersøkelsen 2013/14. Samling av faktaark.

Vestlandsforskning (2010): Transport, energi og miljø. Dokumentasjonsrapport. Morten Simonsen mars 2010.

Vestlandsforskning (2010): Passasjertransport med fly. Morten Simonsen, 5 august 2010.

Vestlandsforskning (2010): Persontransport jernbane. Morten Simonsen 5/2/2010

Vestlandsforskning (2010): Indirect energy use. Morten Simonsen januar 2010

D02	2017-04-19	For godkjenning hos oppdragsgiver	MANOR/CHGAR	CHGAR	MANOR
A02	2017-04-05	For fagkontroll	MANOR/CHGAR	CHGAR	MANOR
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.