



Vestlandsforskning

Boks 163, 6851 Sogndal

Tlf. 57 67 61 50

Internett: www.vestforsk.no

VF-notat 5/01

Transport, miljø og kostnader

**Oppdatering av database for energibruk, utslipp til luft,
samfunnsøkonomiske kostnader og ulykkesrisiko ved
ulike former for gods- og persontransport**

Av

Otto Andersen

VF notat

Notat tittel: Transport, miljø og kostnader. Oppdatering av database for energibruk, utslipp til luft, samfunnsøkonomiske kostnader og ulykkesrisiko ved ulike former for gods- og persontransport	Notatnr: 5/01
	Dato: Oktober 2001
	Gradering: Åpen
Prosjekttittel: Oppdatering av database "Transport, miljø og kostnader"	Tal sider: 55
Forskarar: Otto Andersen, Hans Einar Lundli	Prosjektansvarleg: Karl G Høyser
Oppdragsgjevar: NSB BA	Emneord: Persontransport, godstransport, energibruk, luftforurensning, ulykkesrisiko, kostnader
Samandrag: Notatet presenterer oppdatert materiale som inngår i en database for sammenligning av ulike transportalternativer med hensyn til energibruk, utslipp, kostnader og risiko for ulykker. Notatet omfatter både person- og godstransport. For persontransport er de ulike transportformene vei, fly- og jernbane inkludert i databasen. For godstransport omfatter den i tillegg transport på sjø. I databasen gjøres det en tallfesting av energibruk, utslipp av CO ₂ , NO _x , CO, NMVOC, partikler, SO ₂ og CH ₄ for de ulike transportalternativene. Samfunnsøkonomiske kostnader ved de ulike utslippene blir beregnet ved å tillegge de ulike utslippskomponentene egne kostnadsfaktorer. Det blir også gitt en tallfesting av ulykkeskostnader og ulykkesrisiko ved de ulike alternativene for persontransport. Bakgrunn for valg av oppdaterte faktorer for energibruk, utslipp, kostnadsberegning og ulykkesrisiko blir presentert i notatet.	
Andre publikasjonar frå prosjektet:	
ISBN nr: ISSN: 0804-8835	Pris : Kr 100,-

Forord

Dette er rapporten fra et oppdrag finansiert av NSB BA.

Hovedmålet med oppdraget har vært å oppdatere en database for sammenligning av ulike transportalternativer med hensyn til energibruk, luftforurensende utslipp, samfunnsøkonomiske kostnader og risiko for ulykker.

Notatet bygger i hovedsak på et tidligere notat fra Vestlandsforskning utgitt i forbindelse med kvalitetssikring av databasen ”Transport, miljø og kostnader” (Andersen og Lundli, 1999). I notatet er det også inkludert statistisk datamateriale som benyttes til beregning av ulykkesrisiko. Dette er basert på oppdatert statistikk og en tidligere sammenfatning og vurdering av statistisk materiale for beregning av ulykkesrisiko ved persontransport (Andersen og Lundli, 2000).

I tillegg er det inkludert materiale om ulykkeskostnader.

Otto Andersen har vært ansvarlig for gjennomføringen av arbeidet.

Karl Georg Høyer har vært faglig hovedansvarlig.

Sogndal, november 2001
Karl Georg Høyer

Innhold

1. INNLEDNING	1
2. ENERGIBRUK OG UTSLIPP FRA PERSONTRANSPORT.....	2
2.1. PERSONTRANSPORT PÅ VEI.....	2
<i>Normalbelegg for tilslutning ved persontransport på vei.....</i>	<i>2</i>
<i>Normalbelegg for hovedreisen ved persontransport på vei.....</i>	<i>2</i>
<i>Energibruk for tilslutning ved persontransport på vei</i>	<i>2</i>
<i>Utslipp for tilslutning ved persontransport på vei.....</i>	<i>3</i>
<i>Energibruk for hovedreisen ved persontransport på vei</i>	<i>3</i>
<i>Utslipp for hovedreisen ved persontransport på vei.....</i>	<i>4</i>
<i>Persontransport med bilferger.....</i>	<i>4</i>
2.2. PERSONTRANSPORT MED JERNBANE	5
<i>Normalbelegg for persontransport med jernbane</i>	<i>5</i>
<i>Energibruk for persontransport med jernbane.....</i>	<i>5</i>
<i>Utslipp fra persontransport med jernbane</i>	<i>6</i>
2.3. PERSONTRANSPORT MED FLY	7
<i>Valg av flytyper som inngår i databasen</i>	<i>7</i>
<i>Utflyet distanse</i>	<i>9</i>
<i>Kapasitetsutnyttning</i>	<i>10</i>
<i>Beregninger av energibruk og utslipp</i>	<i>10</i>
<i>Virkning av utslipp i høyere luftlag</i>	<i>13</i>
3. ENERGIBRUK OG UTSLIPP FRA GODSTRANSPORT	15
3.1. GODSTRANSPORT PÅ VEI.....	15
<i>Energibruk og utslipp ved godstransport på vei.....</i>	<i>15</i>
<i>Godstransport med bilferge.....</i>	<i>15</i>
3.2. GODSTRANSPORT MED JERNBANE.....	16
<i>Energibruk og utslipp ved godstransport på jernbane</i>	<i>16</i>
3.3. GODSTRANSPORT PÅ SJØ.....	16
3.4. GODSTRANSPORT MED FLY	17
4. SAMFUNNSØKONOMISKE KOSTNADER VED UTSLIPPENE	18
4.1. METODISKE TILNÆRMINGER VED BEREGNING AV MILJØKOSTNADER.....	18
4.2. KOSTNADER VED UTSLIPP AV NO _x	19
4.3. KOSTNADER VED UTSLIPP AV CO ₂	21
4.4. KOSTNADER VED UTSLIPP AV NMVOC OG SO ₂	22
4.5. KOSTNADER VED UTSLIPP AV CO OG CH ₄	22
4.6. KOSTNADER VED UTSLIPP AV PARTIKLER	22
4.7. OPPSUMMERING AV FAKTORER FOR MILJØKOSTNADER.....	23
5. ULYKKESKOSTNADER.....	24
6. ULYKKESRISIKO	25
6.1. ULYKKESRISIKO VED VEITRANSPORT	25
<i>Ulykkesrisiko for personbil.....</i>	<i>25</i>
<i>Ulykkesrisiko for buss.....</i>	<i>27</i>
6.2. ULYKKESRISIKO VED LUFTRANSPORT.....	29
6.3. ULYKKESRISIKO VED JERNBANETRANSPORT	31
6.4. OPPSUMMERING AV FAKTORER FOR ULYKKESRISIKO	33
7. REFERANSER	34
7.1. LITTERATUR.....	34
7.2. INTERNET.....	36
7.3. PERSONLIGE MEDDELELSER	37

Liste over tabeller

Tabell 1 Normalbelegg for persontransport på vei.....	2
Tabell 2 Energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for tilslutning ved persontransport på vei	3
Tabell 3 Energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for hovedreisen ved persontransport på vei	4
Tabell 4 Energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for personbil- og bussalternativenes tilslutning med ferge	5
Tabell 5 Energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for persontransport med jernbane (g/pkm)	7
Tabell 6 LTO med utvalgte flytyper i Norge. Tall for 1997.....	8
Tabell 7 Flydistanser mellom de 4 største byene i Norge	9
Tabell 8 Noen utvalgte flydistanser mellom flyplasser i Nord-Norge og Sør-Norge	10
Tabell 9 Beleggsprosent for flyvninger med SAS, Braathens og Widerøe	10
Tabell 10 Flyvesyklus for en 400 km lang flyreise med mellomstore passasjerfly..	11
Tabell 11 Flyvesyklus for en 950 km lang flyreise med mellomstore passasjerfly..	11
Tabell 12 Energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med ulike flytyper. Distansekategori 400 km.	12
Tabell 13 Energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med ulike flytyper. Distansekategori 950 km.	13
Tabell 14 Energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med Dash 8-100. Gjennomsnitt for flyvninger gjennomført med Widerøe i 1997.	13
Tabell 15 Energibruk (kWh/tonnkm) og utslipp til luft (g/tonnkm) for godstransport på vei	15
Tabell 16 Energibruk (kWh/tonnkm) og utslipp til luft (g/tonnkm) for godstransporten på vei ved tilslutning med ferge.....	16
Tabell 17 Energibruk (kWh/tonnkm) og utslipp til luft (g/tonnkm) for godstransport på jernbane	16
Tabell 18 Energibruk (kWh/tonnkm) og utslipp til luft (g/tonnkm) for stykkgodsskip	16
Tabell 19 Faktorer for energibruk og utslipp fra innenriks rutefly (g/tonnkm).....	17
Tabell 20 Anslag over kostnader av NO _x -utslipp. Tall i NOK/kg (ca. 1999-kroner)	20
Tabell 21 Kostnadsverdier for NO _x -utslipp knyttet til transport. Tall i NOK/kg (ca. 1999-kroner).....	20
Tabell 22 Anslag over kostnader av CO ₂ -utslipp. Tall i NOK/kg (ca. 1999-kroner)	21
Tabell 23 Kostnadsfaktorer for utslippskomponentene	23
Tabell 24 Ulykkeskostnadsfaktorene for persontransport.....	24
Tabell 25 Ulykkeskostnadsfaktorer for godstransport	24
Tabell 26 Personer drept i personbilulykker 1991-2000.	26
Tabell 27 Transportarbeide for personbil i Norge 1990-2000 (milliard personkm)	26
Tabell 28 Beregning av egenrisiko for å omkomme med personbil	27
Tabell 29 Drepte førere og passasjerer i buss 1991-2000	27
Tabell 30 Transportarbeide for buss i Norge 1990-2000 (milliard personkm)	28
Tabell 31 Beregning av egenrisiko for buss.....	29
Tabell 32 Persontransportarbeidet for innenriks ruteflyvninger i perioden 1991-2000 (milliard passasjerkm).	31
Tabell 33 Beregning av passasjerers risiko for å omkomme ved luftfartsulykker med innenriks ruteflyvninger, 1991-2000.....	31

Tabell 34 Antall drepte passasjerer ved ulykker med tog i Norge 1991-2000	32
Tabell 35 Persontransportarbeide for jernbane i Norge 1901-2000 (milliard personkm).....	32
Tabell 36 Beregning av passasjerers ulykkesrisiko ved tog	33
Tabell 37 Ulykkesrisiko for ulike transportmiddel	33

1. Innledning

Vestlandsforskning har tidligere fått i oppdrag av NSB å kvalitetssikre en database for sammenlikning av ulike transportformer brukt i transport i Norge. I databasen inngår energibruk, utslipp av de vanligste forurensingskomponentene fra transportformene, beregning av samfunnsmessige kostnader av utslippene, ulykkeskostnader, og for persontransport også ulykkesrisiko ved de ulike transportformene.

For denne typen sammenlikninger av transportformer er det helt avgjørende at det velges systemgrenser og faktorer for mest mulig sammenliknbare forhold. Så vel elektrisitet som bensin og diesel er energibærere. For å bringe energibærerne fram til sluttbruksleddene – dvs. transportmidlene – trengs det i begge tilfelle et produksjons- og overførings-, eller leveransesystem. Disse systemene gir i begge tilfelle energitap og miljøproblemer (bl.a. utslipp av luftforurensninger). Systemgrensen for energibærere i databasen er satt ved energibruk til transportmidlenes framdrift. Det er med andre ord kun den direkte energibruken det gjøres sammenlikning av i databasen. Energifra energibærernes produksjon og distribusjon (brutto direkte utslipp og energibruk) gjøres det ikke sammenlikning av i databasen. Det tas med andre ord ikke med overføringstap i elektrisitetssystemene. Energi og utslipp fra produksjon og vedlikehold av transportmidlene og deres infrastruktur (indirekte utslipp og energibruk) er heller ikke tatt med. Skulle det tas hensyn til at en del av elektrisiteten er produsert ved danske kullkraftverk måtte det også for bensin- og dieseldrevne transportmidler inkluderes utslipp og energibruk fra oljeplattformer og oljeraffinerier samt transport av oljeproduktene. Disse sistnevnte eksemplene på *brutto direkte* energibruk/utslipp er utenfor databasens felles systemgrense, og derfor gjøres det ikke sammenlikning av dem.

Faktorene for ulykkesrisiko er basert på 10-års statistikk for ulykker hvor passasjerer med de ulike transportsystemer er omkommet. Ulykkesstatistikken er oppdatert med tall fram til og med år 2000. Det blir i notatet gitt en oppdatert oversikt over tilgjengelig statistikk for ulykkesrisiko ved de ulike alternativene for persontransport. Det er lagt spesiell vekt på å vise svakheter i materialet som gjør at det må tas forbehold ved sammenlikning av ulike transportsystemers ulykkesrisiko.

Databasen omfatter både person- og godstransport. For persontransport er de ulike transportformene vei, fly- og jernbane transport inkludert i databasen. For godstransport omfatter databasen i tillegg transport på sjø.

I databasen benyttes to typer transportstrekninger. Disse er a)Tilslutning til og fra utgangspunktet for reisen, og b)Hovedreisestrekningen. For tilslutning benyttes i hovedsak by-faktorer for utslipp og belegg, mens det for hovedreisestrekningen benyttes landsgjennomsnitt for lange reiser. Disse faktorene blir det gjort rede for i detalj i de påfølgende kapitler.

2. Energibruk og utslipp fra persontransport

I dette kapitlet blir det redegjort for valg av faktorer for belegg, energibruk og utslipp for persontransport på vei, jernbane og med fly.

2.1. Persontransport på vei

For persontransport på vei omfatter databasen privatbil, drosje og ekspressbuss. Både for tilslutning og for hovedreisen er det benyttet tall fra Opplysningsrådet for Veitrafikken om at 7,7 % av personbilbestanden pr. juni 2001 utgjøres av dieseldrevne biler og 92,3 % av bensindrevne (Gjønnes, pers meddel., oktober, 2001). Det tilsvarende anslag for drosjer brukt ved tilslutning er 64,3 % dieseldrevne og 35,7 % bensindrevne (Ibid.).

Normalbelegg for tilslutning ved persontransport på vei

For personbil som tilslutning til og fra utgangspunktet for hovedreisestrekningen benyttes et normalbelegg på 1,5 personer per kjøretøy. Dette tilsvarer det belegget som Vestlandsforskning har anslått som gjennomsnitt for persontransporten med bil i Oslo (Oslo Sporveier, 2001). Som normalbelegg for drosje ved tilslutning er det brukt en faktor på 1,5 passasjerer per kjøretøy, som tilsvarer gjennomsnittsbelegget i 1999 for Oslo- og Akershus-drosjene (Berthelsen, 2000). For buss som tilslutningsalternativ er det benyttet et normalbelegg på 50 %, som tilsvarer gjennomsnittet for ekspressbusser (Mo, pers meddel., oktober, 2001). Vi har ikke funnet det riktig å benytte data fra bybusser som grunnlag for tilslutning med buss, ettersom det i stor grad er dedikerte flybusser som er det aktuelle valg for slike reiser.

Normalbelegg for hovedreisen ved persontransport på vei

For normalbelegg på personbil som valg for hovedtransport-strekningen er det i databasen benyttet gjennomsnittet for lange reiser som Vestlandsforskning tidligere har gjort (Lundli et. al 1999). Dette innebærer et belegg på 2,2 personer per kjøretøy. I databasen er det valgt å ikke inkludere drosje som et aktuelt valg for hovedreisen. For buss er det benyttet det samme normalbelegget som for ekspressbusser (50 %).

Normalbeleggene for tilslutning og hovedreisen for persontransport på vei er oppsummert i Tabell 1.

Tabell 1 Normalbelegg for persontransport på vei

Transportmiddel	Enhet	Normalbelegg for tilslutning	Normalbelegg for hovedreisen
Personbil	Personer per kjøretøy	1,5	2,2
Drosje	Passasjerer per kjøretøy	1,5	
Buss	Prosent	50	50

Energibruk for tilslutning ved persontransport på vei

For personbil som tilslutning benyttes en faktor for energibruk på 0,44 kWh per personkm, beregnet fra SFTs oppdaterte utslippsrapport (Bang et al., 1999). SFT-faktorene for bensindrevne biler produsert i perioden 1989-1994 og for dieseldrevne biler produsert i

perioden 1991-1994 er benyttet, ettersom dette er de SFT-kategoriene som best tilsvarer den gjennomsnittlige alderen (10 år) på personbilparken (Gjønnes, pers. meddel., oktober, 2001). For tilslutning med personbil er det benyttet gjennomsnittet for de to kjørekategoriene bykjøring (30-50 km/t) og landeveiskjøring (50-70 km/t). For drosje er den gjennomsnittlige alderen 3,7 år (Ibid.). Det er derfor brukt SFT-kategorien 1997-2000 for drosjer. For drosjer er det benyttet gjennomsnittet for de to kjørekategoriene innen bykjøring, <30km/t og 30-50 km/t. Faktor for energibruken i drosjer blir da 0,41 kWh per personkm. Energibruksfaktoren for tilslutning med buss er satt til gjennomsnittet for lange reiser med ekspressbuss, igjen fordi det i stor grad er dedikerte flybusser som er det aktuelle valg for slike reiser. Bussfaktoren er 0,15 kWh per personkm (Lundli et. al 1999). Energibruks-faktorer for tilslutning for persontransport på vei er vist i Tabell 2.

Utslipp for tilslutning ved persontransport på vei

Det er for utslippene av CO, CH₄, NMVOC, NO_x, CO₂ og partikler (PM) fra personbiler og drosjer ved tilslutning benyttet faktorer fra SFTs oppdaterte utslippsrapport (Bang et al., 1999). Det er benyttet de samme forutsetninger om kjørekategori og andel dieseldrevne vs. besindrevne personbiler og drosjer som i avsnittet om energibruk ovenfor. Faktorer for utslipp av SO₂ fra personbiler ved tilslutning er beregnet ut fra Lundli et. al (1999), men justert for å gi samme forhold mellom tilslutning og hovedreisen som for energibruk. For utslipp av SO₂ fra drosjer er det benyttet faktorer fra Holtskog og Rypdal (1997). Utslippsfaktorer for CO, SO₂, CH₄, NMVOC, NO_x, CO₂ og PM fra tilslutning med buss er fra (Lundli et al., 1999). Utslippsfaktorene for tilslutning ved persontransport på vei er vist i Tabell 2.

Tabell 2 Energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for tilslutning 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	0,660	171	0,033	0,177	0,633	0,0090	0,036	0,011
	1,5 (normal-belegg)	0,440	114	0,022	0,118	0,422	0,0060	0,024	0,007
	2	0,330	86	0,017	0,089	0,317	0,0045	0,018	0,005
	3	0,147	57	0,011	0,059	0,211	0,0030	0,012	0,004
	4	0,083	43	0,008	0,044	0,158	0,0023	0,009	0,003
Drosje	1	0,662	174	0,060	0,325	0,659	0,0044	0,069	0,031
	1,5 (normalbelegg)	0,441	116	0,040	0,217	0,439	0,0030	0,046	0,020
	2	0,331	87	0,030	0,163	0,329	0,0022	0,035	0,015
	3	0,221	58	0,020	0,108	0,220	0,0015	0,023	0,010
	4	0,166	44	0,015	0,081	0,165	0,0011	0,017	0,008
Buss	25	0,300	79	0,038	1,000	0,260	0,0020	0,080	0,068
	50 (normalbelegg)	0,150	40	0,019	0,500	0,130	0,0010	0,040	0,034
	100	0,075	20	0,010	0,250	0,065	0,0005	0,020	0,017

Energibruk for hovedreisen ved persontransport på vei

For personbil som benyttes på hovedtransportstrekningen benyttes en faktor for energibruk på 0,25 kWh per personkm fra (Bang et al., 1999). Samme forutsetninger om alderssammensetning for biler og drosjer som under avsnittet om energibruk for tilslutning er benyttet. For hovedreisen med personbil og drosje er det benyttet gjennomsnittet for de to kjørekategoriene landeveiskjøring (50-70 km/t) og landeveis-motorveikjøring (80-90 km/t).

For alternativet med ekspressbuss benyttes den samme energibruksfaktoren som for tilslutning med buss, d.v.s. 0,15 kWh per personkm. Energibruks-faktorer for hovedreisen for persontransport på vei er vist i Tabell 3.

Utslipp for hovedreisen ved persontransport på vei

Det er for utslippene av CO, CH₄, NMVOC, NO_x, CO₂ og PM fra personbiler og drosjer på hovedreisen benyttet faktorer fra SFTs oppdaterte utslippsrapport (Bang et al., 1999). Samme forutsetninger om alderssammensetning for biler og drosjer som under avsnittet om utslipp ved tilslutning er benyttet. Samme forutsetning om kjøremønstre for biler og drosjer som under avsnittet om energibruk fra hovedreisen er benyttet. Faktor for utslipp av SO₂ fra personbiler for hovedreisen er beregnet fra Lundli et. al (1999), men justert med faktorene fra Bang et al. (1999) til å gi samme forhold som mellom energibruk i de to kildene. Faktor for utslipp av SO₂ fra drosjer er basert på Holtskog og Rypdal (1997), men justert med en faktor tilsvarende forholdet mellom energibruk for tilslutning og hovedreise. Utslippsfaktorer for CO, SO₂, CH₄, NMVOC, NO_x, CO₂ og PM fra tilslutning med buss er fra Lundli et al. (1999). Utslippsfaktorene for hovedreisen ved persontransport på vei er vist i Tabell 3.

Tabell 3 Energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for hovedreisen ved persontransport på vei

Transport-middel	Belegg (personer/bil, % 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	0,550	142	0,029	0,286	0,792	0,0088	0,066	0,015
	2,2 (normalbelegg)	0,250	65	0,013	0,130	0,360	0,0040	0,030	0,007
	2	0,275	71	0,014	0,143	0,396	0,0044	0,033	0,008
	3	0,165	43	0,009	0,086	0,238	0,0026	0,020	0,005
	4	0,138	35	0,007	0,072	0,198	0,0022	0,017	0,004
Drosje	1	0,495	130	0,045	0,190	0,309	0,0019	0,030	0,023
	1,5 (normalbelegg)	0,330	87	0,030	0,127	0,206	0,0012	0,020	0,015
	2	0,247	65	0,022	0,095	0,154	0,0009	0,015	0,011
	3	0,165	43	0,015	0,063	0,103	0,0006	0,010	0,008
Buss	25	0,300	71	0,034	0,900	0,234	0,0018	0,072	0,061
	50 (normalbelegg)	0,150	36	0,017	0,450	0,117	0,0009	0,036	0,031
	100	0,075	18	0,009	0,225	0,059	0,0005	0,018	0,015

Persontransport med bilferger

I databasen er det mulig å legge inn fergestrekninger som en tilknytning til hovedreisen for den delen av personbil- og bussalternativene som utgjøres av bilferge. Faktorene for energibruk og utslipp fra ferger er fra vurderinger i tidligere analyser gjort av Vestlandsforskning (Høyer, 1992). De gjennomsnittlige energibruks- og utslippsfaktorene for den delen av personbil- og bussalternativene som utgjøres av fergetransport er vist i Tabell 4.

Tabell 4 Energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for personbil- og bussalternativenes tilslutning med ferge

Transport-middel	Belegg (personer/bil, % av bussens seter)	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Bilferge (bil)	1	7,612	2037	1,408	32,120	1,936	0,1540	1,760	0,330
	2,2 (normalbelegg)	3,460	926	0,640	14,600	0,880	0,0700	0,800	0,150
	2	3,806	1019	0,704	16,060	0,968	0,0770	0,880	0,165
	3	2,284	611	0,422	9,636	0,581	0,0462	0,528	0,099
	4	1,903	509	0,352	8,030	0,484	0,0385	0,440	0,083
Bilferge (buss)	25	6,920	1852	1,280	29,200	1,760	0,1400	1,600	0,300
	50 % (normalbelegg)	3,460	926	0,640	14,600	0,880	0,0700	0,800	0,150
	100	1,730	463	0,320	7,300	0,440	0,0350	0,400	0,075

2.2. Persontransport med jernbane

For persontransport med jernbane omfatter databasen de elektriske drevne togtypene lokaltog, InterCity, flytog og fjerntog. Fjerntogene er delt inn i tre undergrupper: ekspress tog, nattog og Signatur. I tillegg til de elektriske togene omfatter databasen også to typer dieseltog: dieseltog (lok+vogner) og diesel-krengetog (type 93). Det blir i dette avsnittet redegjort for valg av faktorer for normalbelegg, energibruk og utslipp for persontransport med jernbane.

Normalbelegg for persontransport med jernbane

For lokaltog er det benyttet et gjennomsnittlig årlig normalbelegg på 35 % basert på tellinger utført av NSB i 2000 og 2001. Belegg på InterCity beregnet på tilsvarende måte er 38 %. Faktor for belegg for fjerntog er basert på tellinger og billettsalg hos NSB i 2000-2001. Disse gir gjennomsnittlig belegg for de tre elektriske fjerntogene Ekspress tog, Signatur og Nattog på henholdsvis 48%, 43% og 38%.

Tall for kapasitetsutnyttningen på dieseltog er basert på NSB's tellinger ved strekningene hvor dieseltog benyttes. Tall fra de 6 første månedene i 2001 er grunnlaget for beregning av dieseltogenes gjennomsnittlige belegg på 35 %.

Beleggsprosent for Flytog (Oslo S-Gardermoen) på 30 % er basert på opplysninger fra AS Gardermobanen i 2001.

Energibruk for persontransport med jernbane

Det er benyttet det nasjonale gjennomsnittet på 0,11 kWh/pkm for elektrisk fjerntog og 0,14 kWh/pkm for InterCity fra Høyre og Heiberg (1993). For Signatur er faktoren også basert på en egen undersøkelse av denne togtypen (Vestby, 2000). For lokaltog er det benyttet den samme energibruksfaktoren som for InterCity (0,14 kWh/pkm). Faktor for energibruken til flytog (Oslo S-Gardermoen) er basert på beregninger gjort av AS Gardermobanen i 2001, og satt til 0,17 kWh/pkm.

For dieseltog (lok+vogner) er det benyttet tall fra Jernbaneverket (1999), på 0,28 kWh/pkm. De nyere diesel-krengetogene (type 93) har energibruk beregnet fra opplysninger fra NSB om et gjennomsnittlig dieselforbruk på 8 liter per mil. Med et energiinnhold på 9,76 kWh per liter og en total kapasitet på 90 personer per togsett gir dette en energibruksfaktor på 0,25 kWh/pkm for normalbelegget.

Energibruksfaktorene for persontransport med tog er vist i Tabell 5.

Utslipp fra persontransport med jernbane

Som nevnt innledningsvis er det ikke direkte utslipp fra elektrisk jernbane. Utslipp fra produksjonen av elektrisiteten er et eksempel på brutto direkte utslipp og er utenfor de felles systemgrensene for sammenlikning av transportformene i databasen. Dette gir riktig sammenlikning med andre transportformer, hvor heller ikke utslipp fra energibærernes produksjon og distribusjon er med. Utslippsfaktor for CO₂ fra dieseltog (lok+vogner) er beregnet ut fra energibruksfaktoren fra Jernbaneverket (1999). For utslippet av CO, SO₂, CH₄, NMVOC, NO_x og PM fra dieseltog (lok+vogner) er det benyttet faktorer fra Holtskog (2001). Utslippsfaktor for CO₂ fra diesel-krengetog (type 93) er beregnet ut fra den beregnede energibruksfaktoren på 0,25 kWh/pkm. Utslippsfaktor for SO₂ fra diesel-krengetog er beregnet ut fra SO₂-utslippsfaktoren for dieseltog (lok+vogner) men justert ned med tilsvarende faktor som forholdet mellom energibruk i de to togtypene. P.g.a. manglende togspesifikke data er en tilsvarende justering gjort for utslippet av CO, CH₄, NMVOC, NO_x og PM fra diesel-krengetog.

Utslippsfaktorene for persontransport med jernbane er vist i Tabell 5.

Tabell 5 Energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for persontransport med jernbane (g/pkm)

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: Lokaltog¹	25	0,196	0	0	0	0	0	0	0
	35 (normalbelegg)	0,140	0	0	0	0	0	0	0
	50	0,098	0	0	0	0	0	0	0
	100	0,049	0	0	0	0	0	0	0
Eltog: InterCity¹	25	0,213	0	0	0	0	0	0	0
	38 (normalbelegg)	0,140	0	0	0	0	0	0	0
	50	0,106	0	0	0	0	0	0	0
	100	0,053	0	0	0	0	0	0	0
Eltog: Flytog¹	25	0,204	0	0	0	0	0	0	0
	30 (normalbelegg)	0,170	0	0	0	0	0	0	0
	50	0,102	0	0	0	0	0	0	0
	100	0,051	0	0	0	0	0	0	0
Eltog: Ekspresstog¹	25	0,211	0	0	0	0	0	0	0
	48 (normalbelegg)	0,110	0	0	0	0	0	0	0
	50	0,106	0	0	0	0	0	0	0
	100	0,053	0	0	0	0	0	0	0
Eltog: Nattog¹	25	0,167	0	0	0	0	0	0	0
	38 (normalbelegg)	0,110	0	0	0	0	0	0	0
	50	0,084	0	0	0	0	0	0	0
	100	0,042	0	0	0	0	0	0	0
Eltog: Signatur¹	25	0,189	0	0	0	0	0	0	0
	43 (normalbelegg)	0,110	0	0	0	0	0	0	0
	50	0,095	0	0	0	0	0	0	0
	100	0,047	0	0	0	0	0	0	0
Dieseltog (Lok+vogner)	25	0,392	105	0,024	1,385	0,325	0,0059	0,118	0,112
	35 (normalbelegg)	0,280	75	0,017	0,989	0,232	0,0042	0,084	0,080
	50	0,196	53	0,012	0,692	0,162	0,0029	0,059	0,056
	100	0,098	26	0,006	0,346	0,081	0,0015	0,029	0,028
Diesel-krengetog	25	0,347	93	0,021	1,226	0,288	0,0052	0,104	0,099
	35 (normalbelegg)	0,248	66	0,015	0,876	0,205	0,0037	0,074	0,071
	50	0,174	46	0,011	0,613	0,144	0,0026	0,052	0,050
	100	0,087	23	0,005	0,306	0,072	0,0013	0,026	0,025

2.3. Persontransport med fly

Valg av flytyper som inngår i databasen

Den opprinnelige svenske miljødatabasen inkluderer 6 flytyper: B737-500, BAe 146-200, DC9-41, Fokker 28, MD82 og SAAB 340. Tre av disse flytypene (BAe 146-200, Fokker 28 og SAAB 340) trafikkerer imidlertid bare i liten grad norske flyplasser.² Dette er dokumentert i Tabell 6 nedenfor. Disse tre flytypene er derfor ikke inkludert i databasen. Til

¹ Som også beskrevet i hovedteksten, er utgangspunkt for sammenlikning av ulike transportmidler i databasen utslipp og energibruk fra transportmidlenes framdrift. Dette betegnes som *netto direkte* energibruk/utslipp. Skulle det tas hensyn til at en del av elektrisiteten er produsert ved danske kullkraftverk måtte det også for bensin- og dieseldrevne transportmidler inkluderes utslipp og energibruk fra oljeplattformer og oljeraffinerier samt transport av oljeproduktene. Disse sistnevnte eksemplene på *brutto direkte* energibruk/utslipp ligger utenfor rammen av denne databasen.

² De tre flytypene er langt mer vanlige i Sverige.

erstatning for disse har vi trukket inn noen ofte benyttede flytyper i Norge som ikke inngår i den opprinnelige databasen. Dette gjelder flytypene Boeing 737-400, MD81, MD83, MD87, MD93, Fokker 50 og Dash 8-100.

Flytypen Boeing 737-400 gis de samme forbruks- og utslippsfaktorer som Boeing 737-500. Flytypen Boeing 737-500 i databasen omdøpes derfor til "Boeing 737-400 og Boeing 737-500". Braathens har et betydelig antall Boeing 737-400 i sin flyflåte. Det er viktig at brukeren forstår at databasen også gir utslippsberegninger for denne flytypen.

Utslippene per personkm for de enkelte flytypene i MD80-serien (MD81, MD82, MD83 og MD87) varierer noe. Databasen inkluderer derfor hele MD80-serien og ikke bare MD82. Den nyere og mer energieffektive flytypen MD93 er også inkludert i databasen.

Fokker 50 er en flytype som ofte benyttes på relativt korte flystrekninger i Nord-Norge og på Vestlandet. Det samme er tilfelle med den mest vanligste flytypen til Widerøe, Dash 8-100. Alle disse flytypene står for et betydelig antall avganger og landinger i Norge. De er derfor inkludert i databasen.

Braathens og SAS startet i 1998 innfasingen av nye flytyper, blant annet B737-700 og B737-600 (Braathens, 1999; SAS, 1999). Foreløpig er antallet av disse flytypene begrenset. Disse vil imidlertid øke i betydning i årene som kommer. Vi har ikke datagrunnlag for å foreta forbruks- og utslippsberegninger for disse to flytypene. B737-700 og B737-600 er derfor ikke inkludert i databasen.

Tabell 6 nedenfor gir en oversikt over antall avganger og landinger (LTO³) med de nevnte flytypene ved norske flyplasser i 1997.

Tabell 6 LTO med utvalgte flytyper i Norge. Tall for 1997

Flytype	Antall LTO	Inkludert i databasen
B737 (≈ B734 og B735)	86.000	Ja
DH8	74.000	Ja
F50	42.000	Ja
MD81, MD82, MD83	29.000	Ja
DC9-41	24.000	Ja
MD87	4.000	Ja
MD93	> 3.000	Ja
Fokker 28	<1.100	Nei
SAAB 340	<225	Nei
BAe 146-200	89	Nei

Kilde: grunnlagsdata innhentet fra Luftfartsverket og bearbeidet av Vestlandsforskning.

³ Én landing og én avgang sammen med taksing/tomgang på flyplassen, blir betegnet som én LTO (Landing/Take-Off).

Utflyet distanse

Utslippene fra fly er i miljødatabasen oppgitt per personkm. De samme faktorene benyttes uavhengig av reisens lengde. Utslippene ved en gitt kapasitetsutnyttning vil imidlertid variere med utflyet distanse. Korte flyvninger vil ha forholdsmessig høyere utslipp enn lengre flyvninger. Dette skyldes at take-off og landing utgjør en større andel av reisen ved en kort reise enn ved en lang reise. Drivstoff-forbruket og utslippet av de enkelte komponentene er større i den såkalte LTO-fasen enn i cruisefasen.

Ideelt sett burde databasen inneholdt utslippsfaktorer for hvert enkelt reisemål (eks Oslo-Bergen, Oslo-Bodø, Trondheim-Molde, etc). Dette forutsetter imidlertid beregning av gjennomsnittlige flyvesykluser for hver enkelt reisekombinasjon. Flyvesyklusene vil også variere med flytype. Dette er imidlertid et meget krevende arbeid og man er i tillegg avhengig av et omfattende samarbeid med flyselskapene. Slike data er ikke tilgjengelige i dag.

Vi har isteden valgt å beregne forbruks- og utslippsdata for 3 gitte distanser. Disse er:

- flyvninger (distanse ca 140 km) med Dash 8-100 (Widerøe)
- 400 km med små og middels store passasjerfly (SAS, Braathens), betegnet <500 km i databasen
- 950 km med middels store passasjerfly (SAS, Braathens), betegnet >500 km i databasen

Den første distanse-kategorien, flyvninger med Dash 8-100, har en gjennomsnittlig reiselengde på cirka 140 km (Høyer, 1993). Våre utslippsberegninger er her i hovedsak basert på trafikkdata og forbruksdata for året 1997, innhentet fra Widerøe. Dette innebærer at energibruks- og utslippsfaktorene for Dash 8-100 er gjennomsnittstall for alle Widerøes sine ruteflyvninger med denne flytypen i 1997.

Kategorien 400 km med små og mellomstore passasjerfly er det naturlig å anvende på flyvninger mellom de store byene i Sør-Norge samt Fokker 50-flyvningene. Tabell 7 viser flydistansen mellom de fire største byene i Norge.

Tabell 7 Flydistanser mellom de 4 største byene i Norge

Fra – til	Distanse (km)
Gardermoen-Flesland	320
Gardermoen-Værnes	360
Gardermoen-Sola	340
Flesland-Værnes	460
Flesland-Sola	170

Kilde: NSB database "Transport, miljø og kostnader" (<http://prosjekt.vestforsk.no/nsb/>)

Med unntak for Flesland-Sola har flyvningene mellom de fire største byene i Norge en distanse på fra 320 km til 460 km. Dette innebærer at kategorien 400 km er en god tilnærming for de nevnte flyvninger. Unntaket er imidlertid Flesland-Sola. Vi har imidlertid ikke datagrunnlag for å beregne flyvesykluser for reiser med middels store passasjerfly som er kortere enn 400 km.

Kategorien 950 km med mellomstore passasjerfly vil være naturlig å anvende på de fleste flyvninger mellom Nord-Norge og Sør-Norge. Eksempler på utfløyet distanse mellom flyplasser i Nord-Norge og Sør-Norge er vist i Tabell 8 nedenfor.

Tabell 8 Noen utvalgte flydistanser mellom flyplasser i Nord-Norge og Sør-Norge

Fra – til	Distanse (km)
Trondheim-Tromsø	774
Gardermoen-Bodø	802
Gardermoen-Evenes	959
Gardermoen-Bardufoss	1044
Gardermoen-Tromsø	1113

Kilde: NSB database "Transport, miljø og kostnader" (<http://prosjekt.vestforsk.no/nsb/>)

De fleste flyvninger mellom Nord-Norge og Sør-Norge har avgang eller landing på Gardermoen. Dette innebærer en relativ lang utfløyet distanse, noe Tabell 8 også viser. En distanse på 950 km vil være en god tilnærming for flyreiser mellom Nord-Norge og Sør-Norge.

Kapasitetsutnyttning

Beleggsprosent som tilsvareer gjennomsnittet for flyvninger i Norge i 1998 (1997 for Dash 8-100/Widerøe) er vist i Tabell 9.

Tabell 9 Beleggsprosent for flyvninger med SAS, Braathens og Widerøe

Flyselskap	Beleggsprosent (%)
SAS innland (1998)	62,6
Braathens innland (1998)	56,0
Widerøe (1997)	51,3

Kilder: SAS 1999; Braathens 1999; Lundli og Vestby 1999.

Av Tabell 9 ser vi at SAS har den høyeste kabinfaktoren og Widerøe den laveste. SAS, Braathens og Widerøe benytter hver sine flytyper. Dette innebærer at det hadde vært mulig å legge inn ulike kabinfaktorer for de enkelte flytypene (eks 62,6 % for MD-flyene, DC 9-41 og Fokker 50, 56,0 % for Boeing 734/735). Vi har imidlertid valgt at det for reisekategorien 400 km og 950 km benyttes en kabinfaktor som er gjennomsnitt av kabinfaktoren for SAS og Braathens. Dette innebærer en kabinfaktor på 59,3 %. For flyvninger med Dash 8-100 (distanse ca 140 km) med Widerøe er imidlertid den faktiske kabinfaktoren for disse reisene i 1997 benyttet (51,3 %). Denne typen flyvninger vil normalt ha en lavere beleggsprosent som følge av mange "mellomlandinger".

Beregninger av energibruk og utslipp

Før beregninger av energibruk og utslipp for de aktuelle flytyper og distanser presenteres, vises flyvesyklusene som ligger til grunn for beregningene.

Tabell 10 og Tabell 11 viser beregnet flyvesyklus for henholdsvis en 400 km og en 950 km flyreise med mellomstore passasjerfly. Energibruks- og utslippsberegninger for den tredje

distansekategoriene, korte flyvninger med Dash 8-100, tar imidlertid ikke utgangspunkt i en flyvesyklus. Beregninger for denne flytypen tar utgangspunkt i trafikkdata og forbruksdata oppgitt av Widerøe.

Tabell 10 Flyvesyklus for en 400 km lang flyreise med mellomstore passasjerfly

	Tid (s)	Tid (min)
take off	42,0	0,70
climb I	53,6	0,89
climb II	717,2	11,95
cruise	453,6	7,56
descent	833,0	13,88
approach	260,6	4,34
idle	706,4	11,77
SUM	3066,4	51,11

Kilde: Beregnet av Vestlandsforskning med utgangspunkt i data innhentet fra Flygtekniska Forsøksanstalten. Dataene til FFA baserer seg på flere faktiske flyvninger gjennomført av SAS sommeren og vinteren 1997.

Den totale flytiden for en flyreise på 400 km er altså beregnet til ca 51 minutter. Dette stemmer bra overens med flytiden som SAS oppgir for strekningen Kirkenes-Tromsø (55 minutter på 422 km) og for strekningen Oslo-Trondheim (50 minutter på 360 km) (SAS, 1999b).

Tabell 11 Flyvesyklus for en 950 km lang flyreise med mellomstore passasjerfly

	Tid (s)	Tid (min)
take off	42,0	0,70
climb I	78,0	1,30
climb II	1119,2	18,65
cruise	2547,5	42,46
descent	1282,5	21,38
approach	269,1	4,48
idle	875,5	14,59
SUM	6213,8	103,56

Den totale flytiden for en flyreise på 950 km er beregnet til ca 104 minutter. Til sammenligning oppgir SAS flytiden for strekningen Oslo-Evenes (960 km) til 95 minutter.

Vi ser at andelen av tiden flyet er i cruise-fasen er betydelig høyere for reisen på 950 km enn for reisen på 400 km. Drivstoff-forbruk og utslipp er vesentlig lavere i cruise-fasen enn under oppstigning. Dette innebærer at utslippet per personkm blir lavere jo lengre flyreisen er. Tabell 12, Tabell 13 og Tabell 14 viser våre beregninger av energibruk og utslipp for de enkelte flytypene og distansekategoriene.

Tabell 12 Energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med ulike flytyper. Distansekategori 400 km.

Flytype	Beleggsprosent	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Boeing 734/735	100	0,469	124	0,039	0,336	0,268	0,0006	0,012	0,015
	65	0,722	191	0,060	0,517	0,412	0,0009	0,018	0,023
	59	0,791	209	0,066	0,567	0,452	0,0010	0,020	0,025
	25	1,876	496	0,156	1,344	1,072	0,0024	0,048	0,060
MD 81	100	0,454	120	0,038	0,585	0,171	0,0017	0,060	0,015
	65	0,699	185	0,058	0,901	0,264	0,0026	0,092	0,023
	59	0,766	202	0,064	0,987	0,289	0,0029	0,101	0,026
	25	1,816	480	0,152	2,342	0,686	0,0068	0,240	0,061
MD 82	100	0,464	123	0,039	0,598	0,175	0,0017	0,061	0,016
	65	0,713	189	0,060	0,920	0,269	0,0027	0,094	0,024
	59	0,782	207	0,065	1,008	0,295	0,0029	0,103	0,026
	25	1,854	490	0,155	2,391	0,700	0,0069	0,245	0,062
MD 83	100	0,487	129	0,041	0,628	0,184	0,0018	0,064	0,016
	65	0,750	198	0,063	0,967	0,283	0,0028	0,099	0,025
	59	0,822	217	0,069	1,060	0,310	0,0031	0,109	0,028
	25	1,950	516	0,163	2,514	0,736	0,0073	0,258	0,065
MD 87	100	0,511	135	0,043	0,630	0,212	0,0021	0,074	0,017
	65	0,787	208	0,066	0,969	0,326	0,0032	0,114	0,026
	59	0,862	228	0,072	1,063	0,358	0,0035	0,125	0,029
	25	2,045	541	0,171	2,521	0,849	0,0084	0,297	0,068
MD 93	100	0,417	110	0,035	0,595	0,137	0,00006	0,002	0,014
	65	0,641	169	0,054	0,916	0,211	0,00009	0,004	0,021
	59	0,703	186	0,059	1,004	0,231	0,00009	0,004	0,024
	25	1,666	441	0,139	2,382	0,547	0,00023	0,009	0,056
DC 9-41	100	0,541	143	0,045	0,359	0,421	0,0052	0,104	0,018
	65	0,832	220	0,069	0,552	0,648	0,0080	0,160	0,028
	59	0,912	241	0,076	0,605	0,710	0,0088	0,175	0,030
	25	2,164	572	0,180	1,436	1,684	0,0208	0,416	0,072
Fokker 50	100	0,312	82	0,026	0,311	0,213	0,0018	0,019	0,010
	65	0,480	127	0,040	0,479	0,328	0,0028	0,030	0,016
	59	0,526	139	0,044	0,525	0,359	0,0031	0,032	0,018
	25	1,248	330	0,104	1,244	0,853	0,0074	0,077	0,042

Kilder: Egne beregninger basert på data innhentet fra FFA, SAS, Braathens, Widerøe og Luftfartsverket.

Tabell 13 Energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med ulike flytyper. Distansekategori 950 km.

Flytype	Beleggsprosent	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NMVOG (g)	Partikler (g)
Boeing 734/735	100	0,390	103	0,033	0,302	0,215	0,0003	0,009	0,013
	65	0,600	158	0,051	0,465	0,331	0,0005	0,014	0,020
	59	0,658	174	0,056	0,509	0,363	0,0005	0,015	0,022
	25	1,560	412	0,132	1,208	0,860	0,0012	0,036	0,052
MD 81	100	0,402	106	0,034	0,444	0,147	0,0009	0,053	0,013
	65	0,619	164	0,052	0,683	0,226	0,0013	0,081	0,021
	59	0,679	179	0,057	0,748	0,248	0,0015	0,089	0,023
	25	1,610	426	0,135	1,775	0,588	0,0035	0,210	0,054
MD 82	100	0,411	109	0,034	0,453	0,150	0,0009	0,054	0,014
	65	0,632	167	0,053	0,697	0,231	0,0014	0,082	0,021
	59	0,693	183	0,058	0,764	0,253	0,0015	0,090	0,023
	25	1,644	435	0,138	1,812	0,600	0,0035	0,214	0,055
MD 83	100	0,432	114	0,036	0,476	0,158	0,0009	0,056	0,014
	65	0,665	176	0,056	0,733	0,243	0,0014	0,087	0,022
	59	0,729	193	0,061	0,803	0,266	0,0016	0,095	0,024
	25	1,728	457	0,145	1,905	0,631	0,0037	0,225	0,058
MD 87	100	0,453	120	0,038	0,478	0,182	0,0011	0,065	0,015
	65	0,697	184	0,058	0,735	0,280	0,0016	0,100	0,023
	59	0,764	202	0,064	0,805	0,307	0,0018	0,110	0,026
	25	1,813	479	0,152	1,911	0,728	0,0043	0,260	0,061
MD 93	100	0,369	98	0,031	0,451	0,117	0,00003	0,002	0,012
	65	0,568	150	0,048	0,694	0,180	0,00004	0,003	0,019
	59	0,623	165	0,052	0,761	0,198	0,00005	0,003	0,021
	25	1,477	391	0,124	1,805	0,469	0,00011	0,008	0,049
DC 9-41	100	0,462	122	0,039	0,278	0,315	0,0026	0,075	0,015
	65	0,711	188	0,059	0,428	0,484	0,0041	0,115	0,024
	59	0,779	206	0,065	0,469	0,531	0,0045	0,126	0,026
	25	1,848	489	0,155	1,113	1,260	0,0106	0,298	0,062

Kilder: Egne beregninger basert på data innhentet fra FFA, SAS, Braathens, Widerøe og Luftfartsverket.

Tabell 14 Energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med Dash 8-100. Gjennomsnitt for flyvninger gjennomført med Widerøe i 1997.

Flytype	Beleggsprosent	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NMVOG (g)	Partikler (g)
Dash 8-100	100	0,611	161	0,051	0,600	0,250	0,0010	0,009	0,020
	65	0,940	248	0,079	0,923	0,385	0,0015	0,014	0,031
	49	1,248	329	0,104	1,224	0,510	0,0020	0,018	0,042
	25	2,445	645	0,205	2,400	1,000	0,0040	0,036	0,082

Kilder: Egne beregninger basert på data innhentet fra FFA, Widerøe, Luftfartsverket samt Høyer (1993).

Virkning av utslipp i høyere luftlag

Fly slipper ut forurensninger til luft i ulike høydeler. Det har stor betydning i hvilke høydeler utslippene skjer for den videre skjebne de får gjennom atmosfæren. For samme type forurensning vil vi kunne få ulike typer virkninger avhengig av høydeler.

RFI er en forkortelse for *Radiative Forcing Index*, eller fritt oversatt til norsk, *strålingspådriv-indeks*. RFI-indeksen kan brukes til å sammenligne den totale klimaeffekten

(eller egentlig strålingspådrivet) av det samlede utslippet fra luftfart med den tilsvarende klimaeffekten for CO₂-utslippet alene (IPCC, 1999).

RFI-verdien for verdens flåte av subsoniske fly er beregnet til 2,7 for året 1992.⁴ Dette innebærer at luftfartens samlede virkning på drivhuseffekten er 2,7 ganger større enn hva luftfartens CO₂-utslipp alene tilsier. Det er imidlertid en betydelig usikkerhet knyttet til en slik kvantifisering.

Databasen ”Transport, miljø og kostnader” omfatter bare innenrikse flyreiser i Norge. Denne typen flyreiser har generelt en lavere cruisehøyde enn lengre utenriksreiser samt interkontinentale flyvninger. Dette innebærer at innenrikse flyvninger i Norge ikke har like stor effekt på klimaet som lengre reiser. En RFI-faktor på 2,7 er derfor trolig for høy for innenriks luftfart. Av denne grunn foreslår vi at databasen foreløpig ikke inkluderer klimaeffekten av utslipp i høyere luftlag.

⁴ Den tilsvarende RFI-verdien for supersoniske fly er flere ganger større. Dette følger blant annet av at utslipp av vanndamp høyt i stratosfæren har en betydelig sterkere effekt på klimaet enn utslipp av vanndamp i øvre del av troposfæren/nedre del av stratosfæren (IPCC, 1999).

3. Energibruk og utslipp fra godstransport

I dette kapitlet blir det redegjort for valg av faktorer for kapasitetsutnyttelse, energibruk og utslipp for godstransport på vei, jernbane, sjø og med fly. Det er benyttet samme faktorer for energibruk og utslipp for tilslutning som for hovedtransport-strekningen.

3.1. Godstransport på vei

For godstransport på vei omfatter databasen fem kategorier transportmidler:

1. Lett varebil (<2,7 tonn totalvekt)
2. Tung varebil (2,7-3,5 tonn totalvekt)
3. Lett godsbil (3,5-10 tonn totalvekt)
4. Medium godsbil (10-20 tonn totalvekt)
5. Tung godsbil (>20 tonn totalvekt)

Energibruk og utslipp ved godstransport på vei

Faktorer for energibruk og utslipp fra godstransport på vei er hentet fra TØI (Thune-Larsen m.fl., 1997) og vist i Tabell 15.

Tabell 15 Energibruk (kWh/tonnkm) og utslipp til luft (g/tonnkm) for godstransport på vei

Transportmiddel	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Lett varebil (<2,7 tonn totalvekt)	2,940	757	0,350	2,960	3,170	0,0340	0,940	1,250
Tung varebil (2,7-3,5 tonn totalvekt)	1,110	286	0,132	1,100	1,170	0,0120	0,320	0,399
Lett godsbil (3,5-10 tonn totalvekt)	0,860	222	0,102	2,580	1,440	0,0100	0,390	0,189
Medium godsbil (10-20 tonn totalvekt)	0,780	200	0,093	2,200	0,990	0,0040	0,300	0,169
Tung godsbil (>20 tonn totalvekt)	0,220	57	0,026	0,640	0,250	0,0010	0,080	0,045

Godstransport med bilferge

For den delen av veialternativet som utgjøres av bilferge har vi tidligere benyttet utslippsfaktorer som er basert på en bearbeidelse av faktorene slik de framkommer i Holtskog og Rypdal (1997). Det er disse faktorene som er benyttet i Andersen (1999). Disse faktorene skiller seg imidlertid sterkt fra de som oppgis i Thune-Larsen m.fl. (1997). For databasen har vi valgt å legge til grunn faktorer som i størrelsesorden ligger mellom de opprinnelige fra Holtskog og Rypdal (1997) og de som er benyttet i Andersen (1999). Vi har derfor benyttet faktorene fra Thune-Larsen m.fl. (1997).

Energibruken for godstransport med bilferger er beregnet ut fra CO₂-utslippet. Dette er gjort på samme måte som for persontransport med bilferge ved å benytte en verdi for energiinnholdet i marin diesel på 11,76 kWh/kg og en omregningsfaktor på 3,15 kg CO₂ per kg drivstoff. Vi får da en energibruksfaktor på 7,15 kWh/tonnkm for bilferger.

Energibruks- og utslippsfaktorene for den delen av godstransporten på vei som utgjøres ved fergestrekningene er vist i Tabell 16.

Tabell 16 Energibruk (kWh/tonnkm) og utslipp til luft (g/tonnkm) for godstransporten på vei ved tilslutning med ferge

Transportmiddel	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Bilferge	7,150	1915	1,330	30,200	1,810	0,1400	1,660	0,300

3.2. Godstransport med jernbane

For godstransport på jernbane omfatter databasen to alternativer:

1. Dieseltog
2. Elektrisk tog

Jernbanestatistikken fra NSB er lagt til grunn for valg av beleggprosent. Det oppgis i denne en gjennomsnitt kapasitetsutnyttelse på 74% for godstog (NSB BA, 1997).

Energibruk og utslipp ved godstransport på jernbane

Faktor for energibruk for godstransport med dieseltog er fra Andersen m.fl. (1999). For energibruk for godstransport med elektrisk tog og utslipp fra dieseltog er landsgjennomsnittet fra Thune-Larsen m.fl. (1997), NSB (2000) og Jernbaneverket (1998) lagt til grunn. Utslipp fra elektrisk godstog settes til null av samme grunn som forklart under kapitlet om persontransport. Energibruks- og utslippsfaktorene for godstransport med jernbane er vist i Tabell 17.

Tabell 17 Energibruk (kWh/tonnkm) og utslipp til luft (g/tonnkm) for godstransport på jernbane

Transportmiddel	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Dieseltog	0,200	54	0,045	0,682	0,183	0,0031	0,079	0,078
Elektrisk tog	0,050	0	0	0	0	0	0	0

3.3. Godstransport på sjø

For godstransport på sjø er det beregnet bruk av stykkgodsskip med 500-3000 brutto registertonn. Det er for denne type transport benyttet en energieffektivitet på 0,34 kWh/tonnkm og utslipp til luft som anslått av TØI (Thune-Larsen m.fl., 1997).

Faktorene for energibruk og utslipp til luft fra godstransport med stykkgodsskip er vist i Tabell 18.

Tabell 18 Energibruk (kWh/tonnkm) og utslipp til luft (g/tonnkm) for stykkgodsskip

Transportmiddel	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Stykkgodsskip	0,338	91	0,240	2,150	0,060	0,0100	0,060	0,030

3.4. Godstransport med fly

For transport av gods med fly er det benyttet gjennomsnittlige tall for energibruk og utslipp fra innenriks rutefly slik de framkommer hos Holtskog og Rypdal (1997). Energibruken er her oppgitt til 8,7 kWh/tonnkm. Faktorene for energibruk og utslipp til luft for innenriks rutefly er vist i Tabell 19.

Tabell 19 Faktorer for energibruk og utslipp fra innenriks rutefly (g/tonnkm)

Transportmiddel	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Innenriks rutefly	8,700	2290	0,260	6,620	5,620	0,0700	1,010	0,290

4. Samfunnsøkonomiske kostnader ved utslippene

I dette kapittelet vil vi presentere og begrunne valg av faktorer for miljøkostnader som benyttes i databasen. Presentasjonen av bakgrunns materialet om miljøkostnader bygger blant annet på en tidligere studie som Vestlandsforskning gjennomførte for Oslo Sporveier i 1997-98 (Lundli et al., 1998a og 1998b).

Miljødatabasen beregner helse og miljø- kostnadene av utslipp til luft av CO₂, NO_x, CO, NMVOC, CH₄, SO₂ og PM for de ulike transportene. En fastsetting av en eventuell helse- og miljøkostnad på netto direkte energibruk lar seg ikke gjøre. Dette kan imidlertid gjøres for brutto direkte energibruk i og med at *produksjonen* av energibærerne innebærer konsekvenser for helse og miljø. Dette ligger imidlertid utenom rammen av denne databasen, som kun omhandler netto direkte energibruk. Vi har derfor valgt å sette kostnaden for energi lik null.

Innledningsvis må det imidlertid understrekes at det er *stor usikkerhet* knyttet til alle de metodiske tilnærmingene til verdsetting av miljøgoder/miljøskader. Denne usikkerheten gjør seg gjeldende på alle nivåer. For det første er det betydelig usikkerhet i selve det teoretiske og metodiske grunnlaget. For det andre er det usikkerheter både om sammenhengene mellom utslipp/skader og om fastleggingen av de økonomiske verdiene for disse skadene. Disse usikkerhetene framkommer ved at det er store variasjoner i de verdiene ulike studier gir som resultat, uansett om disse knytter seg til samme eller forskjellige metodiske tilnærminger. Nedenfor skal vi gjennomgå resultatene fra flere slike studier. Det framgår at det for det samme skadeproblemet kan være variasjoner opp til 1000% i den økonomiske verdsettingen. Det understreker at alle slike tall må brukes med varsomhet. Bruken av disse bør avgrenses til å *illustrere forskjellene mellom alternative transportmåter*. De gir *ikke* et eksakt bilde av de absolutte miljøkostnadene som knytter seg til de enkelte transportmåtene.

Før vi drøfter kostnadsfaktorer for utslipp og ulykker benyttet i tidligere studier, er det naturlig å gi en kort omtale av de viktigste metodiske tilnærmingene som benyttes ved beregning av miljøkostnader.

4.1. Metodiske tilnærminger ved beregning av miljøkostnader

Ved beregning av miljøkostnader kan det i hovedsak benyttes 4 ulike metodiske tilnærminger:

1. Skadekostnadsmetoden

Omfatter beregninger av miljøkostnader basert på årsakssammenhenger mellom forurensningene og skadene (dose-respons) for de respektive miljøproblemene. Det står derved sentralt å finne sammenhengen mellom dose og respons, f.eks. mellom omfanget av NO_x-utslipp og risikoen for helseskader som følge av utslippet. I tillegg må kostnadene ved f.eks. forverret helse fastsettes. Metoden er vanlig for verdsetting av eksterne effekter som støy og utslipp til luft (ECON, 1995; Miljøverndepartementet, 1995).

2. Betalingsvillighet - direkte metode

Omfatter verdsetting av miljøgoder gjennom spørsmål til representative utvalg om maksimal betalingsvillighet for å hindre gitte miljøvirkninger. Individene spørres altså

direkte om deres faktiske betalingsvilje for miljøgoder. Miljøendringene som verdsettes må også her baseres på dose-respons sammenhenger (Miljøverndepartementet, 1995).

3. *Betalingsvillighet - indirekte metode*

Består i å utlede individenes betalingsvilje for miljøgoder gjennom observering av faktisk adferd. Det tas utgangspunkt i individenes adferd i markeder for et gode som er komplementært med det aktuelle miljøgodet. Endringer i omfang/tilgang på miljøgoder fører til endring i adferd i markeder for goder/tjenester som er assosiert med bruken av de respektive miljøgodene. På grunnlag av disse endringene kan en anslå bruksverdiene knyttet til miljøgodene (ECON 1995; Miljøverndepartementet, 1995).

4. *Tiltakskostnadsmetoden*

Omfatter beregninger av kostnadene ved tiltak som kan anvendes for å motvirke at miljøskadene oppstår, eventuelt for å redusere f.eks. utslippene av forurensninger. Beregningene kan knyttes både til tiltak som faktisk anvendes og til potensielle/framtidige tiltak som er nødvendige f.eks. for å redusere miljøskadene/miljøbelastningene til et visst nivå. Dette nivået kan være rent politisk bestemt, eventuelt kan det være en naturfaglig bestemt *tålegrense*.

Innenfor rammen av disse hovedmetodiske tilnærmingene kan det anvendes flere ulike verdsettelsesmetoder. F.eks. kan skadekostnader fastsettes av *ekspertpaneler*, ved at disse sitter sammen og bestemmer verdier for ulike miljøskader. Innenfor de direkte betalingsvillighetsmetodene kan det anvendes *betinget verdsettelsesmetode* (Contingent Valuation Method) som innebærer at individenes betalingsvilje utledes gjennom å konstruere hypotetiske markeder (ECON, 1995).

Miljøavgifter er også en form for verdsetting. Delvis kan de knyttes til gruppen av indirekte betalingsvillighetsmetoder ved at de faktiske miljøavgiftene kan sies å gjenspeile samfunnets (den kollektive) betalingsvilje for miljøgoder. Men miljøavgifter kan dessuten knyttes til gruppen tiltakskostnadsmetoder, f.eks. når en størrelse på miljøavgiften fastsettes i forhold til det som er nødvendig for å oppnå en bestemt reduksjon i miljøskadene/miljøbelastningene. F.eks. kan den CO₂-avgiften som er nødvendig for å oppnå en bestemt reduksjon i CO₂-utslippene oppfattes som samfunnets samlede tiltakskostnad for å oppnå disse reduksjonene.

Den svenske *miljøgjeldsmetoden* kan også forstås som en form for tiltakskostnadsmetode. Begrepet *miljøgjeld* defineres som gjenopprettelseskostnader for miljøskader som er teknisk-økonomisk gjenopprettbare, samt størrelsen på den kapitalen som trengs for å betale tilbakevendende "reparasjonsinnsatser". Det skilles mellom *langsiktig* og *kortsiktig* miljøgjeld. Den langsiktige beregnes for de miljøproblemene der skadene er overførbare på kommende generasjoner. Eksempler på slike miljøproblemer er globale klimaendringer og forsurening av jord og vann. I den kortsiktige miljøgjelden inkluderes problemområder som støv og luftkvalitet i byer og tettsteder. I Sverige er det gjort slike beregninger både for landet som helhet og for en rekke kommuner (Jernlov, 1994; Agerström, 1997).

4.2. **Kostnader ved utslipp av NO_x**

Tabell 20 summerer resultatene fra en rekke studier som har vurdert kostnadene ved utslipp av NO_x.

Tabell 20 Anslag over kostnader av NO_x -utslipp. Tall i NOK/kg (ca. 1999-kroner)

Studie	Helse	Miljø	Annet	I alt
SFT ¹⁾	330	1,2		331,2
SFT ²⁾		60		
MD/SFT ³⁾	330	0,35		330,35
TØI ⁴⁾				5-60
TØI ⁵⁾				200-600
SJ ⁶⁾				40
Kågeson ⁷⁾				40
UIC ⁸⁾				30
Diverse studier ⁹⁾				160-800

1) Tall brukt av SFT for å beregne nytten av reduksjoner i utslippene. Verdien for helseeffekter gjelder for utslipp fra veitrafikk i by. Denne verdien bygger på kostnadstall frambrakt av et ekspertpanel. Verdien for miljøeffekter gjelder også for utslipp fra veitrafikk. Den omfatter både forsurings- og marine eutrofiseringsskader. Det viktigste kildegrunnlaget for disse skadene er betalingsvillighetsundersøkelser (Selvig, pers. medd.)

2) Anslag over tiltakskostnader ved å redusere NO_x -utslippene med 30-50%. Verdien er knyttet til forsuringsrelaterte tiltakskostnader (Selvig, pers. medd.)

3) Tall gjengitt i St.meld.nr. 41 (94-95) knyttet til utslipp fra veitrafikk. Se ellers note 1 (Miljøvern-departementet, 1995).

4) Tall beregnet av Vestlandsforskning basert på en studie av Transportmidlenes marginale kostnadsansvar. Omfatter helsekostnader ved utslipp fra veitrafikk i by. Den lave verdien knytter helsekostnadene til summen av utslippene av NO_x, CO, SO₂ og VOC. Den høye verdien knytter dem bare til utslippene av NO_x (Eriksen og Hovi, 1995)

5) Tall beregnet av Vestlandsforskning basert på en betalingsvillighetsundersøkelse. Verdiene, med et høyt og et lavt anslag, knytter seg til utslipp fra veitrafikken i Oslo (Miljøvern-departementet, 1995)

6) Tilsvarende den kostnadsverdien som brukes av det svenske Statens Järnvägar i sammenlikningen av ulike transportmidler. Verdien er tatt direkte fra den miljøavgiften som de kommunale kraftvarmeverkene må betale. Statens Järnvägar hevder at dette bare omfatter forsurskostnader. I den svenske politiske planleggingen brukes den samme verdien (Statens Järnvägar, 1996)

7) Tall brukt av Per Kågeson i en europeisk studie omkring eksterne kostnader fra transportsektoren. Tilsvarende en tiltakskostnad ved omfattende (mer enn 50%) reduksjoner av europeiske NO_x-utslipp (Kågeson, 1993).

8) Tall beregnet av Vestlandsforskning basert på en studie fra den internasjonale jernbaneunionen. Studien gir en oversikt over kostnader ved skader som skyldes trafikkulykker, støy, luftforurensning og klimaendringer. Luftforurensningene omfatter NO_x, SO₂, VOC og partikler (UIC, 1994)

9) Tall beregnet av Vestlandsforskning basert på verdier brukt i en rekke nasjonale og internasjonale studier. Viktige norske kilder er:

- Sælensminde (1992)
- Brendemoen mfl. (1992)
- ECON (1995)
- Alfsen og Rosendahl (1996)
- Glomsrød mfl. (1996)

Vi kan nå presentere *våre anslag* på miljøkostnader for utslipp av NO_x (Tabell 21). De er våre *beste estimater* utfra den ovenstående gjennomgangen av resultater fra andre studier.

Tabell 21 Kostnadsverdier for NO_x -utslipp knyttet til transport. Tall i NOK/kg (ca. 1999-kroner)

Type effekt	Kostnad (kr/kg)
Helse	330
Miljø	70
Totalt	400

En total kostnadsverdi på NOK 400 pr. kg NO_x omfatter både helse- og miljøeffekter. Miljøeffektene omfatter både forsuring- og eutrofiseringsskader. Miljøkostnaden er her satt lik en antatt tiltakskostnad for å redusere utslippene (70 kr/kg). Til sammenligning gir verdsetting av forsuring- og eutrofiseringsskader basert på betalingsvillighetsundersøkelser svært lave verdier – så lave at de er uten betydning i sammenlikning med kostnadstallene for helseskader (jamfør Tabell 20). Anslag over tiltakskostnader for å redusere utslippene/belastningene gir altså langt høyere tall. Vi forutsetter at disse gir et riktigere bilde av miljøkostnadene knyttet til utslipp av NO_x.

Databasen benyttes til å beregne utslipp og kostnader for reiser mellom byer/tettsteder i Norge. Dette innebærer at mesteparten av utslippene vil skje utenom områder med tett befolkningskonsentrasjon. Utslippene antas derfor i all hovedsak å ha miljøeffekter. Vi har derfor i databasen valgt å benytte en kostnadsfaktor på 70 kr/kg NO_x.

4.3. Kostnader ved utslipp av CO₂

Tabell 22 summerer resultatene fra en rekke studier som har vurdert kostnadene knyttet til utslipp av CO₂. Det er i det vesentlige snakk om studier fra andre land.

Tabell 22 Anslag over kostnader av CO₂-utslipp. Tall i NOK/kg (ca. 1999-kroner)

Studie	Næring	Miljø	Annet	I alt
TØI ¹⁾				0,4-1,03
SJ ²⁾				0,35
Kågeson ³⁾				0,34-0,83
UIC ⁴⁾				0,67
Cline ⁵⁾	0,05-0,15	0,01-0,03	0,04-0,12	0,10-0,30
Fankhauser ⁶⁾	0,02-0,06	0,03-0,09	0,08-0,24	0,13-0,39
Nordhaus ⁷⁾	0,02-0,06		0,08-0,24	0,10-0,30
IPCC ⁸⁾				0,15-0,20
Jernelöv ⁹⁾				0,04

1) Tall brukt i en studie av transportmidlenes kostnadsansvar. Begge tall er anslag for 1995/96. Det lave bygger på beregninger fra Miljøavgiftsutvalget med en CO₂-avgift på NOK 0,65 pr. kg i år 2000 for å stabilisere utslippene på 89-nivå (lineær opptrapping fra CO₂-avgift i 1989). Det høye tallet er et betalingsvillighetsalternativ som verdsetter CO₂-kostnaden til NOK 1,03 pr. kg i 95/96 (Eriksen og Hovi, 1995).

2) Tilsvarende den kostnadsverdien som brukes av det svenske Statens Järnvägar i sammenlikningen av ulike transportmidler. Det framholdes at den samme verdien brukes i den svenske politiske planleggingen. Den er likevel noe høyere enn den høyeste svenske CO₂-avgiften. For bensin er den ca. 0,30 NOK/kg (Statens Järnvägar, 1996). I sammenlikning er den norske CO₂-avgiften for bensin 0,38 NOK/kg.

3) Tall brukt av Per Kågeson i en europeisk studie omkring eksterne kostnader fra transportsektoren. Tallene er gjort gjeldende for alle europeiske land. Det lave er et anslag for en nødvendig CO₂-avgift i 1993. Det høye er et høyt anslag for CO₂-avgiften 10 år seinere, dvs. i 2003. Det forutsettes da en fortløpende opptrapping av avgiften. Ifølge Kågeson vil en opptrapping i henhold til det høye anslaget ivareta en omfattende reduksjon i CO₂-utslippene, med ca. -25% innen år 2010 (da CO₂-avgiften er ca. NOK 1,1 pr. kg) (Kågeson, 1993).

4) Tall beregnet av Vestlandsforskning basert på en studie fra den internasjonale jernbaneunionen. Studien gir en oversikt over kostnader ved skader som skyldes trafikkulykker, støy, luftforurensning og klimaendringer. Tallet er et anslag over CO₂-kostnadene i 93/94 (UIC, 1994)

5-7) Tall beregnet av Vestlandsforskning basert på materiale fra 3 amerikanske studier. I disse beregnes skadekostnadene pr. år i ulike sektorer av den amerikanske økonomien ved en fordobling av dagens CO₂-konsentrasjon. Tallene gjelder altså som årlige kostnader fram mot år 2100 i 1999-priser. Det lave anslaget fordeler kostnadene på de amerikanske CO₂-utslippene

alene. Det høye fordeler dem på det utslippet USA skulle hatt hvis de var på et verdensgjennomsnitt i utslipp. Kilden for materialet fra de amerikanske studiene er Lundli (1996).

8) Tall beregnet av Vestlandsforskning basert på anslag gjort av det internasjonale klimapanelet. På global basis anslås de samlede skadekostnader til 1,5-2% av BNP. Som for de amerikanske studiene knytter dette seg til skadene ved en framtidig fordobling av CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren. Tallene er beregnet i forhold til størrelsen på det globale BNP og de samlede årlige CO₂-utslippene (IPCC, 1997).

9) Tall brukt av Arne Jernelöv i hans beregninger av den svenske "miljøgjelden". Det tilsvarer kostnadene ved å binde CO₂-utslippene ved å plante skog. Jernelöv understreker at det er et lavt anslag ettersom det bare omfatter de mest kostnadseffektive tiltakene. Vi ser likevel at tallet tilsvarer bare ca. 1/10 av den nåværende svenske CO₂-avgiften på bensin (Jernelöv, 1994). I en senere beregning av "miljøgjeld" for svenske kommuner brukes det like fullt en enda lavere kostnad, ca. 0,03 NOK/kg (Agerström mfl., 1997)

I databasen benyttes enhetskostnaden på 0,35 kr/kg CO₂. Da har vi tatt hensyn til usikkerheten som ligger i de ulike anslagene og holdt oss til et nivå som ligger nær dagens CO₂ avgift på bensin i Norge og Sverige. Dette er nivå som i senere tid er blitt brukt både i nasjonale og internasjonale studier.

4.4. Kostnader ved utslipp av NMVOC og SO₂

Det er benyttet estimerer gjort av TØI (Hagen og Putz, 1999) for enhetskostnader på NMVOC og SO₂. Disse er på 35 og 17 kr/kg for henholdsvis NMVOC og SO₂.

4.5. Kostnader ved utslipp av CO og CH₄

For CO og CH₄ er kostnadsestimatene hentet fra Eyre et. al (1996). De estimerte kostnadene omfatter kun kostnader forbundet med utslippenes klimapåvirkning. De er på 0,1 og 0,9 kr/kg for henholdsvis CO og CH₄. For CH₄ er dette en mye lavere enhetskostnad enn hvis en miljøavgiftstilnærming hadde vært lagt til grunn. Da ville kostnaden vært på 5,46 kr/kg (Jfr. St. prop. om grønne skatter).

4.6. Kostnader ved utslipp av partikler

Faktorer for partikkelutslipp i databasen er basert på *massen* til partiklene. Det er imidlertid sannsynlig at beregning basert på *antall* partikler gir bedre korrelasjon med helseeffekter. Nyere studier viser at enkelte lavutslippsmotorer slipper ut mye høyere konsentrasjoner av nanopartikler enn eldre typer motorer (Kittelson, 1998). Mange nyere undersøkelser viser at ved de samme massekonsentrasjonene, gir nanopartikler større helsekader enn mikropartikler. Dette innebærer at ved å benytte massebaserte kostnadsberegninger vil man *underestimere* kostnadene forbundet med partikkelutslipp.

Beregningene av kostnader er basert på utslipp av *total partikkelmasse*. Vi har ikke beregnet kostnadene av de *individuelle helseskadelige komponentene* partiklene består av. Dette innebærer at partiklenes innhold av PAH, nitro-PAH, asbest, tungmetaller og andre miljø- og helseskadelige stoffer ikke er inkludert i utslippsfaktorene.

I prissettingen av partikkel-utslipp har vi lagt en skadekostnadstilnærming til grunn. For fastsettelse av enhetskostnad har vi benyttet som utgangspunkt beregninger utført av SSB (Rosendahl, 1998). Sosiale kostnader forbundet med partikkelutslipp er her beregnet å innebære en årlig kostnad på 2020 kr/kg PM₁₀. Disse kostnadene er det vesentlige knyttet til økt dødelighet og helseskader i byer, hvorav det økte innslaget av kroniske lungesykdommer utgjør mesteparten.

Kostnadene forbundet med økt dødelighet som følge av *langvarig* partikkelforurensing i byer er også beregnet av Rosendahl (1998). Dette er gjort ved å vurdere hvilken effekt på økonomien det har at personer i arbeidsstyrken dør før de når pensjonsalder. Disse kostnadene er her beregnet til 30 kr i tillegg per kilo PM₁₀. Her er det imidlertid ikke tatt med sykdomsperioden i forkant av dødstidspunktet, som trolig kan være av enda større betydning.

Databasen benyttes imidlertid til å beregne kostnader for reiser mellom byer og tettsteder i Norge. Dette innebærer at mesteparten av utslippene vil skje utenom områder med tett befolkingskonsentrasjon. Utslippene av partikler antas derfor å ha langt lavere kostnadsenhet enn tilfellet er i byer. Eyre et. al (1996) benytter en faktor på 6,4 mellom by og land. Dette ville gi en enhetskostnad på partikler på 320 kr/kg direkte overført til norske forhold ved å benytte by-kostnaden på 2050 kr/kg. Ved å ta norske forhold i betraktning, og å ta hensyn til at TØI (Hagen og Putz, 1999) setter land-kostnaden for partikler til null, finner vi det riktig i databasen å benytte en estimert kostnadsfaktor på 60 kr/kg partikler.

4.7. Oppsummering av faktorer for miljøkostnader

Faktorene for miljøkostnader ved utslippene er vist i Tabell 23.

Tabell 23 Kostnadsfaktorer for utslippskomponentene

Utslippskomponent	Kostnadsfaktor (kr/kg)
Nitrogenoksider (NO _x)	70
Karbondioksid (CO ₂)	0,35
Flyktige organiske forbindelser, unntatt metan (NMVOC)	35
Svoveldioksid (SO ₂)	17
Karbonmonoksid (CO)	0,1
Metan (CH ₄)	0,9
Partikler (PM)	60

5. Ulykkeskostnader

I det som i databasen er betegnet "Ulykkeskostnader" ligger faktorer sammenfattet av TØI (Sandberg Eriksen og Hovi, 1995). Disse omfatter kostnader forbundet med ulykker med dødsfall og/eller personskaade. Ulykker påført personer som ikke er passasjer eller sjåfør av transportmidlet er inkludert i det aktuelle transportmidlets ulykkeskostnadsfaktor.

Faktorer for ulykkeskostnader for godstransport med stykkgodsskip og rutefly, samt både person- og godstransport med bilferge er ikke tilgjengelige, og er dermed ikke tatt med i databasen. Et resultat på null kroner i ulykkeskostnader for disse transportalternativene betyr dermed kun at det ikke ligger inne ulykkeskostnadsfaktorer for denne kategorien.

Faktorene for ulykkeskostnader er beregnet ut fra undersøkelser om betalingsvilligheten for å unngå tapte leveår og nedsatt helsetilstand. Faktorene fra TØI er basert på en sammenstilling av en rekke betalingsvillighetsundersøkelser fra mange land og gir anslag for den norske betalingsvilligheten for å unngå tapte liv og redusert helse.

Ulykkeskostnadsfaktorene som er benyttet for persontransport er presentert i Tabell 24

Tabell 24 Ulykkeskostnadsfaktorene for persontransport

Persontransportalternativ	Ulykkeskostnadsfaktor (kr/personkilometer)
Personbil	0,130
Drosje	0,130
Buss	0,062
Tog	0,088
Fly	0,005

Ulykkeskostnadsfaktorene som er benyttet for godstransport er presentert i Tabell 25.

Tabell 25 Ulykkeskostnadsfaktorer for godstransport

Godstransportalternativ	Ulykkeskostnadsfaktor (kr/tonnkilometer)
Lastebil:	
Lett varebil (<2,7 tonn totalvekt)	3,992
Tung varebil (2,7-3,5 tonn totalvekt)	3,992
Lett godsbil (3,5-10 tonn totalvekt)	0,940
Medium godsbil (10-20 tonn totalvekt)	0,105
Tung godsbil (>20 tonn totalvekt)	0,045
Tog	0,025

6. Ulykkesrisiko

Det finnes utallige måter å beregne risiko for personskader på. Risiko kan relateres til både tilbakelagte kilometer, til den tid en person oppholder seg i en transportsituasjon, samt til antall turer som utføres. Personskader kan i tillegg settes i relasjon til befolkningens størrelse og dermed uttrykke en helserisiko ved å være passasjer ved et spesifikt transportmiddel. Disse ulike måtene å betrakte risiko på gir forskjellige resultater og dermed også forskjellige relasjoner mellom ulike transportsystemers og transportmidlers ulykkesrisiko.

Det er i databasen ”Transport, miljø og kostnader” valgt å uttrykke ulykkesrisiko som risiko per million personer som reise over et visst antall kilometer. Dette er basert på statistikk over ulykker de siste 10 år.

For *personbiler* er beregningene av risiko gjort for fører og passasjer samlet, mens for de andre transportformene er fører/besetning holdt utenom beregningene. Dette har sin bakgrunn i at for personbiler er føreren og passasjer i samme kategori i og med at en stor del av transportarbeidet skjer med kun sjåfør i bilen.

Det er vanlig å dele inn personskader ved ulykker i tre ulike kategorier. De er:

1. Døde (inkluderer skade med døden til følge, hvor død inntreffer inntil 30 dager etter ulykken)
2. Alvorlig skadde
3. Lettere skadde

Det er i databasen ”Transport, miljø og kostnader” imidlertid bare inkludert den første av de tre kategoriene skader (døde). Dette valget er gjort for å forenkle bruken av databasen.

Det kan også skilles mellom to ulike former for risiko. De er:

1. Egenrisiko
2. Totalrisiko

Egenrisiko belyser den risiko en passasjer (eller sjåfør) har for å omkomme ved et uhell med transportmiddelet. Totalrisiko belyser risiko for skade på passasjer/sjåfør og i tillegg skade på motpart ved kollisjoner og påkjørsler. Totalrisiko er således en risiko hvor skade på såkalt tredjepart er inkludert. For personbil er påkjøring av fotgjenger et eksempel på personskade som inngår i beregning av totalrisiko for bil. Databasen inkluderer kun den første kategorien (egenrisiko).

6.1. Ulykkesrisiko ved veitransport

Ulykkesrisiko for personbil

Statistisk sentralbyrå utgir statistikk over antall døde i veitrafikkulykker. I Tabell 26 vises drepte ved personbiltransport for 1991-2000.

Tabell 26 Personer drept i personbilulykker 1991-2000.

År	Antall drepte
1991	185
1992	191
1993	158
1994	186
1995	190
1996	165
1997	204
1998	212
1999	215
2000	224

Kilder: SSB "Veitrafikkulykker med personskade, 1998 Tabell 2. Personer drept eller skadd, etter skadegrad og trafikantgruppe. 1989-1998". Tallene for 1999 er fra SSB "Veitrafikkulykker med personskade, desember 1999, Tabell 4 Personer drept eller skadd, etter alder og trafikantgruppe" Frigitt 25. januar 1999. 2000-tall er fra <http://www.ssb.no/vtu/>, Frigitt 25. januar 2001.

For å gjøre beregningene av ulykkesrisiko ved personbiltransport bedre hadde det vært hensiktsmessig å trekke inn transport med bilferger som en del dette systemet. Ytterligere vurderinger og avklaringer er imidlertid nødvendig før det er mulig å inkludere fergetransporten.

Statistikk på persontransportarbeidet for personbiler utgis av TØI og SSB. For årene 1991 til 2000 er det oppgitte transportarbeidet fra disse kildene vist i Tabell 27.

Tabell 27 Transportarbeide for personbil i Norge 1990-2000 (milliard personkm)

År	Persontransportarbeide
1990	42,70
1994	43,61
1995	43,66
1996	45,22
1997	44,93
1998	45,78
1999	46,12
2000	46,74

Kilder: SSB "Innenlandsk persontransport, etter transportmåte". Tall for 1999 og 2000 er fra personlig meddelse fra Arne Rideng, TØI.

Oversikt over tallmaterialet og beregning av ulykkesrisiko for personbil er vist i Tabell 28. Transportarbeide i enkeltårene 1991-93 er beregnet med samme års-endring som gjennomsnitt mellom tallene for år 1990 og 1994 i Tabell 27.

Tabell 28 Beregning av egenrisiko for å omkomme med personbil

År	Persontransportarbeide (milliard pkm)	Antall drepte
1991	42,93	185
1992	43,16	191
1993	43,38	158
1994	43,61	186
1995	43,66	190
1996	45,22	165
1997	44,93	204
1998	45,78	212
1999	46,12	215
2000	46,74	224
Sum	445,53	1930
Risiko (antall drepte/mrd pkm) = 4,33		

En svakhet med det statistiske materialet som ligger til grunn for beregning av ulykkesrisiko er at utlendinger i bil på norske veier ikke er inkludert i persontransportarbeidet, men derimot i statistikken over antall omkomne.

Ulykkesrisiko for buss

Statistisk sentralbyrå utgir statistikk over antall døde i veitrafikkulykker med buss involvert. En svakhet med denne statistikken er at den ikke differensierer mellom fører og passasjer. Tallene for buss er vist i Tabell 29.

Tabell 29 Drepte førere og passasjerer i buss 1991-2000

År	Antall drept
1991	2
1992	3
1993	1
1994	2
1995	10
1996	0
1997	2
1998	3
1999	6
2000	6

Kilder: SSB "Veitrafikkulykker med personskaade, 2001, Tabell 2. Personer drept eller skadd, etter trafikantgruppe og skadegrad. 1991-2000"

Som for personbil er ikke den del av busstransporten som utgjøres av bilferge inkludert i materialet for buss. Det har vært store ulykker med buss om bord på bilferge, for eksempel i 1995 da 6 personer mistet livet da en buss gikk i sjøen fra ferja "Eidfjord" ved Hatvik i Os i

Hordaland. Det er imidlertid nødvendig med ytterligere vurderinger og avklaringer i datamaterialet for ferger før dette kan inkluderes i denne sammenheng.

Transportarbeide for buss utgis av TØI og Statistisk sentralbyrå. For årene 1990 til 2000 er det oppgitte transportarbeidet fra disse kildene vist i Tabell 30.

Tabell 30 Transportarbeide for buss i Norge 1990-2000 (milliard personkm)

År	Buss
1990	3,89
1994	3,89
1995	3,75
1996	4,12
1997	4,25
1998	4,25
1999	4,25
2000	4,25

Kilder: SSB "Innenlandsk persontransport, etter transportmåte". Tall for 1999 og 2000 er fra personlig meddelse fra Arne Rideng, TØI.

Datagrunnlaget som er benyttet og beregning av ulykkesrisiko for buss er vist i Tabell 31. Transportarbeide i enkeltårene i 1991-1993 er beregnet som samme gjennomsnitt mellom enkeltårene i perioden 1990-94.

Tabell 31 Beregning av egenrisiko for buss

År	Persontransportarbeide (milliard pkm)	Antall drepte
1991	3,89	2
1992	3,89	3
1993	3,89	1
1994	3,89	2
1995	3,75	10
1996	4,12	0
1997	4,25	2
1998	4,25	3
1999	4,25	6
2000	4,25	6
Sum	40,43	35
Risiko (antall drepte/mrd pkm) = 0,87		

En svakhet med det statistiske materialet er at det ikke er mulig å differensiere mellom de enkelte typer bussreiser (eks rutebuss vs charter) og passasjerenes nasjonalitet. Antall omkomne og skadde for eksempelvis i charterbusser er ikke inkludert i persontransportarbeidet, men derimot i statistikken over antall omkomne. Likeledes er utenlandske bussers passasjerer ikke inkludert i transportarbeidet, men blir inkludert i datamaterialet over antall drepte.

6.2. Ulykkesrisiko ved lufttransport

Beregning av risikoen for å omkomme eller bli skadet som reisende med fly er basert på en gjennomgang av historiske data over ulykker og persontransportarbeid med fly i Norge.

Før vi presenterer data over flyulykker med tilhørende ulykkesfaktorer, er det imidlertid nødvendig å definere hva som menes med en flyulykke.

FNs luftfartsorganisasjon, ICAO, har utarbeidet definisjoner og retningslinjer for hvordan statistiske data over flyulykker skal utarbeides. Definisjonen på en flyulykke er:

- "En flyulykke er en hendelse som inntreffer i tiden mellom en passasjer har gått om bord i flyet med den hensikt å fly og tidspunktet passasjereren har forlatt flyet. En ulykke har inntruffet når enten flyet har blitt påført en betydelig skade, og/eller at noen har blitt drept eller alvorlig skadet som følge av å ha vært inne i eller på flyet, vært i direkte kontakt med flyet eller noe som er tilknyttet til flyet, eller direkte utsatt for jet-flammen" (Boeing, 1998, fritt oversatt).

Når ICAO utarbeider sine statistiske oversikter over ulykkesrisiko (*accident rates*), er det en rekke typer flyulykker som *ikke* inkluderes i beregningene. Disse er (Boeing, 1998):

- Dødelige eller ikke-dødelige skader som skyldes naturlige årsaker

- ❑ Dødelige eller ikke-dødelige skader som er selvpåført (eks. selvmord)
- ❑ Militær flyging
- ❑ Testflyging (eks flyging relatert til vedlikehold, trening eller demonstrasjon)
- ❑ Kapring, sabotasje, terrorisme eller militære handlinger
- ❑ Dødelige eller ikke dødelige skader som rammer blindpassasjerer som gjemmer seg på steder som normalt ikke er tilgjengelig for passasjerer og besetning
- ❑ Ikke-dødelige skader som er et resultat av atmosfærisk turbulens, manøvrering, løse gjenstander, ved avstigning fra flyet, evakuering, vedlikehold og service
- ❑ Ikke-dødelige skader som rammer personer som ikke er om bord i flyet (3. part)

Det må presiseres at flere av de ovenfornevnte typer ulykker og skader inngår i de nasjonale og globale statistikkene over antall drepte og skadde i flyulykker, men de inngår altså ikke i beregningene av risikofaktorene for å dø eller å bli skadet som reisende i fly.⁵ Besetning som omkommer eller blir skadet inngår heller ikke i disse beregningene.

I våre beregninger av risikofaktorer for norsk luftfart legger vi i hovedsak til grunn definisjonene og avgrensningene beskrevet ovenfor. Denne innebærer blant annet at vi ikke inkluderer besetning som omkommer.

Luftfart blir delt inn i en rekke ulike typer eller kategorier flyvninger. I vårt notat fokuserer vi på sivile flyvninger, noe som innebærer at alle militære flyvninger ekskluderes.⁶ Vi ønsker heller ikke å trekke inn eventuelle ulykker knyttet til overflyvninger over norsk territorium hvor både avgang og landing finner sted utenfor norsk territorium.⁷ Ulykkesstatistikken til Luftfartsverket legger begrensninger på den videre avgrensningen. Luftfartsverket fører statistikk over luftfartsulykker og det tilhørende antallet drepte for henholdsvis "Luftfartsulykker med norskregistrerte luftfartøyer" og for "Luftfartsulykker i Norge med utenlandsregistrerte fly". Den førstnevnte kategorien omfatter også ulykker med norskregistrerte luftfartøyer utenfor norsk territorium. Statistikken er ikke bearbeidet slik at det gis en oversikt over hvordan ulykkene fordeler seg mellom norsk territorium og utenlands territorium.⁸

I dette kapittelet ønsker vi å beregne risikofaktoren for å omkomme ved innenriks ruteflyvninger i Norge. Dette representerer den vanligste formen for innenriks persontransport med fly i Norge i dag. Det har bare inntruffet en dødsulykke med innenriks ruteflyvning i de siste 10 årene. Det var den 27. oktober 1993 da 6 personer omkom av i alt 19 personer om bord da et Twin Otter-fly fra Widerøe styrtet ved Namsos på rute fra Trondheim. 4 av de omkomne var passasjerer. Siden vi avgrensner våre beregninger til innenlands ruteflyvninger, inkluderer vi ikke flyvninger fra/til Norge. Dette innebærer at for eksempel den største flyulykken på norsk territorium noensinne, ulykken med den russiske Tupolev-maskinen i august 1996 på Svalbard (141 omkomne), ikke inngår i våre beregninger.

⁵ I perioden 1988-97 ble for eksempel 1.180 personer drept i sivil luftfart i forbindelse med terrorisme, flykapring eller militære handlinger i verden sett under ett (Boeing 1998).

⁶ Dette er også i samsvar med definisjonene til ICAO nevnt ovenfor.

⁷ Det er et betydelig antall overflyvninger hvert år. Det var for eksempel over 16.000 overflyvninger i 1997 (Luftfartsverket 1998).

⁸ Luftfartsverket/Luftfartstilsynet sitter imidlertid på data som gjør slike fordelinger mulige.

Når vi ønsker vi å beregne en risikofaktor for å omkomme som reisende med innenriks rutefly innebærer dette at vi ser bort i fra ulykker med dødelig utfall innenfor kategoriene annen erhvervsmessig flyvning, skoleflyvning, og klubb-/privatflyvning.

Tallmaterialet for transportytelser innen lufttransport bygger på data fra Luftfartsverket som igjen har fått disse fra flyselskapene (Rideng, 1999). Tabell 32 viser persontransportarbeidet for årene 1991-2000 for innenriks ruteflyvninger.

Tabell 32 Persontransportarbeidet for innenriks ruteflyvninger i perioden 1991-2000 (milliard passasjerkm).

År	Innenriks ruteflyvninger
1991	2,70
1992	2,95
1993	3,20
1994	3,40
1995	3,57
1996	3,92
1997	4,03
1998	4,24
1999	4,37
2000	4,42

Kilder: Rideng, 1999, Rideng, 2001 pers.medell.

Tabell 33 nedenfor viser risikoen for å omkomme med innenriks ruteflyvning i Norge, basert på erfaringstall for perioden 1991-2000.

Tabell 33 Beregning av passasjerers risiko for å omkomme ved luftfartsulykker med innenriks ruteflyvninger, 1991-2000

År	Persontransportarbeide (milliard pkm)	Antall drepte
1991	2,70	0
1992	2,95	0
1993	3,20	4
1994	3,40	0
1995	3,57	0
1996	3,92	0
1997	4,03	0
1998	4,24	0
1999	4,37	0
2000	4,42	0
Sum	36,80	4
Risiko (antall drepte/mrd pkm) = 0,11		

6.3. Ulykkesrisiko ved jernbanetransport

Statistikk for jernbaneulykker i Norge er fra NSB. Antall drepte er vist i Tabell 34.

Tabell 34 Antall drepte passasjerer ved ulykker med tog i Norge 1991-2000

År	Drepte
1991	2
1992	0
1993	5
1994	1
1995	1
1996	0
1997	0
1998	0
1999	0
2000	16

Kilder: Årsrapporter fra NSB. Synergi (NSB)

I Tabell 34 inngår totale skadetall fra følgende typer ulykker:

Driftsulykke = Togdriftsulykke (sammenstøt, avsporing, brann)

På/avstigning = På/avstigning, tog i bevegelse

Fall/hopp = Fall eller hopp fra tog i bevegelse

Persontransportarbeide for tog i Norge er fra TØI og SSB. For årene 1990 til 2000 er det oppgitte transportarbeidet fra disse kildene vist i Tabell 35. Tallene inkluderer ikke forstadsbaner og sporveier. Fram til og med 1997 er alt transportarbeidet utført av NSB. Fra og med 1998 er transportarbeid fra kategorien "andre jernbaner" (Gardermobanen) inkludert.

Tabell 35 Persontransportarbeide for jernbane i Norge 1991-2000 (milliard personkm)

År	Persontransportarbeide
1990	2,01
1994	2,33
1995	2,30
1996	2,38
1997	2,51
1998	2,54
1999	2,58
2000	2,55

Kilder: SSB "Innenlandsk persontransport, etter transportmåte". Tall for 1999 og 2000 er personlig meddeltelse fra Arne Rideng, TØI.

Oversikt over tallgrunnet og resultatene fra beregningene er vist i Tabell 36.

Transportarbeide i enkeltårene i 1991-1993 er beregnet med samme års-endringer som gjennomsnitt mellom årene 1990 og 1994.

Tabell 36 Beregning av passasjerers ulykkesrisiko ved tog

År	Persontransportarbeide (milliard pkm)	Antall drepte
1991	2,17	2
1992	2,22	0
1993	2,28	5
1994	2,33	1
1995	2,30	1
1996	2,38	0
1997	2,51	0
1998	2,54	0
1999	2,58	0
2000	2,55	16
Sum	23,86	25
Risiko (antall drepte/mrd pkm) = 1,05		

6.4. Oppsummering av faktorer for ulykkesrisiko

Faktorene for ulykkesrisiko ved de ulike transportvalgene er vist i Tabell 37.

Tabell 37 Ulykkesrisiko for ulike transportmiddel

Transportmiddel	Ulykkesrisiko (omkomne per milliard personkilometer)
Personbil, drosje	4,33
Buss	0,87
Fly	0,11
Tog	1,05

7. Referanser

7.1. Litteratur

- Agerström, M (1997): *Miljöskuld och Miljökapital i Halmstad kommun*. Stockholm: EAL Miljökapital AB.
- Alfsen, K.H. og Rosendahl, K.E. (1996): *Economic Damage of Air Pollution*. Documents 96/17. Oslo: Statistisk Sentralbyrå.
- Andersen, O. (1998): *Svevestøv fra persontransport i Oslo. En beregning av mengder og kostnader*. VF-Rapport 14/98. Vestlandsforskning, Sogndal.
- Andersen, O. (1999): *Transportalternativer Oslo-Bergen. Energibruk, utslipp til luft og risiko for ulykker ved ulike former for gods- og persontransport*. VF-Notat 4/99. Vestlandsforskning, Sogndal.
- Andersen, O. og Lundli, H.E. (1999): *NSB Miljødata. Kvalitetssikring av en database for energibruk, utslipp til luft, risiko for ulykker og samfunnsøkonomiske kostnader ved ulike former for gods- og persontransport*. VF-Notat 8/99. Vestlandsforskning, Sogndal.
- Andersen, O. og Lundli, H.E. (2000): *Ulykkesrisiko ved persontransport. En sammenfatning og vurdering av statistisk materiale*. VF-Notat 1/00. Vestlandsforskning, Sogndal.
- Andersen, O., Uusitalo, O., Ahlvik, P., Hjortsberg, H., Groven, K. and Brendehaug, E. (1999): *Energy in transport of goods. Nordic examples. A report from Phase 1 of the European Commission SAVE -project XVII/4.1031/Z/97-229: "Energy saving in transport of goods – a pilot project in rural natural resource based industries"*. VF-Rapport 6/99. Vestlandsforskning, Sogndal.
- Bang, J., Flugsrud, K., Holtskog, S., Haakonsen, G., Larssen, S., Maldum, K.O., Rypdal, K. og Skedsmo, A. (1999): *Utslipp fra veitrafikk i Norge – Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater*. Oppdatering av SFT-rapport 93:12. SFT-rapport 99:4. Statens forurensningstilsyn.
- Berthelsen, J. (2000): *Taximarkedet etter Gardermoen's åpning. Endringer i trafikk- og reisemønster i Oslo og Akershus*. Utredning fra Norges Taxiforbund.
- Boeing (1998): *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents. Worldwide Operations 1959-1997*. Washington: Boeing Commercial Airplane Group.
- Brendemoen, A. m.fl. (1992): *Miljøkostnader i makroperspektiv*. SSB Rapport 92/17. Statistisk Sentralbyrå, Oslo.
- Braathens (1999). *Braathens årsberetning 1998*. Braathens ASA, Oslo.
- ECON (1995): *De norske kjøretøyavgiftene*. Rapport 124/95. Oslo: ECON Analyse, Senter for økonomisk analyse.
- Eriksen, K.S. og Hovi, Z.B. (1995): *Transportmidlenes marginale kostnadsansvar*. TØI notat 1019/1995. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Eyre, N.J., Ozdemiroglu, E., Pearce, D.W. and P. Steele (1996): *Damage costs of transport emissions: Geographical and fuel dependence*. CSERGE Working Paper WM 96-02. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment. University of East Anglia, Norwich, UK.

- Glomsrød, S. m.fl. (1996): *Integrering av miljøkostnader i makroøkonomiske modeller*. Rapport 96/23. Statistisk sentralbyrå, Oslo.
- Hagen, K.-E. og Putz, O.K. (1999): *Miljøkostnader knyttet til bruk av ulike transportmidler på utvalgte relasjoner*. Arbeidsdokument av 19. Mars 1999. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Holtskog, S. (2001): *Direkte energibruk og utslipp til luft fra transport i Norge. 1994 og 1998*. Rapport 2001/16. Statistisk sentralbyrå, Oslo.
- Holtskog, S. og Rypdal, K. (1997): *Energibruk og utslipp til luft fra transport i Norge*. Rapport 97/7. Statistisk sentralbyrå, Oslo.
- Høyser, K.G. (1992): *Kyststamvegen. Miljøkonsekvensar av overgang mellom transportmidlar*. VF-Arbeidsdokument 4/92. Vestlandsforsking, Sogndal.
- Høyser, K.G. (1993). *Widerøe fly. Miljøkonsekvenser i luft og på bakken*. VF-rapport 3/93. Vestlandsforsking, Sogndal.
- Høyser, K.G. og Heiberg, E. (1993): *Persontransport – konsekvenser for energi og miljø. Direkte og indirekte energibruk og miljøkonsekvenser ved ulike transportmidler*. VF-Rapport 1/93. Vestlandsforsking, Sogndal.
- IPCC (1999). *Aviation and the Global Atmosphere. A Special Report of Working Group I and III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland.
- Jernbaneverket (1998): *Miljørapport 1998*. Jernbaneverket, Oslo.
- Jernelöv, A. (1994): *Miljöskuld och miljökapital i Uppsala Kommun*. Rapport 1994:3. Stockholm: Miljöförberedningen.
- Kittelson, D.B. (1998): *Engines and nanoparticles: A review*. J. Aerosol Sci. Vol. 29, No. 5/6, pp. 575-588.
- Kågeson, P. (1993): *Getting The Prices Right - A European Scheme for Making Transport Pay its True Costs*. Brussels: European Federation for Transport and Environment.
- Luftfartsverket (1999): *Årsstatistikk 1998*. Oslo: Luftfartsverket.
- Luftfartsverket (2000): *Årsstatistikk 1999*. Oslo: Luftfartsverket.
- Luftfartsverket (2001): *Årsstatistikk 2000*. Oslo: Luftfartsverket
- Lundli, H.E. (1996): *The Politics of Ozone Depletion and Climate Change: Sources of Success and Failure*. Cand.polit. Thesis in Political Science. NTNU, Trondheim.
- Lundli, H.E. og Vestby, S.E. (1999): *Fly og miljø*. VF-Rapport 9/99. Vestlandsforsking, Sogndal.
- Lundli, H.E., Andersen, O. og Høyser, K.G. (1998a): *Transportscenarier for Oslo. 1996-2016. Konsekvenser for areal, tidsbruk og utslipp av CO₂, NO_x og svevestøv*. En sammendragsrapport. VF-rapport 13/98. Vestlandsforsking, Sogndal.
- Lundli, H.E., Høyser, K.G. og Holden, E. (1998b): *Transportscenarier for Oslo. Grunnlagsnotat*. VF-notat 5/98. Vestlandsforsking, Sogndal.
- Miljøverndepartementet (1995): *Om norsk politikk mot klimaendringer og utslipp av nitrogenoksider (NO_x)*. *St.meld. nr. 41 (1994-95)*. Oslo Dep.

- NSB BA (1997): *Jernbanestatistikk 1997*. NSB BA, Oslo.
- NSB BA (2000): *NSB Miljøregnskap 1999*. NSB BA, Oslo.
- Oslo Sporveier (2000): *Miljørapport 2000 for konsernet AS Oslo Sporveier*. AS Oslo Sporveier, Oslo.
- Rideng, A. (1999): *Transportytelser i Norge 1946-1998*. TØI notat 1146/1999. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Rosendahl, K.E. (1998): *Social costs of air pollution and fossil fuel use – A macroeconomic approach*. Social and Economic Studies 99. Statistisk Sentralbyrå, Oslo.
- Sandberg Eriksen, K. og Hovi, I.B. (1995): *Transportmidlenes marginale kostnadsansvar*. TØI notat 1019/1995. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- SAS (1999). *Miljørapport 1998*. SAS, Stockholm.
- Statens Järnvägar (1996): *SJ Miljödataprogram*. Stockholm: Statens Järnvägar.
- Sælensminde, K. (1992): *Miljøkostnader av vegtrafikk i byområder*. TØI rapport 115/1992. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Thune-Larsen, H. m.fl. (1997): *Energieffektivitet og utslipp i transport*. TØI-notat 1078/1997, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- UIC (1994): *External effects of transport*. Union Internationale des Chemins de Fer, Paris.
- Vestby, S.E. (2000): *På tur med Signatur. Energibehov ved bruk av kregende togsett på Sørlandsbanen*. VF-notat 5/00. Vestlandsforskning, Sogndal.

7.2. Internet

- ICAO 1998 "Annual Report from the Council"
<http://www.icao.int/cgi/goto.pl?icao/en/new.htm>
- Nall, Joseph T. (1998). "Accident Trends and Factors for 1997"
<http://www.aopa.org/asf/publications/98nall.html>
- NSB database "Transport, miljø og kostnader" (<http://prosjekt.vestforsk.no/nsb/>)
- Statistisk sentralbyrå "Innenlandsk persontransport, etter transportmåte"
<http://www.ssb.no/emner/10/12/transpinn/tab-1999-07-23-01.html>
- Statistisk sentralbyrå "Lastebilundersøkelsen, 2. kvartal 1999. Nasjonale transporter
 Transportytelser for godsbiler med nyttelast 1,0 tonn og over. Kvartal"
<http://www.ssb.no/emner/10/12/20/lbunasj/tab-1999-10-01-01.html>
- Statistisk sentralbyrå "Veitrafikkulykker med personskade, 1996 Tabell 8 Veitrafikkulykker og personer drept eller skadd, etter trafikantgruppe, bostedsstrøk og ulykkesgruppe"
<http://www.ssb.no/emner/10/12/20/vtu/vei96/1-8t.txt>
- Statistisk sentralbyrå "Veitrafikkulykker med personskade, 1997 Tabell 1. Personer drept eller skadd i veitrafikkulykker, etter trafikantgruppe, år og måned. 1987-1997"
<http://www.ssb.no/emner/10/12/20/vtu/1997/1-1t.txt>

Statistisk sentralbyrå "Veitrafikkulykker med personskade, 1997 Tabell 9. Personer drept eller skadd i veitrafikkulykker, etter trafikantgruppe, bostedsstrøk og ulykkesgruppe". 1997
<http://www.ssb.no/emner/10/12/20/vtu/1997/1-9t.txt>

Statistisk sentralbyrå "Veitrafikkulykker med personskade, 1998 Tabell 9. Personer drept eller skadd i veitrafikkulykker, etter trafikantgruppe og bostedsstrøk"
<http://www.ssb.no/emner/10/12/20/vtu/1998/1-9t.txt>

Statistisk sentralbyrå "Veitrafikkulykker med personskade, 1998 Tabell 2. Personer drept eller skadd, etter skadegrad og trafikantgruppe. 1989-1998"
<http://www.ssb.no/emner/10/12/20/vtu/1998/1-2t.txt>

Statistisk sentralbyrå "Veitrafikkulykker med personskade, november 1999, Tabell 4. Personer drept eller skadd, etter alder og trafikantgruppe " Frigitt 25. januar 1999.
<http://www.ssb.no/emner/10/12/20/vtu/tab-1999-12-20-04.html>

7.3. Personlige meddelelser

Opplysningsrådet for Veitrafikken (Torvald Gjønnnes), oktober 2001

Statens forurensningstilsyn (Eivind Selvig)

TØI (Arne Rideng), 2001

Sogn og Fjordane fylkeskommune (Idar Mo), oktober 2001