

**Vf-Notat 4/99**

# **Transportalternativer Oslo-Bergen**

**Energibruk, utslipp til luft og risiko for ulykker ved ulike former  
for gods- og persontransport**

**Av  
Otto Andersen**

# VF notat

<b>Notat tittel:</b> Transportalternativer Oslo-Bergen. Energibruk, utslipp til luft og risiko for ulykker ved ulike former for gods- og persontransport.	<b>Notatnr:</b> 4/99
	<b>Dato:</b> April 1999
	<b>Gradering:</b> Åpen
<b>Prosjekttittel:</b>	<b>Tal sider:</b> 14
<b>Forskarar:</b> Otto Andersen	<b>Prosjektansvarleg:</b> Karl G Høyer
<b>Oppdragsgjevar:</b> NSB BA	<b>Emneord:</b> Persontransport, Godstransport, energibruk, luftforurensning, ulykkesrisiko
<b>Samandrag:</b> <p>Notatet presenterer en analyse og sammenligning av ulike transportalternativer for strekningen Oslo-Bergen med hensyn til energibruk, luftforurensende utslipp og risiko for ulykker. Analysen omfatter både for person- og godstransport. For persontransport er de ulike transportformene vei, fly- og jernbane transport. For godstransport omfatter analysen vei, jernbane og sjø. Det er i analysen gjort en tallfesting av energiforbruk, utslipp av CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, NMVOC, Partikler, SO<sub>2</sub> og CH<sub>4</sub> for ulike transportalternativer. Det blir også gitt en tallfesting av ulykkesrisiko ved de ulike alternativene for persontransport.</p> <p>For persontransport er jernbane det klart mest energieffektive alternativet med et energibruk på kun 38 kWh per person transportert. Bruk av personbil krever 344 og 155 kWh per person for henholdsvis Stamvegen (E16) og Hardangervidda som kjørerute. Ekspressbuss medfører et energibruk på 126 kWh mens fly-alternativet bruker 276 kWh per person transportert.</p> <p>Transporten med jernbane har null direkte utslipp ettersom drivkraften er elektrisitet. Av de fem alternativene har Stamvegenalternativet høyest utslipp av alle utslippskomponentene bortsett fra partikler, som ekspressbussalternativet slipper mest ut av. Hvis vi ser bort fra jernbane, er ekspressbuss imidlertid mest gunstig i forhold til utslipp av CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO og CH<sub>4</sub>.</p> <p>Jernbane det klart mest ressurseffektive alternativet også for godstransport. Energibruken er på kun 22 kWh per tonn gods transportert. Transport på veg ved bruk av Stamvegen er det mest energikrevende alternativet med 1223 kWh per tonn gods transportert. Valg av Hardangervidda som kjørerute reduserer energibruken for vegalternativet til 270 kWh per tonn gods transportert. Transport på sjø medfører et energibruk på 426 kWh per tonn gods transportert.</p> <p>Som for persontransport har jernbanealternativet null direkte utslipp ettersom drivkraften er elektrisitet. Vegalternativet Stamvegen har høyest utslipp av alle utslippskomponentene. Av de tre andre alternativene enn jernbane har vegalternativet over Hardangervidda det laveste utslippet av SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og CH<sub>4</sub>, mens alternativet for sjøtransport har det laveste utslippet av CO<sub>2</sub>, CO, NMVOC og partikler.</p> <p>Av de ulike alternativene innebærer personbil størst risiko for å omkomme ved å reise strekningen Oslo-Bergen. Reise med jernbane innebærer klart lavest risiko.</p>	
<b>Andre publikasjoner fra prosjektet:</b>	
<b>ISBN nr:</b> ISSN: 0803-4354	<b>Pris :</b> Kr 50,-

## **Forord**

Dette er rapporten fra en studie finansiert av NSB BA.

Hovedmålet med studien har vært å analysere og sammenligne ulike transportalternativer for strekningen Oslo -Bergen med hensyn til energibruk, luftforurensende utslipp og risiko for ulykker.

Otto Andersen har vært ansvarlig for gjennomføringen av studien. Hans Einar Lundli har bidratt med data om flytransport.

En takk rettes til Sidsel Humberstet og Geir Fuglehaug ved NSB BA for opplysninger om utnyttelse av person- og godstog. Sigmund Haugsjø ved NSB BA Adm takkes for nyttige kommentarer til manuskriptet.

Karl Georg Høyér har vært faglig hovedansvarlig for studien.

Sogndal, mars 1999

Karl Georg Høyér

## Innhold

1. Innledning.....	1
2. Persontransport.....	2
2.1. Persontransport på vei .....	2
2.2. Persontransport med fly.....	3
2.3. Persontransport med jernbane .....	5
3. Godstransport .....	6
3.1. Godstransport på vei.....	6
3.2. Godstransport med jernbane.....	6
3.3. Godstransport på sjø.....	7
4. Ulykkesrisiko .....	7
5. Sammenlikning av alternativene .....	8
5.1. Energibruk for persontransport .....	8
5.2. Utslipp for persontransport.....	9
5.3. Energibruk for godstransport.....	9
5.4. Utslipp for godstransport.....	10
5.5. Regneksempel for jernbane med elektrisitetsproduksjonen inkludert 11	
5.6. Ulykkesrisiko .....	13
6. Litteratur.....	14

## Liste over figurer

Figur 1 Energibruk ved ulike alternativ for persontransport mellom Oslo og Bergen .....	8
Figur 2 Energibruk ved ulike alternativ for godstransport mellom Oslo og Bergen .....	10
Figur 3 Ulykkerisiko ved ulike transportalternativer Oslo-Bergen (antall omkomne per million reisende).....	13

## Liste over tabeller

Tabell 1 Energi- og utslippsfaktorer for personbil og ekspressbuss lange reiser (Energibruk i kWh/pkm og utslipp i g/pkm) .....	2
Tabell 2 Gjennomsnittlige utslippsfaktorer for bilferger (g/pkm).....	2
Tabell 3 Frekvens på flygningene på strekningen Gardermoen-Flesland høsten 1998 .....	3

Tabell 4 Energibruk og kapasitetsutnyttelse for ulike fly på strekningen Gardermoen-Flesland .....	3
Tabell 5 Utlipp fra ulike fly på strekningen Gardermoen-Flesland (g/setekm) .....	4
Tabell 6 Utlipp fra en gjennomsnitts flytur mellom Gardermoen og Bergen (g/pkm) .....	4
Tabell 7 Utlipp fra flybuss mellom Flesland og Bergen sentrum (g/pkm) ...	4
Tabell 8 Antall reisende og gjennomsnittlige kapasitetsutnyttelse på togene mellom Oslo og Bergen i 1998.....	5
Tabell 9 Utlipp fra lastebiltransport mellom Oslo og Bergen (g/tonnkm) ...	6
Tabell 10 Gjennomsnittlige utslippsfaktorer for bilferger (g/tonnkm) .....	6
Tabell 11 Utlipp fra stykkgodsskip (g/tonnkm).....	7
Tabell 12 Risiko for å omkomme som reisende med ulike transportmidler i Norge 1994-1998 (antall omkomne per million reisende) .....	7
Tabell 13 Direkte utslipp fra de ulike alternativene for persontransport mellom Oslo og Bergen (g/person) .....	9
Tabell 14 Direkte utslipp fra de ulike alternativene for godstransport mellom Oslo og Bergen (g/tonn).....	10
Tabell 15 Europeisk gjennomsnitt for utslipp fra el-produksjon (g/kWh) ...	11
Tabell 16 Utlipp fra den importerte el-kraften brukt ved persontransport med jernbane for strekningen Oslo-Bergen (g/person) .....	12
Tabell 17 Utlipp fra den importerte el-kraften brukt ved godstransport med jernbane for strekningen Oslo-Bergen (g/tonn).....	12

## 1. Innledning

Vestlandsforskning har fått i oppdrag av NSB å gjøre en sammenlikning av ulike transport alternativer for strekningen Oslo-Bergen. Foruten å analysere energibruken, er også utslippet av de vanligste forurensingskomponentene fra transportformene beregnet. Det er kun den direkte energibruken og de direkte utslippene som det gjøres sammenligning av i analysen. Dette utgjør energiforbruk og utslipp som følge av transportmidlenes framdrift. Energibruk og utslipp fra drivstoffenes produksjon og distribusjon (brutto direkte utslipp og energibruk) er det ikke gjort sammenligning av. Det er imidlertid i et eget avsnitt gjort et regneeksempel for hvordan energibruken og utslippet blir hvis produksjonen av elektrisitet medregnes. Energi og utslipp fra produksjon og vedlikehold av transportmidlene og deres infrastruktur (indirekte utslipp og energibruk) er imidlertid ikke tatt med.

Foruten energibruk og utslipp er det også tatt med en sammenlikning av de ulike transportformenes ulykkesfrekvens.

Analysen omfatter både for person- og godstransport. For persontransport er de ulike transportformene vei, fly- og jernbane transport. For godstransport omfatter analysen vei, jernbane og sjø.

## 2. Persontransport

### 2.1. Persontransport på vei

For persontransport på vei omfatter analysen både privatbil og ekspressbuss. For privatbil er to ulike ruter analysert. Disse rutene er:

- Hardangervidda (Rv. 7), d.v.s. Oslo-Hønefoss-Gol-Geilo-Eidfjord-Granvin-Norheimsund-Bergen. Totalt 475 km hvorav 4 km bilferge (Brimnes-Bruravik).
- Stamveien (E 16), d.v.s. Oslo-Hønefoss-Fagernes-Borlaug-Lærdal-Voss-Vaksdal-Bergen. Totalt 558 km hvorav 57 km bilferge (Fodnes-Manhilller og Kaupanger-Gudvangen).

Ekspressbussen mellom Oslo og Bergen har følgende rute:

- Haukelifjell, d.v.s. Oslo-Drammen-Notodden-Bø-Haukeligrend-Odda-Norheimsund-Bergen. Totalt 546 km hvorav 14 km bilferge (Kinsarvik-Utne-Kvanndal).

For personbil og ekspressbuss er det benyttet en kapasitetsutnyttingsfaktor på henholdsvis 44 og 45%. Energibruks- og utslippsfaktorer er hentet fra Lundli et. al (1999) og vist i Tabell 1.

*Tabell 1 Energi- og utslippsfaktorer for personbil og ekspressbuss lange reiser (Energibruk i kWh/pkm og utslipp i g/pkm)*

Transportmiddel	Energi	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	NMVOC	Partikler
Personbil	0,30	77,2	0,015	0,78	4,54	0,018	0,82	0,014
Ekspressbuss	0,147	39,6	0,019	0,50	0,13	0,001	0,04	0,034

For den delen av veialternativet som utgjøres av bilferge er det benyttet gjennomsnittlige utslippsfaktorer som vist i Tabell 2.

*Tabell 2 Gjennomsnittlige utslippsfaktorer for bilferger (g/pkm)*

Transportmiddel	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	NMVOC	Partikler
Bilferge	926,0	0,64	14,60	0,88	0,070	0,80	0,150

Energibruken for bilferger er beregnet ut fra CO<sub>2</sub>-utslippet. Dette er gjort ved å benytte en verdi for energiinnholdet i marin diesel på 11,76 kWh/kg og en omregningsfaktor på 3,15 kg CO<sub>2</sub> pr. kg drivstoff. Disse verdiene er hentet fra Høyer og Heiberg (1993). Vi får da en energibruksfaktor på 3,426 kWh/pkm for bilferger.

## 2.2. Persontransport med fly

For persontransportalternativet med fly er det i tillegg til flystrekningen Gardermoen-Flesland tatt med flyplasstilkomst fra sentrum i beregningene. Disse er flytog for Oslo S – Gardermoen og buss Flesland – Bergen sentrum. Totalt innebærer fly alternativet en reisestrekning på 395 km hvorav 46 km med tog og 19 km med buss.

Data for fly er hentet fra en rapport fra Vestlandsforskning om miljøkonsekvenser av luftfart (Lundli et.al, 1999) pluss tilleggsberegninger som følge forandringer etter at hovedflyplassen på Gardermoen ble tatt i bruk. Det ble benyttet fire forskjellige flytyper benyttet på strekningen i 1998: MD80, MD87, DC9 og Boeing 737-400/500. Flygningene til Color Air blir sett bort i beregningene.

Frekvensen på flygningene for de to flyselskaperes flygninger er hentet fra høstprogrammet for 1998 og vist i Tabell 3:

Tabell 3 Frekvens på flygningene på strekningen Gardermoen-Flesland høsten 1998

Flyelskap	Flytype	Frekvens (pr. dag)
Braatens	B737-400/500	12
SAS	MD80	10
SAS	MD87	2
SAS	DC9	5

I Tabell 4 er vist energibruk og kapasitetsutnyttelse for de ulike flyene som trafikkerer strekningen Gardermoen-Flesland. Tallene for kapasitetsutnyttelse er nasjonale gjennomsnitt for 1997. Det er grunn til å tro at kapasitetsutnyttelsen er blitt redusert i 1998, ettersom antall flygninger er økt etter åpningen av Gardermoen hovedflyplass. Flydata som presenteres i denne rapporten har dermed en feilkilde som trolig medfører at den beregnede energibruk og utslipp blir for lave for dette transportmidlet.

Tabell 4 Energibruk og kapasitetsutnyttelse for ulike fly på strekningen Gardermoen-Flesland

Flytype	Energibruk (kWh/setekm)	Kapasitetsutnyttelse (%)
B737-400/500	0,469	57,6
MD80 og MD87	0,464	60,9
DC9-41	0,541	60,9



Tallene gjelder for en strekning på 400 km i luftlinje. De bør likevel være gode anslag for strekningen Gardermoen-Flesland. I virkeligheten vil selvfølgelig utslippene per setekm være noe høyere for Gardermoen-Flesland siden strekningen er kortere (noe som betyr at take-off og landing utgjør en større andel av reisen enn ved en reise på 400km).

Ut fra verdiene i Tabell 3 og Tabell 4 kan vi beregne kapasitetsutnyttelsen for fly på strekningen som et veiet middel til 59,5 %. På tilsvarende måte blir energibruken for en typisk reise på strekningen 0,805 kWh/pkm.

Utslipp fra de forskjellige flytypene på strekningen Gardermoen-Flesland er vist i Tabell 5.

*Tabell 5 Utslipp fra ulike fly på strekningen Gardermoen-Flesland (g/setekm)*

<b>Flytype</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>CO</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>NMVOC</b>	<b>Partikler</b>
B737-400/500	335	0,039	0,336	0,268	0,0006	0,012	0,015
MD80 og MD87	332	0,039	0,598	0,175	0,0009	0,045	0,016
DC9-41	386	0,045	0,359	0,421	0,052	0,104	0,018

CO<sub>2</sub>- utslippet i Tabell 5 inkluderer en RF (Radiative Forcing) –faktor på 2,7 som justerer for den økte drivhuseffekten ved utslipp i høye luftlag. Ved å benytte den beregnede gjennomsnitt kapasitetsutnyttelse på 59,5% kan utslippet per person fra en typisk flytur beregnes som et veiet gjennomsnitt. Dette er vist i Tabell 6.

*Tabell 6 Utslipp fra en gjennomsnitts flytur mellom Gardermoen og Bergen (g/pkm)*

<b>Transportmiddel</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>CO</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>NMVOC</b>	<b>Partikler</b>
Fly	575,5	0,07	0,75	0,43	0,003	0,07	0,027

For flyplasstilkomsten Oslo S – Gardermoen med flytog benyttes en faktor for kapasitetsutnyttelse på 50 % og energibruk som hos Vestby (1997). Vi får da en energibruksfaktor for denne jernbanen på 0,098 kWh/pkm. For flyplasstilkomsten med buss Flesland – Bergen sentrum benyttes nasjonale gjennomsnittsverdier fra TØI (Thune-Larsen et- al, 1997). Disse er vist i Tabell 7.

*Tabell 7 Utslipp fra flybuss mellom Flesland og Bergen sentrum (g/pkm)*

<b>Transportmiddel</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>CO</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>NMVOC</b>	<b>Partikler</b>
Flybuss	80,4	0,04	0,95	0,32	0,08	0,08	0,062

Energibruksfaktoren for flybuss er beregnet ut fra CO<sub>2</sub>-utslippet på samme måte som i kap. 2.1 ved å benytte en verdi for energiinnholdet i standard diesel på 11,76 kWh/kg. Vi får da et energibruk på 0,297 kWh/pkm for flybuss.

### 2.3. Persontransport med jernbane

Bergensbanen mellom Oslo S og Bergen utgjør en strekning på 471 km. I Tabell 8 viser vi data fra NSB om antall reisende og den gjennomsnittlige beleggsprosenten i 1998 for alle fjerntogene mellom Oslo og Bergen.

Tabell 8 Antall reisende og gjennomsnittlige kapasitetsutnyttelse på togene mellom Oslo og Bergen i 1998

Tognr.	Fra-Til	Antall personer pr. år	Kapasitetsutnyttelse (%)
61	Oslo-Bergen	83093	66,00
62	Bergen-Oslo	64718	51,83
63	Oslo-Bergen	58278	46,58
64	Bergen-Oslo	79775	64,67
601	Oslo-Bergen	86847	62,58
602	Bergen-Oslo	64497	46,08
603	Oslo-Bergen	40782	63,83
604	Bergen-Oslo	47919	70,58
605	Oslo-Bergen	67878	50,42
606	Bergen-Oslo	73950	55,25

Tallene for "antall reisende" er basert på tellinger ved Finse, som er hovedtellepunktet for NSB på Bergensbanen. Dette er trolig et representativt tall for antall personer som reiser mellom Oslo og Bergen med tog. Kapasitetsutnyttelsen for en typisk reise med tog mellom Oslo og Bergen er beregnet ut fra de ulike gjennomsnittlige årlige beleggsprosentene for togturene vektet for antall personer. Vi kommer da fram til et snitt på 56,67 %.

For energieffektiviteten for elektrisk persontog på strekningen Oslo-Bergen har vi benyttet det nasjonale gjennomsnittet på 0,0461 kWh/setekm hentet fra TØI (Thune-Larsen et al, 1997). Med den beregnede kapasitetsutnyttelsen på 56,67 % gir dette et energibruk på 0,081 kWh/pkm. Direkte utslipp fra jernbane settes lik null da kun elektrisitet benyttes som energikilde på denne strekningen.

### 3. Godstransport

#### 3.1. Godstransport på vei

For godstransport omfatter analysen de to samme rutene som beskrevet for persontransport (Hardangervidda og Stamveien). Lastebil med gjennomsnittlig energibruksfaktor på 0,44 kWh/tonnkm er benyttet i analysen. Dette er for lastebiler med nyttelast over 13 tonn (10-20 tonn totalvekt). Denne størrelsen på energibruken er trolig et noe lavt anslag, ettersom strekningen trafikkeres også av mindre lastebiler. Omfanget av dette er imidlertid uvisst på de aktuelle strekningene, slik at vi har valgt å benytte faktoren for den største gruppen (>13 tonn nyttelast). Utslippene fra denne type lastebiltransport er hentet fra TØI (Thune-Larsen et al, 1997) og vist i Tabell 9.

Tabell 9 Utslipp fra lastebiltransport mellom Oslo og Bergen (g/tonnkm)

Transportmiddel	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	NMVOC	Partikler
Lastebil	209,79	0,093	2,20	0,99	0,004	0,30	0,169

For den delen av veialternativet som utgjøres av bilferge er det benyttet gjennomsnittlige utslippsfaktorer som vist i Tabell 10.

Tabell 10 Gjennomsnittlige utslippsfaktorer for bilferger (g/tonnkm)

Transportmiddel	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	NMVOC	Partikler
Bilferge	4 788,00	3,35	76,00	4,54	0,36	4,25	0,760

Energibruken for godstransport med bilferger er beregnet ut fra CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub> pr. kg drivstoff. Vi får da en energibruksfaktor på 17,716 kWh/pkm for bilferger.

#### 3.2. Godstransport med jernbane

For godstransport på Bergensbanen er analysen basert på en opplysninger fra NSB om en kapasitetsutnyttelse på 82%. Dette er et gjennomsnittstall for begge retninger i 1998. For energibruk er det i Thune-Larsen et al (1997) benyttet et landsgjennomsnitt på 0,0523 kWh/tonnkm. Til grunn for dette ligger jernbanestatistikken fra NSB, hvor det oppgis en gjennomsnitt kapasitetsutnyttelse på 74% (fra NSB BA, 1997). Hvis vi benytter det oppgitte tallet for kapasitetsutnyttelse på Bergensbanen (82%) får vi et energibruk på 0,0472 kWh/tonnkm. Som for persontransport med jernbane settes det direkte utslippet til null.

### 3.3. Godstransport på sjø

For godstransport på sjø er det beregnet bruk av stykkgodsskip med 500-3000 brutto registertonn. Transportruten for dette alternativet mellom Oslo til Bergen er 756 km lang. En energieffektivitet på 0,338 kWh/tonnkm (Thune-Larsen et al, 1997) er benyttet for denne type transport.

Utslipp fra godstransport med stykkgodsskip er hentet fra TØI (ibid.) og vist i Tabell 11.

Tabell 11 Utslipp fra stykkgodsskip (g/tonnkm)

Transportmiddel	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	NMVOC	Partikler
Stykkgodsskip	91,00	0,24	2,15	0,06	0,01	0,06	0,03

## 4. Ulykkesrisiko

Risiko for personulykker ved de ulike transportalternativene er beregnet ved å benytte tall fra TØI (Elvik, personlig meddelelse 1999) for risiko for å omkomme som reisende. Risikofaktorene er vist i Tabell 12.

Tabell 12 Risiko for å omkomme som reisende med ulike transportmidler i Norge 1994-1998 (antall omkomne per million reisende)

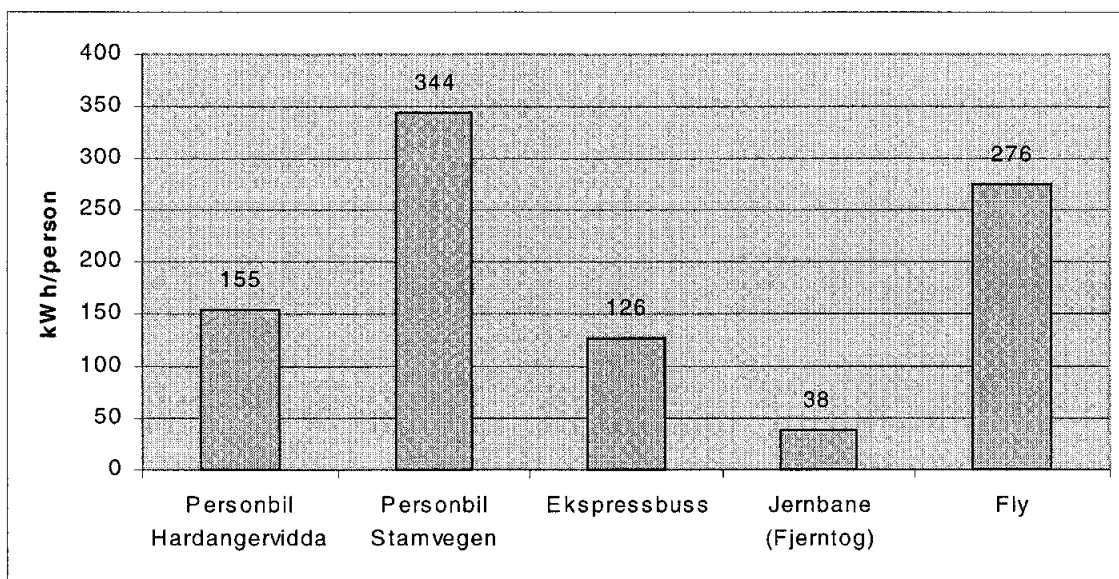
Transportmiddel	Risiko
Personbil	0,0427
Buss	0,0076
Fly	0,0130
Tog	0,0017

Tall for ulykkesrisiko for den del av veg-alternativene som utgjøres av transport med bilferge er ikke tilgjengelig.

## 5. Sammenlikning av alternativene

### 5.1. Energibruk for persontransport

I Figur 1 er vist en sammenlikning av energibruk ved de ulike alternativene for persontransport mellom Oslo og Bergen.



Figur 1 Energibruk ved ulike alternativ for persontransport mellom Oslo og Bergen

Som det framgår av Figur 1 er transport med jernbane det klart mest energieffektive alternativet med et energibruk på kun 38 kWh per person transportert. Transport med personbil ved bruk av Stamvegen er det mest energikrevende alternativet med 344 kWh per person transportert. Valg av Hardangervidda som kjørerute reduserer energibruken for vegalternativet til 155 kWh per person transportert. Transport med ekspressbuss medfører et energibruk på 126 kWh per person transportert. Energibruken ved fly-alternativet er på 276 kWh per person transportert.

## 5.2. Utslipp for persontransport

Sammenligning av utslipp ved de ulike alternativene for transport av personer mellom Oslo og Bergen er vist i Tabell 13. Som det framgår av tabellen har transporten med jernbane null direkte utslipp ettersom drivkraften er elektrisitet. Av de fem alternativene har vegalternativet Stamvegen høyest utslipp av alle utslippskomponentene bortsett fra partikler, som ekspressbussalternativet slipper mest ut av. Hvis vi ser bort fra jernbane, er ekspressbuss imidlertid mest gunstig i forhold til utslipp av CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO og CH<sub>4</sub>.

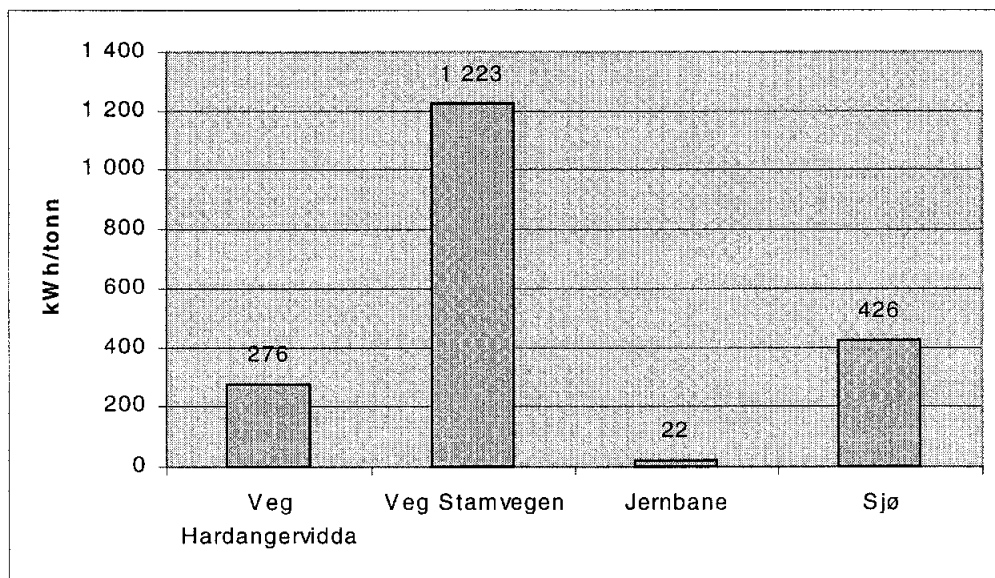
Tabell 13 Direkte utslipp fra de ulike alternativene for persontransport mellom Oslo og Bergen (g/person)

Alternativ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	NMVOC	Partikler
Veg Hardangervidda	39 973	9,6	424	2 142	8,8	389,3	7,2
Veg Stamvegen	91 100	43,7	1217	2 328	13,0	456,7	15,5
Ekspressbuss	34 008	19,1	225	81	1,5	32,5	20,2
Jernbane (Fjerntog)	0	0,0	0	0	0,0	0,0	0,0
Fly	189 907	22,9	265	148	2,3	24,1	10,0

## 5.3. Energibruk for godstransport

I Figur 2 er vist en sammenligning av energibruk ved de ulike alternativene for godstransport mellom Oslo og Bergen.

Figur 2 Energibruk ved ulike alternativ for godstransport mellom Oslo og Bergen



Som det framgår av Figur 2 er transport med jernbane det klart mest ressurseffektive alternativet med et energibruk på kun 22 kWh per tonn gods transportert. Transport på veg ved bruk av Stamvegen er det mest energikrevende alternativet med 1223 kWh per tonn gods transportert. Valg av Hardangervidda som kjørerute reduserer energibruken for vegalternativet til 270 kWh per tonn gods transportert. Transport på sjø medfører et energibruk på 426 kWh per tonn gods transportert.

#### 5.4. Utslipp for godstransport

Sammenligning av utslipp ved de ulike alternativene for transport av gods mellom Oslo og Bergen er vist i Tabell 14.

Tabell 14 Direkte utslipp fra de ulike alternativene for godstransport mellom Oslo og Bergen (g/tonn)

Alternativ	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	NMVOC	Partikler
Veg Hardangervidda	117 536	56,9	1 332	484,0	3,3	157,9	82,6
Veg Stamvegen	376 079	236,1	5 401	753,4	22,4	390,9	127,8
Jernbane	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sjø	68 796	181,4	1 625	45,4	7,6	45,4	22,7

Som det framgår av tabellen har transporten med jernbane null direkte utslipp ettersom drivkraften er elektrisitet. Av de fire alternativene har vegalternativet Stamvegen høyest utslipp av alle utslippskomponentene. Av de tre andre alternativene enn jernbane har vegalternativet over Hardangervidda det laveste utslippet av SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og CH<sub>4</sub>, mens alternativet for sjø-transport har det laveste utslippet av CO<sub>2</sub>, CO, NMVOC og partikler.

### 5.5. Regneksempel for jernbane med elektrisitetsproduksjonen inkludert

Vi inkluderer her et rent illustrativt eksempel for å vise hvordan energibruken og utslippstallene forandres når elektrisiteten som benyttes som drivmiddel i jernbanen er inkludert i beregningene. Det er kun for jernbane-alternativet at en slik inkludering av drivmidlenes produksjon er gjort, slik at sammenlikning med de andre transportalternativene ikke kan gjøres direkte. Når vi allikevel har valgt å gjøre en slik beregning er det kun for å vise hvordan størrelsen på energibruken og utslippet fra jernbane-alternativet forandres.

For å beregne brutto direkte tillegg benytter vi tidligere beregninger gjort av Vestlandsforskning (Vestby, 1997). Vi anslår at 5 % av energibehovet er importert kraft produsert ved varmekraftverk fyrt med kull. Varmekraftverk vurderes å ha en virkningsgrad på 0,4. Tapet fra produsent til storbruker settes lik 7 % (ibid.).

Energibruken til persontransport med jernbane får dermed et brutto direkte tillegg på 8 kWh/person på strekningen Oslo-Bergen, som gir en totalt energibruk på 46 kWh/person.

For godstransport blir den tilsvarende økningen på 5 kWh/tonn til å gi en totalt energibruk på 27 kWh/tonn.

For produksjon av el-kraft kan vi benytte et europeisk gjennomsnitt for utslipp av forurensende stoffer. Utslippsfaktorene er vist i Tabell 15 (Høyer og Heiberg, 1993).

Tabell 15 Europeisk gjennomsnitt for utslipp fra el-produksjon (g/kWh)

CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	NMVOC	Partikler
525	-	2,2	0,13	1,53	0,03	-

Data for utslipp av SO<sub>2</sub> og partikler er ikke tilgjengelig.



Utslipp fra den importerte el-kraften ved bruk til persontransport med jernbane blir dermed som vist i Tabell 16.

*Tabell 16 Utslipp fra den importerte el-kraften brukt ved persontransport med jernbane for strekningen Oslo-Bergen (g/person)*

<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>CO</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>NMVOC</b>	<b>Partikler</b>
1 006	-	4,21	0,2	2,93	0,06	-

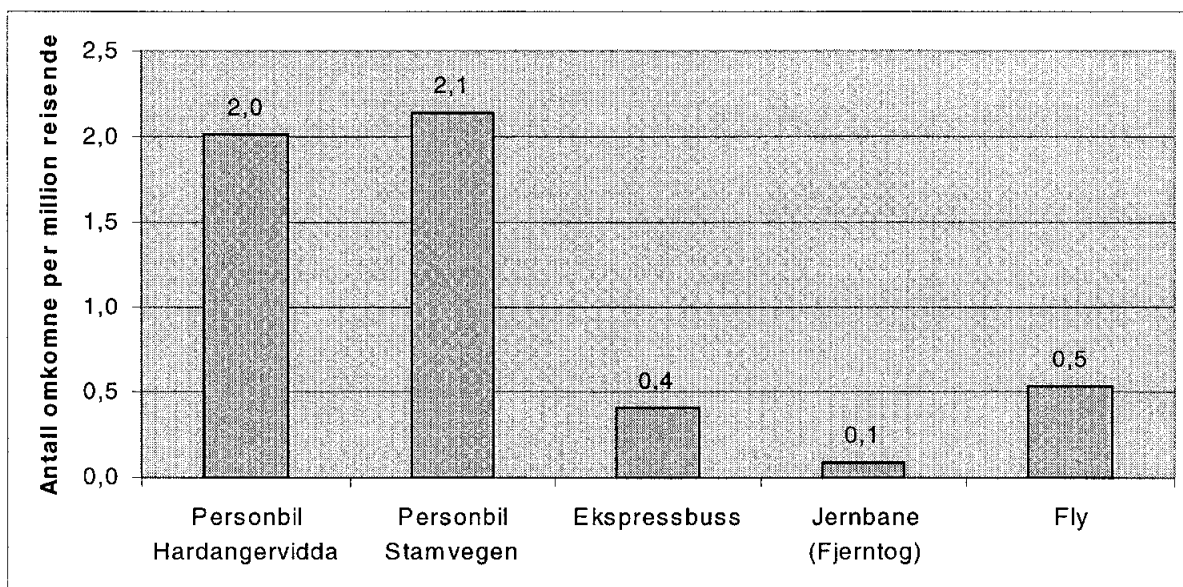
Tilsvarende blir utslippet for godstransport som vist i Tabell 17.

*Tabell 17 Utslipp fra den importerte el-kraften brukt ved godstransport med jernbane for strekningen Oslo-Bergen (g/tonn)*

<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>CO</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>NMVOC</b>	<b>Partikler</b>
583,54	-	2,45	0,14	1,70	0,03	-

## 5.6. Ulykkesrisiko

I Figur 3 er vist ulykkesrisiko ved de ulike transportalternativene på strekningen Oslo-Bergen.



Figur 3 Ulykkesrisiko ved ulike transportalternativer Oslo-Bergen (antall omkomne per million reisende)

Figuren viser at det er størst risiko for å omkomme ved å reise med personbil på strekningen Oslo-Bergen. Reise med jernbane innebærer klart lavest risiko.

## 6. Litteratur

Holtskog, S. og K. Rypdal (1997): *Energibruk og utslipp til luft fra transport i Norge*. Rapport 97/7. Statistisk sentralbyrå, Oslo.

Høyer, K.G. og E. Heiberg (1993): *Persontransport – konsekvenser for energi og miljø. Direkte og indirekte energibruk og miljøkonsekvenser ved ulike transportmidler*. VF-Rapport 1/93. Vestlandsforskning, Sogndal.

Lundli, H.E., S.E. Vestby og K.G. Høyer (1999): *Fly og miljø* VF-Rapport x/99. Vestlandsforskning, Sogndal.

NSB BA (1997): *Jernbanestatistikk 1997*. NSB BA, Fellestjenester/Statistikk, Prinsensgt. 7-9, 0048 Oslo.

Thune-Larsen, H. (1991): *Outlook for energy efficiency and greenhouse gas emissions in transport 1985-2025*. TØI-notat 0991/1991, Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Vestby, S.E. (1997): *Gardermobanen. Energi- og miljøkonsekvenser av alternative transporttilbud*. VF-notat 28/97. Vestlandsforskning, Sogndal.