



Miljømessige konsekvenser av ulike scenarier for energibruk i Østfold

**Ingunn Saur Modahl
Anne Rønning**

Stiftelsen Østfoldforskning
OR 29.03
November 2003

www.sto.no

RAPPORTFORSIDE

Rapportnr: OR 29.03	ISBN nr: 82-7520-498-4 ISSN nr: 0803-6659	Rapporttype: Oppdragsrapport
Rapporttittel: Miljømessige konsekvenser av ulike scenarier for energibruk i Østfold.		Forfatter(e): Ingunn Saur Modahl og Anne Rønning
Prosjektnummer: 233560	Prosjekttittel: Gass i Østfolds fremtidige energiforsyning - forstudie	
Oppdragsgiver(e): Østfold Gassforum, ENOVA		
Oppdragsgivers referanse:		
Sammendrag <p>Dette er en delrapport fra prosjektet "Gass som drivkraft i regional utvikling". Prosjektet er gjennomført på oppdrag av Østfold Gassforum og er finansiert av Enova. Arbeidet har gått ut på å vurdere miljøkonsekvenser for Østfold i form av totalt energiforbruk og CO₂-utslipp for ulike framtidige scenarier for bruk av energi. Miljøkonsekvensene er beregnet for disse fem bruksområdene:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Private husholdninger2. Tjenesteyting, offentlig forvaltning, varehandel, hotell- og restaurantvirksomhet3. Industri4. Privatbilisme5. Tungtransport <p>For å beregne miljøkonsekvenser har vi tatt utgangspunkt i dagens forbruk av energi i bruksfasen. Dette er deretter omregnet til totalt energiforbruk ved hjelp av livsløpsdata for energi. Dette betyr at vi for hver energibærer innen hvert bruksområde har funnet (eller beregnet) hvor mye energi som skal til for å produsere, transportere og levere en viss energimengde. På samme måte som for energi har vi også brukt livsløpsdata for CO₂-utslipp.</p> <p>For alle bruksområdene fører endringer i energibærerne i bruksfasen til bare små endringer når det gjelder total energibruk gjennom livsløpet (+4% til -2%; i drømmescenariet -5%). Endringer i energibærerne i bruksfasen fører derimot til relativt store endringer når det gjelder CO₂-utslipp gjennom livsløpet (+9% til -20%; i drømmescenariet -38%). For å redusere CO₂-utslippene maksimalt bør man velge disse scenariene:</p> <p>Husholdninger: Bio-scenariet Tjenesteyting: Bio-scenariet Industri: Bio-scenariet for den andelen av mellomdestillat og tungolje som lar seg erstatte av biobrensel (47%), kombinert med gass-scenariet (resterende 53%) Privat transport: Hydrogen-scenariet Tungtransport: Hydrogen-scenariet</p>		
Emneord: <ul style="list-style-type: none">• Miljøkonsekvenser• CO₂• Energi• Livsløpsanalyser (LCA)	Tilgjengelighet: Åpen Denne side: Åpen Denne rapport: Åpen	Antall sider inkl. bilag: 15
Godkjent Dato: 20. november 2003		
 forfatter		 Instituttleder

Innholdsfortegnelse

1.	Innledning	1
2.	Metodikk og datagrunnlag	1
3.	Scenarieutforming	1
4.	Husholdninger	4
5.	Tjenesteyting, offentlig forvaltning, varehandel og hotell- og restaurantvirksomhet.....	5
6.	Industri	6
7.	Privatbilisme	7
8.	Tungtransport	8
9.	Resultater	10
	9.1 Totalt energiforbruk.....	10
	9.2 CO2-utslipp	11
10.	Diskusjon og konklusjon	14
11.	Referanseliste	15

1. Innledning

Dette er en delrapport fra prosjektet "Gass som drivkraft i regional utvikling". Prosjektet er gjennomført på oppdrag av Østfold Gassforum og er delfinansiert av Enova. For mer utfyllende informasjon om prosjektet, se www.sto-projects.com/prosjektresultat/gass.

2. Metodikk og datagrunnlag

Vi vil i det følgende presentere miljøkonsekvenser for Østfold i form av totalt energiforbruk og CO₂-utslipp for ulike framtidige scenarier for bruk av energi. For beskrivelse av scenariene; se kapittel 3.

Miljøkonsekvensene er beregnet for disse fem bruksområdene:

1. Private husholdninger
2. Tjenesteyting, offentlig forvaltning, varehandel, hotell- og restaurantvirksomhet
3. Industri
4. Privatbilisme
5. Tungtransport

For å beregne miljøkonsekvenser har vi tatt utgangspunkt i dagens forbruk av energi i bruksfasen for disse fem bruksområdene. Dette er deretter omregnet til totalt energiforbruk ved hjelp av livsløpsdata for energi. Dette betyr at vi for hver energibærer innen hvert bruksområde har funnet (eller beregnet) hvor mye energi som skal til for å produsere, transportere og levere en viss energimengde. Dersom vi tar privat bilisme som et eksempel, så betyr det at vi på denne måten får med energiforbruket forbundet med å ta opp råolje fra Nordsjøen, prosessering av olje til bensin og transport av bensin fram til bensinstasjon for fylling i tillegg til forbruket av bensin ved kjøring.

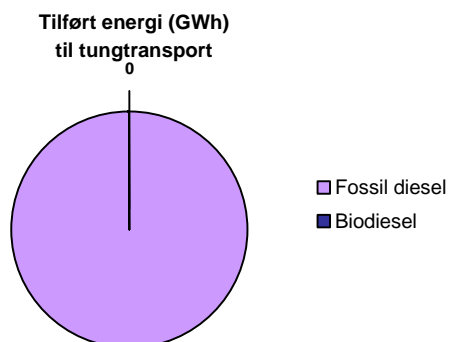
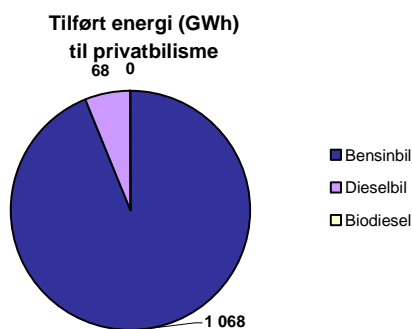
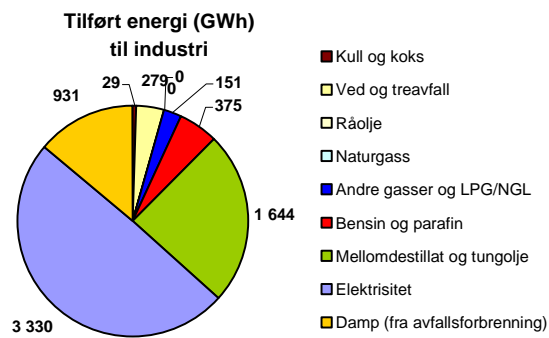
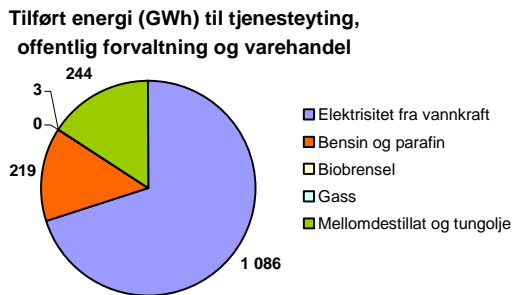
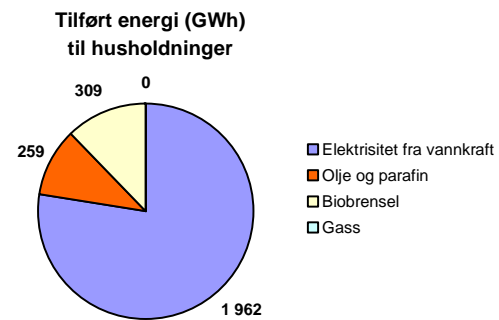
På samme måte som for energi har vi også brukt livsløpsdata for CO₂-utslipp. Det betyr at vi har tatt med CO₂-utslipp forbundet med å ta opp råolje, prosessering av olje til bensin, transport av bensin fram til bensinstasjon og endelig; CO₂-utslipp fra forbrenning i bilmotor.

På grunn av at analysen har krevd store mengder livsløpsdata, har det vært nødvendig å bruke data fra mange ulike kilder. I noen tilfeller er data også beregnet ved hjelp av STØs egne livsløpsanalyseverktøy. Fordi noen kilder oppgir energiforbruk og CO₂-utslipp per km kjørt og andre per MJ tilført, har vi vært nødt til å bruke gjennomsnittlige virkningsgrader for ulike typer biler. Det samme har vi gjort for å få data på samme form for brenselceller, brennere og ovner. Slike virkningsgrader er også hentet fra litteratur, og i størst mulig grad fra samme kilde som de opprinnelige energi- og CO₂-data. Virkningsgrader fra ulike kilder er også sjekket mot hverandre.

Referanselisten bak i denne rapporten viser hvilke kilder som er brukt i analysen.

3. Scenarieutforming

Utgangspunktet for analysen har vært dagens forbruk av ulike energibærere for hvert bruksområde. Dette er illustrert i figuren på neste side.



Figur 1 Forbruk av ulike energibærere i referansescenariet (Østfold)

Deretter har vi valgt å lage 3 framtidsscenarioer; "Gass", "Bio" og "Hydrogen", der vi for hvert bruksområde har vurdert hvor stor andel av de nåværende energibærerne som kan erstattes av henholdsvis gass, bioenergi og hydrogen ut fra en vurdering av hva som er realistisk en gang i framtiden. Det er for eksempel realistisk at boliger med pipe kan gå over til fyring med gass eller bioenergi, mens husstander der romoppvarmingen er 100% basert på elektrisitet ikke vil endre energibærer. En beskrivelse av scenariene er presentert i tabellen under.

Tabell 1 Scenarier

Bruk		Scenario		
		Gass	Bio	Hydrogen
Stasjonær energibruk	Husholdninger	Husholdninger med pipe (vedovn, peis, olje/parafinovn) bruker gass til all romoppvarming. I husholdninger med sentralfyr eller fjernvarme skjer både romoppvarming og oppvarming av vann med gass. Alle bruker gass til matlaging.	Husholdninger med pipe (vedovn, peis, olje/parafinovn) bruker biobrensel til all romoppvarming. I husholdninger med sentralfyr eller fjernvarme skjer både romoppvarming og oppvarming av vann med biobrensel.	Som referansescenariet.
	Tjenesteyting, offentlig forvaltning og varehandel	Gass erstatter 100% av alt forbruk av mellomdestillat/tungolje og 50% av elektrisitetsforbruket.	Biobrensel erstatter 100% av alt forbruk av mellomdestillat/tungolje og 50% av elektrisitetsforbruket.	Som referansescenariet.
	Industri	Gass erstatter 100% av alt forbruk av mellomdestillat/tungolje.	33% av alt mellomdestillat/tungolje blir erstattet av direkte fyring med biobrensel. I tillegg blir alle tilgjengelige avfallsressurser i regionen (anslag for 2004, Energok KU) brukt til produksjon av fjernvarme/damp som også erstatter mellomdestillat/tungolje (14%).	Som referansescenariet.
Transport	Privat transport	Som referansescenariet.	5% redusert bensinbruk pga. overgang til biodiesel.	50% redusert bensinbruk pga. overgang til bruk av hydrogen i brenselcelle-bil.
	Tungtransport	10% redusert dieselbruk pga. overgang til gass.	10% redusert dieselbruk. Halvparten pga. overgang til biodiesel og resten pga. bruk av biogass fra utråtning av avløpsslam.	50% redusert dieselbruk pga. overgang til bruk av hydrogen i brenselcelle-bil.

I tillegg til disse har vi definert to "Drømmescenarier" som en kombinasjon av de ulike scenariene ved optimalisering med hensyn til energibruk og CO2-utslipp.

4. Husholdninger

Tabell 2 viser hvilke konsekvenser de valgte scenariene har for fordelingen mellom ulike energibærere når det gjelder energibruk i bruksfasen for husholdninger.

Tabell 2 Tilført energi i bruksfasen for husholdninger

		Tilført energi i bruksfasen – Østfold			
Sektor	Energibærer	Status Referanse- scenariet GWh	Scenario		
			"Gass" GWh	"Bio" GWh	"Hydrogen" GWh
Stasjonær energibruk i husholdninger	Elektrisitet fra vannkraft	1 962	1 296	1 389	1 962
	Olje og parafin	259	0	0	259
	Biobrensel	309	0	1 322	309
	Gass	0	1 170	0	0
	Sum husholdning	2 530	2 466	2 711	2 530

Grunnen til at summene ikke er helt like for alle scenariene, er at energibærerne har ulike virkningsgrader i bruksfasen. Å skifte fra elektrisitet til biobrensel vil for eksempel føre til økt mengde tilført energi i bruksfasen, fordi oppvarming med biobrensel har lavere virkningsgrad enn bruk av elektrisitet i panelovner.

Tabell 3 viser virkningsgrad i bruksfasen sammen med energifaktor og CO2-faktor for hver energibærer. Energifaktoren viser hvor mye energi som må til gjennom hele verdikjeden ved bruk av 1 GWh av en energibærer. Tilsvarende viser CO2-faktoren hvor mye CO2 som slippes ut gjennom verdikjeden ved bruk av 1 GWh av en energibærer.

Tabell 3 Livsløpsdata for totalt energiforbruk og CO2-utslipp for husholdninger

Sektor	Energibærer		Virknings- grad ved bruk	Livsløpsdata	
	Valgt	Tilnærming		Energifaktor GWh per GWh _{bruksfase}	CO2-faktor Tonn CO2 per GWh _{bruksfase}
Stasjonær energibruk i husholdninger	Elektrisitet fra vannkraft	Elektrisitet fra vannkraft, privat	100 %	1,24	1,9
	Olje og parafin	Lettolje, privat	80 %	1,04	274,7
	Biobrensel	Pellets i pelletskamin	77 %	1,17	19,6
	Gass, direktefyrte ovn	Naturgass, direktefyrte, industri	95 %	1,06	225,1

Mindre bearbeidet biobrensel (for eksempel ved) har lavere energi- og CO2-faktor enn pellets. Det er valgt en konservativ (worst-case) tilnærming for bioscenariet ved å bruke data for pellets. For gass er det for enkelhets skyld brukt data for industrioovner. Dette gir sannsynligvis energi- og CO2-faktorer som er i underkant av det de vil være i private brennere.

5. Tjenesteyting, offentlig forvaltning, varehandel og hotell- og restaurantvirksomhet

Tabell 4 viser hvilke konsekvenser de valgte scenariene har for fordelingen mellom ulike energibærere i bruksfasen når det gjelder energibruk til tjenesteyting, offentlig forvaltning, varehandel og hotell- og restaurantvirksomhet.

Tabell 4 Tilført energi i bruksfasen for tjenesteyting, offentlig forvaltning, varehandel og hotell- og restaurantvirksomhet

		Tilført energi i bruksfasen - Østfold			
Sektor	Energibærer	Status Referanse- scenariet GWh	Scenario		
			"Gass" GWh	"Bio" GWh	"Hydrogen" GWh
Stasjonær energibruk i tjenesteyting, offentlig forvaltning, varehandel og hotell- og restaurantvirksomhet	Elektrisitet fra vannkraft	1 086	543	543	1 086
	Bensin og parafin	219	219	219	219
	Biobrensel	0	0	990	0
	Gass	3	806	3	3
	Mellomdestillat og tungolje	244	0	0	244
	Sum tjenesteyting		1 553	1 568	1 756

Grunnen til at summene ikke er helt like for alle scenariene er at energibærerne har ulike virkningsgrader i bruksfasen.

Tabell 5 viser virkningsgrad i bruksfasen sammen med energifaktor og CO₂-faktor for hver energibærer. Energifaktoren viser hvor mye energi som må til gjennom hele verdikjeden ved bruk av 1 GWh av en energibærer. Tilsvarende viser CO₂-faktoren hvor mye CO₂ som slippes ut gjennom verdikjeden ved bruk av 1 GWh av en energibærer.

Tabell 5 Livsløpsdata for totalt energiforbruk og CO₂-utslipp for tjenesteyting, offentlig forvaltning, varehandel og hotell- og restaurantvirksomhet

Sektor	Energibærer		Virknings- grad ved bruk	Livsløpsdata	
	Valgt	Tilnærming		Energifaktor GWh per GWh _{bruksfase}	CO ₂ -faktor Tonn CO ₂ per GWh _{bruksfase}
Stasjonær energibruk i tjenesteyting, offentlig forvaltning, varehandel og hotell- og restaurantvirksomhet	Elektrisitet fra vannkraft	Elektrisitet fra vannkraft, privat	100 %	1,24	1,9
	Bensin og parafin	Lettolje, privat	80 %	1,04	274,7
	Biobrensel	Pellets i pelletskamin	77 %	1,17	19,6
	Gass	Naturgass, industri, direktefyr	95 %	1,06	225,1
	Mellomdestillat og tungolje	Tungolje, industri	90 %	1,07	298,1

Mindre bearbeidet biobrensel (for eksempel ved og skogsflis) har lavere energi- og CO2-faktor enn pellets. Det er valgt en konservativ (worst-case) tilnærming for bioscenariet ved å bruke data for pellets. For gass er det for enkelhets skyld brukt data for industrioivner. Det samme gjelder tungolje. Dette gir sannsynligvis energi- og CO2-faktorer som er i underkant av det de vil være i brennere innen tjenesteyting.

6. Industri

Tabell 6 viser hvilke konsekvenser de valgte scenariene har for fordelingen mellom ulike energibærere i bruksfasen når det gjelder energibruk til industri.

Tabell 6 Tilført energi i bruksfasen for industri

		Tilført energi i bruksfasen - Østfold			
Sektor	Energibærer	Status Referanse- scenariet GWh	Scenario		
			"Gass" GWh	"Bio" GWh	"Hydrogen" GWh
Stasjonær energibruk i industri	Kull og koks	29	29	29	29
	Ved og treavfall	279	279	913	279
	Råolje	0	0	0	0
	Naturgass	0	1 557	0	0
	Andre gasser og LPG/NGL	151	151	151	151
	Bensin og parafin	375	375	375	375
	Mellomdestillat og tungolje	1 644	0	879	1 644
	Elektrisitet	3 330	3 330	3 330	3 330
	Damp (fra avfallsforbrenning)	931	931	1 132	931
	Sum industri	6 739	6 652	6 808	6 739

Grunnen til at summene ikke er helt like for alle scenariene er at energibærerne har ulike virkningsgrader i bruksfasen.

Tabell 7 viser virkningsgrad i bruksfasen sammen med energifaktor og CO2-faktor for hver energibærer. Energifaktoren viser hvor mye energi som må til gjennom hele verdikjeden ved bruk av 1 GWh av en energibærer. Tilsvarende viser CO2-faktoren hvor mye CO2 som slippes ut gjennom verdikjeden ved bruk av 1 GWh av en energibærer.

Tabell 7 Livsløpsdata for totalt energiforbruk og CO2-utslipp for industri

Sektor	Energibærer		Virknings-grad ved bruk	Livsløpsdata	
	Valgt	Tilnærming		Energifaktor	CO2-faktor
				GWh per GWh _{bruksfase}	Tonn CO2 per GWh _{bruksfase}
Stasjonær energibruk i industri	Kull og koks	Kull, direktefyrt	80 %	1,02	313,4
	Ved og treavfall	Pellets i pelletskamin	77 %	1,17	19,6
	Råolje	Tungolje	90 %	1,07	298,1
	Naturgass	Naturgass, industri, direktefyrt	95 %	1,06	225,1
	Andre gasser og LPG/NGL	Naturgass, industri, direktefyrt	95 %	1,06	225,1
	Bensin og parafin	Lettolje, industri	80 %	1,04	274,7
	Mellomdestillat og tungolje	Tungolje, industri	90 %	1,07	298,1
	Elektrisitet	Elektrisitet fra vannkraft, energiintensiv industri	100 %	1,17	1,5
	Damp	Lever i rør (fra forbrenning av husholdningsavfall)	100 %	1,52	169,3

For biobrensel er det valgt en konservativ tilnærming ("worst case") ved å bruke data for pellets. Mer sannsynlig bruk av biobrensel for industri vil være for eksempel skogsflis eller brikker, som er mindre bearbeida og har lavere energi- og CO2-faktor. For elektrisitet er det brukt data for energiintensiv industri, som har mindre tap i overføringsnettet enn elektrisitet levert til private husholdninger. Data for damp er basert på forbrenning av husholdningsavfall. CO2-utslipp fra dette kommer i hovedsak fra forbrenning av fossile fraksjoner som for eksempel plast.

7. Privatbilisme

Tabell 8 viser hvilke konsekvenser de valgte scenariene har for fordelingen mellom ulike energibærere i bruksfasen når det gjelder privat transport.

Tabell 8 Tilført energi i bruksfasen for privat transport

		Tilført energi i bruksfasen – Østfold			
Sektor	Energibærer	Status Referanse-scenariet GWh	Scenario		
			"Gass" GWh	"Bio" GWh	"Hydrogen" GWh
Privat transport	Bensinbil	1 068	1 068	1 014	534
	Diesebil	68	68	68	68
	Biodiesel	0	0	46	0
	Hydrogen i brenselcelle	0	0	0	248
	Sum privat transport	1 136	1 136	1 129	850

Grunnen til at summene ikke er helt like for alle scenariene er at energibærerne har ulike virkningsgrader i bruksfasen. Biler med brenselcelle-motor skiller seg ut med spesielt høyt virkningsgrad. Dette fører til at hydrogen-scenariet forbruker mindre energi i bruksfasen enn de andre scenariene.

Tabell 9 viser virkningsgrad i bruksfasen sammen med energifaktor og CO2-faktor for hver energibærer. Energifaktoren viser hvor mye energi som må til gjennom hele verdikjeden ved bruk av 1 GWh av en energibærer. Tilsvarende viser CO2-faktoren hvor mye CO2 som slippes ut gjennom verdikjeden ved bruk av 1 GWh av en energibærer.

Tabell 9 Livsløpsdata for totalt energiforbruk og CO2-utslipp for privat transport

Sektor	Energibærer		Virknings-grad ved bruk	Livsløpsdata	
	Valgt	Tilnærming		Energifaktor GWh per GWh _{bruksfase}	CO2-faktor Tonn CO2 per GWh _{bruksfase}
Privat transport	Bensin	Privatbil	16,7 %	1,10	279,9
	Diesel	Privatbil	19,4 %	1,06	276,7
	Biodiesel	RME (rapsmetyl-ester) i privatbil	19,4 %	1,43	32,4
	Hydrogen fra naturgass reformering med CO2-håndtering, i brenselcelle	Privatbil	36,0 %	1,57	70,2

For biodiesel er det valgt å bruke data for rapsmetylester. Det finnes også andre typer biodiesel, basert på andre biologiske kilder. STØ har blant annet data på biodiesel produsert av en biologisk avfallsfraksjon der energi- og CO2-faktorene er lavere enn for RME (energifaktor 1,09 og CO2-faktor 18), men RME er valgt fordi dette er kommersielt tilgjengelig i dag. Når det gjelder bruk av hydrogen som brensel i brenselcelle har vi brukt data for framstilling av hydrogen fra naturgass (hydrogen kan også produseres fra biologiske kilder eller vha elektrolyse av vann). Datasettet for hydrogen inkluderer CO2-håndtering, dvs. at fossil CO2 fra reformeringsprosessen ikke slippes ut i atmosfæren.

8. Tungtransport

Tabell 10 viser hvilke konsekvenser de valgte scenariene har for fordelingen mellom ulike energibærere i bruksfasen når det gjelder tungtransport.

Tabell 10 Tilført energi i bruksfasen for tungtransport

		Tilført energi i bruksfasen - Østfold			
Sektor	Energibærer	Status Referanse- scenariet GWh	Scenario		
			"Gass" GWh	"Bio" GWh	"Hydrogen" GWh
Tungtransport	Fossil diesel	1 000	900	900	500
	Biodiesel	0	0	50	0
	Naturgass (LNG)	0	115	0	0
	Hydrogen i brenselcelle	0	0	0	269
	Biogass	0	0	57	0
	Sum tungtransport	1 000	1 015	1 007	769

Grunnen til at summene ikke er helt like for alle scenariene er at energibærerne har ulike virkningsgrader i bruksfasen. Biler med brenselcelle-motor skiller seg ut med spesielt høy virkningsgrad. Dette fører til at hydrogen-scenariet forbruker mindre energi i bruksfasen enn de andre scenariene.

Tabell 11 viser virkningsgrad i bruksfasen sammen med energifaktor og CO2-faktor for hver energibærer. Energifaktoren viser hvor mye energi som må til gjennom hele verdikjeden ved bruk av 1 GWh av en energibærer. Tilsvarende viser CO2-faktoren hvor mye CO2 som slippes ut gjennom verdikjeden ved bruk av 1 GWh av en energibærer.

Tabell 11 Livsløpsdata for totalt energiforbruk og CO2-utslipp for tungtransport

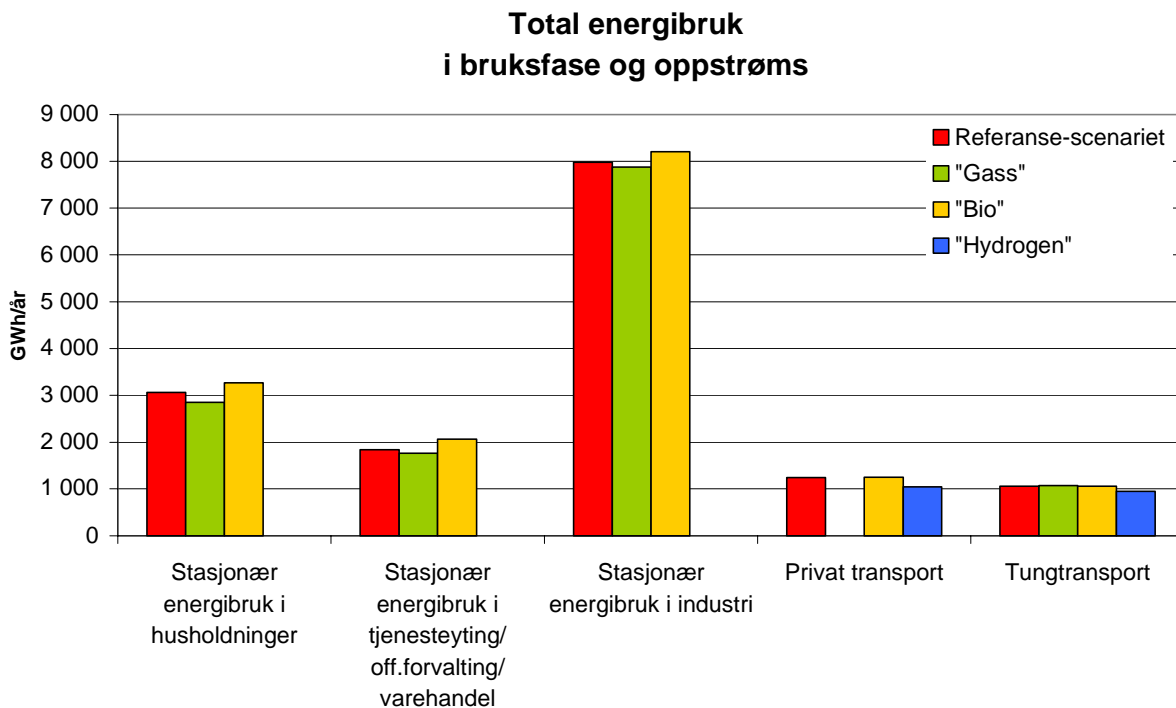
Sektor	Energibærer		Virknings-grad ved bruk	Livsløpsdata	
	Valgt	Tilnærming		Energifaktor GWh per GWh _{bruksfase}	CO2-faktor Tonn CO2 per GWh _{bruksfase}
Tungtransport	Fossil diesel	Tunge kjøretøy	19,4 %	1,06	276,7
	Biodiesel	RME (rapsmetylester), privat	19,4 %	1,43	32,4
	Naturgass (LNG)	CNG forbrenningsmotor, privat	16,9 %	1,06	216,6
	Hydrogen fra naturgass reformering med CO2-håndtering, i brenselcelle	Privat	36,0 %	1,57	70,2
	Biogass	Gass fra utråtning av slam fra avløpsrensing	17,0 %	0,59	9,0

For biodiesel er det valgt å bruke data for rapsmetylester. Det finnes også andre typer biodiesel, basert på andre biologiske kilder, men RME er valgt fordi dette er kommersielt tilgjengelig i dag. Når det gjelder bruk av hydrogen som brensel i brenselcelle har vi brukt data for framstilling av hydrogen fra naturgass (hydrogen kan også produseres fra biologiske kilder eller vha elektrolyse av vann). Datasettet for hydrogen inkluderer CO2-håndtering, dvs. at fossil CO2 fra reformeringsprosessen ikke slippes ut i atmosfæren. På grunn av mangel på data for bruk av hydrogen ved tungtransport er det tatt utgangspunkt i datasettet for hydrogen i privatbil. Av samme grunn er det tatt utgangspunkt i data for privatbil også ved bruk av naturgass. Det er antatt at virkningsgraden ($MJ_{utnyttet}/MJ_{levert}$) er lik i private biler og tunge kjøretøy ved bruk av naturgass og hydrogen. Ved bruk av biogass er det brukt data for gass fra utråtning av slam fra avløpsrensing i Fredrikstad (FREVAR).

9. Resultater

9.1 Totalt energiforbruk

Figuren under viser totalt energiforbruk i bruksfase og oppstrøms for de fem vurderte bruksområdene. Det er bare vist søyler der scenariene skiller seg fra referansescenariet.

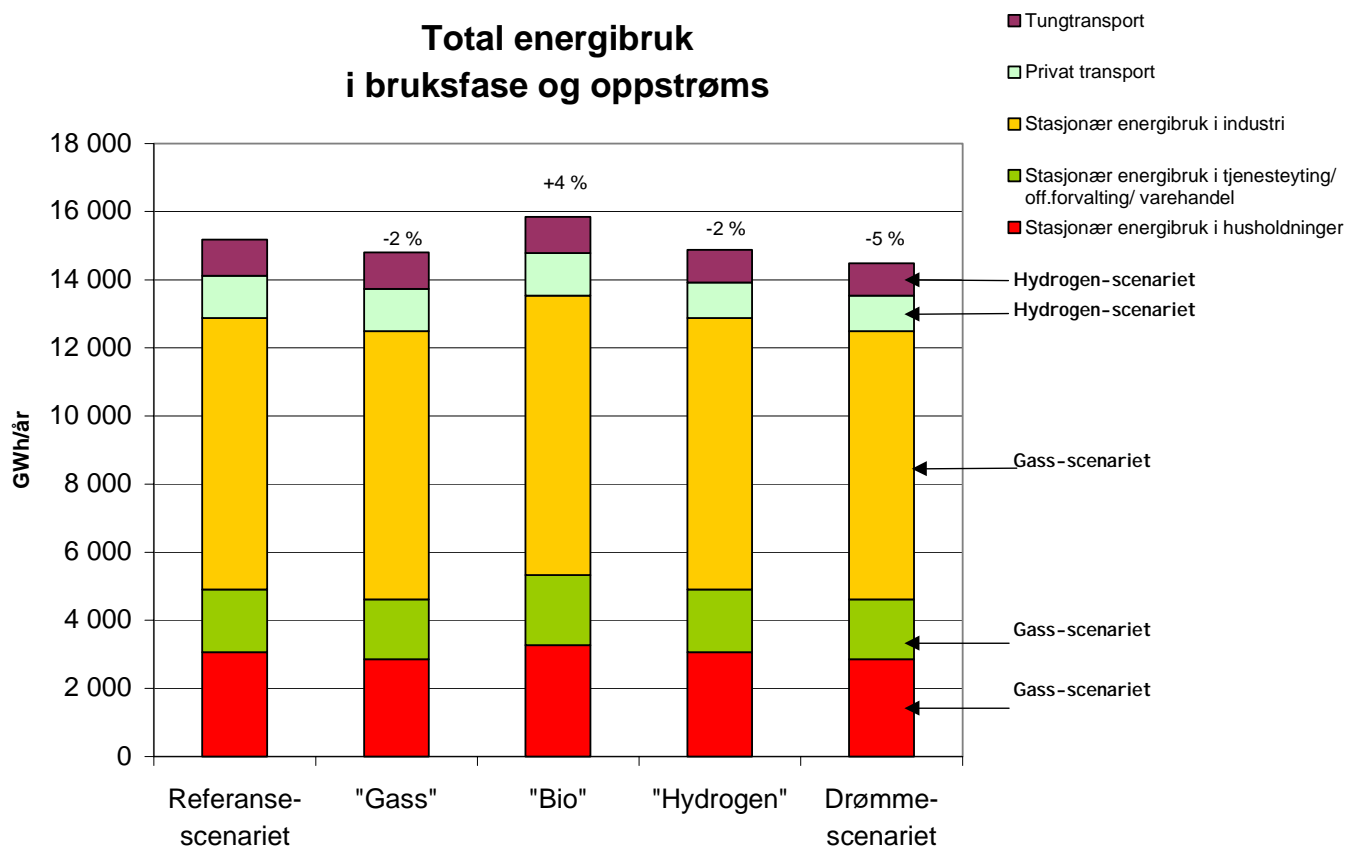


Figur 2 Totalt energibruk for de fem bruksområdene (Østfold)

Figuren viser at en overgang til gass for husholdninger, tjenesteyting og industri i Østfold vil føre til redusert energibruk totalt. En overgang til bioenergi for de samme bruksområdene vil gi økt energibruk totalt. En overgang til hydrogen i transportsektoren vil føre til redusert energibruk. Gass- og bioscenariet gir svært små endringer i forhold til referansen fordi det er bare 5-10% av bensin- og dieselforbruket blir erstatta.

Figur 3 viser totalt energiforbruk i bruksfase og oppstrøms for de ulike scenariene sammenlignet med referansesystemet. Drømmescenariet med hensyn til total energibruk er også vist.

Total energibruk i bruksfase og oppstrøms



Figur 3 Total energibruk for de ulike scenariene

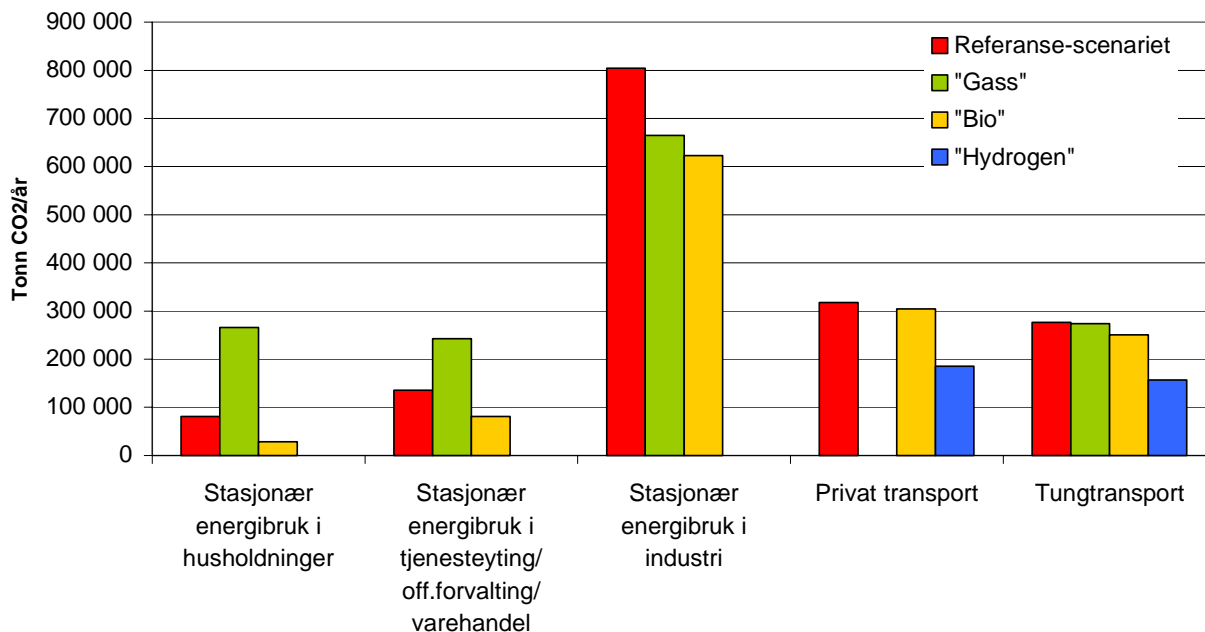
Totalt fører gass-scenariet og hydrogenscenariet til reduisert total energibruk for Østfold (2%). Bioscenariet fører til økt total energibruk (4%). Drømmescenariet reduserer total energibruk med 5%. Drømmescenariet med hensyn på energibruk er satt sammen på denne måten:

Husholdninger:	Gass-scenariet
Tjenesteyting:	Gass-scenariet
Industri:	Gass-scenariet
Privat transport:	Hydrogen-scenariet
Tungtransport:	Hydrogen-scenariet

9.2 CO2-utslipp

Figur 4 viser CO₂-utslipp i bruksfase og oppstrøms for de fem vurderte bruksområdene. Det er bare vist søyler der scenariene skiller seg fra referansescenariet.

Totalt CO2-utslipp i bruksfase og oppstrøms



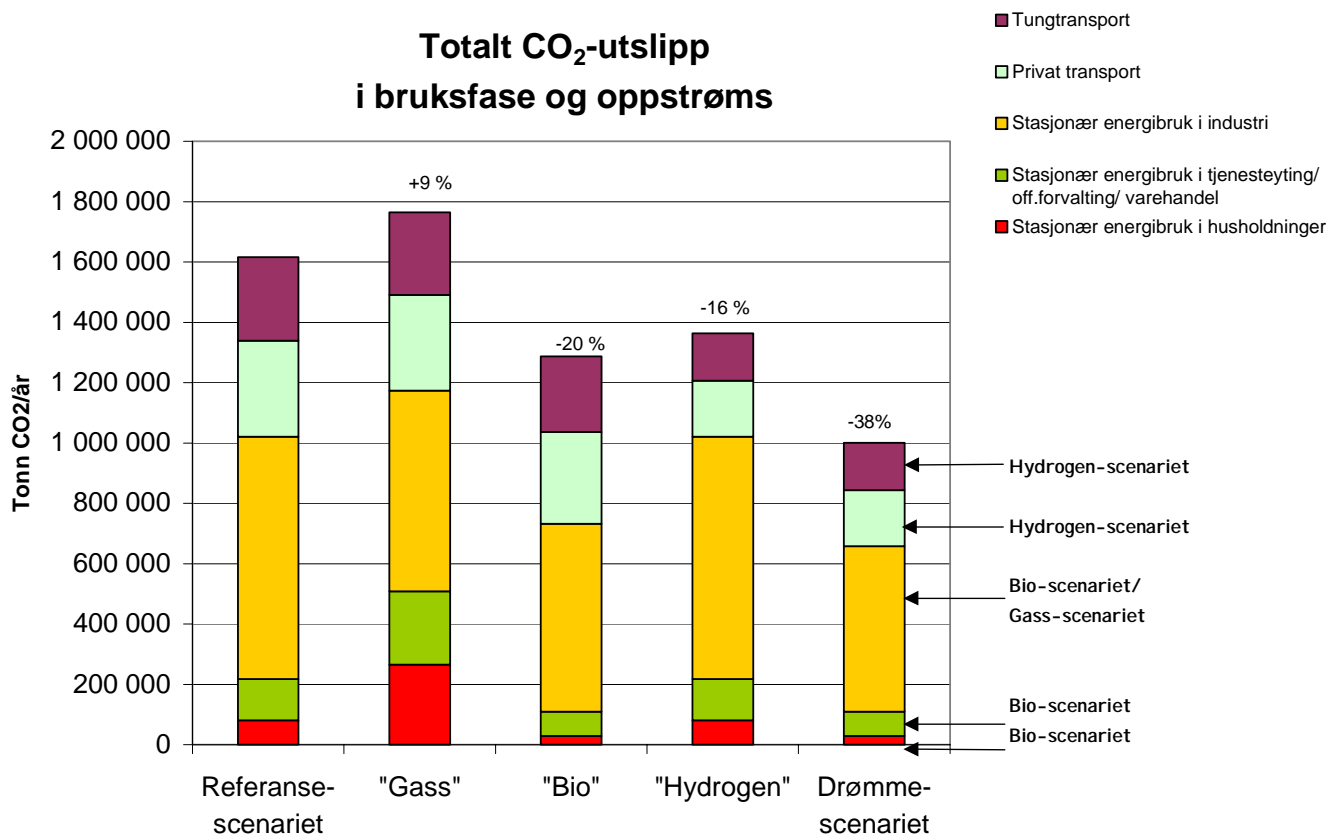
Figur 4 Totalt CO2-utslipp for de fem bruksområdene (Østfold)

Figuren viser at en overgang til gass for husholdninger og tjenesteyting Østfold vil gi økte CO2-utslipp totalt, mens en overgang til gass for industrien vil gi reduserte utslipp. Bio-scenariet fører til reduserte CO2-utslipp både for husholdninger, tjenesteyting og industri.

I bio-scenariet erstatter biobrensel bare 47% av mellomdestillat/tungolje i industrien, mens det i gass-scenariet er lagt inn 100% erstatting. Denne forskjellen kommer av at bioenergiressursene er begrensa. I tillegg er en del av energien i bio-scenariet fossil basert fordi avfall inneholder plast og lignende. Dette fører til at bio-scenariet bare er litt bedre enn gass-scenariet for industrien.

Bio- og gass-scenariet er bare litt forskjellige fra referanse-scenariet når det gjelder transport fordi det er lagt inn små endringer i brenselforbruket. Hydrogen-scenariet viser derimot tydelig reduksjon i CO2-utslipp i forhold til referanse-scenariet.

Figur 5 viser totalt energiforbruk i bruksfase og oppstrøms for de ulike scenariene sammenlignet med referansesystemet. Drømmescenariet med hensyn til CO2 er også vist.



Figur 5 Totalt CO₂-utslipp for de ulike scenariene

Totalt fører gass-scenariet til 9% økte CO₂-utslipp for Østfold. Bio-scenariet vil gi 20% reduksjon i CO₂-utslippene mens hydrogenscenariet vil føre til 16% reduksjon. Drømmescenariet reduserer CO₂-utslippene med 38% og er satt sammen på denne måten:

Husholdninger:	Bio-scenariet
Tjenesteyting:	Bio-scenariet
Industri:	Bio-scenariet for den andelen av mellomdestillat og tungolje som lar seg erstatte av biobrensel (47%), kombinert med gass-scenariet (resterende 53%)
Privat transport:	Hydrogen-scenariet
Tungtransport:	Hydrogen-scenariet

10. Diskusjon og konklusjon

For alle bruksområdene fører endringer i energibærerne i bruksfasen til bare små endringer når det gjelder total energibruk gjennom livsløpet (+4% til -2%; i drømmescenariet -5%). Endringer i energibærerne i bruksfasen fører derimot til relativt store endringer når det gjelder CO₂-utslipp gjennom livsløpet (+9% til -20%; i drømmescenariet -38%). STØ mener derfor at utslipp av CO₂ bør vektlegges framfor total energibruk ved optimalisering av energisystemene.

For å redusere CO₂-utslippene maksimalt (38% reduksjon i forhold til referansescenariet) bør man velge disse scenariene for de enkelte bruksområdene:

Husholdninger:	Bio-scenariet
Tjenesteyting:	Bio-scenariet
Industri:	Bio-scenariet for den andelen av mellomdestillat og tungolje som lar seg erstatte av biobrensel (47%), kombinert med gass-scenariet (resterende 53%)
Privat transport:	Hydrogen-scenariet
Tungtransport:	Hydrogen-scenariet

Hvor realistisk er drømmescenariet?

For å oppfylle drømmescenariet vil det kreves bio-ressurser tilsvarende 3200 GWh per år. Årlig tilgang på bioressurser i Østfold er 1400 GWh, inkludert avfallsressurser fra naboregioner. Selv om vi tar hensyn til potensielt ekstra avvirking av bar- og lauvskog i Østfold og Akershus/Oslo, vil tilgangen være for liten til å oppfylle drømmescenariet helt. Når det gjelder bruk av gass i drømmescenariet er dette realistisk i forhold til startmarkedet.

Det er på bakgrunn av dette nærliggende – i et videre arbeid - å stille spørsmål hvordan en bør bruke energiressursene optimalt i forhold til de fem ulike bruksområdene.

Med tanke på CO₂, bør ikke gass erstatte allerede introdusert bioenergi, men heller erstatte tyngre, fossile fraksjoner som kull, olje og mellomdestillat. Dette er energibærere som er i bruk i industrien. For ikke å hindre forskning, utvikling og introduksjon av bioenergi og andre fornybare energikilder i framtida bør økt bruk av gass gjennomføres med minst mulig oppbygging av permanent infrastruktur.

11. Referanseliste

Askham, C., Vold, M. and Rønning, A.: *Life Cycle Inventory of Norwegian Energy Carriers, Oil and Gas*. Østfold Research Foundation/Stiftelsen Østfoldforskning, OR 52.98, januar 1999

Flugsrud, K., Gjerald, E., Haakonsen, G., Holtskog, S., Høie, H., Rypdal, K., Tornsjø, B. and Weidemann, F.: *The Norwegian Emission Inventory. Documentation of methodology and data for estimating emission of greenhouse gases and long-range transboundary air pollutants*. Norwegian Pollution Control Authority, Statistics Norway (SFT og SSB), ISBN 82-537-4770-5, february 2000

Jordanger, E., Møller-Holst, S., Maurstad, O. og Brevik D.A.: *"Hydrogen som energibærer. Energi- og utslippsregnskap for utvalgte energikjeder. En rapport utarbeidet for SFT og Enova SF"*. Sintef-rapport nr. TR A5713. Sintef Energiforskning AS, www.energy.sintef.no

LCAiT energidatabase ved STØ. Data for *"Coal, direct fired furnace"*. SSB-00.

LCAiT energidatabase ved STØ. Data for *"Oil, heavy fuel, direct fired furnace"*. SSB-00.

SSB/Statistisk Sentralbyrå, statistiske analyser: *"Naturressurser og miljø"*. 1998

Nyland, C.A. og Raadal, H.L.: *"Gjennomgang av CONCAWE-rapport no.2/02"*. STØ-rapport AR 03.02 (lukka), oktober 2002. Basert på CONCAWE-rapport no 2/02 av Armstrong, A.P., Baro, J., Dartoy, J., Groves, A.P., Nikkonen, J., Rickeard, D.J., Thompson, N.D. and Larivè, J-F.: *"Energy and greenhouse gas balance of biofuels for Europe - an update"*.

Ringström, E.: *"Livscykelanalys av biogas från reningsverk som drivmedel - et norskt utviklingsscenario"*. Eksamensarbeid på sivilingeniørprogrammet Miljø- og vattenteknik, Institutionen för ekologi och miljövård, SLU 2000. Uppsala tekniska högskola, Uppsala universitet, 2000.

SFT 99:16, Frøiland, E., J., Williksen, T., Bartnes, J. (1999): *Beregningsmodell for utslipp av metangass fra norske deponier – historiske og framtidige utslippsmengder*, SFT, rapport nr. 99:16, ISBN 82-7655-180-7, 1999.

SFT 96:16, Sandgren, J., Heie, A. og Sverud, T.: *"Utslipp ved håndtering av kommunalt avfall"*. SFT, rapport nr. 96:16, TA 1366/1996, ISBN 82-7655-008-08, 1996.

SimaPro 5.1 transportdatabase (gass på båt og i rør). Delft University of Technology, data fra 1984/1990 (tankskip), ETH-ESU 1996 (rørtransport). Innlagt av PRé Consultants, Nederland. Utrekning per MJ av STØ v/Ingunn Saur Modahl, 14/3-03.

SimaPro energidatabase (*Heat gas B250*). Varmeproduksjon fra gass i Europa, inkludert produksjon og transport av primære energikilder. Eksklusive infrastruktur av energisystemet. Øvre brennverdi er brukt. Antatt 100% konversjon.

STØ LCA-database. Oppdatert energimix basert på IEA Statistics 2002. Innlagt i SimaPro av Cecilia Askham Nyland, 21/5-03.

STØ: *"Miljømessig sammenligning av foredlet biobrensel og fyringsolje i et livsløpsperspektiv"*. STØ-prosjekt 1998/99 (lukka).

Vold, M., Askham, C. and Borchsenius, C.-H.: *"Inventory of Life Cycle Data for Hydroelectricity Produced and Distributed in Norway"*. STØ, OR 58.98.

Øra Energigjenvinning KS: *"Konsekvensutredning for et nytt energigjenvinningsanlegg på Øra, Fredrikstad"*, Energos Anlegg og Stiftelsen Østfoldforskning, Stavanger, 13.12.02