

CICERO Working Paper 2003:05

# Sosioøkonomiske virkninger av klimaendringer

Metoder for å anslå virkninger på aggregert nivå  
med illustrasjoner fra Hordaland

**Asbjørn Aaheim**

October 2003

## **CICERO**

Center for International Climate  
and Environmental Research  
P.O. Box 1129 Blindern  
N-0318 Oslo, Norway  
Phone: +47 22 85 87 50  
Fax: +47 22 85 87 51  
E-mail: [admin@cicero.uio.no](mailto:admin@cicero.uio.no)  
Web: [www.cicero.uio.no](http://www.cicero.uio.no)

## **CICERO Senter for klimaforskning**

P.B. 1129 Blindern, 0318 Oslo  
Telefon: 22 85 87 50  
Faks: 22 85 87 51  
E-post: [admin@cicero.uio.no](mailto:admin@cicero.uio.no)  
Nett: [www.cicero.uio.no](http://www.cicero.uio.no)

---

**Tittel:** Sosioøkonomiske virkninger av klimaendringer: Metoder for å anslå virkninger på aggregert nivå med illustrasjoner fra Hordaland

**Forfatter:** Asbjørn Aaheim  
CICERO Working Paper 2003:05  
47 sider

**Finansieringskilde:** Norges forskningsråd  
**Prosjekt:** An assessment of the impacts of climate change in Norway (scoping study)

**Prosjektleder:** Asbjørn Aaheim  
**Kvalitetsansvarlig:** Gunnar Eskeland  
**Nøkkelord:** klimavirkninger, macroøkonomi

**Sammendrag:** I denne rapporten drøftes metoder for å beregne samfunnsøkonomiske virkninger av klimaendringer med eksempler fra Hordaland fylke. Utgangspunktet for beregningene er anslag over klimaendringer fra RegClim prosjektet. Med bakgrunn i kunnskap om sammenhengen mellom økonomisk aktivitet og klima på disaggregert nivå beregnes endringer i produksjon og etterspørsel av varer og tjenester innen aggregerte sektorer, som er definert i fylketsregnskapet for Hordaland. Totale virkninger for fylket kommer da til uttrykk gjennom kjente størrelser fra nasjonalregnskapets definisjoner, som "nasjonalprodukt" for fylket, samlet konsum, investering osv. Anslag over virkninger av klimaendringer på disaggregert nivå i Hordaland er i liten grad kvantifisert. Beregningene som er gjort i denne rapporten egner seg derfor bare til å illustrere metoder og tolkninger. Etter de ulike aktivitetenes betydning for økonomien i fylket er det imidlertid sannsynlig at vannkraftsektoren er den som i størst grad vil bli berørt. Økt nedbør vil gi et større produksjonspotensiale, men lønnsomheten vil i stor grad avhenge av forventede kraftpriser og investeringskostnadene ved en utvidelse. Også landbruket og skogbruket vil øke sitt produksjonspotensiale, men dette er relativt små sektorer i fylket. Sammenliknet med usikkerheten om produksjonsvirkningene av klimaendringer er imidlertid usikkerheten om endringer i etterspørselen langt større. Særlig etterspørselen etter persontransport og bygg- og anlegg kan vise seg få betydelige konsekvenser for fylkets økonomi.

**Språk:** Norsk

---

Rapporten kan bestilles fra:  
CICERO Senter for klimaforskning  
P.B. 1129 Blindern  
0318 Oslo

Eller lastes ned fra:  
<http://www.cicero.uio.no>

---

**Title:** Economic impacts of climate change: Methods of estimating impacts at an aggregate level using Hordaland as an illustration

**Author:** Asbjørn Aaheim  
CICERO Working Paper 2003:05  
47 pages

**Financed by:** The Research Council of Norway  
**Project:** An assessment of the impacts of climate change in Norway (scoping study)

**Project manager:** Asbjørn Aaheim  
**Quality manager:** Gunnar Eskeland  
**Keywords:** climate impacts, macroeconomics

**Abstract:** This report discusses methods for calculating economic impacts of climate change, and uses Hordaland county in Norway as an illustrative example. The calculations are based on estimated climate changes from the RegClim project. This study draws from knowledge of the relationship between economic activity and climate at a disaggregate level and calculates changes in production of and demand for goods and services within aggregate sectors, which are specified in the county budget for Hordaland. Total impacts for the county thus are expressed through known values from the national budget, such as the county's "national product," total consumption, and investments. The estimates of impacts of climate changes at a disaggregate level in Hordaland are quantified only to small degree. The calculations made in this report can thus only be considered appropriate for illustrating methods and interpretations. In terms of relative economic significance for the county, however, it is likely that the hydropower sector will be the most affected. Increased precipitation will result in greater production potential, but profitability will largely depend on projected energy prices and investment costs associated with expansion. Agriculture and forestry will increase their production potential, but they are relatively small sectors in the county. Compared with the uncertainty about how climate change will affect production, however, the uncertainty about changes in demand is far greater. The demand for personal transportation and construction in particular can have significant consequences for the county's economy.

**Language of report:** Norwegian

---

The report may be ordered from:  
CICERO (Center for International Climate and Environmental Research – Oslo)  
PO Box 1129 Blindern  
0318 Oslo, NORWAY

Or be downloaded from:  
<http://www.cicero.uio.no>

---

## Contents

1	Innledning.....	1
2	Valg av nivå .....	2
3	Generell beskrivelse av metode.....	4
4	Sektorspesifikke endringer på tilbudssiden .....	7
4.1	LANDBRUK.....	8
4.1.1	<i>Beskrivelse</i> .....	8
4.1.2	<i>Virkning av klimaendringer</i> .....	9
4.2	SKOGBRUK.....	10
4.2.1	<i>Beskrivelse</i> .....	10
4.2.2	<i>Virkning av klimaendringer</i> .....	11
4.3	FISKE OG FANGST .....	13
4.3.1	<i>Beskrivelse</i> .....	13
4.3.2	<i>Virkning av klimaendring</i> .....	14
4.4	VANN- OG KRAFTFORSYNING .....	14
4.4.1	<i>Beskrivelse</i> .....	14
4.4.2	<i>Virkning av klimaendringer</i> .....	15
5	Etterspørselssiden – endring i sluttleveringer.....	19
5.1	ETTERSPØRSEL ETTER ENERGIVARER .....	19
5.1.1	<i>Beskrivelse</i> .....	19
5.1.2	<i>Virkning av klimaendringer</i> .....	20
5.2	ETTERSPØRSEL ETTER FERIE- OG FRITIDSGODER .....	22
5.2.1	<i>Beskrivelse</i> .....	22
5.2.2	<i>Virkning av klimaendringer</i> .....	23
5.3	PERSONTRANSPORT .....	24
5.3.1	<i>Beskrivelse</i> .....	24
5.3.2	<i>Virkning av klimaendringer</i> .....	25
5.4	SKADER SOM FØLGE AV EKSTREME VÆRSITUASJONER .....	28
5.4.1	<i>Bygg og anlegg</i> .....	31
5.4.2	<i>Samferdsel</i> .....	31
6	Oppsummering av sektorvirkninger.....	33
7	Illustrasjon på en analyse av sosioøkonomiske virkninger .....	37
8	Konklusjon .....	42

## 1 Innledning

Klimaendringer er i løpet av få år blitt et av de miljøproblemene som vies størst oppmerksomhet blant de rike landene i verden. Trusselen om at klimaet vil kunne komme til å endre seg betydelig som følge av utslipp fra menneskelig aktivitet har fått de fleste rike land til å forplikte seg gjennom Kyoto-avtalen til å begrense sine utslipp av klimagasser. Selv om disse begrensningene i seg selv ikke monner stort for å løse klimaproblemet, viser det faktum at det i det hele tatt har vært mulig å komme fram til en internasjonal avtale hvor alvorlig landene ser på klimaendringer. De fleste betrakter da også Kyoto-avtalen bare som et første skritt på veien mot å redusere trusselen.

Til tross for en relativt bred enighet om nødvendigheten av Kyoto-avtalen, er det lite samstemmighet om hva klimaendringer kan føre med seg. Dette skyldes blant annet den store usikkerheten som knytter seg til hvilke endringer en vil kunne oppleve og i hvilken grad de vil opptre. Men kanskje like viktig er det at virkningene er sterkt avhengige av øynene som ser. Dette gjelder også om en forsøker å konsentrere seg om økonomiske virkninger. I tidlige studier ble oppmerksomheten rettet mot å anslå den nasjonale kostnaden ved en nærmere angitt endring i gjennomsnittstemperatur. Basert hovedsakelig på grunnlagsstudier fra USA dannet det seg etter hvert en oppfatning om at en økning på 2 – 3 °C over en periode på 50 til 75 år ville kunne redusere nasjonalproduktet med mellom 1 og 2 prosent i utviklede land. Dette forholdsvis smale intervallet dekket imidlertid over en betydelig variasjon når en gikk inn på de enkelte virkninger, som for eksempel kostnader for enkelte sektorer eller kostnadene ved nærmere spesifiserte effekter. Videre var det enighet om at kostnaden målt i prosentvis reduksjon i BNP ville bli langt større i fattigere land, kanskje opp mot 10 prosent.

Den store variasjonen mellom ulike områder, enten det gjelder geografisk område eller for mer spesifikke sosiale grupper, har gjort at en nå fokuserer mindre på den samlede kostnaden for et helt land, mens en i større grad prøver å nyansere beskrivelsen av mulige endringer i et samfunn. Blant annet har en erkjent at kostnaden ved klimaendringer ikke kan vurderes uavhengig av muligheten for å tilpasse seg. For eksempel vil ikke kostnaden for en fisker som driver torskefiske svare til hele inntektstapet dersom torsken forsvinner, men måtte beregnes på grunnlag av hvilke alternativer fiskeren har for å tjene en inntekt etter at torsken er blitt borte.

Det er liten tvil om at denne dreiningen av fokus for studier av virkningene av klimaendringer innebærer et fremskritt, men den er heller ikke uproblematisk. For det første er det ikke lett å bestemme hvor langt en skal gå i detalj. Motivasjonen for å gå mer detaljert til verks har blant annet vært at aggregerte studier ikke godt nok fanger opp de virkningene en tror vil bli viktige, og at informasjonen de gir dekker over viktige forhold. På den annen side er det ikke grenser for hvor langt en kan gå for å ”få med alt”. Mange detaljer er heller ikke gunstig med tanke på informasjonen en skal ha ut av slike studier. Skal de være nyttige for noen, må informasjonen gis på et nivå som brukerne føler at de har kontroll på.

For det andre blir det vanskeligere å hole tunga rett i munnen når analysene blir mer mangfoldige. Analyser av virkningene av klimaendringer fordrer tilfang av kunnskap fra vidt forskjellige fagdisipliner. Ulike fag har ulike tradisjoner for hva de legger vekt på, og dermed hva som oppfattes som betydelig og ubetydelig. En naturviter vil ta utgangspunkt i endringene i naturgrunnlaget og normalt bygge sine konklusjoner på hvor store disse endringene blir, mens sosiologer bygge sine konklusjoner på bakgrunn av mulighetene mennesker har for å tilpasse seg. En statsviter vil si at muligheten for å tilpasse seg avhenger av institusjonelle forhold. Alle vil fort kunne komme til at de andre overser viktige forhold, mens det gjøres for mye ut av andre faktorer. Hvis en har som mål å gjøre helhetlige analyser er det vanskelig å

foreta avgrensninger slik at en unngår at noe overfokuseres i forhold til noe annet. Det stilles det derfor store krav til konsistens ved valg av metode.

I denne studien skal vi presentere en metode for å anslå økonomiske virkninger av klimaendringer, og vise ved eksempler fra Hordaland fylke hvordan en kan bruke grunnlagsinformasjon om virkninger av klimaendringer til å gjøre en helhetlig analyse. I hovedtrekk kjennetegnes metoden ved at en på forhånd velger et samfunnsmessig nivå, i noen sammenhenger kalt skala, som en ønsker å rette analysen inn mot, for eksempel med referanse til hvilke beslutninger analysen skal underbygge. Dernest systematiseres og organiseres tilgjengelig informasjon om klimaendringer og deres virkninger på samfunnsøkonomien. Til slutt settes den systematiserte informasjonen inn i et analyseapparat med tanke på selve analysen. Spørsmålet vi tenker oss blir stilt er: Hvor mye vil produksjon og etterspørsel etter varer og tjenester endres dersom en med samme tilgang på arbeid, kapital og naturressurser skulle produsere under andre klimatiske forhold.

Det må understrekes at til tross for at den foreslåtte metoden påberoper seg å være helhetlig betyr det ikke at den er altomfattende. I hovedsak skal vi konsentrere oss om økonomiske virkninger, det vil si hvordan klimaendringer slår ut i ulike økonomisk aktiviteter. Vi kan imidlertid dele disse utslagene i direkte og indirekte virkninger. Direkte virkninger er økonomiske aktiviteter direkte kan forklares som et resultat av klimatiske forhold, for eksempel at etterspørselen etter energi til oppvarming avhenger av temperaturen. Indirekte virkninger er et resultat av at aktiviteten innen en virksomhet påvirkes av aktiviteten i en annen virksomhet: Når energietterspørselen endres fordi det blir varmere vil det bli mindre olje å frakte for transportnæringen. Transportnæringen er i så måte indirekte berørt.

## **2 Valg av nivå**

Oppmerksomheten om lokale virkninger av klimaendringer har økt i de senere år. Dette skyldes til dels at nasjonale studier ikke får fram at enkeltgrupper kan være sårbare for klimaendringer selv om nasjonen samlet sett ikke berøres i særlig grad. Med eksempler fra Norge viser O'Brien og Sygna (2003) at når en går ned i skala, fra nasjonalt nivå, via fylke- til kommunenivå, så dukker det stadig opp nye grupper som viser seg sårbare for klimaendringer "på veien".

Årsaken til dette er at man vanligvis tvinges til å operere med større befolkningsgrupper jo mer aggregert skala man gjør analysen på. Hver gruppe består av både vinnere og tapere, men det er bare netto tap eller gevinst som framkommer i nasjonale studier. Jo mer man deler opp, jo større kan derfor kostnadene fremstå som. Hvis for eksempel mer nedbør medfører tap for kornbønder fordi jorda blir surere, mens høyere temperatur er gunstig for husdyrhold, vil den samlede virkningen for landbruket av en klimaendring med høyere temperatur og mer nedbør helt avhenge hvor mange bruk som baserer seg på korn i forhold til hvor mange som baserer seg på husdyrhold. Men dette forholdet forandrer ikke på situasjonen for henholdsvis kornbønder og bønder med husdyr. Man kan derfor argumentere med at en mister viktig informasjon dersom en ikke deler analysen opp etter driftsgrunnlaget i landbruket. Tilsvarende kan en finne store variasjoner mellom geografiske områder, og mellom sosiale grupper osv.

Det er selvsagt grenser for hvor langt ned i skala en kan gå av rent praktiske grunner, som for eksempel kostnadene ved å analysere virkninger av klimaendringer for mange små grupper av befolkningen. Men det er viktig å være klar over at også detaljstudier innebærer at en står i fare for å miste verdifull informasjon. Jo mer man deler opp samfunnet i grupper i den hensikt å få fram virkningene for hver av dem, jo lettere blir det å miste synet for samspillet mellom dem. Det kan føre til at den samfunnsmessige dimensjonen ved klimaendringer undervurderes. Hvis kornbonden finner ut at han ikke lengre kan drive gården

som før etter at klimaet har endret seg, må han velge om han skal endre driftsform, eller å finne på noe helt annet. Hvor sårbar bonden er for klimaendringer er derfor ikke bare et spørsmål om hva han taper ved ikke kunne produsere korn mer, men også hvilke muligheter han har for å tilpasse seg et alternativt utkomme. I en analyse av hvilke konsekvenser klimaendringer har bør en derfor forsikre seg om at alle de faktiske alternative er representert, og at muligheten for å tilpasse seg er tilstrekkelig ivaretatt. Dette krever på sin side at en ikke avgrenser fokus for analysen i for stor grad.

Ved å bringe det samfunnsmessige perspektivet inn på denne måten tvinger spørsmålet om hvem som skal bruke resultatene for analysen seg fram. For de enkelte bønder er det viktig å trekke inn muligheten for å finne en annen jobb, fordi de sannsynligvis vil være interesserte i å vite hva klimaendringer betyr for dem så lenge de fortsetter å være bønder. Det betyr at alternativene naturlig nok avgrenses til hvilke andre driftsformer de kan drive gården sin under. Generelt er det grunn til å tro at grupper innenfor næringslivet i første rekke vil være interesserte i analyser som viser hva som skjer med deres næring dersom det blir klimaendringer. Dette krever betydelig kunnskap om den enkelte næring, og setter store krav til detaljinformasjon om forholdet mellom klimafaktorer og næringsdrift.

Tilsvarende vil en kommune avgrense sitt fokus til hva som skjer i kommunen. Dette innebærer at en tar et noe bredere spekter av alternativer med i analysen. Ofte finner en imidlertid at én næring dominerer i en kommune, slik at kommunens interesser faller sammen med de interessene næringen har. Hvis en såkalt hjørnesteinsbedrift står i fare for å måtte innstille, vil dette bli betraktet som et betydelig tap også for kommunen. Hvis det finnes andre bedrifter som en antar kan ansette de som mister jobben, for eksempel ved å etablere en statlig institusjon i kommunen, vurderes ikke tapet for kommunen på langt nær så stort.

Bringes analysen opp på nasjonal skala utvides spekteret av alternativer betydelig, med tilsvarende konsekvenser for hvordan analysen bør utføres. Hvis vi holder oss til hjørnesteinsbedriften som må legges ned, er det åpenbart at ordføreren i kommunen vurderer konsekvensene som langt alvorligere enn en statsråd. Statsrådets engasjement i saken vil blant annet avhenge av om bedriften flytter til en annen kommune som også trenger arbeidsplasser. I så fall stilles statsråden i et dilemma, der det vanskeligste kanskje er å finne ut hva han skal si til ordføreren i kommunen som mister sin bedrift når han skal forklare hvorfor han ikke vil gjøre noe.

Valget av skala avhenger altså av hva analysens resultater skal brukes til, men det er viktig å understreke at valget ikke automatisk er gitt bare fordi en vet hvem brukerne er. For det første må en forsikre seg om at det finnes grunnlagsdata med tilstrekkelig høy kvalitet på det nivået en velger, og for det andre må en huske på at selv om en velger for eksempel det nasjonale nivået, så er informasjon om hvor stor tilpasning i form av flytting, enten geografisk eller mellom regioner, likevel viktig. Dette gjelder særlig i Norge, hvor det vanligvis legges så stor vekt på distriktshensyn ved utforming av politikk.

I denne studien har vi valgt et kompromiss, og vil bruke talleksempler fra Hordaland. Begrunnelsen for dette er, for det første, at fylkesnivået representerer et forholdsvis vidt spekter av alternativer, slik at den samfunnsmessige dimensjonen ivaretas i tilstrekkelig grad. For det andre finnes det samfunnsøkonomiske data på fylkesnivå som ikke finnes på kommunenivå, men som riktignok har høyere kvalitet dersom en bruker nasjonale data. Dette gjelder først og fremst nasjonalregnskapsdata. For det tredje er det lettere å fastslå hvordan klimaendringer virker direkte på økonomisk aktivitet på fylkesnivå enn på nasjonalt nivå, fordi tilsvarende økonomiske aktiviteter, eller sektorer, på nasjonalt nivå normalt inneholder et bredere sammensatt sett av virksomheter.

### 3 Generell beskrivelse av metode

Vi skal bruke en modifisert makroøkonomisk modell for å analysere virkninger og tilpasning til klimaendringer. Det finnes et utall måter å utforme en slik modell på, men det viktige for det formålet vi har i denne studien er at den beskriver produksjonen i et nærmere spesifisert antall sektorer som et resultat av bruken av innsatsfaktorer, og at etterspørselen etter varene fra hver sektor hos sluttbrukerne (konsum, investering og eksport) er angitt. Dette er i korte trekk hva generelle likevektsmodeller inneholder, men vi skal holde oss til en enklere variant, en kryssløpsmodell med faste koeffisienter.

Forskjellen mellom en generell likevektsmodell og en kryssløpsmodell er først og fremst at produksjon av varer og tjenester i en likevektsmodell begrenses av tilgangen på ressurser. Prisene klarer markedet, slik at produksjon og etterspørsel i økonomien endres dersom prisene endres. I en kryssløpsmodell er produksjon og etterspørsel uavhengig av prisene. Det forutsetter at en hvilken som helst økning i etterspørselen kan motsvares av økt produksjon, uten at det stilles spørsmålsteget ved om det finnes tilgjengelige ressurser. En kan se på kryssløpsmodellen som et spesialtilfelle av en likevektsmodell. Det er altså mulig å generalisere kryssløpsmodellen dersom en ønsker å gjøre analyser under forutsetning om gitt ressurstilgang.

Poenget i denne studien er imidlertid å vise hvordan en kan bringe inn virkninger av klimaendringer i en slik modell. Samtidig viser kryssløpsmodellen seg nyttig for å systematisere og organisere informasjon om forholdet mellom klimaendringer og økonomisk aktivitet. Siden den tar sikte på å gi en beskrivelse av hele økonomien fungerer modellrammen både som en oversikt over hvilken informasjon man trenger for å gjøre analyser, og som en slags kokebok for hvordan tilgjengelig informasjon om klimaendringer og virkninger av klimaendringer skal brukes.

Figur 1 illustrerer hvordan informasjonen om økonomisk aktivitet kan organiseres i en kryssløpsmodell. Informasjonen består i hva økonomiske produksjonssektorer leverer av varer til andre produksjonssektorer (kryssløpsleveransene) og til sluttforbrukere (sluttleveransene). Kryssløpsleveransene beskriver i prinsippet produksjonsteknologien i sektorene: Hvis en antar at bedriftene innen hver sektor forsøker å produsere til så lave kostnader som mulig, kan kryssløpsleveransene tolkes som nødvendig bruk av vareinnsats for å realisere sitt produserte kvantum. En kryssløpsanalyse med faste koeffisienter innebærer at faktorbruken er proporsjonal med produsert kvantum. Dersom produsert kvantum skal økes gir altså kryssløpsleveransene informasjon om hva som trengs av leveranser fra andre sektorer.

		To sector				End deliveries	
		Agric.	Forest	Fish	Publ. serv.	Consump.	Investm Export
From sector	Agriculture	<i>Technology</i>				<i>Final demand</i>	
	Forestry						
	Fisheries						
	⋮						
	Public services						

**Figur 1. Kryssløpsmatrisen**

Sluttleveringene gir i hovedsak informasjon om hvilke varer, eller sektorprodukter, totalt konsum, investering og eksport består av. Hvis en antar at også disse fordeles etter faste koeffisienter, kan modellen brukes til å analysere endringer i økonomisk aktivitet innen hver sektor som følge av en generell økning i sluttleveringene. Analysen tar da også hensyn til at økning i produksjonen av en vare vil kreve økte leveranser fra en annen sektor. Hvis for

eksempel produksjonen i bygg- og anleggssektoren øker, gir en kryssløpsanalyse svar på hva som trengs av energi for å få dette til, hvor mye transportnæringen må øke sin aktivitet med for å få levert energien osv.

Kryssløpsmodellen ovenfor mangler imidlertid informasjon om bruk av primærinnsatsfaktorene, arbeid, realkapital og eventuell naturkapital. I tråd med forutsetningen om faste kryssløpskoeffisienter skal vi imidlertid anta at produktiviteten av primærinnsatsfaktorene er lineær i produksjonen. Det vil si at en endring i for eksempel bidraget fra naturkapital, som er spesielt interessant ved analyser av virkninger av klimaendringer, fører til en proporsjonal endring i produksjonen.

Kryssløpsmodellen gir også en innfallspurt til hvordan informasjon om endringer i klimaet skal organiseres. Siden en tenker seg matrisen brukt til analyser er det viktig at all informasjon refererer seg til samme endring, for eksempel klimaendringer slik de er beregnet i prosjektet RegClim (2003), og at informasjonen brukes konsistent, det vil si at all informasjon skal tilordnes den samme overordnede problemstilling. Den overordnede problemstillingen vi stiller er:

*Hvor mye vil produksjon og etterspørsel etter varer og tjenester endres dersom en med samme tilgang på arbeid, kapital og naturressurser skulle produsere under andre klimatiske forhold.*

Merk at tilgang på kapital og naturressurser ikke er det samme som mengde, fordi klimatiske forhold nettopp kan endre forholdet mellom dem. Med dette utgangspunktet kan virkningene deles inn i de tre følgende kategoriene

- i) Virkning på bruk av primærinnsatsfaktorer. Det er først og fremst virkninger på naturgrunnlaget og naturgrunnlagets betydning for produksjonen vi her er interesserte i. Følgelig vil det være de såkalte naturressursbaserte næringene som i første rekke bør gjennomgås. Materielle skader ved klimarelaterte hendelser vil i prinsippet slå ut i endringer i realkapital. Skader avhenger sterkt av hvor mange hendelser som skjer, noe som vil variere betydelig uten at en kan predikere det på noen god måte. I økonomisk forstand er det imidlertid den forventede skaden som er av interesse, siden kostnadene også vil fordele seg over mange år. I denne studien har vi valgt å anta at økt sannsynlighet for skader slår ut i en annuitetsberegnet økning i investeringene. Eventuelle skader virker således inn på sluttleveringene, og ikke på produktiviteten av realkapitalen.
- ii) Virkning på den øvrige produksjonsteknologien. Dette er virkninger som kommer til uttrykk gjennom endring i kryssløpsansene. Igjen er det først og fremst leveransene til de ressursbaserte sektorene som må vies størst oppmerksomhet. Bruken av vareinnsats i disse sektorene er ofte betinget av naturgrunnlaget. Når en opplever endringer i naturgrunnlaget vil også denne delen av vareinnsatsen endres. For eksempel er det grunn til å tro at landbrukets etterspørsel kunstgjødning vil kunne endres med nedbørmengde. Men det er også faktorer som berører alle sektorer. Dette gjelder først og fremst for energi til oppvarmingsformål, som er temperaturavhengig.
- iii) Endringer i sluttleveringene. I hvilken grad etterspørselen endres avhenger av om en ser på konsum, investering eller eksport, fordi avhengigheten av klimatiske faktorer er svært forskjellig for disse tre etterspørselsfaktorene. Endringer i etterspørselen etter konsumvarer knytter seg til den delen av konsumentenes aktiviteter som kan sies å være klimarelatert, som for eksempel ferie og fritid,



valg av transportmåter eller energi til oppvarmingsformål. Som nevnt vil en kunne oppleve endringer i investeringene som følge av klimarelaterte skader. Også en del av eksporten kan en anta påvirkes av klimaendringer, for eksempel turisme. Vi skal konsentrere oss om eventuelle virkninger på eksport som skyldes endringer i norske forhold og se bort fra eventuelle virkninger av forhold i andre land. Således vil dårligere vær på Vestlandet kunne bidra til at færre turister kommer dit, noe vi i prinsippet vil ta hensyn til. Det kan også hende at flere vil kjøpe Marius-gensere i utlandet hvis det blir kaldere der, men vi velger å se bort fra slike effekter.

For å gi en mer presis beskrivelse av metoden gis det en formell presentasjon i det følgende. Hver sektor er representert med produktfunksjon  $x = f(v_1, \dots, v_n, \alpha_1, \dots, \alpha_m)$ , der  $x$  er produksjon,  $v_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  er bruken av ordinære innsatsfaktorer, og  $\alpha_j$ ,  $j = 1, \dots, m$  er det en kan kalle klimasensitive faktorer. I en tradisjonell økonomisk likevektsmodell kan vi da generelt avlede etterspørselen etter faktor  $i$  som

$$v_i = D(p_1, \dots, p_n, \alpha_1, \dots, \alpha_m; x),$$

der  $p_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  betegner prisen på innsatsfaktor  $i$ . Siden dette skal brukes i en kryssløpsmodell, kan vi se bort fra eventuelle virkninger av endring i de relative prisene, og etterspørselen etter faktor  $i$  er da helt bestemt ved kryssløpskoeffisienten (såkalt Leontief-struktur):

$$v_i = a_i x.$$

Kryssløpskoeffisienten kan bestemmes ved forholdet mellom produksjon og innsats i et basisår, dvs. mengde innsats per produsert enhet. Siden produktfunksjonen for  $x$  er påvirket av klimasensitive faktorer, vil innsatsen av hver faktor bli endret som følge av klimaendringer. Ovenfor har vi skilt mellom to måter klimaet kan virke inn på produksjonsteknologien. Dersom virkningene skyldes endringer i naturgrunnlaget vil produksjonen endres med  $\Delta x$  uten at ordinær vareinnsats endres. Vi får da en endring i alle kryssløpskoeffisientene som svarer til  $\Delta a_i = v_i/x(\Delta x/(x+\Delta x))$ , slik at den "nye" kryssløpskoeffisienten  $a_i^*$  blir

$$a_i^* = v_i/(x+\Delta x) \text{ for alle } i. \tag{3.1}$$

Hvis klimaendringene virker direkte inn på bruken av en vareinnsatsfaktor, vil endringen i kryssløpskoeffisienten svare til  $\Delta a_i = \Delta v_i/x$ , og "nye" kryssløpskoeffisienten for leveransene fra sektor  $i$ ,  $a_i^*$ , blir

$$a_i^* = (v_i + \Delta v_i)/x. \tag{3.2}$$

Sluttleveringene bestemmes også gjennom "faste koeffisienter", dvs. en eksogent bestemt total etterspørsel fordeles prosentvist likt på alle varer. La  $\beta_1, \dots, \beta_k$  betegne karakteristika ved sluttleveringene (etterspørselssiden) som er klimaavhengige, for eksempel at etterspørsel etter turtjenester avhenger av været. Generelt kan etterspørselen (Marshall) etter en vare  $x_i$  basert på nyttemaksimering skrives som

$$x_i = g_i(p_1, \dots, p_n, \beta_1, \dots, \beta_k, R),$$

der  $R$  er inntekt. For konsumentene vil altså  $R$  betegne konsumentenes inntekt, men i tilfellene med eksport og investeringer representerer  $R$  henholdsvis total eksport og totale investeringer. På grunn av Leontief-strukturen regner vi også etterspørselen etter sluttleveringer i modellen uavhengig av de relative prisene. Dessuten vil etterspørselen være proporsjonal med inntekten for konsumet og for total størrelse på investering og eksport:

$$x_i = g_i(\beta_1, \dots, \beta_k)R.$$

Konsum-, investerings- og eksportkoeffisientene er altså

$$b_i = g_i(\beta_1, \dots, \beta_k) \quad (3.3)$$

For konsumetterspørselen kan  $b_i$  tolkes som budsjettandeler. Igjen vil klimaendringer kunne påvirke etterspørselen etter sluttleveringer på to måter. For det første direkte gjennom endringer i  $\beta$ -ene, og for det andre gjennom endringer i inntekten. Men endringer i sluttleveringene endrer ikke koeffisientene. På den annen side kan endringer i sluttleveringene føres tilbake til to forhold. For det første kan klimaendringer virke direkte inn, for eksempel som følge av endringer i etterspørselen etter turisme fra folk utenfor fylket, eller økt etterspørsel etter investeringer på grunn av ødeleggelse. For det andre kan klimaendringer virke inn på fylkets totale inntekt. Hvordan denne indirekte virkningen gir seg utslag i analysen vil avhenge av hvordan man "lukker" modellen.

## 4 Sektorspesifikke endringer på tilbudssiden

I dette avsnittet skal vi ta for oss sektorspesifikke endringer som følge av endringer i klimaforhold. Dette dreier seg i hovedsak om endringer i produksjonsteknologi innen næringer som i vesentlig grad er naturressursbaserte, dvs. landbruk, skogbruk, fiskerier og vann- og kraftforsyning. Selvsagt hører også utvinning av mineralske forekomster inn under denne kategorien, men vi regner ikke dem som klima-avhengige. Videre er det noen generelle klima-avhengige faktorer som også virker inn på teknologien i de ressursbaserte næringene. Dette gjelder først og fremst for den temperaturavhengige delen av energietterspørselen, og for etterspørselen etter investeringsvarer som følge av endringer i forventede klimarelaterte skader. Disse vil bli behandlet på generelt grunnlag i avsnitt 5.

I produksjonsteknisk forstand kan endringer i naturgrunnet for naturressursbaserte næringer tolkes som en endring i innsatsen av naturkapital. Det endelige formålet med analysen av disse endringene er å finne relasjonen mellom det en kan kalle klimaindikatorer og produksjon. Klimaindikatorer gir enten direkte uttrykk for været, for eksempel temperatur, nedbør, vindstyrke osv., eller er direkte forårsaket av værforhold, som ras, flom eller havnivå. Disse angir utgangspunktet for anslagene for virkninger, og refererer seg derfor til samme "klimaendring". I denne rapporten skal vi bruke resultatene for Vest-Norge fra prosjektet RegClim (Førland og Nordeng, 1999). For å finne ut hvordan disse slår ut i produksjonen, må vi også velge noen indikatorer for naturkapitalen. Vi skal kalle dem for effektindikatorer. Disse avhenger av hvilken sektor en ser på, og er i noen grad bestemt av hva en har data for. I prinsippet skal en imidlertid velge indikatorer som en har et teoretisk grunnlag for å knytte produksjonen til.

Generelt består oppgaven i å finne en relasjon mellom klimaindikatorene og effektindikatorene for naturkapitalen, og dernest finne ut hvordan endringer i klimaindikatorene virker inn på den økonomiske tilpasningen. Det må understrekes at man i mange tilfeller kan eller må forenkle denne prosedyren. Dette kan skyldes at klimaindikatorene gir tilstrekkelig godt uttrykk for effekten på naturkapitalen, eller at man

ikke har en god teori om sammenhengen mellom endring i naturkapitalen og økonomisk adferd. Energieterspørsel til oppvarmingsformål illustrerer begge disse forholdene. Vi skal knytte denne delen av energiforbruket direkte til temperaturen. Dette fordi en kan regne med at temperatur er en god indikator for oppvarmingsbehovet. Men det er sannsynlig at også andre faktorer er bestemmende for hvor mye en gitt temperaturendring slår ut i energiforbruk. Trolig vil en slik endring være mindre hvis energiprisen er høy enn når den er lav. I mangel på en godt dokumentert teori om dette velger vi imidlertid å knytte endringene utelukkende til temperaturen.

I det følgende skal vi gå gjennom de ressursbaserte sektorene, landbruk, skogbruk, fiske og fiskeoppdrett, samt kraftproduksjon. Hvordan endringer i naturgrunnlaget slår ut i produksjonen vil i stor grad være geografisk avhengig. Derfor vil vi starte behandlingen av hver sektor med en beskrivelse av aktiviteten i Hordaland.

## 4.1 Landbruk

### 4.1.1 Beskrivelse

Landbruket i Hordaland er i all hovedsak basert på husdyrhold. Tabell 1, som er hentet fra Strategisk Landbruksplan for Hordaland 2001 – 2005 viser at om lag 97 prosent av jordbruksarealet av beitemark eller dyrka eng. Resten brukes til produksjon av frukt og grønnsaker, som opptar omtrent like mye areal hver. Verd å merke seg er at selv om landbruket Hordaland kanskje er mest kjent for fruktdyrking, så utgjør det en svært liten del av jordbruket i fylket. Gjennomsnittlig areal per bruk er i overkant av 90 da. Dette er en betydelig økning i forhold til tidligere år, men lite i forhold til landsgjennomsnittet, som er om lag 160 da.

Verdiskapningen i landbruket var ca. 1.3 mrd. kroner i 2000, hvorav halvparten kommer fra markedsomsetning. Resten kommer via tilskuddsordninger. Markedsrelatert verdi av husdyromsetning var 604 mill. kroner, mens den for frukt var 43 mill. kroner. Driftsoverskuddet i næringen har vært synkende over hele 90-tallet for alle driftsformer med unntak av sauehold, som likevel fortsatt er den minst lønnsomme driftsformen. I sammenheng med dette er det verd å nevne at inntekt utenom bruket i løpet av 90-tallet ble den viktigste inntektskilde for bøndene i Hordaland. I 1999 utgjorde inntekten utenfor bruket 55 prosent av total inntekt for de 4 364 som er sysselsatt i landbruket. En kan altså anslå innsatsen av arbeidskraft til om lag 1 960 årsverk ( $0.45 \cdot 4\,364$ ). Det finnes ikke tall for kapitalbeholdningen.

**Tabell 1. Produksjon av husdyrprodukter og arealbruk**

	2000
<b>Produksjon av husdyrkjøtt (1000 t)</b>	
Storfe	5.14
Sau	2.28
Svin	2.50
Fjærfe	0.88
Egg	2.60
Melk	98.00
<b>Arealbruk (1000 da)</b>	
Beitemark og dyrka eng	463
Grøntfor, frukt og grønnsaker	14

#### 4.1.2 Virkning av klimaendringer

Strategisk landbruksplan for Hordaland (2001 – 2005) omtaler mulige virkninger på landbruket av permanente klimaendringer. Det antas at økt temperatur hele året vil gi lengre beite- og vekstsesong, noe som medfører mindre beitepress. Dette bidrar til økt produktivitet i landbruket. Relativt sterk økning i nedbøren i et fylke som allerede har mye nedbør fra før kan imidlertid få negative virkninger i form av overgjødning. I tillegg kan en tenke seg ødeleggelser som følge av ekstreme værtilstander, som orkaner eller flomskader. De relevante klimaindikatorer for landbruket synes med andre ord å være temperatur, nedbør og frekvens av ekstreme værtilstander, og årlige svingninger i disse.

Klimaendringer kan forventes å virke inn på naturgrunnlaget i landbruket i form av endringer i produksjonsevnen, eller kvaliteten, på landbruksarealet. En kan også tenke seg at potensielt landbruksareal øker noe, særlig i høyreliggende strøk, men vi skal se bort fra det. Lengre beitesesong og bedre vekstvilkår som følge av høyere temperatur gir mulighet for å holde flere husdyr på samme areal. På den annen side er det fare for overgjødning som følge av mer nedbør. Dette bidrar til å redusere arealets produktivitet.

Det er imidlertid vanskelig å knytte disse endringene til produksjonen, delvis fordi vi ikke har noen enkel modell for tilpasningen i landbruket, og delvis fordi produksjonen i landbruket er sterkt politisk styrt, og eventuelle virkninger er derfor vanskelig å forutsi. Det utarbeides for tiden mer detaljerte analyser av forholdet mellom klimaendringer og landbruksutvikling ved hjelp av langt mer omfattende modeller som kan brukes som datamaterialet for en enklere modell. I påvente av dette skal vi nøye oss med å anta at økt temperatur gir en økning i lengden på beitesesongen, som medfører en proporsjonal økning i produksjonen. Det vil si at hvis vekstsesongen øker med  $\Delta t$  så øker produksjonen med  $\Delta x = x\Delta t/t$ , der  $t$  er opprinnelig lengde på sesongen.

Vareinnsatsen i landbruket i Hordaland består av varer fra et bredt spekter varer når en sammenlikner med andre sektorer. Leveranser fra industri, interne leveranser og privat tjenesteyting er de viktigste. Det er i hovedsak to årsaker til at klimaendringer kan medføre endringer i sammensetningen av vareinnsatsen. Det ene er etterspørselen etter energi, som i landbruket benyttes først og fremst til oppvarming av driftsbygninger, til lys og oppvarming i gartnerier og til drift av maskiner. Landbrukets sammensetning i Hordaland, der husdyrhold dominerer fullstendig, tilsier at klimaendringer hovedsakelig vil medføre endringer til oppvarmingsformål i driftsbygninger. Dette svarer til den energibruksendringen som også vil vise seg i andre sektorer, og vi kommer tilbake til skalaen under generell omtale av energietterspørselen.

Den andre mulige endringen i sammensetningen av leveranser fra andre sektorer henger sammen med den forventede overgjødning som følge av en betydelig økning i nedbøren. Dette kan tas inn i analysen, enten gjennom endringer i jordkvalitet, eller i form av økte kostnader til økt behov for tilsetninger i jorda for å holde på kvaliteten av beitemarkene. I prinsippet kunne avveiningen mellom økt vareinnsats og redusert jordkvalitet analyseres i en modell for tilpasningen i landbruket. I denne omgang skal vi imidlertid nøye oss med å anta at bøndene ensidig vektlegger å øke sin bruk av tilsetningsstoffer i jorda. Det innebærer økte leveranser fra kjemisk industri i en størrelsesorden som tilsvarer nødvendig økning for å holde jordkvaliteten konstant.

Vi vil anta at bruken av arbeid og kapital i liten grad påvirkes av klimaendringer, når vi ser bort fra av økte kostnader som følge av ekstreme værtilstander. Som nevnt ovenfor vil en forventet økning i frekvensen av slike værtilstander bli tolket som en økning i sluttleveringer til investeringer fra sektoren, i hovedsak til driftsbygninger. Beregningen av dette tapet vil bli omtalt i et avsnitt 5. En kan også tenkt seg at innsatsen av arbeidskraft vil øke i forbindelse med ødeleggelser, men vi skal se bort fra det her.

Tabell 2 oppsummerer hvilke klimaendringer som er inkludert i beregningene, og hvordan de slår ut i modellen. En kan merke seg at alle endringene er fullstendig beskrevet ved hjelp av fysiske variable, og at markedsprisene ikke har noen betydning. Dette skyldes delvis at kryssløpsmodellen bare bruker faste koeffisienter, og delvis at vi ser bort fra at bøndene substituerer mellom primærinnsatsfaktorene. Hovedbegrunnelsen for ikke å ta hensyn til substitusjon mellom primærinnsatsfaktorer under klimaendringer knytter seg til vanskelighetene med å forklare den økonomiske adferden i landbruket.

**Tabell 2. Justering av parametere som følge av klimaendringer for landbruket**

Klimaendring	Produktivitet	Faktoretterspørsmål		Sluttlev.
	Naturressurs	Energi	Kjemiske prod.	Investering
Temperatur	$\Delta x = x\Delta v/v$	<i>Temp.korr</i>		
Nedbør			$\alpha_j^* = (y_j + \Delta y_j)/x$	
Orkan/flom				<i>Kapitaltap</i>

## 4.2 Skogbruk

### 4.2.1 Beskrivelse

I følge Strategiplan for skogbruket i Hordaland og SSBs Skogstatistikk er skogarealet i Hordaland 3.2 mill. da. Av dette regnes 2.5 mill da. å være produktivt, og om lag 1.5 mill. da. som økonomisk drivverdig. Det produktive skogarealet i Hordaland utgjør vel 3.5 prosent av det totale produktive skogarealet i Norge. Furu er den mest utbredte tresorten. Deretter kommer gran, men om en slår sammen alle arter løvtrær er disse mer utbredt enn gran.

Den samlede årlige tilveksten til skog i Hordaland er om lag 900 000 m<sup>3</sup>, og har økt med hele 18 prosent fra 1991 til 2000. Skogplanting har stadig mindre betydning for tilveksten. Som det går fram av tabell 3 er også avgangen langt mindre enn tilveksten, slik at samlet skogareal stiger relativt fort. Den store tilveksten tyder også på at skogen i fylket er relativt ung.

Bruttoverdien av hogst til salg var, ifølge fylkesstatistikken, 35 mill. kroner i 2000 (21 mill iflg SSBs skogstatistikk). Sysselsettingen er imidlertid på bare 67 personer. Ifølge SSBs skogstatistikk var gjennomsnittsprisen i Hordaland på alle tresorter (furu, gran og løvtrær) kr 284/m<sup>3</sup> i 1999.

**Tabell 3. Skogareal, tilvekst og avvirkning**

	<b>2000</b>
Totalt skogareal (mill. da)	3.2
Produktivt areal (mill. da)	2.5
Økonomisk drivverdig (mill. da)	1.5
Tilvekst (1000 m3)	905
Tilvekst gran (1000 m3 i 1991)	200
Tilvekst furu (1000 m3 i 1991)	361
Tilvekst lauv (1000 m3 i 1991)	156
Total avgang (1000 m3)	202
Kommersiell avvirkning	95
Avvirkning til hjemmebruk	55
Sammensetning av bestand (1000 m3)	
Furu	10780
Gran	4910
Lauvskog	7500

#### **4.2.2 Virkning av klimaendringer**

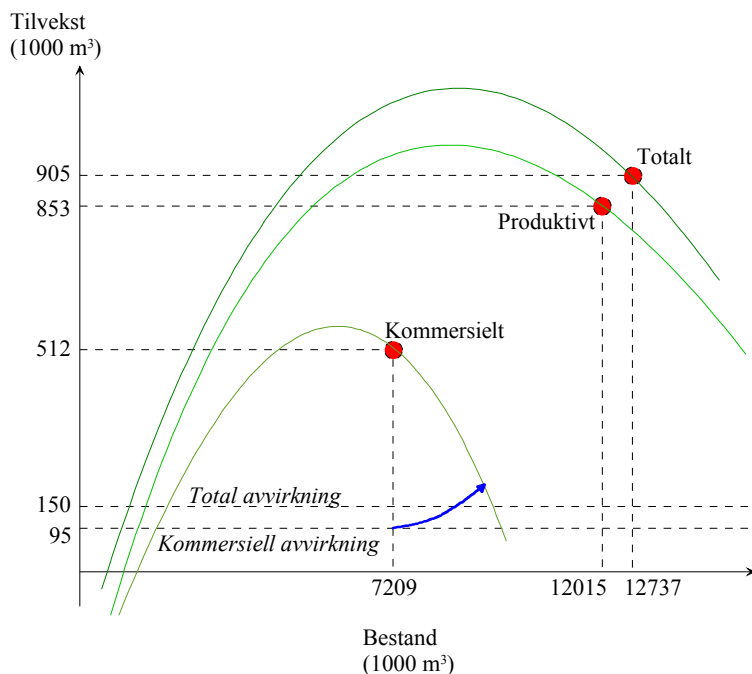
Det er nok først og fremst temperaturøkningen som virker inn på naturgrunnlaget i skogbruket. Det vil medføre høyere skoggrense, og både en utvidelse av totalt skogbruksareal, og en økning i tilveksten. Ifølge Strategiplanen for skogbruket vil økt temperatur vil gi bedre vilkår for, og sannsynligvis et større innslag av, varmekjære tresorter, i første rekke løvtrær som lønn, eik og ask. En kan også tenke seg at økt nedbør vil gi utvasking og bidra til at jorda blir skinnere, og at ekstreme vær-situasjoner kan ødelegge skogbruksareal. Siden dette ikke er nevnt i landbruksplanen har vi imidlertid sett bort fra det.

For å kunne si noe om de økonomiske virkningene av disse endringene må vi først gjøre oss opp noen tanker om hvordan naturgrunnlag og økonomisk aktivitet i skogbruket henger sammen, tilsvarende sammenhengen mellom sesongvarighet og produksjon i jordbruket. På grunnlag av dataene for skogbruket i Hordaland er det imidlertid større uklarhet i skogbruket, fordi det tilsynelatende er et sterkt misforhold mellom kommersiell utnyttelse og det som betegnes drivverdig skog. Spørsmålet blir da om vi kan forklare dette dersom vi antar at skogbruket i Hordaland forvaltes på en forsvarlig måte.

Skog kan betraktes som en fornybar ressurs, der tilveksten avhenger av hvor stor, eller tett, bestanden er, foruten en rekke andre naturgitte faktorer. En fornuftig ressursforvaltning går ut på å sikre et rimelig økonomisk utkomme uten at bestanden tæres på i en slik grad at både vekstgrunnlaget og alle de andre gledene en måtte få av å ha skogen stående blir forringet. En kan fremstille forholdet mellom tilvekst og bestand skjematisk som de klokkeformende kurvene i figur 1. Ut fra dataene for Hordaland har vi også forsøkt å indikere størrelsesorden i fylket, delvis ved å bruke tall direkte, og delvis ved å beregne anslag med bakgrunn i data. De tre kurvene svarer til ulike "kvaliteter" av skogen, og deres form er avhengig av naturgitte forhold som jordsmonn, høyde over havet, terreng og klimatiske forhold.

For å forklare den økonomiske tilpasningen antar vi at skogen forvaltes delvis med tanke på den kommersielle verdien, og delvis med tanke på sin egenverdi. La  $q$  være prisen på

tømmeret, og  $u$  være uttaket, eller hogsten, i løpet av et år. Anta at skogens egenverdi evalueres etter en velferdsfunksjon  $w(s)$  der  $s$  er skogens bestand og  $w'$ s kan betegnes som den marginale betalingsvilligheten for skogvern. Videre lar vi  $c(u)$  betegne kostnadene, og  $\Phi(s)$  tilvekstkurven som er vist i figur 2. Vi antar at  $c'' > 0$  og kan bemerke at kostnadene antas å være uavhengige av bestanden. Endelig betegner vi diskonteringsraten med  $\rho$ .



**Figur 2. Tilvekstkurve for skog i Hordaland**

Forvaltningsproblemet kan nå beskrives som å finne det hogstkvantum  $u$  som

$$\max \int_0^T \{ [qu_t - c(u_t) + w(s_t)] e^{-\rho t} dt$$

med betingelsen

$$\partial/\partial t[s] = \Phi(s) - u_t$$

I det tilfellet at prisen på tømmer er konstant, dvs. at  $\partial/\partial t[q] = 0$ , finner vi følgende betingelse for optimum:

$$\Phi'_s = \rho - w'_s/(q - c'_u) + \mu_c c'_u/(q - c'_u) \partial/\partial t[u]/u$$

der  $\mu_c > 0$  er et teknisk uttrykk for formen på kostnadsfunksjonen.

Vekstraten for skogbestanden  $\Phi'_s$  kan tolkes som den ressursmessige avkastningen på skogen. De to første leddene på høyre side i førsteordensbetingelsen betegner den samlede samfunnmessige avkastningen av skogformuen. Den består delvis av det økonomiske avkastningskravet  $\rho$ , og delvis av den relative verdien av skogvern,  $w'_s/(q - c'_u)$ . I stasjonær likevekt skal det være likhet mellom den ressursmessige og den samfunnmessige avkastningen. Dersom en ikke er i stasjonær likevekt er det imidlertid ulønnsomt å hogge ut alt med det samme. På grunn av stigende marginalkostnader ved hogst vil det lønne seg å øke avvirkningen gradvis og nærme seg det stasjonære likevektspunktet over tid, som indikert

med den tykke pilen i figur 1. Modellen forklarer altså ”misforholdet” mellom tilveksten i kommersiell skogbestand og avvirkning med at skogbestanden nå er langt mindre enn optimal, og at en derfor er innstilt på å la den vokse ennå en stund. Ved sammenlikning av økonomisk aktivitet før og etter en klimaendring kan det imidlertid grunn til å sammenlikne stasjonærlikeveksten i de to situasjonene, og ikke endringen i temporært uttak, fordi det er stasjonærlikeveksten om i prinsippet gir det riktige uttrykket for avkastningen på skogformuen.

Som nevnt ovenfor vil klimaendringer virke inn på formen på tilvekstkurven. Når denne endrer seg vil også den økonomiske tilpasningen endre seg, og dersom modellen beskriver faktisk adferd vil det finne sted en gradvis endring i hogstkvantum mot et nytt likevektsnivå. Større skogareal innebærer at kurvene i figur 1 ”blåses opp”, mens endring i skogens sammensetning kan gjøre at parametrene i modellen endres på flere måter. Forholdet mellom produktivt og kommersielt areal kan endres som følge av endring i artssammensetningen. Endret sammensetning vil også medføre at prisen, som er et aggregat av prisene på mange arter, endres, og endelig er det mulig at kostnadene ved avvirkning vil bli påvirket.

Det foreligger for lite informasjon til å gi noen detaljert analyse av virkningene på skogbruket i Hordaland, som for øvrig har en svært begrenset betydning for økonomisk aktivitet i fylket. Vi nøyer oss her med å gi et anslag på endring i avkastningen av skogformuen før og etter en enkel oppblåsning av tilvekstkurven for kommersiell skog. Hvis vi antar at maksimumspunktet for tilvekst i skogen øker fra et tilvekst/bestandsforhold på 515/6500 til 620/7750 har vi beregnet en økning i stasjonær avkastning på om lag 10 prosent, fra 200 000 til 220 000 m<sup>3</sup>, dersom prisene er konstante. Differansen på 20 000 m<sup>3</sup> per år skal da regnes som ”klimagevinst”. Dette gir en økning i produktiviteten i skogbruket på 10 prosent, dvs. at  $A = y/(1 + \Delta)x$  etter klimaendring, der  $\Delta = 0.1$ .

### 4.3 Fiske og fangst

#### 4.3.1 Beskrivelse

Fiske og fangst består i prinsippet av to helt forskjellige sektorer, nemlig fiskeriene og oppdrettsnæringen. I følge Fylkesstatistikken består fiskeriene i Hordaland av 699 båter (løyver), men bare 356 av dem regnes som aktive, dvs. at de selger fisk for mer enn kr. 10 000 per år. Mesteparten av fangsten til disse fiskerne består av sild, brisling, makrell og lodde. Om lag 80 prosent av fangsten til fiskerne fra Hordaland blir levert til mottak i andre fylker. Det totale mottaket av fisk i Hordaland utgjør om lag 300 mill. kroner. Nesten ¾ av dette kommer fra fylkets egne fiskere.

**Tabell 4. Båter og fangst i fiskeriene knyttet til Hordaland**

Fiskeriene	Totalt for	Hord lev.	Hord lev.	Andre	Grovpris
	fiskeri i H	i Hord	andre st.	i Hord.	
Båter (antall)	699				
Aktive (fangst > kr 10 000)	356				
Passive	343				
Fangst (mill NOK)	1054.1	212.9	841.2	86.4	2.0
Torsk	54.8	9.0	45.8	10.8	6.0
Sild og brisling	388.6	63.1	325.5	19.4	1.0
Makrell og lodde	586.5	126.3	460.2	49.0	2.0
Skalldyr	7.6	1.9	5.7	0.7	15.0
Annet	16.6	12.6	4.0	6.5	50.0



Fylket har 637 fiskere, hvorav mer enn 2/3 er selvstendige. Den totale produksjonsverdien av fiskeriene er i overkant av 1 milliard kroner. Mer enn 95 prosent av dette stammer fra de to viktigste fiskegruppene, som har en relativt lav markedsverdi.

Fiskeoppdrett sysselsetter 951 personer i Hordaland, og har en samlet produksjon på nesten 1.5 mrd. kroner. Oppdrett av laks utgjør den langt største delen, i overkant av 1.3 mrd kroner. Resten er ørret.

#### **4.3.2 Virkning av klimaendring**

Både fiskeriene og fiskeoppdrett vil kunne bli rammet av klimaendringer, men sannsynligvis på ganske ulike måter. Fiskeriene er svært følsomme for endringer i havtemperatur og havstrømmer, men RegClim har ikke gjort anslag på hvordan klimaendringer kan virke inn på disse.

Naturgrunnlaget betydning for fiskeriene indikeres sannsynligvis best gjennom bestandsanslag, eventuelt inndelt i fiskeslag. Siden vi ikke har informasjon om havtemperatur og havstrømmer er det vanskelig å si noe om mulige virkninger på ressursgrunnlaget for fisk. Det er imidlertid mulig å gjøre sensitivitetsanalyser av økning/reduksjon i bestandene, og muligens konferere med Havforskningsinstituttet om sannsynlige endringer. Fiskerne i Hordaland vil i første rekke være følsomme for endringer i bestanden av sild og brisling samt makrell og lodde. En eventuell positiv effekt på torskebestanden kan imidlertid trekke i positiv retning fordi prisen på torsk er relativt høy. Den forventede økning i vindforhold kan fordyre fisket noe, ved at det øker risikoen for å ligge værfast.

Betydningen av naturgrunnlaget innen fiskeoppdrett er ganske annerledes. En endring i sjøtemperaturen kunne få betydning på to måter. På den ene siden vil vekstvilkårene for hver fisk bedres ved økt temperatur. På den annen side øker faren for parasitter og sykdommer, og altså høyere dødelighet. En av grunnene til at Norge har vært regnet som særlig egnet til fiskeoppdrett er nettopp at havtemperaturen ikke er for høy. Det kan derfor være grunn til å tro at den negative effekten er sterkere enn virkningen av bedre vekstvilkår. Økt vind vil øke risikoen for at anleggene blir skadet.

Siden fiskeri-sektoren er sammensatt, og det på grunn av den geografiske spredningen er vanskelig å knytte aktiviteten i kyst- og havfisket i Hordaland til endringer i ressursgrunnlaget har det liten hensikt å prøve å modellere adferden i sektoren. Vi vil derfor nøye oss med å gjøre følsomhetsberegninger av aktiviteten i sektoren.

### **4.4 Vann- og kraftforsyning**

#### **4.4.1 Beskrivelse**

Hordaland er Norges største kraft-fylke. Vannkraftressursene går fram av tabell 5. Det totale, nyttbare vannkraftpotensialet i Hordaland utgjør omtrent 18 prosent av Norges samlede potensial. Om lag 1/4 av det nyttbare vannkraftpotensialet i fylket er vernet. Mesteparten av det resterende er utbygd. Kraftproduksjonen i 1998 var 15.2 TWh. ”Eksport” av kraft til andre fylker eller land ligger på rundt 5 TWh.

**Tabell 5. Vannkraftressurser og produksjon**

	2000
<b>Nyttbart kraftpotensiale (TWh)</b>	23.9
Utbygd	14.5
Ikke utbygd	2.7
Vernet	6.7
<b>Produksjon i 1998 (TWh)</b>	15.2

Vannforsyningen har vi, så langt, ikke data for. Vi kan imidlertid gå ut fra at fylket er selvforsynt med vann, og at de ikke eksporterer vann til andre fylker. Økt nedbør vil sannsynligvis ikke spare vannverket for mange penger, men vi vil også se bort fra eventuelle negative effekter, fordi resultatene fra RegClim ikke på noen måte tyder på at faren for eventuelle tørkeperioder vil øke. Derfor vil vi ikke gå nærmere inn på vannforsyningen i denne studien.

Vann- og kraftforsyningen sysselsatte 1 645 personer ifølge Fylkesstatistikken. Ifølge SSB var bruttoproduktet i næringen over 3.7 mrd. i 1997. SSB opererer med en sysselsetting på om lag 2 500. Det gir en verdiskapning per sysselsatt på nesten 1.5 mill. kroner, som ligger omtrent på landsgjennomsnittet.

#### 4.4.2 Virkning av klimaendringer

Klimaendringer vil kunne føre til betydelig endring i produksjonspotensialet for kraftsektoren, først og fremst indikert ved økt nedbør. Kombinasjonen av høyere vintertemperatur, som gir tidligere snøsmelting, og ujevn fordeling mellom årstidene når det gjelder nedbørøkning er også viktig informasjon, fordi det vil kunne få konsekvenser for forholdet mellom effekt og årsproduksjon, og dermed produksjonskostnadene.

Norges vassdrags og elektrisitetsverk (1998) (NVE) har analysert mulige virkninger av klimaendringer på kraftsektoren. I økonomisk forstand er klimaendringene viktige fordi større tilsig øker produksjonskapasiteten. NVE har i likhet med RegClim tatt utgangspunkt i høyere temperatur og mer nedbør, men legger til grunn noe andre anslag enn det RegClim opererer med. Den mest betydelige forskjellen finner vi i antakelsen om hvor mye nedbøren vil øke. RegClim opererer med langt større økning.

NVE's analyser bygger på spesifikke scenarier og er generert av et sett modeller for tilgang og etterspørsel etter kraft. Dette gir få holdepunkter for å beregne virkninger av klimaendringer som ikke svarer til de scenariene NVEs studier baserer seg på. For formålet i denne studien, og for analyser av sektorvirkninger av klimaendringer til bruk i makroøkonomiske analyser generelt, trenger en derfor et enklere apparat som gjør det mulig å bestemme relasjonen mellom teknologi i kraftproduksjonen og klimaeffekt-indikatorer. I denne studien skal vi se litt nærmere på hvordan økt nedbør over året og større variasjon i nedbøren over tid kan tenkes å virke inn på teknologien i sektoren.

Variasjon i tilgang på vann til kraftverkene merkes på to måter som begge er av stor betydning for hvordan en best skal utnytte vannkraften. Det ene er de sesongmessige variasjonene, som skyldes at nedbørmengden er ulik i de forskjellige årstidene. Det andre er at nedbøren varierer fra år til annet, og medfører at kraftprodusentene står overfor en betydelig usikkerhet når det gjelder hvor mye de kan produsere hvert år. Størrelsen på magasinene gir en indikasjon på hvordan produsentene tilpasser seg begge disse variasjonene. Magasinene utgjør også en betydelig kostnadskomponent ved kraftutbygging, og det er derfor

nødvendig å finne ut hvordan magasinkapasiteten vil endres som følge av endringer i variasjonen i nedbøren.

Strengt tatt bør dette løses som et økonomisk optimaliseringsproblem, men vi har ikke gode data for kostnadsfunksjonen ved kraftutbygging. Derfor skal vi i første omgang anta at kraftprodusentene i stedet bare tar sikte på å selge all den kraften de kan produsere, og at de opererer med en maksimal sannsynlighet for at magasinet skal bli oversvømt, og at produsentene således går glipp av inntekter, samt at faren for flom øker. Selv om et slikt adferdskriterium kan lyde ukjent i økonomiske analyser, er det ikke nødvendigvis helt urealistisk for en analyse av den norske kraftsektoren. Lønnsomheten, i alle fall i Hordaland, er god og kraftproduksjon gir fylket en betydelig grunnrente. Videre er magasinkapasiteten i norske kraftverk dimensjonert med tanke på å unngå energiknapphet i såkalte tørrår. Det innebærer at en opererer med en nedre toleransegrense for sannsynligheten for et tørrår. ”Speilbildet” av dette vil være å sette en toleransegrense for oversvømmelser: dersom sannsynligheten for oversvømmelser øker vil sannsynligheten for tørrår normalt også øke tilsvarende.

La tilsiget til kraftverkene  $du_t$  være en stokastisk prosess

$$du_t = F(t)dt + A_t$$

der  $F(t)$  er det forventede tilsiget ved ”normal” nedbør på tidspunkt  $t$ , mens  $A_t$  er et stokastisk ledd som representerer usikkerheten. Vi skal i praksis dele året i de fire årstidene, og anta at  $A_t$  er normalfordelt med forventning 0 og kjent varians  $\sigma_A^2$ . Tilsvarende har vi for tapping av magasinene:

$$dv_t = G(q,t)dt + B_t$$

der  $G(q,t)$  betegner etterspørselen etter energi på tidspunkt  $t$ ,  $q$  er kraftprisen og  $B_t$  er usikkerhet som knytter seg til etterspørselen. Også  $B_t$  er normalfordelt med forventning 0 og kjent varians  $\sigma_B^2$ . Endring i magasin størrelsen kan nå betegnes som

$$dy_t = f(q,t)dt + dz_t$$

der  $f(q,t) = [F(t) - G(q,t)]dt$ ,  $E[dz_t] = 0$  og  $\text{var}(dz_t) = \sigma^2 = \sigma_A^2 + \text{covar}(y_t, y_t) + \sigma_B^2$ . Den stokastiske variabelen,  $y_t$ , betegner altså behovet for magasinkapasitet når produsenten hele tiden skal dekke den løpende kraftetterspørselen. La oss betegne den valgte magasinkapasiteten som  $\kappa$ . Da vil sannsynligheten for oversvømmelse i periode 0 være

$$\Pr\{y_0 > \kappa\} = \Phi((\kappa - f(q,0))/\sigma)$$

der  $\Phi(\cdot)$  betegner den normaliserte akkumulerte normalfordelingen. For senere perioder vil sannsynligheten for oversvømmelse være betinget av hvor stort magasinet var i perioden før. Denne er lik summen over sannsynlighetene for oversvømmelse i periode 1 for alle mulige verdier i periode 0. Siden den maksimale magasinoppfyllingen i periode 0 er  $\kappa$  får vi for periode 1 at

$$\Pr\{y_1 > \kappa\} = \sum_{y_0 < \kappa} \Pr\{y_1 > \kappa | y_0\} + \Pr\{dz_1 > -f(q,1)\} \Pr\{y_0 > \kappa\}$$

Tilsvarende kan en også finne sannsynlighetene for senere perioder. På grunn av den stokastiske prosessen vil imidlertid sannsynligheten for oversvømmelse gå mot 1 når tidshorisonten går mot uendelig. Vi må derfor også velge en horisont. Sannsynligheten vil da

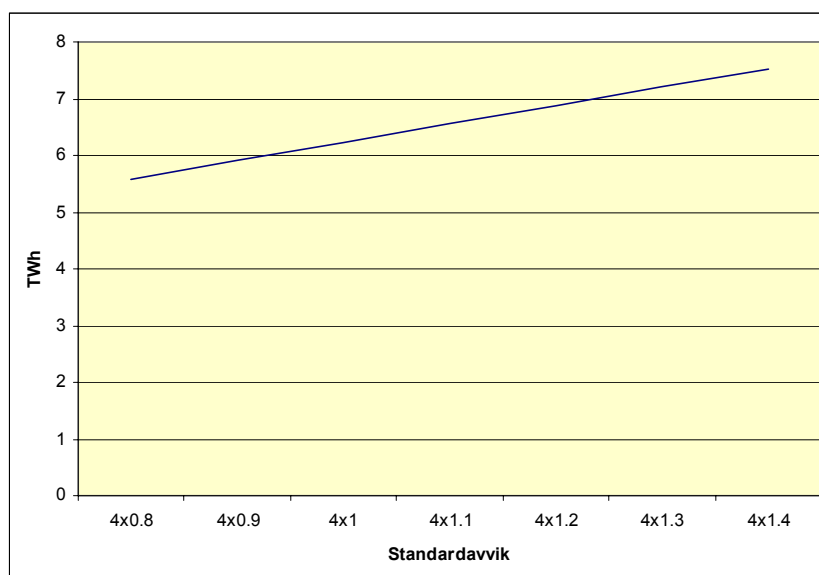
kunne tolkes som sannsynligheten for å få en oversvømmelse i løpet av så eller så mange år. I denne omgang skal vi nøye oss med ett år.

Tabell 6 viser forventet tilsig og kraftetterspørsel i for Hordaland. Tilsigstallene er tatt fra NVE-studiene, mens etterspørselstallene er beregnet ut fra variasjoner i kraftetterspørselen i Norge. Dette er riktig i den grad at kraftproduksjonen i Hordaland regnes som leverandør til det norske markedet. Eventuell utveksling med utlandet er det altså ikke tatt hensyn til.

**Tabell 6. Forventet magasinbehov for kraftsektoren i Hordaland etter årstid. TWh**

Sesong	Tilslig	Etterspørsel	Magasinerings	Magasin
Sommer	6.14	3.97	2.17	2.17
Høst	3.69	3.02	0.67	2.84
Vinter	4.91	4.76	0.15	2.99
Vår	2.46	5.45	-2.99	0

Uten usikkerhet vil en altså kunne nøye seg med magasinkapasitet på 2.99 TWh. For å illustrere betydningen av usikkerhet har vi beregnet nødvendig magasinkapasitet for å holde sannsynligheten for oversvømmelse mindre enn 0.01 dersom standardavviket på magasinerings er 0.8 til 5.58 TWh. Dette standardavviket svarer for eksempel til et standardavvik på 0.4 i tilgang og 0.4 i etterspørsel dersom tilgang og etterspørsel er stokastisk uavhengige. Figur 3 illustrerer hvor mye magasinkapasiteten må økes dersom standardavviket for magasinerings øker, for eksempel som følge av klimaendringer. Vi ser at en økning i standardavviket fra 0.8 til 1.4 innebærer en økning i magasinkapasitet med om lag 2 TWh. Dette representerer en betydelig kostnad for kraftprodusentene, som ikke motsvares av en tilsvarende økning i forventet inntekt.



**Figur 3. Nødvendig magasinkapasitet for å holde sannsynligheten for oversvømmelse mindre enn 0.01 ved økende usikkerhet**

Økt nedbør i alle årstider gir imidlertid grunnlag for å øke inntektene. Resultatene fra RegClim tilsier en økning i tilsiget på 12 prosent årlig, fra 17.2 til 19.3 TWh. En større variasjon over årstidene i forventet tilsig gjør imidlertid at magasinkapasiteten må økes fra 2.99 til 3.44 TWh uten usikkerhet. I tillegg kommer eventuell økning som følge av større usikkerhet.

Til bruk i kryssløpsmodellen er det viktig å notere seg at magasinkapasitet og produksjonskostnader i kraftsektoren i hovedsak er knyttet til investeringer i realkapital. Enkle kryssløpsmodeller er derfor ikke veldig godt egnet til å analysere endringer i denne sektoren, men kan inkluderes ved å regne økte kostnader i form av annuiteter.

## 5 Etterspørselssiden – endring i sluttleveringer

Fokus for denne delen er å finne svar på spørsmålet om hvordan klimaendringer kan tenkes å endre etterspørsel etter konsumvarer, investeringsvarer og varer som leveres til andre fylker/land som produseres i Hordaland. Fortsatt vil vi så langt mulig referere til resultatene fra RegClim, men det er mulig vi bør 'trå til' litt ekstra for å få tydelige resultater. Selv om tidsperspektivet i RegClim på 50 år neppe vil føre til vesentlige endringer i havtemperatur eller havnivå, kan det likevel være nyttig å se nærmere på det. Dessuten har det vært mye oppmerksomhet omkring ekstreme vær-situasjoner. RegClim selv gir ikke anslag over dette, men det er mulig å få noen indikasjoner fra Meteorologisk Institutt ved Universitetet i Oslo om dette.

Når det gjelder etterspørselsfaktorer vil vi i første rekke konsentrere oss om endringer i konsum- og investeringsaktiviteter der vi kan forvente merkbare utslag som følge av endringer i temperatur, nedbør, vind og eventuelt ekstreme situasjoner. Modellen fordeler i utgangspunktet sluttleveringsaktiviteter etter faste koeffisienter, og derfor kan fordelingen mellom konsum og investering endres manuelt. Offentlig og privat kan vi, i alle fall i første omgang, fordele med modellens nøkler. Eksporten til andre fylker kan belyses med ulike alternativer.

I noen tilfeller vil en generell endring i etterspørselen på grunn av klimatiske forhold også ha betydning for kryssleveransene i produksjonen. Blant de faktorene vi ser på nedenfor gjelder dette bare energietterspørselen. Videre skal vi se nærmere på konsumaktivitetene turisme og persontransport, og til slutt kort på mulige endringer i investeringsetterspørselen som følge av skader på bygninger og infrastruktur.

### 5.1 Etterspørsel etter energivarer

#### 5.1.1 Beskrivelse

Elektrisitetsforbruket fordelt på sektor er vist i tabell 7. Av et samlet forbruk på 10.2 TWh (1998) går 6.9 TWh til alminnelig forsyning. Den kraftintensive industrien bruker 3.3 TWh. Fylket har ikke treforedlingsindustri Husholdningene bruker om lag halvparten av dette. Oppgaver over forbruk av fossilt brensel finnes ikke på fylkesnivå etter fylkesvise energiregnskap en gang på 80 tallet. I følge salgsstatistikken omsettes det 837 mill. l. i fylket. 312 millioner liter er solgt til veitransport (bilbensin og autodiesel), mens 283 mill. liter er marine gassoljer. Fordelingen går fram av tabell 7.

Sammensetningen av energiforbruket i Hordaland er svært likt landet for øvrig. Det samlede elektrisitetsforbruket per innbygger, på 23.4 MWh er det samme som elektrisitetsforbruk per innbygger i Norge. Forbruket i husholdningene er imidlertid litt lavere, 7.7 MWh mot 7.9 MWh for hele landet. Kraftintensiv industri bruker en noe større andel enn landsgjennomsnittet, mens den største forskjellen ligger i kraftforbruket i annen industri, som i Hordaland tar om lag 15 prosent av totalt elektrisitetsforbruk, mens det er i overkant av 8 prosent for hele landet.

Heller ikke når det gjelder petroleumsprodukter ser forbruket (strengt tatt salget) ut til å avvike mye fra landet for øvrig. Salget av marine gassoljer utgjør en vesentlig større del av det total salget (34 mot 19 prosent), men det er umulig å si hvordan dette fordeler seg på forbruk i fylket og salg til andre fylker eller land. Salget av bensin og autodiesel per innbygger er 716.8 l. i Hordaland og 933.3 l. i gjennomsnitt i Norge. Noe av dette kan skyldes at Hordaland har relativt lite gjennomfartstrafikk. Salget av fyringsparafin og fyringsoljer i Hordaland er 158.5 l per innbygger, mot 206.5 liter for landet totalt. I den grad dette indikerer forbruksmønsteret, kan vi konkludere med at energi til oppvarmingsformål i Hordaland er

lavere enn gjennomsnitt for Norge, og at mye tyder på at andelen elektrisitet i husholdninger til oppvarmingsformål er høyere.

**Tabell 7. Sammensetning av energiforbruket i Hordaland**

	<b>2000</b>
<b>Elektrisitetsforbruk (TWh)</b>	10.2
Kraftint industri	3.3
Treforedling	0.0
Annen industri	1.5
Andre næringer	2.0
Husholdninger inkl. jordbruk	3.4
<b>Salg av petroleumsprodukter til innen-</b>	
<b>landsk forbruk (mill. liter)</b>	837
Bilbensin	184
Autodiesel	128
Fyringsparafin	15
Lett fyringsolje	54
Spesialdestillat	67
Marine gassoljer	283
Tungoljer	17
Flybensin	74
Andre petroleumsprod. (LPG)	14

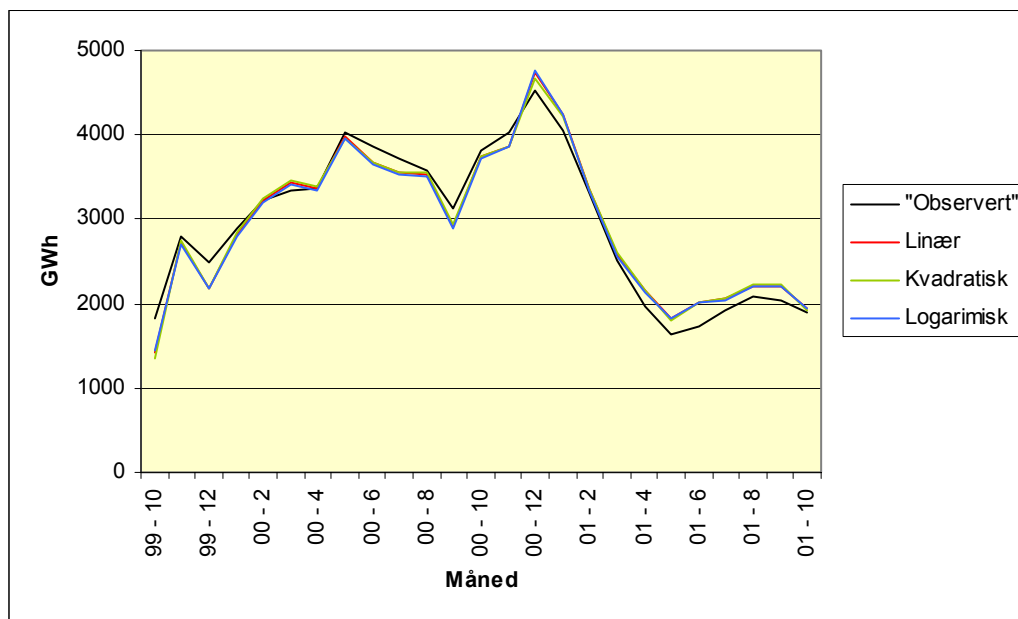
### 5.1.2 Virkning av klimaendringer

Vi vil konsentrere oss om to måter som klimaendringer kan påvirke på. For det første vil energiforbruk til oppvarmingsformål kunne endres. Dette knytter seg direkte til temperatur. For det andre vil energiforbruk til transportformål kunne endres som følge av endringer særlig i persontransporten. Mulige konsekvenser for energiforbruket av en endring i persontransport vil bli drøftet i eget avsnitt om transport. I dette avsnittet ser vi på endringer i energietterspørsel til oppvarmingsformål.

Energiforbruket er temperaturavhengig, og det foreligger mange analyser av på hvilken måte. NVE publiserer regelmessig temperaturkorrigert elektrisitetsforbruk pr. måned til alminnelig forsyning. NVE understreker at temperaturkorrigeringen er beheftet med usikkerhet, men for formålet i denne analysen vil en tilnærming til metoden de bruker være mer enn tilfredsstillende. En skal imidlertid være oppmerksom på at NVEs temperaturkorrigeringsmodell er tilpasset kortsiktige endringer i energiforbruket. Hvorvidt den egner seg til å predikere langsiktige endringer som fokuseres i denne analysen er usikkert. Først og fremst er det grunn til å tro at langsiktige endringer i temperaturen vil medføre at brukerne vil endre oppvarmingskapasiteten. Det innebærer sannsynligvis at energiforbruket korrigeres mindre som følge av langsiktige endringer enn av kortsiktige endringer.

Temperaturkorrigering av energiforbruket gjøres med utgangspunkt i avvik i antall graddøgn fra normal temperatur. Graddøgn beregnes månedsvis i perioden januar tom. juni for dager med døgnmiddel under 9 °C og i perioden juli tom. desember for dager med døgnmiddel under 11 °C. Graddøgnstallet er lik 17 °C minus døgnmiddeltemperaturen. Et normalår har 4079 graddøgn. Høyere graddøgnstall indikerer at det har vært kaldere enn normalt. Dette

gjør det mulig å temperaturkorrigere forbruket både som følge av endring i temperaturnivået, og som følge av endring i variabiliteten. Formelen for temperaturkorrigering som NVE bruker er forholdsvis kompleks. I denne analysen nøyer vi oss med å beregne energiforbruket som en lineær funksjon av antall graddøgn. Figur 4 viser avviket mellom NVEs temperaturkorrigering og den lineære funksjonen som er brukt her for perioden oktober 1999 til oktober 2001.



**Figur 4. NVEs og formelberegnete anslag av temperaturkorrigert elektrisitetsforbruk i Norge for oktober 1999 til oktober 2001. GWh.**

Som det går fram av figuren gjør det minimal forskjell om en antar en lineær, en kvadratisk eller en logaritmisk funksjonsform. I beregningene nedenfor er det antatt en lineær form. Regresjonen tilsier at et graddøgn tilsvarer om lag 8.3 GWh på landsbasis. I tillegg kommer et konstant tillegg i energiforbruket som kan tilskrives variasjon i temperatur generelt på 272 GWh.

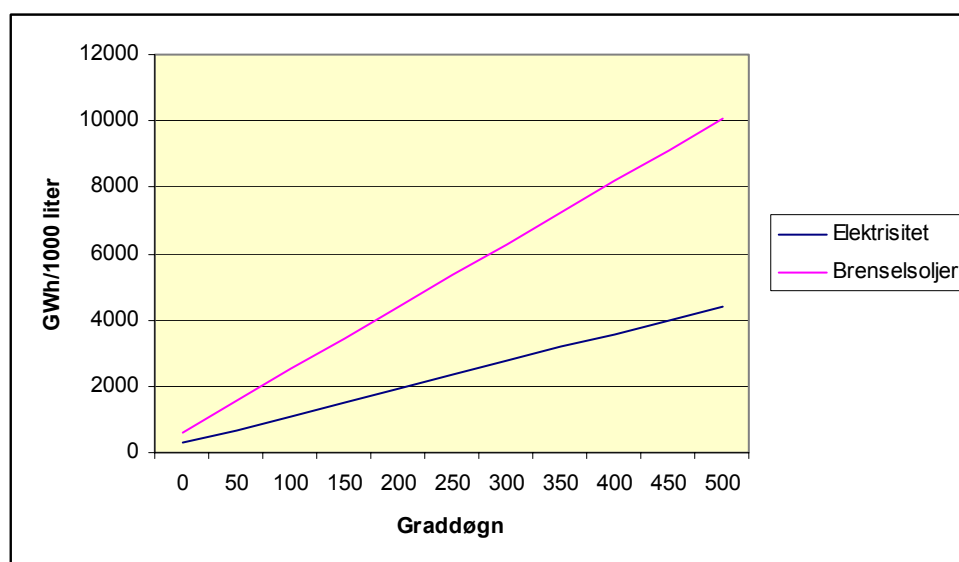
Temperaturkorrigeringen som er referert her gjelder totalt elektrisitetsforbruk i alminnelig forsyning. Elektrisitetsforbruket i Hordaland utgjør om lag 10 prosent av totalt energiforbruk i alminnelig forsyning i Norge. Følgelig kan elektrisitetsforbruket i alminnelig forsyning i Hordaland temperaturkorrigeres med 830 MWh per graddøgn pluss et konstant tillegg på 2.7 GWh for temperaturvariasjon generelt.

I tillegg må også fossilt energiforbruk til oppvarmingsformål temperaturkorrigeres. Dette utgjøres av fyringsparafin samt lett fyringsolje, og utgjør 69 mill. liter. Vi skal regne temperaturkorrigert oljeforbruk med utgangspunkt i samme formel som for elektrisitetsforbruket, men må korrigere for følgende for at ikke alt elektrisitetsforbruk i alminnelig forsyning går til oppvarming. Fra Energiundersøkelsen i 1990 anslås andelen til oppvarming av rom og vann i husholdningene til 0.65. Denne andelen kan imidlertid variere betydelig fra sektor til sektor. I tjenesteytende sektorer kan den ligge over, mens også industrisektorer utenom kraftintensiv industri kan bruke mye elektrisitet i prosesser, og derfor ha en relativt lav andel til oppvarming. Vi har ingen holdepunkter for å gjøre anslag, men bruker 0.5 for annen industri og 0.7 for andre næringer. Dette gir en gjennomsnittlig andel til oppvarming for Hordaland på 0.63. NVEs temperaturkorrigering av elektrisitetsforbruket tilsier følgelig et konstant tillegg på  $(2.7/0.63)$  4.3 GWh og en variabel del på 1.314



GWh/graddøgn for den delen av elektrisitetsforbruket i alminnelig forsyning som går til oppvarming.

For å gjøre disse korreksjonsfaktorene gjeldende for brenselolje omregnes først GWh til millioner liter, som har en faktor på 0.1007 mill liter/GWh. Dessuten må vi korrigere for virkningsgraden på 0.7 for olje/elektrisitet. Dette gir en et konstantledd på 0.615 mill. liter og et variabelt tillegg på 0.019 mill liter/graddøgn. Figur 5 viser temperaturkorrigerer av brenselolje og elektrisitetsforbruk etter graddøgn.



**Figur 5. Temperaturkorrigerer av elektrisitetsforbruk til alminnelig forsyning og av brenseloljer i Hordaland**

I en tradisjonell kryssløpsmodell betyr ikke endring i priser noe for etterspørselen. Hvordan total etterspørsel etter energi vil variere i forhold til etterspørsel etter andre varer og tjenester kan vi se bort fra i alle fall, men det kan være et poeng i å prøve å legge inn eventuelle vridninger mellom olje og elektrisitet fordi oljeprisen sannsynligvis vil øke, blant annet som følge av klimapolitikk. Elektrisitetsprisen, derimot, kan komme til å synke som følge av virkningene på tilbudssiden. En enkel etterspørselsmodell etter energi til oppvarming i alminnelig forsyning kan derfor være nyttig for å vri etterspørselen eksogent i en tradisjonell kryssløpsmodell.

## 5.2 Etterspørsel etter ferie- og fritidsgoder

### 5.2.1 Beskrivelse

Hordaland er et av de mest betydelige turistfylkene i Norge. Hotellkapasiteten utgjør om lag 10 prosent av total kapasitet i Norge. En relativt stor andel av gjestedøgnene er relatert til ferie og fritid, og som det går fram av tabell 7 er sommersesongen en utpreget høysesong i fylket, i alle fall hvis en bruker hotellstatistikk som indikator. Kapasitetsutnyttelsen i Hordaland, på rundt 70 prosent er om lag 10 prosent høyere enn i resten av landet om sommeren. I følge hotellstatistikken dekkes også en forholdsvis stor andel, over 50 prosent, av gjestedøgnene av utlendinger.

Noe helhetlig bilde av total aktivitet knyttet til turisme; hvor turistene kommer fra, og når de er ute og reiser, er det vanskelig å få gjennom offentlig statistikk. For eksempel er ikke hotellopphold bare relatert til ferie og fritid, og vi vet at det mange som benytter seg av andre overnattingsformer, som besøk hos venner og familie, i hytter eller på camping, enten på en campingplass eller i utmark. Overnatting på camping eller i hytte gir oss likevel et visst

billede av aktiviteten. Figur 6 viser sammensetningen av nasjonaliteten til gjestene på campingplasser og i hyttegrender i Norge og i Hordaland. Vi ser at Hordaland har et betydelig større innslag av utlendinger både på campingplasser og i hyttegrender. Mens om lag 30 prosent av campinggjestene i Norge er utlendinger er det 50 prosent i Hordaland. Det er særlig nederlendere og tyskere som bidrar til denne store andelen.

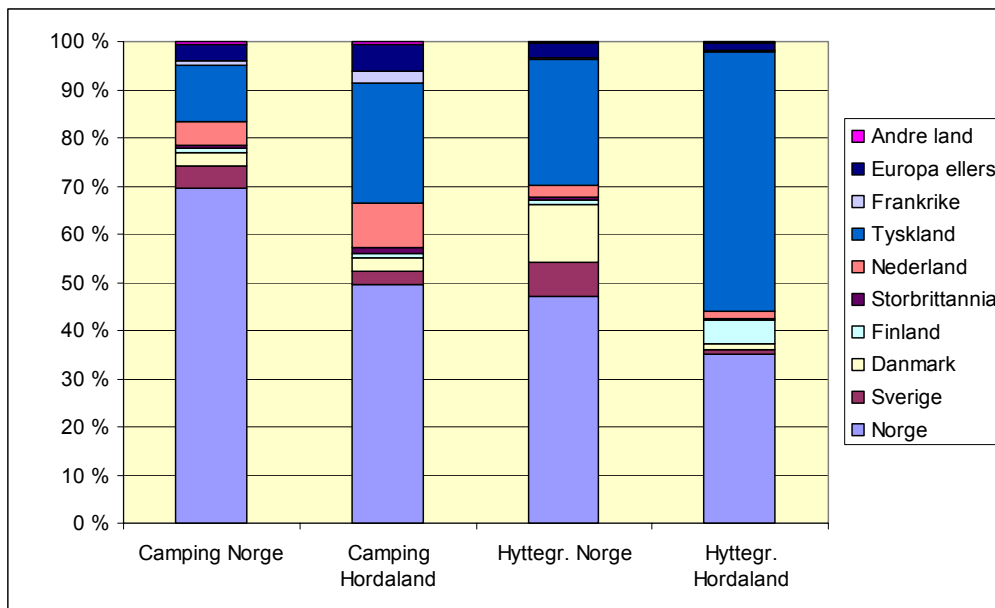
**Tabell 7. Overnattinger på hotell. (Fylkesstatistikk)**

	<b>2000</b>
<b>Gjestedøgn (1000 døgn)</b>	1061
Kurs/konferanser	68
Annen yrkesrelatert	257
Ferie og fritid	736
Norske	491
Utenlandske	570
<b>Kapasitetsutnyttelse hoteller (ca prosent)</b>	
Vår	49
Sommer	73
Høst	57
Vinter	41

Den høye andelen utlendinger i hyttegrender skyldes nesten i sin helhet besøk fra Tyskland, som utgjør mer enn 50 prosent av overnattingene. Overnattinger i hyttegrender er imidlertid lite i forhold til overnattinger på campingplasser, omtrent 1:25 i Norge og 1:20 i Hordaland.

### **5.2.2 Virkning av klimaendringer**

Det er, generelt, to kategorier av virkninger. For det første vil klimaendringer kunne endre på hvor trivelig det er å feriere i Hordaland. I følge næringen selv er dette sterkt avhengig av været: En ”dårlig” sommer gis ofte som begrunnelse for et ”dårlig” år i reiselivsnæringen. Det er grunn til å tro at virkningen av værmessige variasjoner er noe forskjellig på norske og utenlandske turister. Norske turister kan i større grad legge ferien sin til Vestlandet på impuls enn utlendinger, som må planlegge på litt lengre sikt. Observerte endringer i turiststrømmen som følge av ”gode” og ”dårlige” sommere kan derfor i stor utstrekning skyldes variasjoner i besøk av nordmenn, mens det for utlendingene har mer langsiktige virkninger: Generelt dårligere sommere vil gjøre det mindre attraktivt å planlegge ferien sin på Vestlandet. Effektindikator kan for eksempel være endring i forventet antall dager med sol.



**Figur 6. Overnattinger etter gjestenes nasjonalitet. 1999. (SSB Reiselivsstatistikk)**

For det andre kan klimaendringer virke inn på attraksjonene som folk drar til Hordaland for å oppleve. I første rekke vil det være naturlig å vurdere endring i snømengde om vinteren på vintersportsstedene, som vel i hovedsak dreier seg om Voss. Sesongen kan bli kortere, og sannsynligheten for å oppleve ekstremt snøfattige vintre, der sesongen i stor grad ødelegges, kan øke. I denne sammenheng kan det være naturlig å vurdere en mulig effekt av at folk velger alternative vintersportssteder, der mulighetene for gode forhold er større. En naturlig effektindikator kan derfor være endring forventede antall dager med gjennomsnittstemperatur under 0 °C.

### 5.3 Persontransport

#### 5.3.1 Beskrivelse

Transport deles tradisjonelt opp i persontransport og godstransport. Det vanskelig å se hvordan etterspørselen etter godstransport skulle endres som følge av klimaendringer uten som en indirekte virkning gjennom endringer i leveranser fra sektoren. Dette tar imidlertid kryssløpsmodellen seg av. Når det gjelder persontransport kan denne i noen grad betraktes som en indirekte virkning av andre konsumaktiviteter, men må behandles direkte fordi konsumet ikke kryssløpskorrigeres. I dette avsnittet konsentrerer vi oss om den direkte virkningen, og mer spesielt til mulige endringer i reisevaner.

Det ble foretatt en reisevaneundersøkelse for Bergen i 2000, og noen hovedresultater oppsummeres i tabell 8 og tabell 9.

**Tabell 8. Kollektivandel for reiser i Bergensområdet**

Reisemønster til og fra Bergen	Totalt antall	Koll-andel
Nord – bynær	36900	0.23
Nord – utkant	11800	0.17
Vest – bynær	56200	0.32
Vest – utkant	47300	0.20
Sør – bynær	65400	0.17
Sør – utkant	12000	0.11
Øst – bynær	7400	0.40
Øst – utkant	10100	0.23
Rundt Bergen	51800	0.07

Bruken av kollektivtransport i Bergensområdet kjennetegnes ved to trekk. For det første er kollektivandelen, hovedsakelig buss, størst for de bynære områdene i byen, og for det andre foregår kollektivtransporten i all hovedsak i retning av byen. 93 prosent av reisene rundt Bergen gjøres med private transportmidler. Forskjellen mellom kollektivandel i utkant og bynære områder er mest markert mot øst. Dette også den retningen med størst kollektivandel uavhengig av avstand, men er samtidig den retningen der det reiser færrest. De fleste reisene foretas mot sør og vest, og bynære områder i vest er den retningen som har flest reisende med kollektivtransport.

**Tabell 9. Reisetid og fordeling av reisende etter transportmåte og bosted. (Reisevaneundersøkelse for Bergen)**

	Kollektiv	Gang/sykkel	Bil	Bilpass.	Gj-sn tid
Bergen	11	22	56	9	17.0
Os	9	13	67	9	18.3
Norhordland	8	15	64	11	19.8
Region Vest	12	12	63	11	18.8
Region Øst	9	20	60	9	23.1

Tabell 9 gir en inndeling av reisende på reisetid og transportmiddel etter bosted. Biltransport dominerer for alle bosteder, og varierer fra 56 prosent i Bergen til 67 prosent i Os. Tabellen bekrefter også at de bynære områdene (Bergen) og reiser i retning vest (region Vest) er størst når det gjelder kollektivandel. Gang- og sykkeltransport er naturlig nok størst i Bergen, men region Øst har også en forholdsvis høy andel. Dette kan virke overraskende når en sammenlikner med gjennomsnittlig reisetid, som er markert størst i region Øst blant alle bosteder. Dette reflekterer sannsynligvis stor variasjon i reisetiden i denne retningen. Antallet reiser som bilpassasjer er om lag 10 prosent for alle bosteder.

### 5.3.2 Virkning av klimaendringer

Vi kan konsentrere oss om eventuelle endringer i persontransporten. Det er vanlig å knytte etterspørselen etter persontransport-tjenester til bosted og gjøremål. At bosted kan være klima-avhengig vises i en relativt omfattende litteratur omkring migrasjon i forbindelse med klimaendringer. Det er imidlertid usikkert om det er grunn til å legge vekt på dette i en studie av et fylke i Norge. I så fall må det være grunn til å tro at folk vil flytte for eksempel fra

øyene utenfor Hordaland til Bergen på grunn av havnivåstigning eller værmessige forandringer. Vi skal i utgangspunktet se bort fra dette.

Reisevaneundersøkelsen for Hordaland deler reisemål i sju kategorier; ”hjemreise”, arbeid/skole, handle/service, fritid, omsorg, tjenestereiser og andre reiser. Bortsett fra feriereiser, som også omfatter mosjon, fornøyelser og private besøk, er det grunn til å anta at disse gjøremålene i hovedsak er relativt uavhengige av klima. Eventuelle virkninger på mer tradisjonelle feriereiser behandles i eget avsnitt. Vi skal derfor anta at også gjøremålene er relativt klimauavhengige. Det som står igjen er eventuelle virkninger på valg av transportmiddel som følge av klimaendringer. Metoden som er beskrevet nedenfor forklarer altså ikke bosetting og gjøremål, men egner seg til å analysere valg av transportmiddel med alternative forutsetninger om disse faktorene.

En vet lite om hvordan klimafaktorer påvirker valg av transportmiddel, men det er grunn til å tro at det kan være viktig. ”Uvanlig” vær fører ofte til endringer i trafikkbildet, og en finner ganske store variasjoner i valg av transportmidler mellom årstidene. I det følgende skal vi beskrive en metode som knytter folks valg av transportmiddel direkte til klimavariabel, og som kan gjennomføres ved å ta i bruk data fra den nevnte reisevaneundersøkelsen. La oss i utgangspunktet anta at omfanget av transportarbeidet er bestemt på forhånd, i tråd med antakelsen om at bosted og gjøremål ikke er klimaavhengige. Individene velger mellom alternative transportmåter for å få dette arbeidet utført. Transportalternativene betraktes som perfekte substitutter.

La  $x$  betegne transportmåten,  $b$  er en vektor som betegner kvalitative egenskaper ved en bestemt transportmåte,  $z$  er et aggregat av andre varer og tjenester, og  $\varepsilon$  er et stokastisk ledd som fanger opp individets vurdering av transportmåtens egenskaper. Nyten til individ  $i$  av å velge transportmåte  $j$  kan da skrives som

$$u_i = u_i(x_j, b_j, z, \varepsilon_i)$$

Egenskapene ved et bestemt alternativ forutsettes observerbart. Disse kan være kvantitative, som for eksempel prisen på reisen, eller mer kvalitative. For eksempel kan kvaliteten på busstransport når det regner måles som en enkel transformasjon av hvor mye det regner. Hvordan hvert enkelt individ vurderer de kvalitative egenskapene kan imidlertid ikke observeres, men vi antar at *forskjellene* mellom ulike individers vektlegging av kvalitetene kan representeres med en kjent statistisk fordeling. Således kan nyttebidraget for individ  $i$  fra alternativ  $j$  skrives som en funksjon  $\Phi_i = \Phi_i(b_j, \varepsilon_i)$ . For enkelhets skyld antar vi at transformasjonen mellom de målbare kvalitetene og den ’gjennomsnittlige’ vurderingen av dem er lineær, og at nytten av transportvalget er logaritmisk, dvs. at

$$\Phi_i(b_j, \varepsilon_i) = \exp(\alpha_j + \sum_k \gamma_{jk} b_{jk} + \varepsilon_i)$$

der  $k$  betegner de kvalitative egenskapene vi antar individene vektlegger, som for eksempel klimafaktorer.

Siden de alternative transportmåtene utelukker hverandre, kan vi anta at de inngår lineært i nyttefunksjonen, dvs. at vi kan beskrive tilpasningen som en løsning av problemet

$$\max u(\sum_k \Phi_k x_k, z)$$

under bibetingelsen

$$r = \sum_k p_k / \Phi_k x_k + qz,$$

der  $r$  er inntekt  $p_j$  er prisen på transportalternativ  $j$  og  $q$  er en prisindeks for aggregatet av alle andre varer. Løsningen på dette problemet gir den indirekte nyttefunksjonen  $V(p_j / \Phi_i, q)$ , og ved hjelp av Roys identitet kan vi finne uttrykk for etterspørselen etter  $x_j$  og  $z$  som

$$x_j = g_i(p_j / \Phi_i, q) / \Phi_i$$

$$z = g_i(p_j / \Phi_i, q)$$

$\Phi_i$  inneholder som kjent et stokastisk ledd og alternativene  $j = 1, \dots, n$  utelukker hverandre. For to alternativer  $i$  og  $j$  vil altså  $x_i$  bli foretrukket for  $x_j$  dersom  $V(p_i / \Phi_i, q) > V(p_j / \Phi_j, q)$ . Da er

$$\Pr\{V(p_i / \Phi_i, q) > V(p_j / \Phi_j, q)\} = \Pr\{\lambda_i + \varepsilon_i < \lambda_j + \varepsilon_j\}$$

der

$$\lambda_j = \alpha_j + \sum_k \gamma_{jk} b_{jk} - \ln p_j.$$

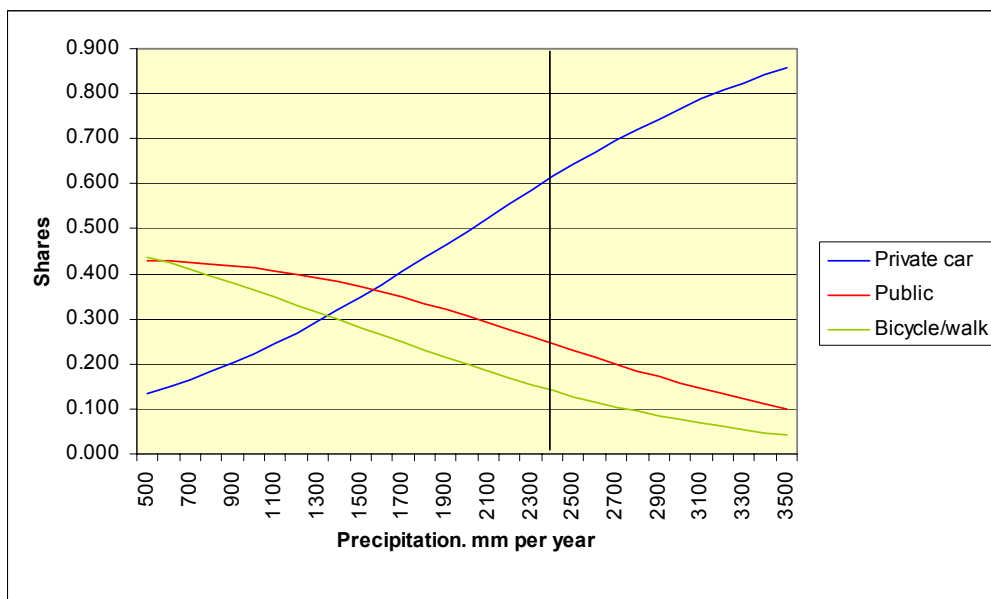
Men dette er den simultane sannsynligheten,  $\pi_j$ , for en stokastisk variabel  $z$  for *differansen* mellom valgene  $j = 1, \dots, n$ , dvs.

$$\pi_j = \int_{-\infty}^{+\infty} F(\lambda_j - \lambda_1 + z, \lambda_j - \lambda_2 + z, \dots, \lambda_j - \lambda_n + z) dz$$

Hvis denne er Weibull-fordelt, kan det vises at

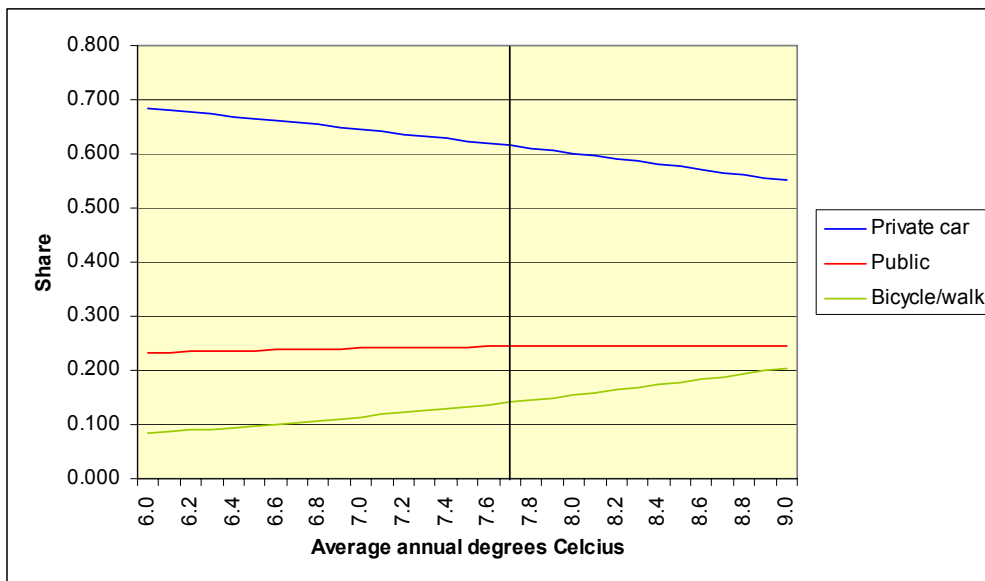
$$\pi_j = \exp(\lambda_j) / \sum_i \exp(\lambda_i)$$

$\lambda_j$  består bare av observerbare variable, men observeres ikke selv. Observasjonen gjøres av hvilket transportvalg det enkelte individ tar. Observasjoner av et sett individuelle valg gir oss imidlertid parameterne i fordelingsfunksjonen. I prinsippet er dette mulig ved å utnytte dataene i reisevaneundersøkelsen. Med tanke på hvor lite en vet om værforhold og valg av transportmiddel ville det være interessant å få dette gjort, men det vil gå utover rammene for denne studien.



**Figur 7. Eksempel på variasjon i andel persontransportmåte i indre sone i Bergen etter nedbør.**

Her skal vi nøye oss med noen forholdsvis løse forutsetninger om endringer i transportvalget som følge av variasjon i temperatur og nedbør. I den forbindelse er det nyttig å forsøke å tolke parameterne. Av uttrykket for  $\pi_j$  ovenfor ser vi at  $\lambda_j$  er et direkte uttrykk for den vekten som tillegges alternativ  $j$  ved evaluering av transportmåter. Parameteren  $\alpha$  og  $\gamma$  gir uttrykk for betydningen av de kvalitative egenskapene.  $\alpha_j$  er bestemt av hvor mange som velger alternativ  $j$  i utgangspunktet, dvs. at den bestemmer nivået på alternativ  $j$ . Dersom vi kjenner  $\gamma_{jk}$ , kan  $\alpha_j$  i prinsippet kalibreres ved å observere andelen av trafikanter som velger  $j$ .  $\gamma_{jk}$  gir (grovt sett) den prosentvise økningen eller reduksjonen i vekten til alternativ  $j$  ved en økning i den kvalitative forklaringsvariabelen  $k$ , dersom antallet alternativer er stort.  $\gamma_{jk}$  vil i denne studien utelukkende bli basert på antakelser.



**Figur 8. Eksempel på variasjon i andel persontransportmåte i indre sone i Bergen etter temperatur.**

I eksempelet i figur 7 er det antatt at bruk av offentlig transport og gang/sykkel transport reduseres som følge av økende nedbør, og at privat transport tar over. Som nevnt er dette bare for å illustrere metoden, men det er mulig å estimere disse kurvene med bruk av data fra reisevaneundersøkelsen. I figur 7 reflekteres likevel sammensetningen av transportmåtene ved observasjonspunktet, normal nedbør i Bergen, som er om lag 2400 mm. per år.

Figur 8 viser den tilsvarende partielle endringen for temperatur. Gjennomsnittstemperaturen i Bergen er ca. 7.7 °C på årsbasis. Fordelingen av transportmåter er altså lik i de to figurene ved ”observasjonspunktet”. I figur 8 antas det at økende temperatur medfører en overgang fra bruk av privatbil til gang/sykkel, og at offentlig transport er omtrent uberørt.

#### 5.4 Skader som følge av ekstreme vær-situasjoner

Det er svært vanskelig å få anslag over hva klimaendringer vil kunne føre til i form av ekstreme hendelser, som orkaner, ras, flom osv. Årsaken til at man er tilbakeholdne med slike anslag, og at blant annet RegClim ikke publiserer det, er at slike hendelser generelt forårsakes av et sammentreff av mange mer eller mindre tilfeldige faktorer over til dels svært korte tidsrom. RegClim har beregnet endringer i gjennomsnittstemperatur, nedbør og vind i løpet av et kvartal. Det er ingen enkel sammenheng mellom slike gjennomsnittlige endringer og

frekvensen av ekstreme hendelser. Hvorvidt en vårflokk medfører store skader eller ikke, vil for eksempel avhenge av hvor mye snø som falt i kvartalet før, hvor fort smeltingen foregår, om det regner eller ikke mens det smelter og om det er tørt i jorda eller ikke.

Til tross for at vi vet hvilke indikatorer en kan bruke for ekstreme hendelser, er det altså vanskelig å finne gode prediksjoner for dem. I prinsippet bør en imidlertid søke etter en indikator for hendelsens ”styrke”, som relateres til de direkte klimaindikatorne (temperatur, nedbør, vind) som en opererer med. ”Styrke”-indikatoren, som vi kan kalle  $s$ , kan så tilordnes en frekvensfordeling. La settet av direkte klimaindikatorer være betegnet med  $c$ . Da vil fordelingsfunksjonen  $F(s;c)$  angi sannsynligheten for at styrken på en ekstrem hendelse er mindre enn  $s$  når en registrerer klimaindikatoren  $c$ .

Tilknytningen til økonomisk aktivitet går i hovedsak via skader på realkapitalen. Vi skal se litt nærmere på bygninger og infrastruktur nedenfor, men skal først vise generelt hvordan skadene kommer til uttrykk i kryssløpsmodellen som brukes i denne studien. Skadene vil avhenge av styrken på den ekstreme hendelsen,  $s$ . Derfor må en i prinsippet beregne skadeomfanget som en funksjon av  $s$ ,  $D(s)$ . Forventet skade,  $E(D)$ , som følge av slike ekstreme hendelser blir da,

$$E(D) = \int_{-\infty}^{\infty} D(s)f(s;c)ds$$

der  $f(s;c)$  er tetthetsfunksjonen til  $F(s;c)$ .

For å forenkle skal vi anta at ekstreme hendelser opptrer med samme styrke, dersom de opptrer, og at skaden er lik 0 dersom de ikke opptrer. Vi lar  $\pi$  betegne sannsynligheten for at en ekstrem hendelse opptrer. Da blir forventet skade

$$E(D) = \pi D$$

der  $D$  er et anslag på skaden dersom en hendelse opptrer.

Skader, i alle fall i stort omfang, vil normalt være skade på det vi innenfor strukturen i denne studien kan kalle beholdningsstørrelser. Vi har delt disse beholdningsstørrelsene inn i tre kategorier, realkapital, naturressurser og menneskekapital. En kan også tenke seg skader på produkter som i nasjonalregnskapssammenheng defineres innenfor strømningsbegrepet, men vi skal ikke legge vekt på det her. Skade på menneskekapitalen vil føre til endringer i sysselsetting og i aktiviteten i helsesektoren, og kan innarbeides på samme måte som vi har justert kryssløpskoeffisienter og sluttleveringskoeffisienter ovenfor. Når dette ikke er omtalt skyldes det at vi så langt ikke har gode resultater på eventuelle skader på mennesker som følge av klimaendringer. Den viktigste mangelen er imidlertid at menneskene er noe mer enn en produksjonsfaktor. Skader på menneske berører så åpenbart velferdsaspekter som ikke kan knyttes til noen økonomisk aktivitet. For å analysere dette på noen god måte trenger en bedre utviklede modeller enn det som vil bli brukt i denne studien, og er derfor et eksempel på viktige faktorer som en må se bort fra når en bruker enkle kryssløpsmodeller.

Konsekvenser av skader på naturressurskapitalen er behandlet under produksjonssektorene. Vi har også nevnt ovenfor at skader på realkapitalen vil bli representert i form av endringer i leveranser til investeringer. Bakgrunnen for dette er først og fremst at rammeverket vi bygger informasjonen inn i, kryssløpsmodellen, i all hovedsak er utformet med tanke på å forklare endringer i aktiviteter over et år, det vil si strømninger. Ved å regne ut hvordan skade på realkapitalen slår ut i investeringene, omdannes således skade på beholdning til endring i aktivitet. Det medfører at resultatene må tolkes som forventede effekter av klimaendringer. Dette er en viktig distinksjon fra ”effekter dersom en nærmere spesifisert klimaendring skjer” i forbindelse med vurdering av skader, fordi en skade vil kunne medføre sjokk i økonomien i



enkelte år. Når en omregner kapitaltapet til årlig investering framkommer ikke det faktum at effekten antakelig er større i det året skaden skjer enn det er senere.

Det finnes mange måter å omregne endringer i en beholdning til endring i aktiviteter på. I det følgende tas det utgangspunkt i at den samlede kapitalkostnaden, som består av avskrivning og rentekostnader, skal være like stor i alle år så lenge kapitalutstyret er produktivt. Det vil si at vi regner årlig kapitalkostnad som en annuitet.

En ekstrem hendelse vil kunne ødelegge mange kapitalvarer. Noen av dem kan være helt nye, mens andre er gamle og skrøpelige. Dersom de skal bygges opp igjen, vil imidlertid alt bli nytt og fint. Derfor er det urimelig å beregne kapitalkostnaden som kostnaden ved å erstatte alt som gikk tapt, for i denne kostnaden ligger det også et element av at den nye kapitalen faktisk er mer verd enn den gamle. Dette gjør at erstatningssummer fra forsikringselskapene kan gi bedre anslag for formuestapet, men på den annen side er det vanskelig å få gode data fra disse. Det er sannsynligvis lettere å få god informasjon om hva det vil koste å bygge tingene opp igjen, fordi denne informasjonen kan bygge på en beskrivelse av den fysiske skaden.

Spørsmålet er hva som skal til for å utnytte denne informasjonen. La oss betegne anslaget over verdien av å erstatte ødelagt realkapitalutstyr med  $B_0$ , og anta at en ekstrem hendelse kan ramme nye kapitalgjenstander med like stor sannsynlighet som gamle. Dersom levetiden på dette kapitalutstyret er  $T$  år, vil den forventede gjennomsnittlige alderen på kapitalutstyret derfor være  $T/2$  når det rammes av hendelsen. For å gjøre beregningen enkel (den blir likevel vanskelig nok) skal vi tolke dette dit hen at *hvis* kapitalen blir ødelagt, så er den forventede alderen på utstyret  $T/2$  år.<sup>1</sup>

Forutsetningen om at de samlede kapitalkostnadene skal være like i alle år innebærer at en må fordele kostnadene mellom rentekostnader og avskrivningskostnader forskjellig fra år til år. Verdien av utstyret i det året en forventer at skaden skjer, dersom den skjer, vil derfor avhenge av renten,  $r$ , og kan beregnes med bakgrunn i uttrykket for beregning av annuiteter. Vi går ikke gjennom dette, men setter opp uttrykket for restverdien på tidspunkt  $T/2$ , som er<sup>2</sup>

$$B_{T/2} = B_0(1+r)[(1+r)^{T/2+1} - 1]/[(1+r)^{T+1} - 1].$$

For å finne årlig endring i aktivitet som følge av reduksjon i denne verdien regner vi ut annuitetsbeløpet som er

$$D = rB_{T/2}[1 + 1/((1+r)^{T+1} - 1)],$$

dersom skaden oppstår. Med de forenklende forutsetningene ovenfor om fordelingen av skadeindikatoren, vil forventet skade da bli  $E(D) = rD$ .

Vi har så langt ikke funnet gode anslag over skader ved ekstreme hendelser i Hordaland, og skal derfor ikke ta med disse i første omgang. Nedenfor følger likevel en kort beskrivelse av de kategoriene av realkapital som en i særlig grad må forvente vil kunne bli rammet.

---

<sup>1</sup> Merk at dette ikke er det samme som å si at gjennomsnittlig alder er  $T/2$ , da en antar flere gjenstander med ulik alder. Dersom dette, mer realistiske, utgangspunktet tas blir uttrykket for kapitaltapet annerledes, og noe mer komplekst.

<sup>2</sup> Forutsetter at renten beregnes forskuddvis

### 5.4.1 Bygg og anlegg

#### Beskrivelse

Sammensetningen av bygningsmassen i fylket går fram av tabell 5. Den største forskjellen i forhold til gjennomsnittet for hele landet gjelder fiskeri- og landbruksbygg, noe som først og fremst reflekterer at en stor del av bygningsmassen preges av Bergen og nærområdene. Til gjengjeld utgjør industri- og lagerbygg samt 'andre' bygg (samferdsel, helse fengsel og beredskap og lignende) en større andel. Tendensen til mer urbane trekk går også igjen når en ser på boligmassen, som i større grad består av blokkhus og rekkehus og en forholdsvis lav andel eneboliger og tomannsboliger.

Det foreligger ikke overslag over verdien av bygningsmassen etter fylke, så vidt jeg vet. En mulighet er å bruke landsgjennomsnitt, dersom det finnes. Hvis ikke gir oversikten over antall bygninger i tabell 10 et visst utgangspunkt for å kunne anslå endringer i verdien av bygningsmassen.

**Tabell 10. Bygningsmasse. Antall.**

Antall	2000
Boliger	125658
Eneboliger og tomannsboliger	97078
Rekke- og kjedehus	25328
Blokkhus	3252
Næringsbygg	79871
Industri og lager	22455
Fiskeri og landbruk	38565
Kontor og forretningsbygg	2641
Hotell og restaurant	1598
Undervisn., forskning og kultur	3200
Andre*	11412
Andre bygg	107190
Fritidsboliger	25890
Andre	81300

\* Samferdsel, helse, fengsel, beredskap o.a.

#### Virkning av klimaendringer

Aktiviteten i bygge- og anleggssektoren er ikke klima-avhengig på samme måte som de ressursutnyttende sektorene, men bygningsmassen kan bli berørt av endringer i temperatur og fuktighet. Klimaendringer kan medføre innskjerpning eller tilstrømning når det gjelder byggeforskrifter. Dette vil fordyre byggeprosessen, noe som i modellen vi bruker betyr en endring i teknologi. Byggforsk har nylig startet et prosjekt om hvordan bygningsmassen i Norge kan bli påvirket, og hvordan en skal forberede seg på fremtidige klimaendringer. Det er ennå ikke publisert resultater fra prosjektet, men det kan ventes i løpet av relativt kort tid.

### 5.4.2 Samferdsel

#### Beskrivelse

Transportnettet i fylket går til dels fram av tabell 11. Det er imidlertid litt vanskelig å finne tall som kan gi uttrykk for transportnettet for båttrafikken. Tallene i tabell 6 er derfor bare

noen foreløpige indikatorer. Veinettet består av omtrent like lange strekninger med riksvei og fylkesvei, mens kommunale veier utgjør om lag 40 prosent av det totale veilengden. Det finnes to flyplasser, hvor Flesland selvsagt er dominerende. Båttrafikken på Vestlandet er stor, med en forholdsvis betydelig andel lokalbåter, som inkluderer hurtigbåter. I overkant av 40 prosent av kysttrafikken betjenes av lokalbåter, når en teller antall skip. Jernbanenettet i Hordaland begrenser seg til Bergensbanen, og består av både lokaltrafikk og fjerntog. Det har så langt ikke lyktes å få data om skinnelengde eller antall stasjoner.

**Tabell 11. Indikatorer for kapasitet i infrastruktur**

<b>Veier (km)</b>	<b>Totalt</b>	<b>max 10 t</b>	<b>max 8/6 t</b>
Riksveier	1717.1	1663.7	153.0
Fylkesveier	1806.1	982.1	824.4
Kommunale veier	2839.0		
Traktor- og skogsbilvei (helårs)	473.0		
Gang- og sykkelvei (langs riksv)	234.0		
<b>Flyplasser (ant. pass. i rute og charter)</b>	<b>I alt</b>	<b>Innenlands</b>	<b>Utenlands</b>
Bergen – Flesland	30403	2896460	632055
Stord – Sørstokken	0	27950	2453
<b>Båttrafikk</b>	<b>I alt</b>	<b>Lokal</b>	<b>Bilferje</b>
Skip i alt (Rogaland - Sogn og Fj)	182	76	106
Bto tonn (Rogaland - Sogn og Fj)	117145	11301	105844

### **Virkning av klimaendringer**

Med ressursgrunnlaget menes her i hovedsak geografisk plassering og etablering av infrastruktur. Den mest aktuelle *direkte* virkningen av klimaendring vil være ødeleggelser på grunn av ekstreme vær-situasjoner. Men man kan også få økte kostnader ved å opprettholde infrastrukturen gjennom *effekter* av klimaendringer. Økt rasfare som følge av økt nedbør er en mulighet, og tilpasning til økt havnivå en annen. I verste fall vil dette kunne føre til at en blir nødt til å på endre trasevalg for veier og jernbane, eventuelt flytte kaianlegg eller flyplasser. En mindre dramatisk konsekvens vil kunne være økte etablerings- eller vedlikeholdskostnader som en 'forsikring' mot klimaendringene.

Foruten disse sektorene kan en tenke seg flere andre sektorer som er direkte påvirket, men vi vil avgrense oss til disse i denne omgang. Det må også bemerkes at mange sektorer vil bli indirekte berørt på en tilsynelatende direkte måte. Et eksempel er forsikringsvirksomhet (finansiell sektor) som 'dras i gang' av skader i andre sektorer.

Det er grunn til å nevne at det kan dukke opp nye, klima-avhengige sektorer i fremtiden som ikke er representert i modellen. Spesielt kan det være grunn til å tro at kraftsektoren vil ekspandere i retning av nye fornybare energikilder, og at mulighetene for en slik ekspansjon i stor grad vil være avhengig av klimatiske forhold. Vi kommer *ikke* til å gjøre slike vurderinger i modellberegningen. Forutsetningen om at denne studien skal beregne økonomiske virkninger ved klimaendringer som om de hendte i dag må derfor understrekes, og eksplisitt gjøres gjeldende for den samfunnsøkonomiske strukturen i Norge også. En mulighet er selvsagt å gjøre en eller to beregninger som forutsetter en annen økonomisk struktur, men jeg tviler på om det har noen hensikt.

## 6 Oppsummering av sektorvirkninger

I de foregående avsnittene er oppmerksomheten i hovedsak konsentrert om hvordan klimaendringer virker inn på karakteristiske variable som bestemmer den økonomiske aktiviteten. Det står fortsatt en del igjen på å tallfeste hvordan endringene slår ut i produktivitet, produksjonsteknologi og etterspørsel. Gode anslag på dette krever først og fremst gode data, og det står ganske mye igjen før det kan skaffes til veie. Likevel kan det være nyttig å gå gjennom noen beregninger med utgangspunkt i det en vet så langt, delvis for å berede grunnen til videre beregninger, og delvis for å kartlegge behovet for nye og bedre data.

Som referanse til beregningene her har vi brukt resultatene fra RegClim for Vest-Norge. Disse resultatene kan tolkes som en nedskalering av beregninger som gjøres i GCM-modeller (Global Circulation Models). RegClim bygger således på klimascenarier for globale modeller, og avhenger i stor grad av hvilke beregninger en bruker. Ulike GCM modeller kan gi svært forskjellige resultater for samme region, og anslagene for lokale virkninger i Norge er derfor beheftet med stor usikkerhet. Med utgangspunkt i IPCCs fremskrivninger av globale klimagassutslipp fram mot 2050 anslår likevel RegClim følgende gjennomsnittlige endringer i klimaindikatorene for Vest-Norge i perioden 2000 til 2050:

- Gjennomsnittlig temperaturendring (°C)
  - o Vår 0,9
  - o Sommer 0,7
  - o Høst 1,1
  - o Vinter 1,2
- Gjennomsnittlig endring i nedbør (%)
  - o Vår 1,2
  - o Sommer 18,2
  - o Høst 23,5
  - o Vinter 9,3
- Gjennomsnittlig endring i vindstyrke (%)
  - o Hele året 2,5

Tabell 12 oppsummerer beregnede virkninger på produksjonsteknologi. Mange anslag bygger på gjennomsnittlig temperaturøkning over året, som er 1 °C. Der en har tatt hensyn til sesongvariasjon er det forutsatt samme variasjon som RegClim har beregnet. Virkningene er fordelt på virkninger på produktiviteten av primærinnsatsfaktorene real- og naturkapital og virkninger på bruk av innsatsfaktorer. Det antas at klimaendringene ikke slår ut i arbeidsproduktivitet.

I landbruket regnes det med at temperaturøkning på 1 °C øker vekstsesongen med 14 dager. Dette svarer til forventet økning i antall dager med temperaturer over en gitt grense i mai og september. Reduksjonen i jordkvalitet som følge av mer nedbør slår ut i økt jordpreparering og større leveranser fra kjemisk industri.

I de fleste sektorer, inklusive husholdninger, vil økt temperatur redusere energiforbruket. Dette slår ut i i kryssleveransene fra kraftsektoren og et (svært grovt) anslag over brenseloljeforbruket i landbruket. Anslaget over forbruk av brenseloljer for alle sektorer er gjort ved å anta at forbruk er lik salg i fylket, og at salget av brenseloljer (parafin og lette fyringsoljer) på sektor har samme fordeling som forbruket av mellomdestillater har på landsbasis.

**Tabell 12. Anslag på sektorvirkninger i Hordaland av klimaendringer beregnet i RegClim. Mill kr.**

Sektor:	BPV	Økning i total produksjon			Økte kostnader for samme prod			
		Alle	Kapital	Naturress.	Total kost	Kraftfors	Bygg & anl	Industri
Vare:							Elektr.	Bygninger og Infrastruktur
Landbruk <sup>1</sup>	999							
Temperatur		68.69		68.69	-1.31	-1.27		-0.04
Nedbør		0.00			2.50			2.50
Vind (ekstrem)		0.00			0.00			
Skogbruk	51							
Temperatur		14.15		14.15				
Vind		0.00						
Fiske og fangst	1118							
Havtemperatur		111.80		111.80				
Vann og kraftforsyning	3825							
Nedbør		-91.11	-619.57	528.45				
Bygg og anlegg	5182							
Forskrifter		0.00			51.82		51.82	
Hotell og rest. (turisme)	1460							
Temperatur		0.00			-0.08	-0.08		0.00
Nedbør		0.00			0.00			
Alle andre sektorer	57365							
Temperatur <sup>2</sup>		0.00			-26.32	-24.73		-1.69

Beregningen av graddøgnetallet er gjort med samme definisjon som NVE bruker. De regner imidlertid med at et normalår har 4079 graddøgn for hele landet. Vi antar at gjennomsnittstemperaturen i Hordaland er høyere enn for landet totalt, og har brukt 3080 graddøgn som normalt. Graddøgnetallet avhenger ikke bare av gjennomsnittstemperaturen i hver måned, men også av den daglige fordelingen gjennom en måned. Vi har ikke data for fordelingen av døgnmiddelet i en normal måned. For å komme fram til et anslag over graddøgnetallet har vi derfor antatt at døgnmiddelet er normalfordelt, med forventning lik den gjennomsnittlige månedstemperaturen og med et standardavvik på 5 °C i alle måneder. Det vil si at døgnmiddelet i om lag 2/3 av dagene faller innenfor et intervall på månedsmiddelet +/- 5 °C i en normal måned. Med en økning i årlig middeltemperatur på 1 °C er det beregnet en reduksjon på 351 graddøgn. Dette gir en total reduksjon i elektrisitetsforbruket på om lag 25 mill. kroner og nesten 1.7 millioner kroner for brenseloljer.

Økningen i verdien av skogbruket kan i sin helhet tilskrives en økning i avkastningen på skogkapitalen ved stasjonær drift, mens økningen i verdien av fisket bygger på rene gjetninger. For kraftsektoren registrerer vi to endringer. Økt nedbør gir økte produksjonsmuligheter på i overkant av ½ milliard per år. For å utnytte økt tilsig til

magasinene må man imidlertid øke magasinenes kapasitet. Den årlige kostnaden ved dette er beregnet til over 600 milliarder per år. Dette bygger på anslag over kapitalkostnadene i kraftsektoren for Norge, som består av avkastning og avskrivning med 70 års levetid, og forutsetter altså at lønnsomheten ved ny kapasitet svarer til gjennomsnittlig lønnsomhet for kraftsektoren i hele landet. Lønnsomheten på landsbasis er ikke veldig forskjellig fra gjennomsnittlig lønnsomhet for kraftproduksjon i Hordaland.

Det skal legges til at det ikke under noen omstendighet kan regnes med tap i kraftsektoren som følge av de klimaendringene RegClim har beregnet for Hordaland, fordi man i alle tilfelle kan produsere det samme som i dag uten å øke kapasiteten. Anslaget ovenfor forutsatte at alt tilslaget skulle produseres og leveres forbruker. Dette tilsier nye og mer utførlige beregninger av virkningene for kraftsektoren.

Bygg og anleggssektoren forutsetter økte egenleveranser (kostnader) på 1 prosent av produksjonsverdien som følge av nye forskrifter. Tallet er ren gjetning, og vil bli oppdatert med resultater fra Byggforsk. Heller ikke turistnæringen (hotell og restaurant) forutsettes å merke virkninger på teknologien når en ser bort fra temperaturkorrigering av energiforbruket.

Tabell 12 viser i hovedsak positive virkninger av klimaendringer for produksjonssektorene, men den økonomiske gevinsten i kraftsektoren er betydelig lavere enn en kunne vente uansett om kostnadene ved større magasiner er mindre enn beregnet her. Merk også at vi ikke har tatt hensyn til en eventuell økning i variasjonen innenfor hver årstid ved beregning av kostnadene til magasiner. Det må også understrekes at hovedformålet med disse beregningene er å illustrere mulige metoder for å beregne virkninger, men at tallmaterialet er svært usikkert. Det innebærer blant annet at det ikke er slik at en ikke kan forvente endringer i teknologi som følge av klimaendringer i andre sektorer enn de som er nevnt her, eller at blanke celler i tabellen betyr at det ikke blir endringer.

Anslag over mulige endringer i sluttleveringene er gjengitt i tabell 14. Vi har konsentrert oss om endringer i privat konsum, med unntak av sommerturistene, som vi antar kommer fra andre steder enn Hordaland. Temperaturkorrigering av energiforbruket er gjort på samme måte som for produksjonssektorene. Endringer i ferie og fritidsaktiviteter er identifisert gjennom hotell- og restaurantnæringen. Endringene bygger på anslag over reduksjon i det en kan kalle attraktive fritidsdager i sesongen. For sommerturistene gjelder dette beregnede døgn med mindre enn 1 mm nedbør i sommermånedene (i Florida ved Bergen). Fordelingen av nedbør per døgn er antatt log-normalt fordelt. Da gir resultatene fra RegClim en reduksjon på 1 attraktiv sommerdag per år, som svarer til et beregnet inntektstap for hotell- og restaurantnæringen på i overkant av 1 million kroner.

Attraktive fritidsdager for vinterturister er antatt avhengig av temperatur. Vi har beregnet sesonglengde på tilsvarende vis som for jordbruket, men regner vinterdager som dager med døgnmiddel under 0 (i Lærdal). En gjennomsnittlig økning på 1 °C per år medfører at vintersesongen forkortes med om lag 14 dager. Dette gir en beregnet reduksjon i etterspørselen på 6.3 mill. kroner. Merk at verdien per døgn er høyere om sommeren enn om vinteren. Dette bygger på anslag over samlet produksjonsverdi og kapasitetsutnyttelse i hotell- og restaurant-sektoren.

Som i avsnitt 4 nevnt vil endringer i sammensetningen av transporttjenester som følge av vridninger i sammensetningen kunne representeres i beregningene delvis som endringer i teknologien i transportsektoren i En tradisjonell kryssløpsmodell, og delvis som en endring i sammensetning av sluttleveringene. Siden vi utelukkende har sett på endringer i persontransport har vi imidlertid bare vurdert endringer i sammensetningen av sluttleveringene. I prinsippet vil endringer i bruk av privatbil øke sluttleveringene av fossilt brensel (først og fremst bensin), reparasjoner samt varige konsumgoder. Her skal vi for enkelthets skyld anta at det bare er energiforbruket som påvirkes i første omgang, det vil si at ingen kjøper ny bil og at verkstedregningene er som før. Endringer i bruk av offentlige

transportmidler slår ut sluttlevering av transporttjenester. Endringer i gang eller bruk av sykkel er ikke forutsatt å endre sluttleveringene, når vi ser bort fra de indirekte virkningene som skyldes at det erstatter eller blir erstattet av alternative transportformer. Det må imidlertid legges til at endringer i transportmåter, i likhet med andre endringer, har inntektsvirkninger. Disse får vi ikke med i beregningene i dette avsnittet, men tas med i En tradisjonell kryssløpsmodell-beregningene.

**Tabell 13. Fordeling persontransportmåter før og etter klimaendringer. Prosent.**

	Privatbil	Offentlig	Gang/sykkel
Fordeling i dag	61.5	24.4	14.1
Endring pga temp	-4.9	0.2	4.7
Endring pga nedbør	9.6	-5.4	-4.3
Total endring	4.7	-5.2	0.4
"Ny" fordeling	66.2	19.2	14.5

Tabell 13 viser anslag over fordelingen mellom persontransportmåter. Økt temperatur og økt nedbør ble antatt å trekke i hver sin retning for alle transportmåtene. Effekten av økt nedbør veier imidlertid tyngre for både privatbil og offentlig transport, slik at økt bruk av privatbil totalt sett medfører en reduksjon i bruk av offentlig transport, mens gange og sykkel ikke endres i vesentlig grad. Med ny fordeling av transportmåtene vil sluttleveringene av bensin stige med 228.66 mill. kroner mens sluttleveringene av transporttjenester reduseres med 200.94 mill. kroner.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> I mangel av data er det antatt at off. persontransport utgjør samme andel av hele samferdelssektoren i Hordaland som for hele landet

**Tabell 14 Anslag over endringer i sluttleveringer som følge av klimaendringer beregnet i RegClim. Mill kr.**

	Konsum			
	I alt	Privat	Offentlig	Investering Eksport
Elektrisitet				
Temperatur	-40.40	-40.40		
Brenseloljer				
Temperatur	-5.35	-5.35		
Transportoljer (privatbil)				
Temperatur/nedbør	228.66	228.66		
Fast eiendom				
Vind (ekstrem)				
Havnivåstigning				
Ras				
Ferie og fritid				
Temperatur (vinter)	-6.30	-6.30		
Nedbør (sommer)	-1.01			-1.01
Transport (off. person-)				
Temperatur/nedbør	-200.94	-200.94		

Det er grunn til å understreke at tallene i hovedsak er ment å illustrere metodene som er brukt, og ikke som realistiske anslag. De relativt store utslagene på transportsektoren finnes det således ikke noe empirisk grunnlag for. Videre har vi ennå ikke ført opp tall for virkninger på fast eiendom som følge av skader på grunn av ekstreme værforhold. Det må også understrekes at disse tallene ikke umiddelbart kan tolkes som ”gevinst” eller ”kostnad”. Det krever i det minste at resultatene settes inn i en større sammenheng, der samspillet mellom de ulike sektorene og mellom produksjon og sluttforbruk går fram.

## 7 Illustrasjon på en analyse av sosioøkonomiske virkninger

Så langt har oppmerksomheten vært konsentrert om sektorvise endringer. Som nevnt innledningsvis har tanken med å systematisere dataene vært å legge til rette for en mer generell samfunnsøkonomisk analyse av klimaendringene. Sentralt i dette opplegget står kryssløpsmodellen, som kan betraktes som en spesiell variant av en generell makroøkonomisk modell. Strukturen i kryssløpsmodellen ble gjennomgått i seksjon 3. I dette avsnittet skal vi kort vise hvordan modellen kan brukes til analyse av samfunnsøkonomisk spørsmål.

Kryssløpskoeffisientene viser leveransene fra en sektor til en annen som andel av total produksjon i en sektor. Selv om dataene som brukes viser verdien av leveranser, blir dette strengt tatt tolket som kvanta, eller volumtall. Prisene brukes altså bare som en måte å veie sammen hummer og kanari på. Data for fylkesvise nasjonalregnskap gir oss en matrise med slike kryssløpsleveranser, som vi kan kalle  $A$ . Hvis vi representerer vektoren av produksjonsverdier i hver sektor med  $X$ , viser matrisen  $AX$  verdien av kryssløpsleveranser.

I tillegg til å levere varer til andre sektorer, leverer alle sektorer også til sluttleveringene konsum, investering og eksport. For enkelhets skyld slår vi disse sammen og kaller vektoren



over sluttleveringer for  $B$ .  $AX + B$  gir med andre ord oversikt over etterspørselen etter en vare fra hver spesifiserte sektor fordelt på andre sektorer og sluttleveringer. Likevekt i markedet krever av tilbudet, produksjonen i hver sektor, er lik etterspørselen, dvs.

$$X = AX + B.$$

Siden vi antar at kryssløpskoeffisientene er konstante, uavhengig av produksjonsnivå, har vi altså en enkel sammenheng mellom total produksjon og sluttleveringer,  $X(I - A) = B$ . Med andre ord kan vi regne ut den ene vektoren dersom vi vet hva den andre vektoren er. I de fleste sammenhenger ønsker en å beregne de økonomiske konsekvensene av en endring i sluttleveringene, ofte fordi det er disse en kan gjøre generelle antakelser om. Det betyr at en analyserer økonomiske virkninger med bakgrunn i sammenhengen

$$(7.1) \quad X = (I - A)^{-1}B,$$

$(I - A)^{-1}$  er den inverterte matrisen til  $(I - A)$ , og kalles ofte matrisen for kryssløpskorrigerte sektorleveranser. Den viser hvor mye produksjonen i hver sektor må øke for at sluttleveringene fra en bestemt sektor skal øke med en krone. Ved hjelp av (7.1) kan en altså forutsi, under de gitte forutsetningene, de indirekte økonomiske virkningene av en gitt økonomisk utvikling. I tabell 15 presenteres denne matrisen for Hordaland. Dataene er hentet fra fylkesvise nasjonalregnskap og bearbeidet til bruk i En tradisjonell kryssløpsmodell-modellen.

**Tabell 15. Kryssløpskorrigerte sektorleveranser for en økning i sektorvise sluttleveringer på 1000 kr.**

	Landbr	Skogbr	Fiske	Ind/berg	El/vann	Bygg/anl	Hot/res	Transport	Pr tjen	Off tjen
Landbruk	1034.61	0.11	0.06	600.28	0.74	17.91	6.03	2.30	10.21	13.30
Skogbruk	5.59	1017.30	0.08	797.09	0.57	28.05	1.60	2.39	9.69	8.36
Fiske	1.33	0.00	1000.00	17.48	0.02	0.43	3.12	0.07	0.27	1.71
Ind og bergv.	7.46	0.20	0.11	1073.14	0.75	25.38	2.15	3.21	12.77	10.10
Elektr. vann	12.61	0.02	0.01	89.89	1005.81	5.71	5.11	2.09	17.00	33.26
Bygg og anl.	5.43	0.11	0.00	7.92	1.04	1034.16	0.90	0.68	22.17	25.34
Hot. og rest.	0.54	0.06	0.00	37.94	0.89	3.52	1000.29	5.14	17.22	14.86
Transport	0.99	0.01	0.01	16.80	0.02	3.41	0.31	1015.68	4.13	8.45
Pr. tjenester	3.48	0.14	0.04	32.98	2.17	10.68	3.42	10.98	1038.02	21.03
Off tjenester	0.38	0.13	0.00	7.24	0.17	4.91	0.47	1.41	3.70	1002.47

Kilde: PANDA-data, Norsk Institutt for By- og Regionsforskning, NIBR

Tallene langs diagonalen i matrisen er alle større enn 1000 kroner, mens kryssløpsleveransene stort sett kan synes forholdsvis små. Dette skyldes at for å øke leveransene fra en sektor med 1000 kroner må produksjonen i denne sektoren selvsagt økes med minst 1000 kroner. I tillegg kommer imidlertid virkningen av kryssløpsleveranser. Ser en, for eksempel, på landbruket vil økte sluttleveringer også medføre økt aktivitet mellom bedrifter innen landbruket, eller gårder. Som det går fram av tabellen vil dette utgjøre totalt nesten 35 kroner for hver 1000 kroners

sluttleveranse. Fra andre næringer er det først og fremst kraftforsyningen som ”tjener” på landbruket. På den annen side er det beste som kan skje landbruket en økning i industriproduksjonen. Ikke uventet ser industrien til å være et betydelig ”lokomotiv” for økonomisk virksomhet i Hordaland. I motsatt ende har vi fiskeriene, som nesten ikke mottar leveranser fra andre sektorer.

Tabell 16 gir beskriver økonomien i Hordaland uten klimaendringer. Tabell 16 viser hvordan de beregnede virkningene som er gjengitt i tabell 12 kan føres inn i den utvidede kryssløpsmatrisen. Med de virkningene som er tatt med i denne studien berøres leveransene fra tre sektorer innsatsen i alle andre sektorer. For det første vil energietterspørselen fra oljeraffinerier, som her er regnet som en industrisektor, reduseres som følge av at etterspørselen etter brensel går ned. Som vi ser er virkningen liten, og knapt målbar på fylkesnivå i skogbruk og fiskerier. Også konsumentene sparer energi til oppvarming, men vil på den annen side øke etterspørsel etter transportoljer, fordi bruk av private transportmidler øker. Alt i alt øker derfor husholdningene sin etterspørsel etter leveranser fra raffineriene. Det samme gjelder for landbruket. Redusert energibruk til oppvarming mer enn oppveies av økt bruk av gjødsel.

Redusert energi til oppvarming er også årsaken til at leveransene av elektrisitet går ned i alle sektorer, mens økte leveranser fra bygg- og anleggssektoren kan tilskrives enten endring i forskifter eller de kan tolkes som uttrykk for forventede endringer som følge av ekstreme hendelser. Hvis en tolker det som et uttrykk for forventninger vil tallene som brukes i kryssløpsmatrisen være produktet av sannsynligheten for en ekstrem skade og skadeomfanget i det tilfellet skaden skjer.

Som følge av at leveranser av petroleum til konsum øker på grunn av mer privat transport vil etterspørselen etter transporttjenester gå ned. Den samlede kosnadsøkningen for husholdningene er derfor begrenset. Litt mindre etterspørsel etter fritidssysler på grunn av generelt dårligere vær virker også inn på leveransene fra hotell- og restaurantnæringen, først og fremst i vintermånedene. En svak reduksjon i sommerturisme virker først og fremst på leveranser til ’eksport’, det vil si utlendingers opphold i Norge.

**Tabell 16. Endring i kryssløpet for Hordaland som følge av beregnede klimaendringer. Mill. Kroner.**

	Kryssløp										Sluttlevering		
	Landbruk	Skogbruk	Fiskerier	Industri	Elektr. og vannfors.	Bygg og anlegg	Hotell og restaurant	Transport	Privat tj.yting	Offentlig tj.yting	Konsum	investering	Eksport
Landbruk													
Skogbruk													
Fiskerier													
Industri	2.42	0.00	0.00	-0.90	-0.01	31.42	-0.03	-0.04	-0.15	-0.12	217.73		
Elektr. og vann	-1.24	0.00	0.00	-13.79	-1.03	-0.23	-0.08	-0.28	-2.72	-5.73	-39.39		
Bygg & anlegg	2.87	0.06	0.00	1.96	0.55	18.81	0.43	0.21	11.83	13.81			
Hotell & rest													
Transport													
Privat tj.yting													
Off. tj.yting													
Arbeidskraft													
Kapital													
Naturressurser	68.7	13.7	55.9		-619.6	515.3							

<p>Produktivitet av naturressurs</p>	<p>Gjødsel</p>	<p>Nedbør og nedbørvariasjon</p>	<p>Skader ved ekstremvær</p>	<p>Substitusjon i transport</p>	<p>Virkninge på turisme</p>	<p>Temperaturkorrigert energiforbruk (hele raden)</p>
--------------------------------------	----------------	----------------------------------	------------------------------	---------------------------------	-----------------------------	---

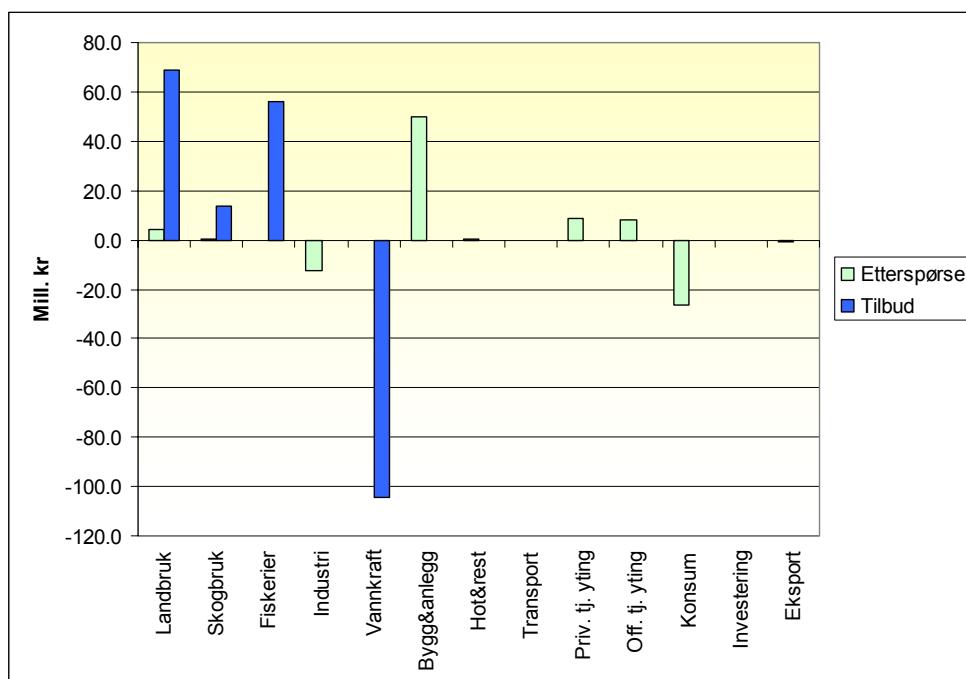
Tabell 16 gir grunnlag for å slå sammen ulike direkte virkninger av klimaendringer i Hordaland. Som nevnt kan endringer i det tradisjonelle kryssløpet, det vil si i leveransene mellom sektorer og til sluttlevering, tolkes som endringer i etterspørselen etter varer og tjenester. Et negativt tall betyr at sektoren som mottar leveranser sparer kostnader fordi de kan

holde samme produksjon, eller levekostnadsnivå, med mindre innsats av varer og tjenester, og innebærer derfor en samfunnsmessig gevinst. Den utvidede delen av tabellen kan tolkes som endringer i tilbudet. Et negativt tall i denne delen av tabellen betyr at kostnadene ved bruk av primærinnatsfaktorer øker. Det bidrar til at tilbudet reduseres, og medfører en samfunnsmessig kostnad.

I figur 9 er endringene i tilbud og etterspørsel lagt sammen for hver sektor. Endringer i tilbudet er markert med mørke søyler, mens endringer i etterspørsel vises med lyse søyler. Foruten produktivitetsendringene i de naturressursbaserte næringene, er det først og fremst økte kostnader i bygg- og anleggssektoren som betyr noe kvantitativt. Disse skyldes altså økte forventede kostnader i tilknytning til ekstreme vær-situasjoner. Utover disse er de direkte virkningene på aggregert nivå relativt små. Det skal imidlertid understrekes at figuren viser de absolutte endringene. Store sektorer vil da normalt ende opp med de største endringene. Sammenlikner man med omfanget av hver sektor er det særlig skogsektoren som påvirkes positivt i betydelig grad.

Så langt har vi bare sett på de direkte virkningene på sektornivå. Innledningsvis i dette avsnittet ble det pekt på at disse har ringvirkninger i resten av økonomien: Når leveransene av petroleum til oppvarming reduseres, vil raffinieriene – eller industrisektoren som raffinieriene inngår i – etterspørre mindre transporttjenester. Lavere etterspørsel etter i turist-tilknyttede aktiviteter fører at etterspørselen av varer og tjenester i hotell- og restaurantsektoren går ned, og så videre. Ved hjelp av kryssløpsmatrisen kan vi beregne disse økonomiske ringvirkningene. Disse går fram av figur 10.

Naturlig nok er det også her de ”store” sektorene som vil kunne få noen merkbare ringvirkninger i fylket. Særlig merker en negative ringvirkninger for industrien. Disse knytter seg i første rekke til redusert energietterspørsel. De andre sektorene med godt synlige ringvirkninger er bygg- og anlegg og de tjenesteytende sektorene. For bygge- og anleggsvirksomheten betyr det at økte kostnader i tilknytning til skader ved ekstreme vær-situasjoner i stor grad kan veltes over på kjøpere av bygge- og anleggsprodukter.

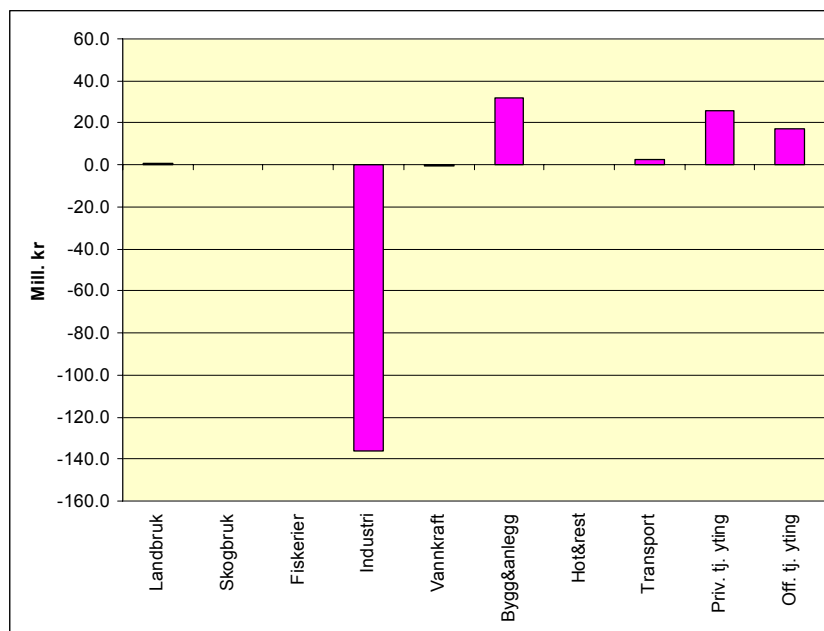


**Figur 9. Absolutte direkte virkninger av klimaendringer i Hordaland etter sektor. Mill. kroner.**

Dersom en sammenlikner de direkte virkningene som er vist i figur 9 med de indirekte virkningene i figur 10 er det verd å merke seg at størrelsesordenen er om lag den samme, men de tilfaller ulike sektorer. Dersom en kartlegger bare de direkte økonomiske virkningene er en, med andre ord, bare halvveis til svaret på hva de samfunnsøkonomiske virkningene av en klimaendring er.

Resultatene i figur 9 og 10 gir i prinsippet relativt detaljert informasjon om de samfunnsøkonomiske konsekvensene av en klimaendring, slik RegClim prosjektet fremstiller dem, til tross for at beregningene er usikre og til dels bygger på svært omtrentlige antakelser. Likevel har vi ikke funnet noe svar på spørsmålet om klimaendringer vil være til ulempe eller til gagn for fylket. Vanligvis oppgis samfunnsøkonomiske kostnader eller besparelser av klimaendringer enten som et beløp for en nasjon, eller som en prosent av brutto nasjonalprodukt (BNP). En kan ikke uten videre trekke noen bestemt konklusjon om virkningene på BNP for Hordaland på grunnlag av tallene i figur 9 og figur 10.

Årsaken er at de beregnede endringene bygger på forutsetningen om at enhver etterspørselsøkning kan motsvares av økt produksjon i den leverende sektoren, og tilsvarende at enhver reduksjon i etterspørselen motsvares av en reduksjon i produksjonen, uten konsekvenser for priser og omsatt kvantum. For å beregne den endelige virkningen på økonomien, må en bringe økonomien i likevekt. Det innebærer økt betalingsvillighet for de varene etterspørselen øker for, og redusert betalingsvillighet for de varene etterspørselen går ned for. På tilsvarende måte vil da virkningene på tilbudssiden fremkomme ved at produsentene som leverer varer der produktiviteten stiger (landbruk, skogbruk og fiske) kan tilby varene sine til lavere priser, mens de som opplever et negativt skift i tilbudet (kraftsektoren) må heve prisene dersom de skal selge samme kvantum som før. Ny likevekt medfører med andre ord endring i både priser og omsatt kvantum.



**Figur 10. Økonomiske ringvirkninger av beregnede virkninger av klimaendringer i Hordaland. Mill. kr.**

En videre analyse av virkningene av klimaendringer i Hordaland vil derfor kreve en makroøkonomisk likevektsmodell. Det er ikke poenget å utvikle en slik modell i denne omgang. Beregningene av de direkte og de indirekte virkningene gir en god ide om hvordan virkningene for fylket kan bli, forutsatt at grunnlagsmaterialet gir et tilfredsstillende bilde av hva virkningene er på mer detaljert nivå, og måten resultatene fra dette materialet er bearbeidet på for å kunne plassere dem i den fylkesøkonomiske rammen som er brukt her.

Som nevnt tidligere er det et godt stykke igjen før en har et grunnlagsmateriale som gir god nok dekning for å trekke klare konklusjoner om virkningene for Hordaland. Litt forsiktig kan en imidlertid antyde at de økonomiske konsekvensene innenfor det tidsperspektivet som er gitt av RegClim prosjektet – om lag 50 år – er begrensede. Det er mye som tyder på at primærnæringene vil kunne tjene noe på de klimaendringene en ser for seg i RegClim. Potensialet for økt vannkraftproduksjon er også åpenbart, men det knytter seg stor usikkerhet til det økonomiske utkommet, på grunn av de store investeringene som skal til for å dra nytte av mer nedbør. Lønnsomheten ved en eventuell ekspansjon i denne sektoren vil i stor grad avhenge av hvordan elektrisitetsmarkedet utvikler seg, ikke minst hvordan mulighetene for kraftutveksling med utlandet blir i fremtiden.

Også økonomiske aktivitet som ikke avhenger direkte av naturressursgrunnlaget vil bli berørt av klimaendringer. Blant annet har det vært en del fokus på turistrelatert virksomhet, som i stor grad merker virkningene av variasjoner i været. Beregningene i denne studien har likevel ikke gitt store utslag på turisme, selv om det skal sies at de er svært grove. Dette skyldes i noen grad at de virksomhetene som er regnet for turistrelatert er forholdsvis små i fylkessammenheng, selv om turisme er viktigere i Hordaland enn i mange andre fylker. På den annen side kan annen økonomisk aktivitet, som berører mange, ha betydelige konsekvenser selv om hver og en ikke berøres i så stor grad. Eksempelet med persontransport illustrerer dette, men det må understrekes at tallene i dette eksempelet ikke bygger på observert adferd. Likevel får en fram et viktig poeng med å gjøre resultater fra enkeltstudier sammenliknbare og sette dem inn i en større analytisk sammenheng.

## **8 Konklusjon**

Denne studien viser hvordan resultater fra enkeltstudier om virkninger av klimaendringer kan bearbeides og anvendes til analyse av samfunnsøkonomiske konsekvenser av klimaendringer. Med bakgrunn i enkeltstudier av virkninger av klimaendringer i Hordaland har vi forsøkt å beregne de samfunnsøkonomiske konsekvensene av det scenariet prosjektet RegClim har laget for endringer på 50 års sikt for Vestlandet.

Grunnlagsmaterialet for denne studien er svært spinkelt. Det skyldes delvis at mange økonomiske aktiviteter som kan tenkes å bli berørt av klimaendringer ikke er studert. Videre er mange av de enkeltstudiene som er gjennomført ikke gjort med tanke på å anslå virkninger på sektornivå for fylket. Det gjør at resultatene må bearbeides betydelig før de kan brukes til det formålet. En tredje årsak er at mange sektorstudier refererer seg til andre klimascenarier enn det som er brukt som fellesscenario i denne studien. Det krever ytterligere bearbeiding.

Noen forsiktige konklusjoner kan en likevel trekke fra beregningene. For det første er det liten grunn til å tro på noen dramatiske sosioøkonomiske konsekvenser av klimaendringer i Hordaland innenfor det tidsperspektivet som trekkes opp av RegClim. For mange økonomiske aktiviteter, og særlig for primærnæringene, vil forholdene bedre seg. Hvor mye avhenger i betydelig grad av nødvendig økonomisk tilpasning. Eksempelet fra kraftsektoren viser at en ikke skal ta det for gitt at gunstigere klimatiske forutsetninger gir en økonomisk gevinst. For det andre er det grunn til å merke seg at når en vurderer de sosioøkonomiske virkningene for fylket, vil det ofte være slik at små virkninger som berører mange har større betydning enn store og dramatiske virkninger for noen få. For det tredje ble det demonstrert at de økonomiske ringvirkningene kan bli vel så store som de direkte effektene på økonomiske aktiviteter av klimaendringer.

Det viktigste med denne studien er imidlertid å vise hvordan en kan bruke begreper og sammenhenger som er definert for nasjonalregnskapsformål til å systematisere og bearbeide resultater fra enkeltstudier for å beregne de samfunnsøkonomiske konsekvensene av

klimaendringer. Dette gjør at beregningene kan presenteres med velkjente begreper som også brukes i alle andre sammenhenger når en snakker om samfunnsøkonomiske endringer. Kanskje like viktig er imidlertid den kunnskapen en får i selve prosessen med å fremskaffe tallene. For det første er en nødt til å gjøre grunnlagsmaterialet sammenliknbart, noe som bidrar til å øke verdien av resultatene fra enkeltstudier. For det andre gjør helheten som nasjonalregnskapet har som formål å fange opp det mulig å si hva en trenger opplysninger om, og nasjonalregnskapet definisjonene gir retningslinjer for hvordan resultater fra grunnlagsmaterialet skal bearbeides. For det tredje betyr det at en har en ramme for behandling av resultater for et bestemt formål at en kan foreta en kvalitetsvurdering av anslag over sosioøkonomiske virkninger av klimaendringer. Usikkerheten som nødvendigvis er knyttet til slike anslag kombinert med behovet for å kunne si noe om virkningene på grunnlag av den kunnskapen en har gjør en slik kvalitetsvurdering helt nødvendig.

## **Referanser**

- O'Brien, K. and L. Sygna (2003): "Vulnerable or Resilient? A multiscale assessment of climate impacts and vulnerability", *mimeo*. CICERO.
- Førland E.J. and T.E Nordeng (1999): "Framtidig klimautvikling i Norge (Future climate development in Norway)", *Cicerone* no. 6 1999, CICERO, Oslo (in Norwegian).
- Norges Vassdrags og Elektrisitetsverk (1998): "Climate change impacts on runoff and hydropower in the Nordic countries", Tema Nord 1998:552, Nordic Council of Ministers, Copenhagen 1998.