

# **SNF-rapport nr. 04/09**

## **Klimaendringer og verdiskaping på Vestlandet**

av

**Frode Skjeret  
Stein Ivar Steinshamm  
Rune Mjørlund  
Per Heum**

SNF- prosjekt nr.: 2750 "Klimaendringer og verdiskaping på Vestlandet"

Prosjektet er finansiert av Bergen Næringsråd gjennom Bergensscenarier 2020 og Sparebanken Vests allmenntilretteleggende virksomhet med støtte fra BKK AS, Bergen kommune, Hordaland fylkeskommune og Bergens Rederiforening

**SAMFUNNS- OG NÆRINGSLIVSFORSKNING AS  
BERGEN, DESEMBER 2009**

© Dette eksemplar er fremstilt etter avtale med KOPINOR, Stenergate 1, 0050 Oslo. Ytterligere eksemplarfremstilling uten avtale og i strid med åndsverkloven er straffbart og kan medføre erstatningsansvar.

ISBN 978-82-491-0636-3 Trykt versjon  
ISBN 978-82-491-0637-0 Elektronisk versjon  
ISSN 0803-4036

## FORORD

Rapporten er skrevet på oppdrag av Bergensscenarier 2020, som en del av et prosjekt mellom Samfunns- og næringslivsforskning AS (SNF) og Bergensscenarier 2020 og Sparebanken Vests allmenntilgitt virksomhet. BKK AS, Bergen kommune, Hordaland fylkeskommune og Bergens Rederiforening har også deltatt i finansieringen av prosjektet. Prosjektet har sett på muligheter og utfordringer for Vestlandsregionen som følge av klimaendringer. Med bakgrunn i arbeider utført ved SNF i samarbeid med en arbeidsgruppe fra næringslivet og en ekspertgruppe legger vi frem resultater fra dette arbeidet.

De pågående endringene i klimaet er omfattende og påvirker mulighetene for å drive lønnsom næringsdrift. For å sikre en bærekraftig utvikling kreves politiske tiltak på globalt nivå, noe som viser seg å være vanskelig. Dette på grunn av at klimaet er et kollektivt gode, et gode som alle har nytte av. Alle har nytte av at global oppvarming begrenses, men nasjoner, bedrifter og enkeltpersoner har ikke insitamenter til å bære kostnaden ved å redusere utslipp av klimagasser. Men heller være gratispassasjerer. I tillegg krever omlegging av samfunnet omfattende investeringer av dagens generasjon, investeringer som kommer fremtidige generasjoner til gode, men som i liten grad gir gevinster for dagens generasjon.

Næringslivet står i hovedsak overfor to typer utfordringer, fysiske endringer i klimaet og endrede politiske rammevilkår. Når det gjelder den første type effekter har vi sett på næringene havbruk og skiturisme. Vi viser at det er både utfordringer og muligheter for disse to typene næringer. Når det gjelder den andre effekten – endrede rammevilkår som følge av innføring av klimapolitikk – viser vi mellom annet at klimapolitiske tiltak ikke alltid virker etter hensikten. Spesielt viser vi at innføring av grønne sertifikater bare indirekte og upresist vil bidra til at målene om reduksjoner i utslipp av klimagasser. Derneft viser vi at om myndighetene innfører andre klimapolitiske tiltak, kan verdien av grønne

sertifikater falle, og således gi begrensede insentiver til investeringer i ny fornybar elektrisitetsproduksjon.

I rapporten diskuterer vi også behovet for å øke kunnskapen om klimaendringer for å bedre forstå hvordan både fysiske endringer og klimapolitiske tiltak påvirker potensialet for lønnsom næringsvirksomhet. Med et næringsliv som har vist seg konkurransedyktig i internasjonal konkurranse og framifrå forskningsmiljø, er forutsetningene for Vestlandet gode. I analysene av de fire næringene har vi sett på både muligheter og utfordringer som følge av både endrede fysiske og politiske rammebetingelser. Men samtidig krever tilpasning til nye klimatiske forhold og endrede økonomiske rammevilkår at næringslivet klarer å omstille seg til den nye hverdagen.

Det siste kapitlet i rapporten konkluderer arbeidet med denne rapporten. I fire appendiks til sist i rapporten legger vi også ved analyser av de fire næringene diskutert i denne rapporten.

## Innholdsfortegnelse

1	Innledning .....	1
2	Klimaendringer og klimapolitikk.....	3
2.1	Klimaendringer .....	4
2.2	Klimapolitiske virkemidler .....	7
2.3	Den klimapolitiske utfordringen.....	10
3	Muligheter og utfordringer for Vestlandet.....	14
3.1	Fiskeoppdrett.....	16
3.2	Vintersportssteder .....	21
3.3	Grønne sertifikater i elektrisitetsmarkeder .....	27
3.4	Klimavennlig teknologiutvikling innen transport.....	32
3.5	Tre Vestlandsinitiativ for klimavennlig teknologiutvikling .....	35
4	Konklusjon og anbefalinger .....	38
5	Referanser .....	41
	Appendiks A: Havbruk og Klimaendringer.....	45
	Appendiks B: Global oppvarming og skistedet voss .....	68
	Appendiks C: Grønne sertifikater i et vannkraftbasert elektrisitetsmarked .....	93
	Appendiks D: Insentiver for investeringer i forskning og utvikling .....	111



## 1 INNLEDNING

I denne rapporten drøfter vi hvordan næringsliv og verdiskaping på Vestlandet påvirkes av de pågående klimaendringer. Dette er ingen enkel oppgave. Vi skiller mellom to typer effekter som påvirker mulighetene for lønnsom næringsdrift; endringer i de fysiske rammebetingelsene, og innføring av nasjonale og internasjonale klimapolitiske tiltak for å redusere utslippene av klimagasser.

For det ene er det ingen som vet i detalj hvordan klimaendringene faktisk vil gjøre seg gjeldende, verken globalt og enda mindre innenfor geografisk avgrensede områder, som på Vestlandet. Derfor er det umulig å si med rimelig nøyaktighet hva næringer som kan påvirkes av faktiske endringer i temperatur, havnivå, havstrømmer eller ekstremvær, faktisk må forberede seg på. Vi vet imidlertid at mange næringer på Vestlandet i stor grad er knyttet opp mot naturressurser, Rusten (2004) og at de derfor ikke vil være upåvirket av slike endringer.

Vi vet også at næringslivet på Vestlandet i stor grad er internasjonalt orientert, Rusten (2004) og Andersen *et al* (2009), og at de derfor også vil påvirkes indirekte gjennom hvordan global oppvarming og tiltak for å redusere klimagassutslipp slår ut i internasjonal økonomi. Fortsatt er det imidlertid, kort tid før klimamøtet i København, meget usikkert hvordan en politikk for å få ned klimagassutslipp vil utformes og doseres.

Den store usikkerheten rundt de faktiske endringene som klimagassutslipp vil forårsake, og rundt tiltak som vil bli iverksatt for å motvirke menneskeskapte utslipp, gjør det umulig å presentere noen detaljert analyse av hvordan klimaendringene vil påvirke næringsliv og verdiskaping på Vestlandet. Vi har derfor valgt først kort å skissere hva slags klimaendringer som kan forventes, hvordan politiske tiltak for å redusere det menneskeskapte bidraget til disse kan

iverksettes, og hva som er å forstå som de klimapolitiske utfordringene i kapittel 2.

Kapittel 3 relaterer disse utfordringene til noen eksempler fra ulike typer næringsvirksomhet som gjør seg gjeldende på Vestlandet. Det gjelder fiskeoppdrett og skiturisme, som først og fremst påvirkes av temperaturendringer direkte. Dernest gjelder det hvordan politiske tiltak, som grønne sertifikater påvirker produksjon og markedene for elektrisk kraft, og hvordan tiltak for å redusere klimagassutslipp vedrører sjøtransport og teknologiutvikling i den sammenheng. Eksemplene knytter med andre ord til tunge næringer på Vestlandet, som det marine, turisme, energi og det maritime. Disse eksemplene er drøftet og underbygget i større detalj i separate publikasjoner, se Steinshamn (2009), Skjeret (2009a), Mjørlund og Skjeret (2009) og Skjeret (2009b), og som er vedlegg i denne rapporten.

Avslutningsvis trekkes noen konklusjoner med tanke på hvordan næringsdrivende og myndigheter effektivt skal kunne forholde seg til de utfordringer som klimaendringene vil reise.



## 2 KLIMAENDRINGER OG KLIMAPOLITIKK

Det er liten tvil om at klimaet endres over tid. Det har skjedd til alle tider. Nå er det imidlertid bred enighet om at en vesentlig del av klimaendringene som vi i dag observerer, må antas å være menneskeskapt IPCC (2007)<sup>1</sup>. Derfor reises spørsmål om hva som kan gjøres for å redusere det samlede utslippet av klimagasser, som bidrar til klimaendringen. Når det dessuten fra tungt hold fremheves at det er samfunnsøkonomisk ønskelig å sette i verk tiltak i dag for å avgrense fremtidige kostnader grunnet global oppvarming Stern (2006), er fokus i stor grad på utforming og iverksettelse av klimapolitiske tiltak.

Slike tiltak skjer på ulike nivå, hvorav hva som skjer globalt, er helt avgjørende. Kyoto-avtalen ble vedtatt i desember 1997, og har fått mye oppmerksomhet. Denne avtalen innebærer at en rekke industriland forpliktet seg til å redusere utslippene av klimagasser frem mot 2012 sammenliknet med utslippene de hadde i 1990. Men denne avtalen omfatter ikke alle land, og utslippsreduksjonene er langt fra tilstrekkelige til å gjøre noen vesentlig forskjell i forhold til fremtidige klimaendringer. På Bali-konferansen i 2007 ble det enighet mellom 190 land om å erstatte Kyoto-avtalen etter 2012, og det er lagt opp til at denne avtalen skal legge føringer på det totale utslippet av klimagasser, samt hvordan utslippstillatelse skal fordeles mellom de ulike landene. Klimamøtet i København i desember 2009 er mest sannsynlig avgjørende med tanke på hvorvidt en skal klare å korrigere de menneskeskapt klimaendringene.

Mye arbeid pågår også på europeisk nivå. EU har for eksempel innført en handelsmekanisme for omsetning av utslippstillatelse, EU ETS (den Europeiske Unions system for emisjonshandel). Denne handelsplassen for utslipp av klimagasser er en av hjørnesteinene i EUs klimapolitikk, som har tre

---

<sup>1</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change (FNs klimapanel).

målsetninger som ønskes nådd innen 2020. På produksjonssiden skal utslippene av klimagasser reduseres med 20 %, fornybar energi skal utgjøre 20 % av EUs samlede energiproduksjon, og energieffektiviteten skal forbedres med 20 %.

Nasjonalt er det også innført klimapolitiske tiltak for å redusere utslipp av klimagasser, også i Norge. Klimaforliket i Stortinget mellom regjeringspartiene og de fleste opposisjonspartiene i januar 2008, danner en plattform for langsiktighet i klimapolitikken, Miljøverndepartementet (2006). NOU (2006) legger frem et rammeverk for en norsk klimapolitikk. Hovedkonklusjonen i denne er at det er nødvendig å redusere norske utslipp med to tredjedeler innen 2050, og at det bør være gjennomførbart til en overkommelig kostnad. I tillegg skisseres noen få, men store tiltak for lettest å gjennomføre de nødvendige utslippsreduksjoner.

## **2.1 Klimaendringer**

Forskning har behørig dokumentert naturlige variasjoner i klimaet over tidsperioder på flere tusen år. Det gjelder globalt og regionalt. Etter den industrielle revolusjonen, er det sannsynliggjort at menneskelige aktiviteter har bidratt til endringer i klimaet, IPCC (2007).

Når vi snakker om menneskeskapt klimaendringer, sikter vi til en lang rekke aktiviteter hvor det slippes ut klimagasser som trolig bidrar til at klimaet endres. Det har vært kjent i lang tid at en rekke gasser gir en drivhuseffekt.<sup>2</sup> Økte utslipp av drivhusgasser fra menneskelige aktiviteter – sammen med naturlige faktorer – gir redusert utstråling av energi og således global oppvarming. I Norge står transport (32%), industri (27%) og petroleumsvirksomheten (om lag 26%) for brorparten av de nasjonale utslippene, se Stortingsmelding nr 34,

---

<sup>2</sup> Drivhuseffekten kan løselig defineres som effekten av at atmosfæren begrenser energiutstrålingen fra en planet. Det skilles mellom naturlig og menneskeskapt drivhuseffekt.

2007-2008. Med andre ord gir viktige økonomiske aktiviteter som transport, industri og annen næringsvirksomhet et biprodukt som med stor sannsynlighet fører til global oppvarming. Det er i dag godt empirisk belegg for at det har skjedd en stor økning i konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> i atmosfæren, samt at menneskelige aktiviteter har gitt et CO<sub>2</sub>-nivå som ligger 20 % over det som har vært målt de siste 417 000 år, IPCC (2007).<sup>3</sup>

Disse menneskeskapte klimaendringene får i neste omgang innvirkning på menneskelige aktiviteter i fremtiden, herunder fremtidig verdiskaping. Utslippene av klimagasser gir en drivhuseffekt som fører til global oppvarming. FNs klimapanel, IPCC (2007), påpeker at den globale temperaturen har økt siden det nittende århundret, og anslår at økningen har vært om lag 0,75°C det siste hundreåret. Videre peker de på at utslipp av klimagasser forklarer brorparten av temperaturøkningen etter 1950. Det fremheves at naturgitte endringer, som variasjoner i solaktivitet og vulkansk aktivitet, også sannsynligvis har bidratt til global oppvarming frem til om lag 1950, men at slike naturgitte forhold deretter mest sannsynlig har bidratt med en svak nedkjøling, se for eksempel Hansen *et al* (2002).

Men det er ikke utelukkende endringer i temperatur som forventes som følge av de menneskelige utslippene av klimagasser. Samtidig forventes endringer i havet, først og fremst fordi ismelting vil føre til at havnivået stiger. Dessuten vil strømmer i havet, som Golfstrømmen, kunne endre styrke. I så fall påvirkes lufttemperaturene omkring strømmenes bane, slik at det vil bli store geografiske variasjoner når det gjelder faktisk temperaturendring, og når det gjelder forekomsten og hyppigheten av ekstremvær. De over omtalte effektene gir

---

<sup>3</sup> Oftest diskuteres utslipp av CO<sub>2</sub> som kilde til global oppvarming, men en rekke andre klimagasser bidrar også til de forventede klimaendringene, mellom annet ozon, lystgass, metan og klorfluorkarboner. Disse gassenes bidrag til klimaendringer måles i CO<sub>2</sub> ekvivalenter, et mål på hvor mye en enhet av denne gassen bidrar til global oppvarming omregnet til CO<sub>2</sub>.

potensielt store lokale og regionale konsekvenser for velferd, verdiskaping og næringsvirksomhet.

Det er betydelig usikkerhet knyttet til hvordan global oppvarming vil slå ut lokalt og regionalt, dvs. hvordan disse effektene faktisk vil variere geografisk. Det er således umulig å være presis om hvordan global oppvarming faktisk kan forventes å påvirke Vestlandet.

På samme måte er det usikkerhet knyttet til hvordan global oppvarming vil påvirke velferden globalt. Stern (2006) anslår at de samfunnsøkonomiske gevinstene ved å iverksette klimapolitiske tiltak i dag er større enn kostnadene ved ikke å ikke innføre klimapolitikk. I sin klimarapport anslår økonomen Lord Stern at det globale bruttonasjonalproduktet kan falle med så mye som 20 % som følge av de negative effektene av global oppvarming. Flere økonomer har imidlertid vært kritiske til dette anslaget, Nordhaus (2007).

Det er heller ikke mulig å være presis om hvordan ulike næringer blir påvirket av global oppvarming. UNEP (2006) anslår at flere sektorer kan påvirkes negativt av global oppvarming, mellom annet jordbruk, finansnæringen og transportsektoren. På grunn av at de fysiske endringene som følge av global oppvarming slår ulikt ut regionalt, vil imidlertid ikke alle næringer rammes likt i alle land. For eksempel vil jordbrukssektoren kunne oppleve tørke og sterk tilbakegang i mellom annet Afrika og sørlige deler av Europa, mens jordbruksdistrikt i nordlige Europa kan oppleve vekst, se for øvrig Norden (2005).

## 2.2 Klimapolitiske virkemidler

Over diskuterte vi hvordan verdiskapende aktiviteter som industri og transport påfører klimaet negative effekter ved at utslipp av klimagasser fra denne type virksomhet fører til global oppvarming. Det ble også omtalt hvordan global oppvarming kan gi store negative økonomiske effekter.

De uheldige bivirkningene som følger av ønskelige aktiviteter som transport, energiproduksjon og oppvarming tilsier – i følge økonomisk teori – at disse aktivitetene skal underlegges regulering (klimapolitikk).<sup>4</sup> Hensikten er å la den som forårsaker ulempen, også bære kostnaden med å få rettet den opp.

En ytterligere utfordring vedrørende klimapolitiske tiltak er knyttet til at et bærekraftig klima kan sees på som et kollektivt gode. Et kollektivt gode defineres som et gode som alle nyter godt av. Det globale klimaet påvirker mennesker i alle land, og om de ønsker eller ikke ønsker et varmere klima, påvirkes alle av temperaturøkningen. På grunn av at klimaet er et kollektivt, kan en ikke forvente at uregulerte markeder gir en samfunnsøkonomisk ønskelig utvikling av utslippene av klimagasser, det er behov for inngrep fra nasjonale og overnasjonale myndigheter. I denne forbindelse diskuteres også problemsstillinger knyttet til gratispassasjerproblemet under. Det er i regelen to typer klimapolitiske instrumenter som kan innføres for å sikre at det globale klimaet er bærekraftig. Det er en kvantumbasert og en prisbasert politikk, se for eksempel Førstund (1997).

Det kan synes mest nærliggende for myndighetene å redusere utslipp av klimagasser ved å sette et øvre tak på hvor store de kan være, dvs. en

---

<sup>4</sup> De negative effektene fra disse aktivitetene omtales som negative eksternaliteter. Dette indikerer at en økonomisk aktivitet som gir nytte for en gruppe mennesker, kan påvirke andre mennesker negativt. Det klassiske eksempelet på en negativ eksternalitet er en industribedrift som forurensar en elv over en bade plass. I følge økonomisk teori skal industribedriften oppstrøm kompensere badegjestene nedstrøm. En skiller også mellom eksternaliteter i produksjonen av en vare (som industriproduksjon) og eksternaliteter i konsumet av en vare (bilkjøring i bystrøk som forurensar).

kvantumsbasert tilnærming. Ved først å enes om et øvre tak på totale globale utslipp av klimagasser vil en kunne sikre at global oppvarming reduseres til et akseptabelt nivå. Den store oppgaven ved denne type politikk er å få oppslutning om hvordan utslippsrettigheter skal fordeles. Kyoto-avtalen illustrerer det. Enda vanskeligere er det å få oppslutning om fordeling av slike utslipp mellom ulike grupper (næringer og konsumenter) innen land.

Problemet med for høye utslipp skyldes at produsenter eller konsumenter ikke har privatøkonomiske insentiver til å ta hensyn til de negative effektene som deres egne aktiviteter har på andre. I økonomisk forstand betyr det at kostnaden ved å utføre en aktivitet er for lav. Når enkeltpersoner velger å kjøre egen bil til og fra jobb i stedet for å ta buss, medfører dette økt forurensning. Det kan løses ved å skattlegge bruken av privatbiler, enten direkte gjennom avgift på drivstoff om problemene er knyttet til utslipp av klimagasser, eller gjennom bompenger i tilfelle det er lokale forurensningsproblemer i bystrøk, eller en kombinasjon av disse. Da vil bruken av privatbil bli redusert. Det er likevel en utfordring å sette avgiften slik at ønsket volumreduksjon av utslipp faktisk oppnås.

En prisbasert tilnærming betraktes som et attraktivt verktøy fordi skattleggingen av ”uønskede” aktiviteter gir inntekter til myndighetene, noe som omtales som en dobbel dividende. En får både redusert utslipp og i tillegg inntekter til staten som for eksempel kan brukes til å stimulere ønskede aktiviteter. I eksempelet med bilkjøring til og fra jobb kan en tenke seg at inntektene fra bompenger gir myndighetene inntekter som muliggjør subsidiering av kollektivtransport, eller reduserte skatter andre steder i økonomien.

Det finnes også hybride klimapolitiske instrumenter som har innslag av både pris- og kvantumsbaserte instrumenter. Mellom annet har det i Norge og Norden i lang tid vært diskutert muligheten for at grønne sertifikater skal kunne gi en effektiv innføring av nye fornybare energikilder. Dette virkemiddelet diskuteres

nærmere i kapittel 3.3. Her viser vi hvordan innføring av tiltak ikke alltid virker som tiltenkt.

De virkemidlene som omtales over kan organiseres og implementeres slik at private ser det lønnsomt å gjennomføre nødvendig omstilling. Om en legger et øvre tak på totale utslipp, kan en organisere handel i utslippstillatelser mellom ulike aktører, som for eksempel ordningen omtalt som EU ETS i den Europeiske Union, se også Amundsen (2009). En kan også sette skatter tilstrekkelig høyt til at private finner det hensiktsmessig å redusere utslippene av klimagasser til et globalt ønskelig nivå.

Klimapolitikken må i noen tilfeller suppleres med ytterligere offentlige tiltak. I tilfellene hvor det ikke foreligger teknologi som er nødvendig for å løse dagens problemer, kan det være behov for at myndighetene innfører politiske tiltak som stimulerer grunnleggende forskning på områder som ventelig er relevant for påkrevet teknologiutvikling, og at det etableres ordninger som stimulerer at nyutviklet teknologi faktisk tas i bruk. For eksempel kan fangst og lagring av CO<sub>2</sub> vise seg å være hensiktsmessig for å redusere globale utslipp av klimagasser i energiproduksjonen på en effektiv måte. Men det krever store investeringer i grunnforskning for å få de underliggende teknologiene på plass. Det er også behov for investeringer på bedriftsnivå for å gjøre de grunnleggende teknologiene kostnadseffektive i bruk. Til sist kan det være behov for å subsidiere fangst og lagring av CO<sub>2</sub> i produksjonen av elektrisitet for å sikre at den tas i bruk.

### 2.3 Den klimapolitiske utfordringen

Det er særlig to forhold som gjør at det er utfordrende å utvikle og gjennomføre ordninger for å redusere det menneskeskapte bidraget til global oppvarming:

1. Lange tidsperspektiver: For å håndtere klimautfordringen kreves det omfattende investeringer i dag, som først vil gi uttelling på de pågående klimaendringer flere ti-år frem i tid.
2. Gratispassasjerproblemet: Tiltak som reduserer det menneskeskapte bidraget til global oppvarming, vil komme alle land til gode enten de underlegger seg tiltakene selv eller ikke.
3. Behov for offentlige inngrep: På grunn av at private aktører ikke tar hensyn til den totale samfunnsøkonomiske kostnaden knyttet til å slippe ut klimagasser, er det behov for å innføre reguleringer.

#### *Lange tidsperspektiver*

For å redusere global oppvarming slik at det har reell betydning for klimautviklingen fremover, må det gjennomføres betydelige investeringer i dag og de nærmeste årene. Gevinstene av disse investeringene i form av redusert global oppvarming vil imidlertid ligge langt frem i tid. Det betyr at kostnadene må bæres av dagens generasjoner, mens gevinstene høstes av yngre generasjoner langt frem i tid. Stern (2006) mener at globalt brutto nasjonalprodukt kan falle som følge av global oppvarming. Det skyldes mellom annet at en svært viktig innsatsfaktor i verdensøkonomien – bruk av fossile energikilder – må anvendes i mindre omfang. Både de store investeringene som er nødvendige, og behovet for å redusere aktivitetene som slipper ut klimagasser, bidrar til kostnadene som dagens generasjon står overfor ved innføring av klimapolitikk.



Samtidig anslår IPCC (2007) at global oppvarming vil finne sted i flere årtier fremover selv om en i dag klarte å redusere utslippene av klimagasser til et akseptabelt nivå. Dette på grunn av at tregheter i de fysiske prosessene. Dette indikerer at gevinstene fra innføring av klimapolitikken ikke forventes å høstes av dagens voksne befolkning. Derimot vil fremtidige generasjoner høste gevinstene av et bærekraftig klima. utfordringen blir dermed å få politisk gjennomslag for at de som lever i dag, må gjennomføre potensielt svært store investeringer for å hindre global oppvarming når gevinstene i stor grad tilfaller etterkommerne til dagens generasjoner.

### *Gratispassasjerproblemet*

Alle land påvirkes av de globale klimaendringene, og det menneskeskapte bidraget til disse endringene kommer i ulik grad fra dem alle. For svært få land gjør det noen forskjell om de alene reduserer sine utslipp. Incentivene til å være gratispassasjerer, dvs. å la alle andre redusere sine utslipp og likevel selv kunne nyte godt av at det menneskeskapte bidraget til global oppvarming reduseres, er fremtredende. Det betyr at det er behov for en overnasjonal, eller global politikk, som er bindende for alle land. Arbeidet med å utvide og videreføre Kyoto-avtalen er således nødvendig, og København-møtet i desember 2009 blir et viktig møtested for å få til det. Lykkes man ikke, må land som på egen hånd innfører en klimapolitikk, bære hele den økonomiske byrden av de klimapolitiske tiltakene, men bare i beskjeden grad oppnå noen gevinster. Norge for eksempel står for om lag 0,03 % av verdens totale utslipp av klimagasser. Målsetningen om en reduksjon av utslippene med 2/3 av dagens utslipp, som omtalt i NOU (2006), vil derfor ikke alene påvirke global oppvarming. Problemet er selvsagt at de fleste land står for en svært liten andel av totale utslipp, slik at hvert enkelt lands bidrag til klimareduksjon i liten grad

påvirker global oppvarming. Men dersom landene opptrer samlet, eller i hvert fall de fleste og toneangivende land gjør det, vil de totale utslippsreduksjonene potensielt gi en bærekraftig utvikling i utslippsnivåene.<sup>5</sup>

### *Behov for offentlige inngrep*

Ytterligere en utfordring hefter ved klimaproblemet, og det er at store strukturelle endringer, som oftest er drevet frem av markeder, dvs. at produsenter og konsumenter ser seg tjent med å endre atferd og innrette seg annerledes enn før. Private aktører har sett lønnsomme investeringsmuligheter ved å ta i bruk ny teknologi, og bruken av ny teknologi har gitt lønnsomme bedrifter. Med den industrielle revolusjon ble effektive maskiner tatt i bruk. De erstattet en rekke håndverksyrker, prisene falt og flere kunne ta i bruk mer avanserte metoder i jordbruk, skogbruk og handel. De omveltningene som nå er ønskelige for å redusere global oppvarming, er ennå ikke slik at de kan forventes drevet gjennom av markedet. Offentlige inngrep er nødvendig. De nye teknologiene som trengs for å redusere utslipp av klimagasser er per i dag ikke lønnsomme og vil ikke tas i bruk uten offentlige tiltak. Myndighetene må påvirke relative priser, enten ved å subsidiere nye teknologier, og/eller skattlegge forurensende teknologier, slik at prisene som produsenter og konsumenter møter i markedet, bevirker nødvendige endringer. Politikken må drive frem det markedsdrevne grunnlaget for å lykkes med de omstillinger som er nødvendig for at klimagassutslippene skal bli vesentlig redusert.

Alt i alt betyr dette at det er politisk utfordrende å utforme og gjennomføre en effektiv klimapolitikk. Det er trolig første gangen i historien at det er behov for en politikk med et globalt geografisk omfang og med så langt tidsrom mellom

---

<sup>5</sup> De fem landene som står for de største utslippene (Kina, USA, Russland, India og Japan) står for i overkant av 55 % av totale utslipp av klimagasser og en klimaavtale uten disse landene vil sannsynligvis gi for liten effekt.

når tiltak må gjennomføres og effekter av tiltakene kan observeres. Utfordringen til Købehavn-møtet i desember er derfor i tråd med Blackhurst og Subramanian (1991) at landene er enige om det vitenskapelige grunnlaget som tilsier at det er behov for å gjennomføre globalt koordinerte tiltak, at de kan enes om nødvendige tiltak og prioriterte områder, at de blir omforente om fordelingen av kostnader, og at alle toneangivende blir med, slik at man unngår gratispassasjerproblemet.

### **3 MULIGHETER OG UTFORDRINGER FOR VESTLANDET**

Klimaendringer vil påvirke alle, men det vil være store geografiske variasjoner i omfanget. For Vestlandets del, må vi - som for de fleste land - forvente høyere lufttemperaturer, og dermed også høyere havtemperaturer. Hva annet som følger av det, enten i form av omfang, hyppighet og styrke når det gjelder ekstremvær, algeoppblomstring o.a., er mer usikkert. Men bare oppvarmingen i seg selv må antas å ha direkte effekt for verdiskaping i en lang rekke næringer, Norden (2005).

Dernest vil politisk oppmerksomhet om klimaendringene, og ikke minst politiske tiltak som tar sikte på å redusere de menneskeskapte klimaendringene, gi endrede rammebetingelser som også påvirker verdiskaping i dag. Det gjelder tiltak som iverksettes globalt, som Kyoto-avtalen og utvidelsen og videreføringen av denne i forlengelsen av København-møtet i desember 2009, regionalt som EUs mål om å gjennomføre tiltak som begrenser den globale oppvarmingen til 2 grader EU (2008), og forslag om kvotehandel på nasjonalt nivå, NOU (2000). Slike tiltak innebærer endringer i relative priser, som for noen næringer vil ha en direkte effekt på kostnader og/eller inntekter. Videre vil kunder og leverandører til disse næringene påvirkes indirekte av klimapolitikken som trekkes opp. Det er imidlertid ikke gitt at samme type næringsvirksomhet vil bli likt regulert i alle land. Dermed er det mulig at den relative konkurransesituasjonen mellom bedrifter lokalisert i forskjellige land også kan bli endret.

Gitt usikkerheten som hefter ved hvordan klimaendringene vil gjøre seg gjeldende på Vestlandet, og usikkerhet omkring hvilken klimapolitikk som vil bli iverksatt, er det umulig å foreta noen detaljert analyse av hvordan klimaendringer vil påvirke næringsliv og verdiskaping på Vestlandet. Derfor har

vi i stedet valgt å drøfte eksempler på økonomiske aktiviteter fra fire næringer, som alle er av stor betydning for på Vestlandet, målt etter verdiskaping.

De to første eksemplene tar for seg næringer som direkte påvirkes av klimaendringer, næringer hvor temperaturøkning vil påvirke virksomheten som drives. Det gjelder fiskeoppdrett, som en del av de marine næringer, og vintersportssteder, som en del av turistnæringene.

De andre to dreier seg om verdiskaping som påvirkes av hvilke politiske tiltak som settes i verk for å motvirke omfanget av menneskeskapte klimagassutslipp. Det første eksempelet vurderer hvordan produksjonen av elektrisk kraft påvirkes av virkemidler for å stimulere omlegging til fornybare produksjonsteknologier innen energinæringene. Det andre eksempelet fokuserer på hvordan en kan stimulere teknologiutvikling for å håndtere klimautfordringen, spesielt med maritim sektor i tankene.

### 3.1 Fiskeoppdrett

Vi skal i dette avsnittet se på hvordan klimaendringer kan påvirke fiskeoppdrett, illustrert ved oppdrett av laks. Fokus er på hva temperaturøkning kan bety for havbrukssektoren. Utgangspunktet er at det er en sammenheng mellom sjøtemperatur og hvor raskt fisken vokser, og mellom fiskens størrelse og prisen som oppnås i markedet. Det betyr at en temperaturøkning vil påvirke når det er optimalt å slakte fisken, hva som er optimal slaktevekt, og dermed også verdiskapingen som finner sted. Den teoretiske utledningen av modellen som blir brukt og mer utdypende forklaringer finnes i Steinshamn (2009).

Lorentzen og Hannesson (2006) har foretatt en økonometrisk studie som ser på mulige utviklingsscenarier i produksjonen av laks og ørret med og uten klimavirkninger. Vi har utvidet modellen til Lorentzen og Hannesson slik at den blir mer realistisk særlig med tanke på effekter av klimaendringer.<sup>6</sup> Dette vil så bli benyttet til å beregne optimal slaktealder og verdiskaping under ulike forutsetninger, og spesielt se på hvordan antakelsene om klimaendringer påvirker slaktealder og verdiskaping.

I stedet for en konstant pris uansett vekt på fisken, antas størrelsesavhengig pris, med andre ord at prisen øker med vekta på fisken. Implikasjonen med hensyn til optimal slaktealder blir rimeligvis at en pris som øker med størrelsen på fisken, gir høyere optimal slaktealder. Men det er enda mer interessant å se hvordan dette påvirker verdiskapingen.

I det følgende vil modellen bli tallfestet for å anvendes på problemstillinger knyttet til klimaendringer. Siden dette er en utvidelse av modellen i Lorentzen og Hannesson (2006) vil vi benytte tall derfra for å gjøre det hele mest mulig sammenliknbart. Lorentzen og Hannesson (2006) gjengir data om hvordan

---

<sup>6</sup> Global oppvarming forventes å øke vekstfarten til fisken, og når prisen også varierer (øker) med fiskens størrelse (vekt), finner en at varmere sjøtemperatur gir økte inntekter.

veksten hos laks endrer seg med økende temperaturer. Hovedkonklusjonene deres er at laks vokser raskere med høyere temperatur helt opp til ca. 16 grader. Deretter avtar veksten ved ytterligere temperaturøkning, selv om denne effekten er svak.

Effekten av global oppvarming på oppdrett av laks avhenger derfor av hvilket temperaturregime en har i utgangspunktet. I Norge er det som kjent store forskjeller mellom nord og sør. Mens Lista i Vest-Agder har en gjennomsnittlig sjøtemperatur på 8,7 grader, har Skrova i Vågan kommune i Nordland en temperatur som er to grader lavere, nemlig 6,7, se Havforskningsinstituttet (2006).

I følge IPCC har den globale temperaturen økt med ca. 0,75 grader i løpet av forrige århundre og vil, basert på modellberegninger, øke med 1 til 6 grader de neste hundre år. Selv om vi tar utgangspunkt i Lista som representerer noe av det varmeste vi kan forvente i Norge, og i tillegg regner med den aller høyeste temperaturøkningen fra modellene til IPCC, kommer vi ikke over 15 grader i gjennomsnitt. Dette er fortsatt under nivået for når veksten hos laks vil avta.

Vi vet imidlertid at temperaturen svinger over året, og forskjellen mellom høyeste og laveste temperatur er henholdsvis 4,7 og 3,7 grader for Lista og Skrova. Det er også mulig at selve svingningene vil kunne øke som en følge av global oppvarming. Det betyr at temperaturen på Lista kan komme opp i 20 grader på den varmeste tiden av året mot slutten av inneværende århundre, hvilket overstiger grensen for økende vekstrate hos laks.

Hovedfokuset i dette avsnittet vil imidlertid være å se på noen realistiske anslag for temperaturøkninger i noe nærmere fremtid, og hvilke konsekvenser dette har for verdiskaping innen lakseoppdrett. Da er veksttakten ved ulike temperaturer, og sammenhengen mellom fiskestørrelse og markedspris av betydning.

I det følgende gjengir vi optimal slaktealder, optimal slaktevekt og maksimal nåverdi for en laks i en merd, hvor det er kontinuerlig utskifting av fisk i merdene når fisken slaktes (kontinuerlig rotasjon). Optimalt tidspunkt for slakting (slaktealder), optimal slaktevekt og nåverdi beregnes både med og uten størrelsesavhengig pris. Tabell 1 viser hvordan optimalt tidspunkt for slakt og optimal slaktevekt varierer mellom ulike sjøtemperaturer, for henholdvis en situasjon med samme pris pr. kg hel laks og hvor lakseprisen øker med fiskens størrelse.<sup>7</sup> I begge tilfelle er det slik at fisken vokser raskere med økende temperatur, hvilket betyr at høyere temperaturer bidrar til at laksen slaktes hyppigere, og at det er større laks som slaktes. Når det ikke antas noen sammenheng mellom fiskestørrelse og pris, er det ved 6 grader en optimal slaktevekt på 6,1 kg som nås etter 1,9 år; ved 12 grader er det 6,6 kg og slakting etter 1,1 år. Det gir en vekst i verdiskapingen, som her er målt i kroner som nåverdien av en laks, som forutsettes å bli erstattet umiddelbart etter hvert som den slaktes.

*Tabell 1. Optimal slaktevekt for laks, optimalt slaktetidspunkt (rotasjonsperiode) og verdiskaping ved ulike sjøtemperaturer.*

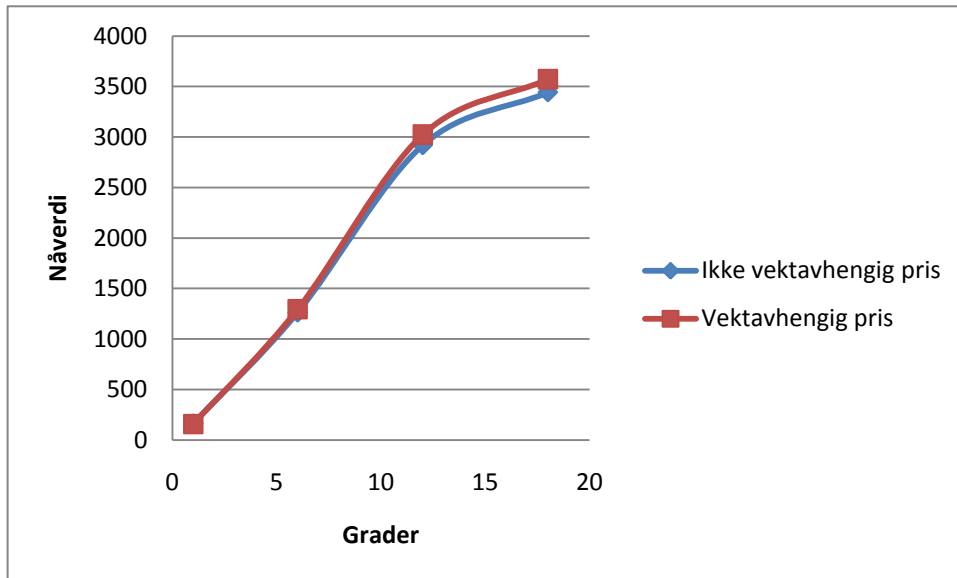
Temperatur grader Celsius	Ikke vektavhengig pris			Vektavhengig pris		
	Rotasjons periode; år	Vekt kg	Nåverdi kr	Rotasjons periode, år	Vekt kg	Nåverdi kr
1 grad	6,0	3,6	163	5,0	4,2	159
6 grader	1,9	6,1	1263	2,0	6,5	1295
12 grader	1,1	6,6	2919	1,1	7,0	3024
18 grader	0,9	6,7	3442	1,0	7,0	3572

<sup>7</sup> De estimerte verdiene bygger på en forutsetning om logistisk vekst



Disse sammenhengene mellom verdiskaping i lakseoppdrett og sjøtemperatur er illustrert i Figur 1.

Figur 1. Netto nåverdi som funksjon av temperaturregime med logistisk vekst og rotasjon.



### Oppsummering og konklusjoner

Det fremgår at økte sjøtemperaturer isolert sett vil bidra til at laksen vokser raskere, og at dermed verdiskapingen øker innen lakseoppdrett. Muligens kan det skje en forskyvning av lakseoppdrett nordover, hvis sjøtemperaturen øker så mye at veksttakten avtar. Men da vil andre fiskeslag kunne oppdrettes, slik at det ikke nødvendigvis betyr noen reduksjon i verdiskapingen knyttet til fiskeoppdrett for noen del av landet.

Det må imidlertid understrekes at endringer i havtemperaturer også kan bety endringer i vannkvalitet, og at det også kan føre til hyppigere og sterkere ekstremvær, endring i havnivå og økt algeoppblomstring. Global oppvarming vil dessuten kunne ha indirekte effekter på fiskeoppdrett ved å bevirke endring i forpriser, endring i prisene på settefisk og lignende.

Dette betyr at klimaendringer påvirker fiskeoppdrett, men det er for stor usikkerhet til at det er mulig å konkludere entydig med hensyn til hvordan og i hvilken grad ekstremvær og algeoppblomstring vil gjøre seg gjeldende. Derfor kan fiskeoppdrett i Norge og på Vestlandet være et eksempel på en næring som i stor grad må forventes å oppleve positive effekter på verdiskapingen av høyere temperatur. Hovedårsaken til dette er at høyere temperatur gir raskere vekst. Denne effekten vil sågar forsterkes når en tar hensyn til at prisen på fisk også kan avhenge av størrelsen på fisken.

### 3.2 Vintersportssteder

Mens vi i forrige avsnitt fokuserte på endringer i havtemperaturer, ser vi i dette avsnittet på endringer i lufttemperaturen. Felles for begge disse avsnittene er at vi ser på hvordan lønnsom næringsdrift påvirkes av direkte fysiske endringer i temperaturen, se Skjeret (2009b).

Flere rapporter har forsøkt å analysere hvordan global oppvarming vil påvirke lønnsomheten for næringslivet på skidestinasjoner i Europa, Nord-Amerika og Australia, se for eksempel Wolfsegger (2005), Scott *et al* (2003) og Hantel *et al* (2000). Brorparten av rapportene fra Europa – i stor grad rapporter som tar for seg skidestinasjoner i Alpene – konkluderer med at global oppvarming gir reduserte muligheter til å drive lønnsomt som følge av global oppvarming. I Alpene opplevde en i årene 1987/88 til 1989/90 tre år med milde temperaturer og dårlige snøforhold. Det førte til 3 svært vanskelige år for dem som drev og var knyttet til skiturisme i Sveits og Østerrike, og flere selskaper gikk konkurs. Disse 3 årene brukes som en indikasjon på hva effektene av global oppvarming vil bli for den delen av reiselivsnæringen som baserer seg på vinteraktiviteter.

Global oppvarming – menneskeskapt eller ikke – må forventes å medføre dårligere kvalitet på tilbudet fra etablerte skidestinasjoner. Litteraturen viser til at lengden på skisesongen faller, og at det blir dårligere kvalitet på snøen i den kortere tiden som skisesongen varer. Det betyr at konkurrerende reisemål og konkurrerende aktiviteter potensielt kan få forbedret sin relative konkurransesituasjon i forhold til vintersportssteder.

Når det gjelder forholdet mellom ulike skidestinasjoner, peker foreliggende studier naturlig nok på at det er skidestinasjoner i lavereliggende områder som taper terreng overfor høyereliggende destinasjoner. Dernest argumenteres det for at skidestinasjoner generelt vil kunne tape relativt til andre feriemål – som

for eksempel storbyferier – i kampen om turister i de viktigste ukene av sesongen: jule- og nyttårshelgene, samt vinter- og påskeferier.

Men litteraturen som ser på hvordan lønnsomheten til næringer i og omkring skidestinasjoner påvirkes av global oppvarming, ser ikke bare på de negative effektene av kortere skisesong. Det vises også til at eksisterende destinasjoner påvirkes ulikt, slik at det er store regionale variasjoner. Likevel fremheves at global oppvarming kan ha en langsiktig negativ effekt på vinteraktiviteter generelt. Derrest er fokuset i stor grad på muligheter for å unngå eller omgå de negative effektene av global oppvarming. En rekke tiltak og forberedelser omtales. Vi har valgt å kategorisere disse under fire overskrifter: snøproduksjon, tilpasning av traséer, diversifisering og samarbeid.

*Snøproduksjon:* Den mest anvendte metoden for å unngå de negative effektene av global oppvarming er ulike former for snøproduksjon. Snøproduksjon er ofte lite hensiktsmessig for å øke lengden på skisesongen, men kan sikre gode snøforhold i de viktigste ukene (ferier og høytider). Snøproduksjon kan imidlertid kreve store mengder vann og energi. Det er også reist spørsmål om skiturister i tilstrekkelig omfang vil tiltrekkes av destinasjoner med hvite traséer, men ellers grønn natur.

*Tilpasning av traséer:* Historisk har flesteparten av skitraséene blitt lagt til solsiden av fjellene. Med utbygging av nye traséer i skyggesiden vil det være mer kostnadseffektivt å sikre seg mot de negative effektene av global oppvarming. Men samtidig kan det ha negativ effekt på besøkstallene. Det er også i flere regioner diskutert å legge traséer til høyereliggende områder og også til breområder. Disse forslagene møter ofte motstand fra naturvernmiljøer som viser til at høyereliggende områder ofte er mer sårbare for menneskelige inngrep.

*Diversifisering:* Det investeres i en rekke ulike typer aktiviteter for å sikre lønnsom drift av skidestinasjoner, og ikke bare skirelaterte investeringer. Destinasjonene søker å diversifisere tilbudet til turistene. Vi kan skille mellom diversifisering langs to dimensjoner. For det ene investerer flere destinasjoner i tiltak for å sikre at det er flere tilbud enn aktiviteter knyttet til skisport. Det svarer på en trend som har vært observert en stund, som viser at skiturister i mindre grad enn før står på ski mens de er på skiferie. Mens om lag 80 % av inntektene til skidestinasjoner kom fra heisbilletter i 1975, var denne andelen falt til litt over 47 % i 2002, Economist (2000). Andre aktiviteter som mat og drikke, overnatting og detaljhandel opplevde i den samme perioden en stor økning.

Den andre typen diversifisering vi ser, er å omforme reisemålene fra skidestinasjoner til helårsdestinasjoner. Det investeres i golfanlegg, og skianleggene brukes også om sommeren for å tilby reisende fjellaktiviteter. Det medfører at flere virksomheter – som hoteller og annet næringsliv – har økt omsetning i perioder av året som tidligere ikke var en del av høysesongen.

*Samarbeid:* Den finansielt mest suksessrike turistdestinasjonen i verden sies å være DisneyWorld, en destinasjon hvor samarbeidet mellom ulike aktører er organisert svært strengt gjennom eierskap. Dette innebærer at en eier kan kontrollere alle aktørene på potensielt høyt detaljeringsnivå. Dette ser en stadig oftere også innen reiselivet for skiturisme. Faktisk forsøkte Walt Disney Inc. å bygge en skidestinasjon i USA som en alpelandby, men la planene på is som følge av lokal motstand. Men i dag er det en rekke skidestinasjoner organisert som konglomerat, hvor en stor eiergruppe har eierskap i store deler av næringsvirksomhet ved vintersportsstedet. Så langt er dette mest utbredt i USA, men vi ser det også i økende grad i Europa. I Mellom-Europa har selskapet Compagnie des Alpes lignende eierskap i flere reisemål i Italia og

Sveits, mens Skistar AB har store eierandel i mellom annet Åre, Hemsedal og Trysil.

Slike eierkonstellasjoner tar sikte på å hente ut det som måtte være av synergieffekter mellom turistrettede næringsaktiviteter på et sted. I den sammenheng har koordinerte satsinger, ikke minst når det gjelder å sikre investeringer i aktiviteter som har karakter av å være infrastruktur, eller kollektive goder for mange forskjellige næringsvirksomheter på stedet, ventelig stor betydning. Ulempene ved en mer sentralisert organisering av virksomheten på et sted, knytter seg særlig til tilfeller hvor den mangler lokal forankring, slik at det lokale engasjementet for å utvikle turiststedet faller.

### *Skidestinasjonen Voss*

Foran har vi generelt beskrevet noen sammenhenger mellom klimaendring og verdiskaping knyttet til skiturisme. Høyere temperaturer utfordrer selve grunnlaget for etablerte vintersportssteder, og spørsmålet er hvordan slike turistdestinasjoner kan omstille for å videreutvikle verdiskapingen som finner sted lokalt innenfor nye fysiske rammevilkår.

Drøftingen så langt har vært ganske generell. Men den gjelder i høyeste grad også skidestinasjoner på Vestlandet. Når det gjelder vintersportsstedet Voss, som er den største av slike destinasjoner i Vestlandsregionen, kan det allerede registreres tilpasninger som faller godt innenfor det som er skissert i drøftingen foran, Skjeret (2009). For Voss kan det defineres åtte suksessfaktorer, Yohe og Tol (1997), som faller godt innenfor denne drøftingen, og som også kan brukes til å identifisere hvor skidestinasjonen Voss sine utfordringer ligger:

- 1) *Har mulighet til å flytte skianlegg til høyere liggende områder:* Dette er i dag i ferd med å skje på Voss i og med at det investeres store midler i skianlegget som ligger i Myrkdalen.

- 2) *Har kapitalgrunnlag til å gjennomføre nødvendige investeringer:* Som nevnt over, planlegges store investeringer i skianlegget i Myrkdalen som vil da vil bli et av landets største når det er ferdig.
- 3) *Har mulighet til å sikre vanntilførsel for snøproduksjon:* Snøproduksjon har foregått i flere år på Voss, og det er grunn til å anta at det er finansiell kapasitet til å øke denne produksjonsevnen ytterligere. Det er etter vår kjennskap ikke restriksjoner på bruken av vann for snøproduksjon i Voss, det er også slik at prisen på elektrisitet i Norge er lavere enn hos mange konkurrerende skidestinasjoner.
- 4) *Har mulighet til å diversifisere inntektskildene til å omfatte flere vinteraktiviteter:* Det er allerede et bredt spekter av aktiviteter på Voss som ikke er knyttet til sports- eller vinteraktiviteter. Det er derimot ikke så store tilbud som en ser på de store destinasjonene i utlandet.
- 5) *Har mulighet til å diversifisere inntektskildene til å omfatte sommeraktiviteter:* Voss er allerede langt på vei en helårsdestinasjon, med en rekke aktiviteter om sommeren, m.a. Ekstremsportveko.
- 6) *Er en del av et større regionalt konsern eller større selskap:* Næringslivet på Voss er fragmentert, med en rekke konkurrerende selskaper. Dette innebærer at det kan være problematisk å gjennomføre investeringer som har karakter av å være kollektive goder.
- 7) *De er lokalisert i områder uten strenge reguleringer:* Voss er ikke en del av vernede områder, og det er forventet en vekst innen områdene som brukes til vintersportaktiviteter i de kommende årene.
- 8) *Har positive relasjoner til lokalbefolkningen:* I motsetning til mange andre reiselivsdestinasjoner kan en si at reiselivsnæringen er lokalbefolkningen (eller omvendt). Dette er en styrke i forhold til reisemål som i større grad eiet og drevet av overnasjonale konsern.

Det er med andre ord en rekke tiltak som kan, og er i ferd med å settes i verk på Voss, for å redusere de negative effektene som potensielt kan oppstå som følge av global oppvarming. Det fremgår at Voss allerede langt på vei er en helårsdestinasjon, samt at flere investeringer er i ferd med å gjennomføres som gjør at en kan anta at Voss er i ferd med å posisjonere seg offensivt overfor relevante konkurrenter, både i relasjon til global oppvarming og i relasjon til hardere konkurranse innen reiselivet generelt.



### 3.3 Grønne sertifikater i elektrisitetsmarkeder

De to valgte næringene over fokuserer på effekter på lønnsom næringsdrift som følge av fysiske endringer i klimaet. I denne og den neste studien ser vi på effekter på næringslivet som følge av innføring av klimapolitikk. På grunn av at energisektoren står for en stor andel av utslipp av klimagasser internasjonalt, har de fleste land innført klimapolitiske virkemidler i denne sektoren. Det er i første rekke land som produserer elektrisitet fra olje, gass og kull som har de største utslippene av klimagasser, mens produksjon av elektrisitet i Norge baserer seg på vannkraft og regnes som en ren elektrisitetskilde. En rekke virkemidler er i bruk i forskjellige land, i Sverige anvendes grønne sertifikater og subsidier, Danmark subsidierer fornybare produksjonskilder med en såkalt feed-in tariff. Nederland bruker flere typer instrumenter, mellom annet grønne sertifikater omtalt som 'Green Labels'.<sup>8</sup>

Grønne sertifikater omtales ofte som et hensiktsmessig instrument for å redusere utslipp av klimagasser. Grønne sertifikater innebærer to tiltak fra myndighetene. Først må produsenter som starter opp produksjon av ny fornybar elektrisitetsproduksjon sertifiseres, dette innebærer at de mottar et sertifikat for hver enhet produsert elektrisitet. Dernest må forbrukerne – i praksis sluttseiere av elektrisitet – pålegges å kjøpe en viss andel av totale elektrisitetskjøp fra de sertifiserte produsentene. Således skapes etterspørsel etter ny fornybar elektrisitetsproduksjon, og grønne sertifikater får en positiv verdi.

Men siden norsk elektrisitetsproduksjon er tilnærmet utslippsfri, kan ikke begrunnelsen for å innføre klimapolitikk i det norske elektrisitetsmarkedet bygge på ønsket om å redusere utslippene i denne sektoren. Derimot kan det begrunnes med et ønske om å bruke elektrisitetsmarkedet som en kilde for

---

<sup>8</sup> Det norske elektrisitetsmarkedet er via transmisjonskapasitet knyttet opp mot Russland, Sverige, Danmark og Nederland. Transmisjonskapasitet til Russland er svært liten og vi tar derfor med de klimapolitiske verktøyene som er anvendt i Sverige, Danmark og Nederland.

skattlegging. Og således kan myndighetene bruke skatteinntekter fra denne sektoren til å redusere utslippene i andre sektorer i Norge, redusere utslippene i elektrisitetssektoren (eller andre sektorer) i nærliggende markeder, eller en kombinasjon av disse. I tillegg må klimapolitikken tilpasses øvrige politiske mål, særlig må klimapolitiske mål samordnes de energipolitiske målene. Spesielt er det i Europa og Norge uttrykt ønske om å redusere energibruken generelt, herunder også elektrisitetsforbruket.

Det neste avsnittet ser på effekter av å bruke grønne sertifikater i termisk baserte elektrisitetsmarkeder generelt og vannkraftbaserte markeder spesielt. Vi ser også kort på hvordan bruken av grønne sertifikater påvirker andre politiske mål, samt hvordan andre klimapolitiske tiltak (skatt på utslipp) potensielt påvirker effektiviteten til grønne sertifikater.

Litteraturen som undersøker samfunnsøkonomiske effekter av ulike klimapolitiske verktøy er i dag svært stor, vi bygger på den delen av litteraturen som fokuserer på bruken av grønne sertifikater, spesielt Amundsen og Mortensen (2001), og kombinerer denne med litteraturen som modellerer vannkraftbaserte elektrisitetsmarkeder, Førstund (2008).

## ***Resultater***

Brorparten av litteraturen som vurderer samfunnsøkonomiske effekter av grønne sertifikater analyserer termiske markeder, eller markeder hvor størstedelen av produksjonskapasitet bruker olje, gass eller kull som energikilde. Bakgrunnen for at grønne sertifikatmarkeder antas å fungere som et klimapolitisk virkemiddel er knyttet til at myndighetene krever at en andel (sertifikatkravet) av total produksjon skal opprinne fra fornybare produksjonskilder. Om myndighetene fastsetter at 10% av

produksjonskapasiteten skal bestå av fornybare energikilder kreves det at konsumenter (via sluttseilere av elektrisitet) kjøper 10% av forbruket fra produsenter sertifisert som fornybare. Inntektene til usertifiserte elektrisitetsprodusenter vil således bestemmes av prisen på elektrisitet (og mengden solgt elektrisitet), mens inntektene til sertifiserte produsenter gis av summen av elektrisitetsprisen og sertifikatprisen (og mengden produsert elektrisitet). Prisen på sertifikat øker således inntil produsenter finner det lønnsomt å investere i fornybare kilder. Amundsen og Mortensen (2001) legger frem tre resultater for denne type markeder. Først viser de at aktiv bruk av sertifikatkravet potensielt kan medføre en reduksjon i den totale mengden fornybar produksjonskapasitet. Med andre ord kan en økning i sertifikatkravet (andelen fornybar elektrisitet) medføre mindre utbygging av fornybar kraft. De viser også til at bruk av klimaskatter gir et press nedover på prisen som går til produsenter av ny fornybar elektrisitet. Dette finner sted på grunn av at økte skatter på konvensjonelle produksjonsteknologier medfører en økning i prisen på elektrisitet som konsumentene står overfor. Dette fører til at etterspørselen etter grønn elektrisitet faller, både på kort og lang sikt. Til sist illustrerer de hvordan en økning i prisen på elektrisitet i utlandet (importprisen) gir en redusert kapasitet av grønn elektrisitetsproduksjon.

I Skjeret (2009a) viser vi hvordan grønne sertifikater fungerer i et vannkraftbasert elektrisitetsmarked. Vi finner at resultatene fra Amundsen og Mortensen (2001) i stor grad holder også for vannkraftbaserte elektrisitetsmarkeder. Men samtidig finner vi at innfasing av ny elektrisitetsproduksjon i et vannkraftbasert elektrisitetsmarked gir svært ulike effekter fra termisk baserte markeder. Mens en reduksjon i prisen til produsenter i termisk baserte markeder gir et bortfall av produksjonskapasitet, er det ikke å forvente at vannkraftproduksjon faller bort som følge av mindre – eller endog – store prisfall. Dette fører til at prisene til usertifiserte produsenter

faller lite i termiske markeder (produksjonskapasitet faller bort), mens en forventer at prisene faller mer i det norske vannkraftbaserte markedet siden produksjonskapasitet ikke kan forventes å falle bort. Med mindre all ny produksjonskapasitet (sertifisert som grønn) går til eksport, eller bidrar til å nå klimapolitiske tiltak i andre sektorer (gjennom å øke forbruket av elektrisitet) må prisen til forbrukerne falle. Skytte (2004) diskuterer i relasjon til dette hvordan klimapolitiske mål som grønne sertifikater kan vanskeliggjøre oppnåelsen av energipolitiske mål om å redusere forbruket av elektrisitet. Det viser seg at denne motsetningen er enda mer markant i vannkraftbaserte elektrisitetsmarkeder enn i termiske.

Til sist diskuteres i litteraturen i hvilken grad grønne sertifikater er hensiktsmessige instrument i klimapolitikken. Det viser seg at grønne sertifikater krever bruk av ytterligere klimapolitiske tiltak for å nå ønskene om utslippsreduksjoner (eksempelvis skatt på utslipp). Men som diskutert over, og flere steder i litteraturen, kan skattlegging av utslipp medføre at grønne sertifikater potensielt blir verdiløse. I relasjon til klimapolitikk mellom ulike land, er det også viktig å sikre at land med naturlige fortrinn for å gjennomføre investeringer gjør dette. Eksempelvis har Norge med sin lange og vindfulle kystlinje noen av de beste forholdene for å investere i vindkraft i Europa. Til tross for dette er det nesten ikke gjennomført investeringer i vindkraft i Norge, i hvert fall om en sammenligner med land som Tyskland, Spania og Danmark. Grønne sertifikater er ikke nødvendigvis tilstrekkelige instrumenter for å sikre storstilt utbygning av vindkraft i Norge. I Sverige mottar vindkraftprodusenter i noen tilfeller støtte utover verdien av grønne sertifikater.

### ***Oppsummering og konklusjoner***

En nasjonal klimapolitikk for elektrisitetsnæringen må basere seg på en grundig forståelse av hva som er de underliggende målene med de politiske tiltakene.

Vi har vist at grønne sertifikater isolert sett kan gi sterke insentiver til utbygning av fornybare produksjonskilder. Men samtidig gir dette politikkinstrumentet store overføringer mellom ulike aktører inne sektoren. Samtidig viser litteraturen at grønne sertifikater er et lite egnet instrument for å redusere bruken av forurensende produksjonskilder. Dette krever derfor at myndighetene innfører skatt på utslipp for å sikre at de mest forurensende produksjonskildene legges ned. Men på grunn av at skatt på produksjon gir lavere etterspørsel faller verdien av grønne sertifikater. Med andre ord, når en innfører et instrument som er nødvendig for å sikre at grønne sertifikater fungerer etter hensikten, faller verdien av grønne sertifikater. En kan også stille det omvendte spørsmålet, om en velger å innføre skattlegging av klimagasser, er det nødvendig å innføre grønne sertifikater? Svaret på dette er nei, en korrekt satt skatt på utslipp er tilstrekkelig til å redusere utslippene slik at de klimapolitiske målene nås. Samtidig gir skattlegging av utslipp inntekter til staten som kan anvendes til å stimulere klimavennlige teknologier.

En klimapolitikk i det norske markedet for elektrisitetsproduksjon vil i liten grad påvirke utslipp av klimagasser direkte. Dette på grunn av at norsk elektrisitetsproduksjon nesten utelukkende kommer fra vannkraftkilder. Derimot kan storstilt utbygging av ytterligere fornybar elektrisitetsproduksjon bidra til oppnåelsen av klimamål i andre sektorer, for eksempel gjennom elektrifisering av deler av transportsektoren. Alternativt kan ytterligere elektrisitetsproduksjon bidra til å avlaste klimamålene i elektrisitetssektoren (eller andre sektorer) i andre land hvor produksjon av elektrisitet faktisk bidrar til global oppvarming. Om dette ikke sikres vil klimapolitiske tiltak, som bruk av grønne sertifikater, kunne vanskeliggjøre oppnåelsen av energipolitiske målsetninger om redusert elektrisitetsforbruk.

### 3.4 Klimavennlig teknologiutvikling innen transport

Som vi tidligere har vært inne på (kap. 2) er det mange ulike virkemidler som står til rådighet når en klimapolitikk skal utformes, og hvor det viktigste prinsipielle skillet går mellom om det er prisbaserte eller kvantumsbaserte virkemidler som tas i bruk. I det foregående delkapitlet viste vi at prisbaserte virkemidler har stor innvirkning på hvilke teknologier som vil bli tatt i bruk for å produsere elektrisk kraft, og dermed på i hvilken grad det vil forekomme klimagassutslipp i kraftproduksjonen. Når det gjelder en politikk for å redusere klimagassutslipp i forbindelse med transport, derimot, kan det i større grad være hensiktsmessig å anvende en kvantumsbasert politikk.

Tabell 3.2 viser at sjøfart er den transportmåten som bruker minst energi, og som dessuten slipper ut minst CO<sub>2</sub> for å transportere ett tonn en kilometer. Målt på denne måten er sjøtransport også mer effektiv enn tog, og ikke bare bil og fly. Isolert sett skulle vi derfor forvente at sjøtransport, som er en betydelig næring på Vestlandet, skulle oppleve økt etterspørsel etter sine tjenester dersom det blir lagt en generell skatt på utslipp av klimagasser innen transport.

Tabell 3.2: Transportmodus, energibruk og utslipp av CO<sub>2</sub>

Transportmåte	Energi/tkm	CO <sub>2</sub> /tkm
Luft	7 - 15	501 - 1073
Vei	1,8 - 4,5	133 - 333
Tog	0,4 - 1	30 - 74
Sjø	0,1 - 0,4	7,7 - 31

Kilde: Evensen (2000) og Mæstad et al (2000)

Sjøtransport dekker imidlertid bare en del av transportbehovet knyttet til distribusjon av varer fra produsent til forbruker. Sjøfart går mellom havner, mens bil og tog er mest vanlig både for å transportere fra produsent til utskipingshavn, og fra lastehavn til forbruker. Noe av denne transporten til og fra havner kan selvsagt også gå på elver og kanaler. Men disse transportårene er så høyt utnyttet i dag at det for eksempel ikke er mulig å øke varetransporten på elver/kanaler i Kontinental-Europa. Derfor vil et prisbasert virkemiddel som skatt på utslipp av klimagasser i transportsektoren, ventelig ikke ha stor effekt på omfanget av transport til sjøs selv om sjøfart i utgangspunktet er langt mer CO<sub>2</sub>-effektiv enn andre transportmåter, se for eksempel Evensen (2000) og Mæstad *et al* (2000).

Riktignok vil slike prisbaserte virkemidler, som skatt på klimagassutslipp, påvirke i hvilken grad en bruker bil eller tog til landtransport. Men tog dekker langt fra alle transportbehov som bilen kan løse, slik at veitransport uansett må forventes å ha et betydelig omfang. Derfor er det begrenset hva som vil bli oppnådd i form av reduserte CO<sub>2</sub>-utslipp som følge av overgang fra mer til mindre utslippsintensive transportmåter. CO<sub>2</sub>-utslippene vil imidlertid reduseres fordi en skatt på klimagassutslipp også vil bidra til at det samlede omfanget av transport går ned.

Dette forhindrer likevel ikke at det må være mer å oppnå i form av reduserte CO<sub>2</sub>-utslipp dersom det kan utvikles teknologi som reduserer klimagassutslippene innen transport. Vesentlig høyere transportpriser som følge av en skatt på klimagassutslipp, vil selvsagt også gi en stimulans til slik teknologiutvikling. Men det vil være mer effektivt å anvende virkemidler som vi klassifiserer som kvantumsbaserte innen klimapolitikken, enten fordi de på et eller annet vis setter et troverdig, fremtidig tak på utslipp fra transport, eller de mer direkte søker å stimulere en teknologiutvikling som kan ha lavere klimagassutslipp som resultat. Det er derfor gode argumenter for at

myndighetene i slike tilfeller støtter forskning og utvikling av nye mer klimavennlige teknologier. I eksempelet over gjelder dette både for transport til lands og til sjøs.

Utvikling av ny teknologi innebærer at det må gjøres omfattende investeringer på områder hvor kunnskapen er ny eller endog ikke foreligger ennå. Det kan være et for stort finansielt løft for en eller et fåtall bedrifter, eller et kunnskapsmessig løft som ingen bedrift enkeltvis har forutsetninger for. Inspirert av litteraturen som omtales som 'Corporate Finance', som omtaler hvordan store selskaper organisert i divisjoner legger forholdene til rette for at de ulike divisjonene innen ett konsern skal samarbeide, er det her rom for store offentlig finansierte forskningsprogram, som også gir insentiver til samarbeid mellom i utgangspunktet frittstående bedrifter. Dessuten må det tenkes igjennom insentiver for at slik nyutviklet, klimavennlig teknologi blir tatt i bruk. Dette er nærmere drøftet i Mjørlund og Skjeret (2009). Satsingen på karbonfangst og lagring fra fossilbasert elektrisitet er et eksempel på en slik stor satsing, men på et annet område enn transport. I det følgende beskrives tre andre initiativ på Vestlandet hvor det arbeides for å utvikle klimavennlig energi og teknologi, hvor også nasjonale myndigheter har bidratt.



### 3.5 Tre Vestlandsinitiativ for klimavennlig teknologiutvikling

Gjennomgangen foran viser at klimaendringer og klimapolitikk også kan representere muligheter for fremtidig verdiskaping. Eksemplene med havbruk og skidestinasjoner illustrerer at omlegging av eksisterende næringsdrift som følge av global oppvarming, vil kunne gi fordeler i den internasjonale konkurransen. Men mulighetene som fremkommer som følge av klimaendringer og klimapolitikk, gjelder også ikke minst verdiskaping fra fremtidige klimavennlige teknologier og produksjonsmåter. Det gir i første rekke en mer klimavennlig produksjon i Norge, som vil gi produkter og kunnskap som også kan åpne nye eksportmarkeder. Selskap på Vestlandet som opprinnelig ble startet opp for å tilby varer og tjenester til olje- og gasssektoren i Nordsjøen, opererer i dag i mange petroleumsregioner over hele verden.

Det er stor oppmerksomhet om miljøvennlig energi på Vestlandet. Vestlandskonferansen 2008 hadde ”Grønn kraft fra Vestlandet til verden” som tema. I den forbindelse ble det også fra IRIS utarbeidet en rapport, ”Vestlandet som ledende miljøvennlig energiregion”, som søker å underbygge dette nærmere (Ervik *et al*, 2008)

Bevisstgjøringen om slike muligheter ligger også til grunn for flere konkrete initiativ på Vestlandet, som vi beskriver som satsing på teknologiutvikling innen tre ulike områder vedrørende klimavennlig energi. De tar alle sikte på å utvikle nødvendig kunnskap og kompetanse med utgangspunkt i kunnskapsmiljøer og bedrifter, hvor aktører på Vestlandet spiller en avgjørende rolle. Det er på områdene 1) offshore vindkraft, 2) fangst og lagring av CO<sub>2</sub> og 3) dyp geotermisk energi. Disse tre initiativene vil alle i varierende grad kunne trekke på eksisterende kunnskap, og utvikles som del av en ellers naturlig forlengelse av næringsvirksomhet på Vestlandet som har vist seg konkurransedyktig i flere tiår. Det er slik at vi i etterkant kan illustrere hvordan suksessrik

næringsutvikling oftest har tatt i bruk eksisterende kunnskap og videreforedlet kjente teknologier. Men i forkant av utviklingen er det naturlig nok vanskelig å fastslå hvilke satsinger som vil vise seg å være lønnsomme.

### *Offshore vindkraft*

NORCOWE, Norwegian Center for Offshore Wind Energy, er et nasjonalt forskningssenter innen Forskningsrådets FME-ordning (Forskningssentre for Miljøvennlig Energi) under ledelse av Christian Michelsen Research (CMR). NORCOWE har mange forsknings- og industrielle partnere, noe som betyr at denne institusjonen må kunne forventes å bli en viktig aktør for utviklingen av industriell kompetanse knyttet til offshore vindkraft som kan ha en særskilt forankring på Vestlandet. Norwegian Offshore Wind (NOW) er også tatt opp i nettverksprogrammet ARENA, med tanke på å skape et mer konkurransedyktig miljø for dette selskapet.

Det forsterkes av at det parallelt er tatt flere initiativ som kan bidra til å utvikle en næringsklynge på området i vestlandsregionen, Vestlandsalliansen er ett eksempel. Hensikten er å utvikle kompetanse som setter bedriftene i stand til å møte behovene i Norge og Europa med hensyn til utbygging av offshore vindparker. Storm Weather Centre har i en årrekke solgt tjenester til elektrisitetsbransjen også til aktører innen vindkraft.

### *Fangst og lagring av CO<sub>2</sub>*

Den samme ambisjonen om å utvikle en næringsklynge knytter seg også til den nasjonale satsingen for fangst og lagring av CO<sub>2</sub>, som ble lansert da det ble gitt tillatelse til et gassbasert varmekraftverk på Mongstad. Det satses betydelige ressurser for å møte myndighetenes forpliktelse om å fange og lagre CO<sub>2</sub> ved elektrisitetsproduksjon fra termiske energikilder. Bedrifter med kompetanse fra ulike industrielle områder møtes og koples med FoU-miljøer, med en eksplisitt

formulert målsetning om at dette også skal bidra til at det utvikles konkurransedyktig teknologi, og konkurransedyktige norske bedrifter, som kan engasjere seg i prosjekter for å fange og lagre CO<sub>2</sub> rundt om i verden.

Denne satsingen forsterkes av en komplementær nasjonal satsing på forskningssenteret SUCCESS, Subsurface CO<sub>2</sub> storage – Critical Elements and Superior Strategy, som også ledes fra Christian Michelsen Research (CMR) i Bergen. Dette er også et nasjonalt senter innen Forskningsrådets FME-ordning med flere partnere fra andre forskningsmiljø og i næringslivet.

### *Dyp geotermisk energi*

Det tredje området hvor man på Vestlandet har tatt et større initiativ for å styrke utviklingen innen klimavennlig energi, er dyp geotermisk energi. Satsingen er i en tidlig fase og bygger på foreliggende boreteknologi fra oljeutvinning, som skal anvendes i nye sammenhenger. Arbeidet skjer i Norsk senter for dyp geotermisk energi ved Universitetet i Bergen, som også har samlet en rekke nasjonale forskningsmiljøer og industrielle partnere, bl.a. innen boreteknologi (som Odfjell Drilling) og energiselskaper (som BKK og Statoil). Hensikten er å innta en sterk posisjon for utvikling av dyp geotermisk energi, som altså også omfavner eksisterende næringsvirksomhet på Vestlandet.

Kort oppsummert; initiativ som er tatt innen de tre områdene som er beskrevet over, setter vestlandsregionen på det nasjonale og internasjonale kompetanse- og næringskartet. De viser og understøtter at det i regionen er stor tro på at det finnes muligheter innen klimavennlig og fornybar energi. Det gjelder både forskning på, og utvikling av nye innovative løsninger innen kraftproduksjon, og som leverandør av kompetanse, produkter og tjenester.

## 4 KONKLUSJON OG ANBEFALINGER

### *Globale tiltak og gratispassasjerproblematikken*

Utfordringene som nasjonene samlet og hver for seg står overfor, er store og komplekse. Dagens beslutningstakere må gjennomføre massive investeringer som ikke gir gevinster før om flere tiår, og således i liten grad tilfaller generasjonen som gjennomfører investeringene.

Når et bærekraftig klima i tillegg er å regne som et kollektivt gode, som alle vil nyte godt av hvis det realiseres, vil også gratispassasjerproblematikken komme inn med full tyngde. For å unngå dette må det etableres en global politikk som avgrenser totale utslipp av klimagasser. Land og større regioner må gjennomføre tiltakene slik at de vedtatte globale forpliktelsene om reduserte klimagassutslipp blir oppfylt.

### *Næringslivets to hovedutfordringer*

Næringslivet står overfor to typer utfordringer som følge av klimaendringene. For det første endres de fysiske rammevilkårene for en rekke næringer, som følge av høyere temperaturer, høyere vannstand, mer ekstremvær osv. For det andre endres næringslivets rammebetingelser som følge av innføring av klimapolitiske tiltak som tar sikte på å redusere klimagassutslipp. Dette vil endre konkurransevilkårene for bedrifter, enten ved at bedriftenes virksomhet påvirkes direkte, eller indirekte som følge av endrete rammevilkår for leverandører eller kunder.

Selv om klimaendringer er et faktum, er det uklart hvordan klimaendringene rent faktisk vil gjøre seg gjeldende når vi ser på særskilte regioner, som Vestlandet. Det er lett å peke på verdiskapingsaktiviteter som direkte vil

påvirkes av faktiske endringer i klimaet, men det er vanskeligere å si eksakt hvordan de vil påvirkes. I rapporten har vi gjennom utvalgte studier gitt noen eksempler på hvordan dette kan slå ut. Det er som vi ser ikke gitt at endringene må være av negativ karakter.

Tilsvarende er det med de klimapolitiske tiltakene som må forventes iverksatt. Mange ulike virkemidler står til disposisjon, og de kan doseres forskjellig. Vi vet at produsenter og konsumenter vil bli påvirket, og at de vil påvirkes forskjellig avhengig av hvordan aktivitetene direkte og indirekte bidrar til klimagassutslipp.

#### *Kunnskapsbehov, -overføring og mulige tiltak*

Kunnskapsbehovet knyttet til næringslivets klimautfordringer omfatter både kunnskap om hvordan klimaet påvirker næringslivsaktiviteter, og om hvordan ulike klimapolitiske tiltak påvirker mulighetene for lønnsom næringsdrift. Vi er så heldige at Vestlandet har internasjonalt ledende kunnskapsmiljøer innenfor klimaforskning. Den store utfordringen ligger i å nyttiggjøre seg kunnskapen om klimaendringene og mulige tiltak.

I rapporten har vi for eksempel diskutert hvordan innføring av grønne sertifikater bare indirekte kan bidra til oppnåelsen av målene om reduserte utslipp av klimagasser. Vi konkluderte med at grønne sertifikater uten andre samtidige tiltak faktisk kan vanskeliggjøre oppnåelsen av andre viktige energipolitiske målsetninger.

Videre har vi sagt i kapitlet om klimapolitikk i elektrisitetsbransjen, at ulike klimapolitiske tiltak kan medføre store utilsiktede økonomiske overføringer. Dette kan hindre en fornuftig utvikling av satsingene på nye energiformer.

Eksemplene om havbruk og skiturisme illustrerte også at det er behov for detaljert kunnskap om hvordan klimaendringer påvirker lokalt og regionalt. Dette kan være bestemmende for om investeringer med lang levetid gjennomføres i tilstrekkelig omfang på rett lokalitet.

### *Næringslivets omstillingsevne og innovasjon*

Formålet med klimapolitiske tiltak er å redusere klimautslippene for å spare miljøet. Dette krever at bedrifter og offentlige institusjoner produserer produkter og tjenester på nye måter, og enkeltindivider legger om sitt levesett. Det er god grunn til å tro at næringslivet er i stand til å make en slik omveltning. På samme måte som næringslivet på Vestlandet historisk har tilpasset seg andre paradigmeskifter.

Behovet for å redusere utslipp av klimagasser og derigjennom fremveksten av nye teknologier som kan erstatte bruken av forurensende teknologier, gir i seg selv muligheter til oppstart av lønnsom næringsdrift. Næringslivet på Vestlandet er allerede i ferd med å posisjonere seg til å satse på ny fornybar energi. Dette har vi vært innom i kap. 3.5. Næringslivet på Vestlandet bør således være godt rustet til å møte klimautfordringene.

## 5 REFERANSER

Amundsen (2009) ”Mål og midler i EUs energi- og klimapolitikk: Et kritisk syn”, SAMFUNNSØKONOMEN, nr 7, 63. årgang

Amundsen og Mortensen (2001) ”The Danish Green Certificate System: some simple analytical results”, Energy Economics, 23 (2001)

Andersen *et al* (2008) ”Indikatorer for lokal sårbarhet: Analyse av norske kommuner 2006-2007 og utviklingen 2004-2007”, SNF-rapport 22/08

Blackhurst og Subramanian (1991) ”Promoting multilateral cooperation on the environment” kapittel i K. Anderson and R. Blackhurst, *“The Greening of World Trade Issues,”* Harvester Wheatsheaf, New York.

Ervik *et al* (2008) ” Vestlandet som ledende miljøvennlig energiregion”, IRIS-rapport 2008/179

Evensen (2000) ”Klimapolitikkens betydning for konkurransen mellom sjø- og landtransport”, SNF-rapport 06/00

Førsund (1997) ”Miljøøkonomi”, Gyldendal Akademisk Forlag, Oslo

Førsund (2005) ”Hydropower Economics”, Springer Verlag, International Series in Operations Research and Management Science.

Hantel *et al* (2000) ”Climate Sensitivity of Snow Cover Duration in Austria”, International Journal of Climatology, 20, 2000.

IPCC (2007), Intergovernmental Panel on Climate Change.

Lorentzen og Hannesson (2006) Climate change and productivity in the aquaculture industry, SNF Report 02/06

Miljøverndepartementet (2000) ”Et kvotesystem for klimagasser” NOU 2000:1.

- Miljøverndepartementet (2006) ”Et klimavennlig Norge” NOU 2006: 18
- Mjørlund og Skjeret (2009) ”Incentiver til investeringer i forskning og utvikling”, SNF-rapport 36/09.
- Mæstad *et al* (2000) ”International climate policy – consequences for shipping” SNF-rapport 82/00.
- Norden (2005) ” Betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming” TemaNord 2008/507, Nordisk Forskningsråd.
- Nordhaus (2007) ” Betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming”, Journal of Economic Literature, vol 45, issue 3.
- Rusten (2004) ”Verdiskaping på Vestlandet” SNF-rapport 10/2004.
- Scott *et al* (2003) ” Climate change and the skiing industry in southern Ontario (Canada): exploring the importance of snowmaking as a technical adaptation”, Climate Research, Vol 23, 2003.
- Skjeret (2009a) ”Grønne sertifikater i et vannkraftbasert elektrisitetmarked” SNF-rapport 35/09
- Skjeret (2009b) ”Klimaendringer og skidestinasjonen Voss” SNF-rapport 34/09
- Skytte (2004) ”Interactions between the power and green certificate markets”, Energy Policy, 30, 2002. Elsevier.
- Steinshamn (2009) ”Klimaendringer og havbruk”, SNF-rapport 33/09
- Stern (2006) ”Stern review: The economics of climate change” Her Majesty Treasury, London, UK. Tilgjengelig på nettsiden: [http://www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/stern\\_review\\_Report.cfm](http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_Report.cfm)



Stortingsmelding nr 34, 2007-2008 "Norsk klimapolitikk", Miljøvern-  
departementet, 2007.

UNEP (2006) "Annual Report" United Nations Environment Programme, UN.

Wolfsegger (2005) "Perception and Adaptation to Climate Change in Low  
Altitude Ski Resorts in Austria" Lund University, Report.

Yohe og Tol (1997) "A review of the Stern review", working paper.



## **APPENDIKS A: HAVBRUK OG KLIMAENDRINGER**

### *Innledning*

I dette kapitlet skal vi se på noen mulige konsekvenser av klimaendringer, og spesielt temperaturøkning som følge av global oppvarming, på havbrukssektoren. Dette vil bli gjort ved at vi først går gjennom litteraturen på området og oppsummerer de resultatene som allerede er funnet. Dernest vil vi prøve å sannsynliggjøre hva som hender hvis vi utvider noen av de modellene som har vært anvendt tidligere. I den sammenhengen vil vi spesielt se på effektene av størrelsesavhengig pris på optimal slaktevekt, optimalt slaktetidspunkt og potensiell verdiskapning.

### *Sannsynlige virkninger av klimaendringer*

Måten klimaendringer kan påvirke havbrukssektoren på kan deles inn i direkte og indirekte effekter. De direkte effektene er endring i havtemperaturen og endringer i vannkvalitet som følger av dette samt effekter av ekstremvær, endring i havnivå, økt algeoppblomstring osv. som kan vises tilbake til global oppvarming. Indirekte effekter kan være endring i forpriser, endring i prisene på settefisk og lignende, som kan tilbakeføres til klimaendringer.

Foreløpig har en ikke nok grunnlag til å konkludere noe entydig med hensyn til ekstremvær, og prognosene for endringer i havnivå er også høyst usikre ettersom anslagene varierer fra en økning på 10 cm til en økning på 90 cm. i løpet av de neste 100 år. De indirekte effektene av klimaendringer er rimeligvis enda mer usikre. Vi vil derfor i dette kapitlet konsentrere oss om de direkte følgende av økning i temperaturen på den konkrete verdiskapningen siden dette tross alt er en av de best dokumenterte effektene av global oppvarming som

følge av menneskeskapte klimaendringer. Slike endringer vil kunne påvirke fiskens veksthastighet og naturlige dødelighet som er de to fundamentale størrelsene i forhold til biologisk produktivitet.

### *Litteraturoversikt og tidligere resultater*

Selv om denne rapporten primært konsentrerer seg om effektene av klimaendringer for Vestlandsregionen, vil vi i dette avsnittet kort gjennomgå litt av den internasjonale litteraturen på området før vi retter inn fokuset på det mer lokale planet for å se om der finnes noe som kan ha overføringsverdi. Det eksisterer relativt få studier av effektene av klimaendringer på akvakultur og havbrukssektoren.

Av internasjonale publikasjoner og rapporter kan bl.a. nevnes Handisyde *et al* (2006) og Allison *et al* (2007). Begge disse konsentrerer seg om akvakultur og fiskeoppdrett i utviklingsland og hva som kan gjøres for å redusere sårbarheten overfor klimaendringer i form av endringer i havnivå, etc. Handisyde *et al* ser på case-studier fra Bangladesh mens Allison *et al.* konsentrerer seg om case-studier fra Afrika (Malawi). De Silva og Phillips (2007) er en mer generell gjennomgang av hvilke problemer og utfordringer akvakulturnæringen står overfor i forhold til klimaendringene som er ventet å komme.

Når det gjelder systematiske undersøkelser av hvordan en forventer fremtiden for akvakulturnæringen og fiskeoppdrett skal bli med hensyn til produktivitet og kostnads- og inntektsutvikling eksisterer det svært lite. De mest omfattende studiene av dette slaget er sannsynligvis Lorentzen og Hannesson (2005) og (2006) samt Lorentzen 2008. Vi vil raskt gå gjennom resultatene fra disse studiene under før vi prøver å utvide modellen til også å inkludere at prisen kan variere med størrelse.

## *Resultater*

Lorentzen and Hannesson (2005) er en økonometrisk studie som ser på mulige utviklingsscenarier i produksjonen av laks og ørret med og uten klimavirkninger. Da rapporten ble skrevet forventet de en økning i produksjonen fra eksisterende anlegg fra rundt 600 000 tonn til 8 – 900 000 tonn i løpet av en femårsperiode. Nye data som har kommet til etter at rapporten ble skrevet viser at dette anslaget synes å virke realistisk. Produksjonen av matfisk fra norske anlegg har i gjennomsnitt økt med ca. 40 000 tonn i året i løpet av de siste åra. Et annet viktig spørsmål som søkes klarlagt er hvordan den geografiske spredningen av produksjonen forventes å utvikle seg. Rapporten estimerer den teoretisk maksimale produksjonen av oppdrettsfisk basert på fysiske forutsetninger til 3,4 mill. tonn men det fremheves at i praksis er nok tallet en god del lavere på grunn av reguleringer, konkurranse om arealbruk, manglende infrastruktur, m.m. Det mest interessante med rapporten er kanskje at de estimerer en empirisk vekstfunksjon som viser signifikant sammenheng mellom vekst og temperatur, nærmere bestemt at det skjer en raskere vekst med høyere temperatur. Med andre ord vil tiden det tar for å produsere en fullt utvokst matfisk avta med temperaturen. I neste omgang estimerer de forholdet mellom produksjonsvolum og pris som indikerer en relativt sterk negativ sammenheng.

### *Utvidelse av modellene: Modell for optimalt havbruk*

I det følgende gjennomgår vi standardmodellen for optimalt havbruk slik den er brukt av blant annet av Lorentzen og Hannesson (2006). Denne modellen baserer seg på Faustmanns modell for skogbruk. Martin Faustmann, en tysk skogbruker på 1800-tallet, utviklet sin versjon av modellen i 1849. Faustmanns opprinnelige modell tar bare hensyn til en generasjon av trær. Modellen ble

videreutviklet av den svenske økonomen og nobelprisvinneren Bertil Ohlin. Ohlins modell tar hensyn til at arealet som blir brukt kan plantes på nytt og at man kan ha flere generasjoner trær etter hverandre. Dette kalles for rotasjonsproblemet og ble formelt løst av Ohlin i 1921. Tyske skogbrukere var imidlertid klar over løsningen på rotasjonsproblemet allerede i 1860.

Faustmann-modellen er beskrevet mange steder, se for eksempel Clark (1990). Modellen kan anvendes mer eller mindre direkte på fiskeoppdrett. Anvendelse av Faustmann-modellen på fiskeoppdrett er grundig beskrevet og gjennomgått av Bjørndal *et al* (1987).

Den teoretiske modellen for optimalt fiskeoppdrett kan beskrives som følger. La  $p$  være prisen per kilo fisk når den blir slaktet,  $N(t)$  være antall fisk på tidspunkt  $t$  og  $w(t)$  være vekten av fisken på tidspunkt  $t$  målt i kilo. Verdien av all fisken på tidspunkt kan da beskrives med en verdifunksjon  $V(t)$ :

$$V(t) = p \cdot N(t) \cdot w(t).$$

Videre vil antall fisk på tidspunkt  $t$  være gitt med en tidsutvikling av typen

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-Mt}$$

hvor  $N_0$  er antall settefisk som blir utsatt på tidspunkt 0 og  $M$  er den naturlige dødeligheten i populasjonen. Formulert på denne måten står altså  $t$  ikke bare for tidspunkt men også for alder på fisken. For vekstfunksjonen  $w(t)$  finnes det mange ulike alternativ som vi skal komme tilbake til.

Hvis vi tenker oss et gitt areal, for eksempel en standard merd, så er antall settefisk mer eller mindre gitt ut fra størrelsen på merden og blir dermed ikke en beslutningsvariabel. Hvis prisen på settefisk i tillegg er gitt eksogent og ikke avhenger av antall settefisk, så blir utgiftene til settefisk en såkalt "sunk cost" som forsvinner fra regnestykket. Problemet vi står igjen med er å beregne det

optimale slaktetidspunktet. I første omgang ser vi på hvordan dette beregnes for en generasjon av fisk, dvs. vi ser på det opprinnelige Faustmann-problemet fra 1849.

Problemet består i å maksimere netto nåverdien av en generasjon oppdrettsfisk gitt ved

$$NPV = V(t) \cdot e^{-rt}$$

hvor  $r$  er diskonteringsraten. Dette gjør vi ved å derivere med hensyn på tiden og dermed finne optimalt slaktetidspunkt.

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} NPV &= V'(t) \cdot e^{-rt} - r \cdot V(t) \cdot e^{-rt} = 0 \\ \Rightarrow \frac{V'(t)}{V(t)} &= r. \end{aligned}$$

Tolkningen av dette uttrykket er at den relative endringen i verdifunksjonen skal være lik diskonteringsraten. Denne tolkningen er for så vidt tilforlataelig men ikke særlig anvendbar i praksis. Hvis vi derimot setter inn uttrykket for verdifunksjonen over får vi etter litt regning et mer anvendbart uttrykk gitt som følger:

$$\begin{aligned} e^{-rt} \cdot p \cdot N_0 \cdot e^{-Mt} [w'(t) - M \cdot w(t) - r \cdot w(t)] &= 0 \\ \Rightarrow \frac{w'(t)}{w(t)} &= M + r. \end{aligned} \tag{1}$$

Det nederste uttrykket kan brukes til å finne optimalt slaktetidspunkt når vekstfunksjonen er en kjent funksjon med spesifiserte parametre og den naturlige dødeligheten og diskonteringsraten er kjente størrelser. Tolkningen av dette uttrykket blir mer spesifikk enn når man bruker den generelle verdifunksjonen, nemlig at den relative endringen i vekstfunksjonen på marginen skal være lik summen av den naturlige dødeligheten og diskonteringsraten. Vekstfunksjonen tenker man seg som oftest som en S-

formet kurve som har stigende vekst til å begynne med og avtakende vekst etter en viss alder eller tidspunkt. I en ren biologisk modell uten diskontering blir regelen at man skal la fisken leve så lenge den relative veksten er større enn den naturlige dødeligheten og slakte den når den relative veksten på marginen er like stor som dødeligheten for etter denne alderen vil dødeligheten være størst. I en økonomisk modell må vi i tillegg justere dette uttrykket ved også å ta hensyn til diskonteringsraten. Fra uttrykket over ser vi at det å ta hensyn til diskontering i tillegg betyr det samme som å slakte tidligere. Diskonteringen kan tolkes som alternativavkastningen på verdien. Veksten representerer avkastning i merden mens diskonteringen representerer avkastningen av verdien etter at fisken er slaktet. Siden den naturlige dødeligheten representerer negativ vekst i merden, blir tilvekst minus naturlig dødelighet netto avkastning i merden. Med andre ord er optimalt slaktetidspunkt kjennetegnet ved at netto tilvekst i merden på marginen skal være lik alternativavkastningen på land. Avkastningen på land betyr i praksis den renta man kan få av pengene i banken.

Det er videre interessant å merke seg at i denne enkle modellen har verken antall settefisk eller prisen på fisken når den blir slaktet noen innvirkning på det optimale slaktetidspunktet. Grunnen til det er at disse er eksogent gitte konstante størrelser som faller ut av regnestykket. I praksis vil det si at modellen er akkurat den samme enten vi regner med en fisk eller mange fisk så lenge parametrene er uendret.

Den første utvidelsen av Faustmann-modellen går ut på å ta hensyn til at det å slakte fisken ikke bare gir inntekt i form av slakteverdi, men også gir mulighet til å sette ut ny fisk; det såkalte rotasjonsproblemet. Hvis man hadde ubegrenset tilgang på areal, ville dette ikke være noe poeng. Fiskeoppdrett i Norge er imidlertid basert på konsesjoner slik at det totale arealet eller volumet som står til disposisjon er begrenset av antall konsesjoner. Dermed blir rotasjonsproblematikken like viktig i fiskeoppdrett som den er i skogbruk hvor



det heller ikke er ubegrenset tilgang på areal. Når man tar hensyn til rotasjon, blir maksimeringsproblemet seende slik ut:

$$NPV = e^{-rt_1} \cdot V(t_1) + e^{-rt_2} \cdot V(t_2 - t_1) + e^{-rt_3} \cdot V(t_3 - t_2) + \dots$$

og det gjelder å bestemme tidspunktene  $t_1, t_2, t_3$  osv. Legg merke til at vi her forutsetter en uendelig tidshorison. Så lenge parametrene ikke endrer seg, dvs. priser, kostnader, diskontering samt biologiske parametre, så blir problemet etter man er ferdig med første periode identisk til det opprinnelige problemet. Vi kan derfor konkludere med at alle fremtidige rotasjonsperioder vil ha samme lengde. Problemet kan derfor skrives opp igjen

$$NPV = \sum_{k=1}^{\infty} e^{-rkt} \cdot V(t) = \frac{V(t)}{e^{rt} - 1}.$$

Når vi maksimerer dette med hensyn på  $t$ , får vi:

$$\frac{V'(t)}{V(t)} = \frac{r}{1 - e^{-rt}}$$

eller

$$\frac{w'(t)}{w(t)} = M + \frac{r}{1 - e^{-rt}}.$$

Vi ser at den relative endringen i verdifunksjonen ikke lenger skal være lik diskonteringen men lik et uttrykk som alltid er større enn diskonteringen,  $r$ , siden  $1 - e^{-rt} < 1$ . Og siden uttrykket til høyre alltid er større når vi tar med rotasjon enn når vi ikke tar med rotasjon, så blir implikasjonen av å ta med rotasjon at det er optimalt å slakte tidligere. Den optimale slaktealderen når vi regner med mange generasjoner av fisk etter hverandre blir altså lavere enn når man bare regner med en generasjon.

Ved å spesifisere verdiene og uttrykkene for vekstfunksjonen, prisen og diskonteringen kan man, på samme måte som for en generasjon, regne seg fram til den eksakte optimale slaktealder.

I det følgende vil vi utvide standardmodellen som er beskrevet over, slik at den blir mer realistisk særlig med hensyn til å ta med elementer som har med klimaendringer å gjøre. Dette vil så bli benyttet til å beregne optimal slaktealder og verdiskapning under ulike forutsetninger, og spesielt se på hvordan antakelsene om klimaendringer påvirker slaktealder og verdiskapning. Først vil vi gå gjennom de teoretiske implikasjonene.

### *Størrelsesavhengig pris*

Størrelsesavhengig pris vil si at i stedet for en konstant pris,  $p$ , blir prisen en funksjon av vekten,  $p(w)$ . Dersom prisen øker med størrelsen på fisken har vi  $p'(w) > 0$  og omvendt. Dersom prisen først øker med vekten for så å avta får vi en mer komplisert sammenheng og implikasjonene blir mer tvetydig, men denne muligheten ser vi bort fra her.

Størrelsesavhengig pris betyr først og fremst at uttrykket for verdifunksjonen nå er gitt ved

$$V(t) = p(w(t)) \cdot N(t) \cdot w(t)$$

Når vi bruker dette uttrykket for å løse førsteordensbetingelsene får vi i stedet for (1)

$$\frac{w'(t)}{w(t)} = M + r - \frac{p'(w)}{p(w)} \cdot w'(t).$$

Sammenliknet med (1) får vi altså et ledd i tillegg, og når også funksjonen  $p(w)$  er spesifisert, lar dette uttrykket seg løse for optimal slaktealder på samme måte

som (1). De kvalitative implikasjonene av det ekstra leddet lar seg lett finne. Vi vet at høyere diskontering og høyere naturlig dødelighet gir lavere slaktealder. Siden det står minus foran det siste leddet, betyr det følgelig at  $p'(w) > 0$  gir høyere optimal slaktealder og  $p'(w) < 0$  gir lavere optimal slaktealder siden  $p(w)$  og  $w'(t)$  begge antas å være positive. Dette resultatet er også ganske intuitivt. Dersom prisen øker med størrelsen på fisken, er det naturlig at en skal vente litt lenger med å slakte. I det tilfelle der  $p'(w)$  først er positiv og så blir negativ kan det tenkes at det blir flere løsninger som må sorteres ut.

Når vi ser på problemet med flere rotasjonsperioder, så blir løsningen også noenlunde tilsvarende den vi fant over.

$$\frac{w'(t)}{w(t)} = M + \frac{r}{1 - e^{-rt}} - \frac{p'(w)}{p(w)} \cdot w'(t).$$

Implikasjonen med hensyn til optimal slaktealder blir omtrent de samme som uten rotasjon, nemlig at pris som øker med størrelsen gir høyere optimal slaktealder. I dette tilfellet gjelder det ikke lenger bare en generasjon fisk men for alle generasjoner fremover.

### *Aldersavhengig naturlig dødelighet*

Det er naturlig å tenke seg at den naturlige dødeligheten ikke nødvendigvis er konstant men kan øke med alderen på fisken. I så fall er det også naturlig at optimal slaktealder vil gå ned sammenliknet med en konstant naturlig dødelighet. I dette avsnittet vil vi avklare hvordan dette forholdet ser ut i praksis. Det vil si, vi ønsker å finne et uttrykk som, i tillegg til forhåpentligvis å bekrefte den kvalitative sammenhengen, også kan brukes til konkrete beregninger av optimal slaktetidspunkt.

Uttrykket for antall fisk på ethvert tidspunkt er nå gitt ved

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-M(t)t}.$$

Det vil si, den naturlige dødeligheten er ikke lenger en konstant,  $M$ , men en funksjon av alderen på fisken,  $M(t)$ . Når vi setter dette inn i verdifunksjonen og løser førsteordensbetingelsene får vi følgende uttrykk for optimal slaktealder uten rotasjon:

$$\frac{w'(t)}{w(t)} = r + [M(t) + M'(t) \cdot t].$$

Igjen får vi et ledd i tillegg til  $r$  på høyre side av likningen, og siden en må anta at dødeligheten øker med alderen er dette uttrykket entydig positivt og bidrar derfor til lavere optimal slaktealder. Så snart forholdet mellom alder og dødelighet er spesifisert, kan dette uttrykket brukes til å finne det eksakte optimale slaktetidspunkt samt hvilke implikasjoner dette har for den totale lønnsomheten med videre.

I tilfellet med rotasjon blir førsteordensbetingelsen for optimalitet modifisert på samme måte som tidligere:

$$\frac{w'(t)}{w(t)} = \frac{r}{1 - e^{-rt}} + [M(t) + M'(t) \cdot t].$$

### *Sammenheng med klimaendringer*

I det følgende vil modellen over blir tallfestet for å anvendes på problemstillinger knyttet til klimaendringer. Spesielt vil vi se på hvordan optimal slaktealder endres og hvilke implikasjoner dette har for lønnsomheten i bransjen. Siden dette er en utvidelse av modellen i Lorentzen og Hannesson (2006) vil vi benytte tall derfra for å gjøre det hele mest mulig sammenliknbart.

Hovedvekten her vil bli lagt på størrelsesavhengig pris siden det er her en har sterkest empirisk grunnlag til å uttale seg. Grunnen til at dette er viktig i forbindelse med klimaendringer er relativt opplagt. Som det er gjort rede for hos Lorentzen og Hannesson, er veksten avhengig av temperaturen. Hvis prisen igjen avhenger av vekt, er det rimeligvis interessant å se hvordan dette slår ut med hensyn til optimal tilpasning og med hensyn til lønnsomhet.

Det er også mulig at klimaendringer, for eksempel i form av temperaturstigning, har innvirkning på den naturlige dødeligheten. Blant annet kan skadelig algeoppblomstring forekomme hyppigere dersom temperaturen stiger. Dette er imidlertid problemstillinger som det kan være interessant å følge opp senere.

#### *Temperatur og vekst.*

Lorentzen og Hannesson (2006) gjengir data om hvordan veksten endrer seg med temperaturregimet. Hovedkonklusjonene deres er at veksten går raskere med høyere temperatur helt opp til ca. 16 grader, deretter avtar veksten noe ved ytterligere temperaturøkning men denne effekten er svak. Sammenhengen mellom temperatur og vekst er spesielt sterk for temperaturregimer lavere enn ca. 7 grader. Imidlertid skjer lite eller ingenting av lakseproduksjonen ved så lave temperaturer.

Effekten av eventuell global oppvarming er altså avhengig av hvilket temperaturregime en har i utgangspunktet. I Norge er det som kjent store forskjeller mellom nord og sør. Mens Lista i Vest-Agder har en gjennomsnittlig sjøtemperatur på 8,7 grader, har Skrova i Vågan kommune i Nordland en temperatur som er to grader lavere, nemlig 6,7 (kilde: Havforskningsinstituttet).

I følge IPCC<sup>9</sup> har den globale temperaturen økt med ca. 0,75 grader i løpet av forrige århundre og vil, basert på modellberegninger, øke med 1 til 6 grader de neste hundre år. Selv om vi tar utgangspunkt i Lista som representerer noe av det varmeste vi kan forvente i Norge, og i tillegg regner med den aller høyeste temperaturøkningen fra modellene til IPCC, kommer vi ikke over 15 grader i gjennomsnitt. Dette er fortsatt under det nivået der veksten avtar med høyere temperatur. Imidlertid svinger som kjent temperaturen over året, og amplituden i svingningene er henholdsvis 4,7 og 3,7 for Lista og Skrova. Det er også mulig at selve svingningene vil kunne øke som en følge av global oppvarming. Det betyr at med et veldig høyt anslag for temperaturøkning kan temperaturen på Lista komme opp i 20 grader på den varmest tiden av året mot slutten av inneværende århundre.

Hovedfokuset i dette avsnittet vil imidlertid være å se på noen realistiske anslag for temperaturøkninger i noe nærmere fremtid og hvilke konsekvenser dette har og ikke minst betydningen av vektavhengig pris i denne sammenhengen.

I det følgende gjengir vi optimal slaktealder og maksimal nåverdi for en kohort med og uten størrelsesavhengig pris. I tilfellet med størrelsesavhengig pris antar vi at prisfunksjonen er lineær av typen

$$p(w) = a + b \cdot w$$

hvor  $a$  og  $b$  er parametre. Disse parametrene sammen med de øvrige input-parametrene er gjengitt i Tabell 1. Siden det er relative størrelser som er av interesse, antar vi en initiell utsetting identisk lik en.

Lorentzen og Hannesson (2006) estimerer parametre for tre forskjellige typer vekstfunksjon, nemlig logistisk vekst, eksponensiell vekst og von Bertalanffy

---

<sup>9</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change (FNs klimapanel).

vekstfunksjon. Sistnevnte gir ikke spesielt gode parameterverdier, og en vil her derfor konsentrere seg om de to førstnevnte i det følgende.

*Tabell 1. Inputparametre som er felles for alle kjøringene*

Fast pris	29,73
Etterspørselsparameter a	26,835
Etterspørselsparameter b	0,5825
Initiell bestand	1
Naturlig dødelighet	0,2
Diskontering	0,05

### *Logistisk vekst*

Vi ser først på tilfellet med en logistisk vekstfunksjon. Denne vekstfunksjonen er gitt ved uttrykket

$$w(t) = \frac{1}{\alpha + \beta^t}.$$

Verdien på parametrene  $\alpha$  og  $\beta$  er hentet fra Lorentzen og Hannesson (2006), og disse varierer rimeligvis med temperaturen. Optimal slaktevekt og tilhørende nåverdi uten rotasjon er gjengitt i Tabell 2.

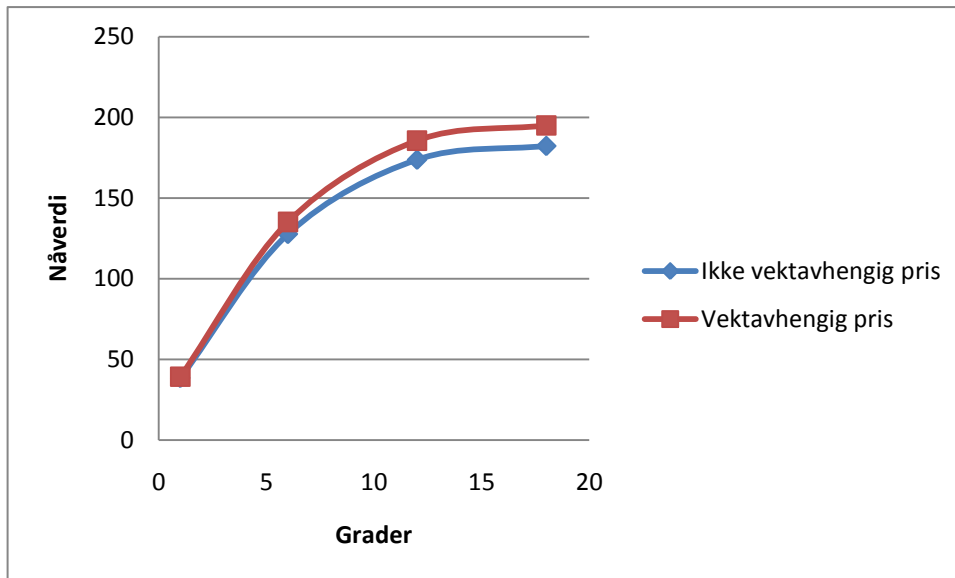
Tabell 2. Optimal slaktevekt og nåverdi med logistisk vekst og uten rotasjon.

Temperaturregime	Ikke vektavhengig pris		Vektavhengig pris	
	Vekt	Nåverdi	Vekt	Nåverdi
1 grader	5,8	38,44	6,1	39,21
6 grader	7,9	127,71	8,0	135,15
12 grader	8,4	173,78	8,46	185,56
18 grader	8,5	182,32	8,53	194,95

Vi ser at optimal slaktevekt øker fra ca. 5,8 kg ved et temperaturregime på rundt 1 grad til 8,5 kg. ved 18 grader når vi ikke tar hensyn til vektavhengig pris. Begge disse ytterpunktene, dvs. 1 og 18 grader, er urealistisk som gjennomsnittstemperaturer, og det er derfor de midterste scenariene 6 og 12 grader som er mest interessante. Videre kan verdiene for optimal slaktevekt virke høye sammenliknet med det man finner innenfor faktisk fiskeoppdrett. Grunnen til dette er at i faktisk fiskeoppdrett er det alltid rotasjon, dvs. utsetting av en ny generasjon når den gamle blir slaktet. Tilfellet uten rotasjon er derfor ikke helt representativt, men det er med for sammenlikningens skyld.



Figur 1. Netto nåverdi som funksjon av temperaturregime med logistisk vekst uten rotasjon.



Det er interessant å se hvordan nåverdien av aktiviteten som mål på den totale lønnsomheten øker med økende temperatur, noe som er gjengitt i Tabell 2 og også illustrert i Figur 1. Selv om nåverdien øker med økende temperatur, øker den ikke lineært. Det er langt mer å hente i form av økt verdiskapning ved økende temperatur når temperaturen i utgangspunktet er lav. For temperaturer under 10 grader er gevinsten betydelig, mens for temperaturer over 15 grader er der nesten ingen gevinst. Vi ser også at når vi tar hensyn til vektavhengig pris, er verdiskapingen målt ved nåverdien høyere. Og ikke bare det, men forskjellen mellom tilfellet med og uten vektavhengig pris øker jo høyere temperaturen er. Ved en grader er det nesten ingen forskjell, mens ved 18 grader er forskjellen syv prosent.

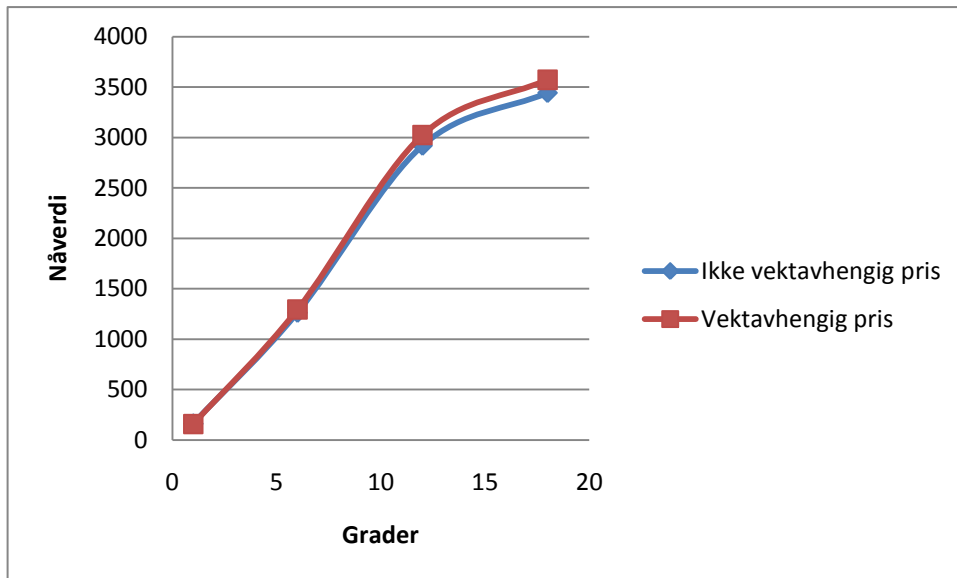
Det neste vi ser på er hvordan resultatene påvirkes av at vi tar hensyn til rotasjonsproblematikken. For denne situasjonen er resultatene gjengitt i Tabell 3. Som forventet går slaktevekten ned når man tar hensyn til

rotasjonsproblematikken siden man må ta hensyn til at det skal settes ut ny fisk i samme lokalitet. Dette gir både mer realistiske og mer representative resultater. Nå blir dessuten den optimale rotasjonsperioden interessant, og den avtar ved økende temperatur. Det mest interessante er likevel verdiskapningen målt ved nåverdien, og den øker også i dette tilfellet kraftig etter hvert som temperaturen stiger. Den samlede nåverdien i dette tilfellet kan imidlertid ikke sammenliknes med nåverdien uten rotasjon siden sistnevnte bare ser på en generasjon med settefisk mens førstnevnte tar hensyn til en uendelig rekke med utsettinger.

*Tabell 3. Optimal slaktevekt, nåverdi og rotasjonsperiode med logistisk vekst.*

Temperaturregime	Ikke vektavhengig pris			Vektavhengig pris		
	Rotasjons periode	Vekt	Nåverdi	Rotasjons periode	Vekt	Nåverdi
1 grader	6,0	3,6	163	5,0	4,2	159
6 grader	1,9	6,1	1263	2,0	6,5	1295
12 grader	1,1	6,6	2919	1,1	7,0	3024
18 grader	0,9	6,7	3442	1,0	7,0	3572

Figur 2. Netto nåverdi som funksjon av temperaturregime med logistisk vekst og rotasjon.



Forskjellen mellom tilfellet med og uten vektavhengig pris er nå mindre enn for tilfellet uten rotasjon, nemlig knapt fire prosent forskjell ved den høyeste temperaturen. Det mest interessante av alt er imidlertid at forskjellen ikke bare er mindre ved lavere temperatur; den skifter til og med fortegn. Det vil si at ved den laveste temperaturen vi ser på, en grad, så er nåverdien marginalt høyere i tilfellet med ikke vektavhengig pris.

*Eksponensiell vekst*

Den neste vekstfunksjonen vi ser på er den eksponensielle. Den er gitt ved funksjonen

$$w(t) = e^{\alpha - \frac{\beta}{t}}$$

og igjen er parameterverdiene ved ulike temperaturer hentet fra Lorentzen og Hannesson. Verdien på parametrene  $\alpha$  og  $\beta$  varierer med temperaturen mens de øvrige inputparametre er som i Tabell 1. Resultatene med hensyn til optimal slaktevekt og verdiskapning uten rotasjon er gjengitt i Tabell 4.

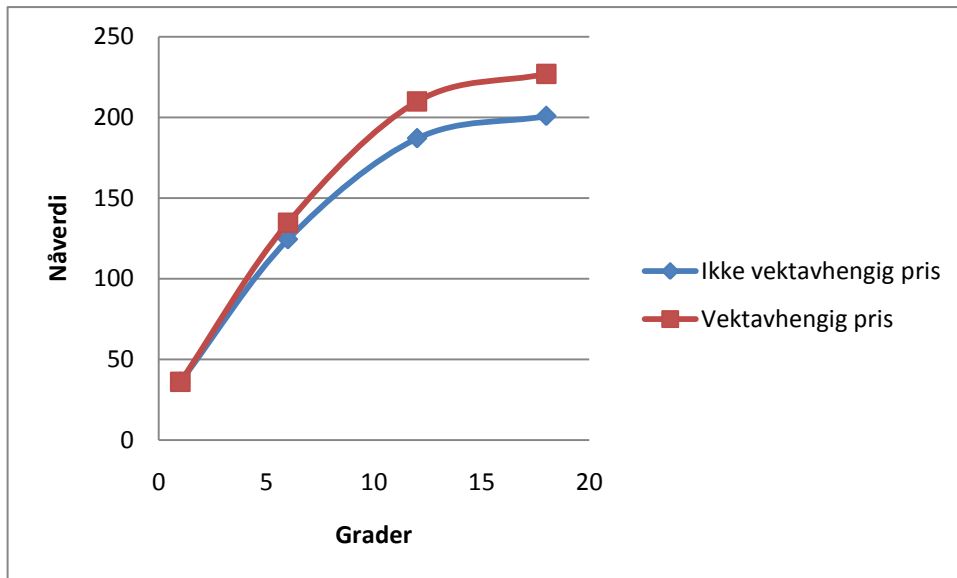
*Tabell 4. Optimal slaktevekt og nåverdi med eksponensiell vekst og utenrotasjon.*

Temperaturregime	Ikke vektavhengig pris		Vektavhengig pris	
	Vekt	Nåverdi	Vekt	Nåverdi
1 grader	4,8	36,1	5,1	36,1
6 grader	8,9	124,4	9,5	134,7
12 grader	10,9	187,0	11,5	209,8
18 grader	11,3	200,8	11,9	226,9

Vi ser fra Tabell 4 at i tilfellet uten rotasjon får vi en unaturlig høy optimal slaktevekt. Dette fordi en i dette tilfellet tenker seg fiskeoppdrett som et

engangsfenomen og ikke som en gjentatt aktivitet. Dette er opplagt ikke i overensstemmelse med virkeligheten, men dette tilfellet er likevel tatt med for totalitetens skyld og fordi det kan være interessant å sammenlikne. Optimal slaktevekt øker med økende temperatur som følge av økt biologisk produktivitet, og som forventet øker også verdiskapningen målt ved netto nåverdi. Optimal slaktevekt er gjennomgående høyere når vi tar hensyn til vektavhengig pris. Dette er som forventet siden en da ønsker å dra nytte av at prisen for stor fisk er høyere enn for mindre fisk. Ved veldig lave temperaturer er imidlertid verdiskapningen tilnærmet den samme med og uten prisavhengighet. Det er derfor interessant å merke seg at forskjellen i verdiskapning i tilfellet med og uten vektavhengig pris er større jo høyere temperaturen er. Ved en temperatur på 18 grader er denne forskjellen på over 13 prosent. Hvordan denne forskjellen i verdiskapning stiger med stigende temperatur er illustrert i Figur 3.

Figur 3. Netto nåverdi som funksjon av temperaturregime med eksponensiell vekst uten rotasjon.



Tabell 5. Optimal slaktevekt, nåverdi og rotasjonsperiode med eksponensiell vekst.

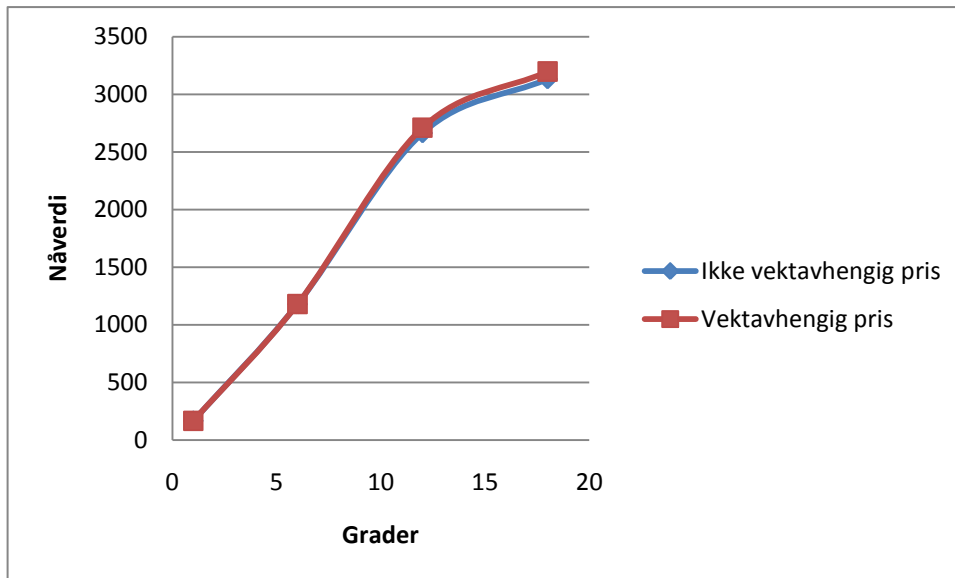
Temperaturregime	Ikke vektavhengig pris			Vektavhengig pris		
	Rotasjons periode	Vekt	Nåverdi	Rotasjons periode	Vekt	Nåverdi
1 grader	4,0	2,9	165,4	4,2	3,1	165,8
6 grader	1,7	4,8	1177,5	1,8	5,3	1179,6
12 grader	1,0	5,6	2662,4	1,1	6,2	2710,8
18 grader	0,9	5,7	3131,1	1,0	6,4	3197,2

Når vi tar hensyn til at fisk som slaktes kontinuerlig erstattes med ny settefisk, får vi resultatene som er gjengitt i Tabell 5. Vi ser her at tallene både for optimal

slaktevekt og for rotasjonsperiode er mer i samsvar med det en observerer i virkeligheten med unntak for hva som er tilfelle ved en grads temperatur. Dette er en urealistisk lav temperatur og drive fiskeoppdrett ved, men den er likevel tatt med for totalitetens og for sammenlikningens skyld. Vi må her også ta forbehold om at parameterverdiene kan være usikre siden en så lav temperatur ligger utenfor det området en har gode observasjoner for.

Vi ser at optimal slaktevekt øker med økende temperatur samtidig som den optimale rotasjonsperioden går ned. Fordelen av at fisken vokser raskere utnyttes altså både i form av at den er litt større når den slaktes og ved at man setter ut fisk oftere. Dette gir selvfølgelig gevinst i form av høyere verdiskapning, og igjen ser vi at forskjellen mellom tilfellet med og uten vektavhengig pris øker jo høyere temperaturen er. Verdiskapningen er høyest med vektavhengig pris fordi denne sammenhengen blir utnyttet på en optimal måte. Imidlertid er forskjellen mye mindre enn den var i tilfellet uten rotasjon, nemlig bare to prosent mot 13 prosent ved en temperatur på 18 grader. Ved den laveste temperaturen er der nesten ingen forskjell verken med eller uten rotasjon. Dette er illustrert i Figur 4, og ved å sammenlikne denne med Figur 3 ser en også at forskjellen i verdiskapning er mye mindre i tilfellet med rotasjon.

Figur 4. Netto nåverdi som funksjon av temperaturregime med eksponensiell vekst og rotasjon.



## OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER

I dette kapitlet har vi sett på konsekvensene for fiskeoppdrett på Vestlandet av klimaendringer og global oppvarming. De mest interessante resultatene er at verdiskapningen fra oppdrett entydig øker med temperaturen både med og uten størrelsesavhengig pris. Et nytt resultat som stammer fra dette arbeidet, og som så langt vi kan se ikke har vært rapportert tidligere, er at verdiskapningen gjennomgående er størst når en tar hensyn til vektavhengig pris selv om den gjennomsnittlige prisen er den samme. Og kanskje enda mer interessant er det at forskjellen mellom verdiskapning med og uten vektavhengig pris øker med økende temperatur. Den siste effekten er så kraftig at forskjellen i verdiskapning faktisk skifter fortegn. Det vil si at ved svært lave temperaturer er det tilfellet med konstant pris som gir størst verdiskapning.

Hovedkonklusjonen i dette kapitlet må imidlertid være at fiskeoppdrett er en av de næringene som overveiende vil oppleve positive effekter av høyere



temperatur, og hovedårsaken til dette er at høyere temperatur gir raskere vekst. Denne effekten vil sågar forsterkes når en tar hensyn til at prisen kan avhenge av størrelsen på fisken.

## **APPENDIKS B: GLOBAL OPPVARMING OG SKISTEDET VOSS**

IPCC (2007) vurderer næringer knyttet til vinterturisme som potensielt svært sårbare overfor global oppvarming. Videre dokumenterer flere arbeider at lavereliggende skidestinasjoner i flere land står overfor til dels store utfordringer i tiden fremover om prediksjonene om global oppvarming slår til. Dette gjelder også for vinterturisme i de Nordiske land, Norden (2005). Samtidig omtales flere muligheter for hvordan skidestinasjoner kan tilpasse seg global oppvarming. Denne rapporten diskuterer, med bakgrunn i internasjonal litteratur på området, utfordringer og muligheter knyttet til global oppvarming for Voss kommune som skidestinasjon.

Voss er den største kommunen i Hordaland fylke i geografisk utstrekning, og omtrent 2/3 av arealet ligger over 600 moh. Det er ca 13.700 innbyggere i kommunen, hvor omlag halvparten av disse bor i sentrum eller sentrumsnært område. Per 2007 hadde Voss anslagsvis 5.500 arbeidstakere og 32 % av arbeidsstokken arbeidet i offentlig tjenesteyting. 25 % av arbeidsstokken er sysselsatt innen handel, transport, hotell og restaurant, og denne næringen er dermed den nest største på i Voss kommune.<sup>10</sup> Voss er i stor grad en helårs turistdestinasjon, men i denne rapporten vurderer vi utfordringer og muligheter for Voss i første rekke som skidestinasjon. I følge Norden (2005) er turistindustrien i Norge relativt liten som andel av BNP, men samtidig er reiselivsnæringene på mange mindre steder viktig, en studie av Voss kan således representere en viktig del av turistindustrien i Norge.

På grunn av relativt lav beliggenhet, kan global oppvarming skape utfordringer for turistindustrien på Voss. Turister som besøker Voss er ofte ute etter naturoplevelser, og aktivitetene Voss tilbyr er i stor grad sesong- og

---

<sup>10</sup> Kilder vedrørende aspekter ved Voss kommune er hentet fra Statistisk sentralbyrå, [www.voss.no](http://www.voss.no), [www.visitvoss.no](http://www.visitvoss.no) og [www.norge.no](http://www.norge.no)

klimaavhengige. Først og fremst gjelder dette selskaper direkte knyttet til Voss som skidestinasjon, men også andre næringer som indirekte påvirkes av reiselivsnæringen. Rosalind (2002) har gjennomgått en rekke analyser av skidestinasjoner i Australia, Østerrike, Sveits, Skottland, Canada og USA, hvor det i samtlige analyser predikeres at lavereliggende skidestinasjoner vil oppleve negative konsekvenser som følge av global oppvarming.

Det er vanskelig å predikere hvordan global oppvarming vil påvirke økonomien, både globalt, nasjonalt og spesielt for mindre samfunn som Voss. Oftest antas at temperaturen øker om vinteren, noe som gir kortere skisesonger, samt dårligere snødekke i den gjenværende sesongen. Effekter av historisk unaturlig varme vintre brukes som anslag på hvordan global oppvarming vil påvirke reiselivet for skidestinasjoner. Spesielt omtales vintrene fra 1987/88 til 1989/90 som spesielt vanskelige for operatører i mellom annet Sveits og Østerrike, ikke bare fordi de var spesielt snøfattige, men på grunn av at en opplevde tre snøfattige sesonger på rad. Dette ga redusert etterspørsel etter skidestinasjonenes tjenester, og økonomiske vanskeligheter for mange aktører. Norden (2005) påpeker at det også forventes et lavere antall skiturister til Nordiske land, men økt antall sommerturister som følge av global oppvarming. Reduksjonen av skiturister trenger ikke bare forklares med at snømengdene går ned, men at permanent dårligere snømengder globalt reduserer interessen for å gå på ski. Men bildet er ikke entydig, det viser seg at enkeltstående milde vintre gir en reduksjon i reisende til destinasjoner med dårlig snøforhold, men også en økning i antall reisende til destinasjoner med gode snøforhold. Erfaringer fra snøfattige vintre og de over omtalte årene fra Mellom-Europa har således gitt lærdom knyttet til både utfordringer og muligheter som ulike skidestinasjoner står overfor, gitt et varmere klima. Tre observasjoner går igjen i de fleste undersøkelser som ser på snøfattige vintre (og effekter på skidestinasjoner) i andre land. For det første forventes store geografiske variasjoner vedrørende hvor snøfattige vintre

påvirker ulike skidestinasjoner. Dette mønsteret kan i stor grad forklares med hvor snøsikre de ulike destinasjonene er. Mens vinterdestinasjoner i for eksempel østlige deler av Nord-Amerika i liten grad må benytte seg av produksjon av snø, er dette i langt mindre grad vanlig for destinasjoner som ligger i vestlige deler av Nord-Amerika, Scott *et al* (2003). For det andre er det store variasjoner knyttet til hvordan ulike sektorer innen reiselivsnæringen påvirkes av snøfattig vintre. Overnattingssektoren er i mange tilfeller langt mindre utsatt enn heisoperatører. Det er også slik at heisoperatører innen den samme regionen påvirkes ulikt, mens lavereliggende heisoperatører opplever større tap erfarer høyereliggende heisoperatører i noen tilfeller økning i omsetningen som følge av snøfattige vintre. Til sist omtaler litteraturen en rekke tiltak som kan gjennomføres lokalt som reduserer de enkelte skidestinasjonenes sårbarhet overfor snøfattige vintre. I rapportens tredje del diskuterer vi fire typer tiltak som gjennomføres blant en rekke skidestinasjoner for best mulig å være rustet til å møte utfordringer ved global oppvarming.

Så til tross for at skidestinasjonen Voss potensielt står overfor store utfordringer i relasjon til global oppvarming, er det flere muligheter til å tilpasse seg økningen i temperaturer og de forventede endringene i konkurransen om reisende. I den første delen diskuterer vi hvor viktig turistnæringen er for Voss kommune, avgrenset til økonomisk og sysselmessige betydning. Kapitlets andre del vurderer utfordringer for skidestinasjoner i et scenario med stigende temperaturer. Til sist diskuteres ulike tilpasningsstrategier for lavereliggende skidestinasjoner med bakgrunn i internasjonal litteratur.

### **Reiselivet i Voss kommune**

Turistindustrien i Norge er i stor grad basert på opplevelser knyttet til naturen, og på Vestlandet er fjordturisme den største aktiviteten. Reiselivet på Voss er i

stor grad basert på skiturisme vinterstid, og således noe forskjellig fra reiselivet ellers på Vestlandet. I Norge (og Norden) utgjør reiseliv en liten andel av nasjonalt BNP, men for mange småsamfunn er reiselivet en viktig sektor, Norden (2005). Dette gjelder også for Voss kommune, og under vil vi først kort beskrive reiselivet i kommunen, samt vurdere hvordan økonomien avhenger av vintersesongen.

En stor andel av turistkonsumet i Voss kommune er relatert til utendørsaktiviteter, dette gjelder både vinter som sommer, Andersen (2003). Om vinteren er Voss den største skidestinasjonen på Vestlandet, med Voss Resort fjellheisar som den største. På dette anlegget har de per 2007 ca 40 km med preparerte alpinløyper, 10 trekk og gondolbane fra sentrum. Voss Resort fjellheisar har også snowboardpark og eget barneområde, samt at de driver skiskole og tilbyr skiutleie. I tillegg har Voss kommune også en skidestinasjon i Myrkdalen, Voss fjellandsby, som er et skianlegg under utbygging. De planlegger investeringer i størrelsesorden 700 til 800 millioner kroner, og vil etter utbyggingen bli et av Norges største skianlegg.

Om sommeren er også utendørsaktiviteter sannsynligvis viktig for turister som reiser til Voss kommune. Aktiviteter som fjellvandring, fjellklatring, jakt og fiske, rafting, elvepadling og andre vannsportaktiviteter, samt luftsport tilbys på Voss. Sommeraktivitetene på Voss beskrives veldig godt av ekstremsportveko, et årlig arrangement som tiltrekker seg unge fra mange land for en uke med (ekstrem)sport og underholdning. Denne festivalen, sammen med vinterveko, er også i ferd med å skape et omdømme for Voss som en destinasjon med gode muligheter for ekstremaktiviteter. Det er også andre bedrifter på Voss som relateres til reiselivsnæringen. Museer og ulike kulturtilbud tilbys de reisende i løpet av året, mellom annet har Galleri Voss utstillinger i sentrum av Voss. Videre arrangeres ulike musikkfestivaler som bluesfestivalen og osafestivalen, som har fokus på henholdsvis klassisk musikk og folkemusikk. Fellesnevnerne

for reiselivet på Voss er natur- og utendørsaktiviteter, og reiselivet på Voss kan derfor bli påvirket av klimaendringer. Under vil vi kort skissere statistikk for reiselivsnæringen på Voss, data er hentet fra Andersen (2003).

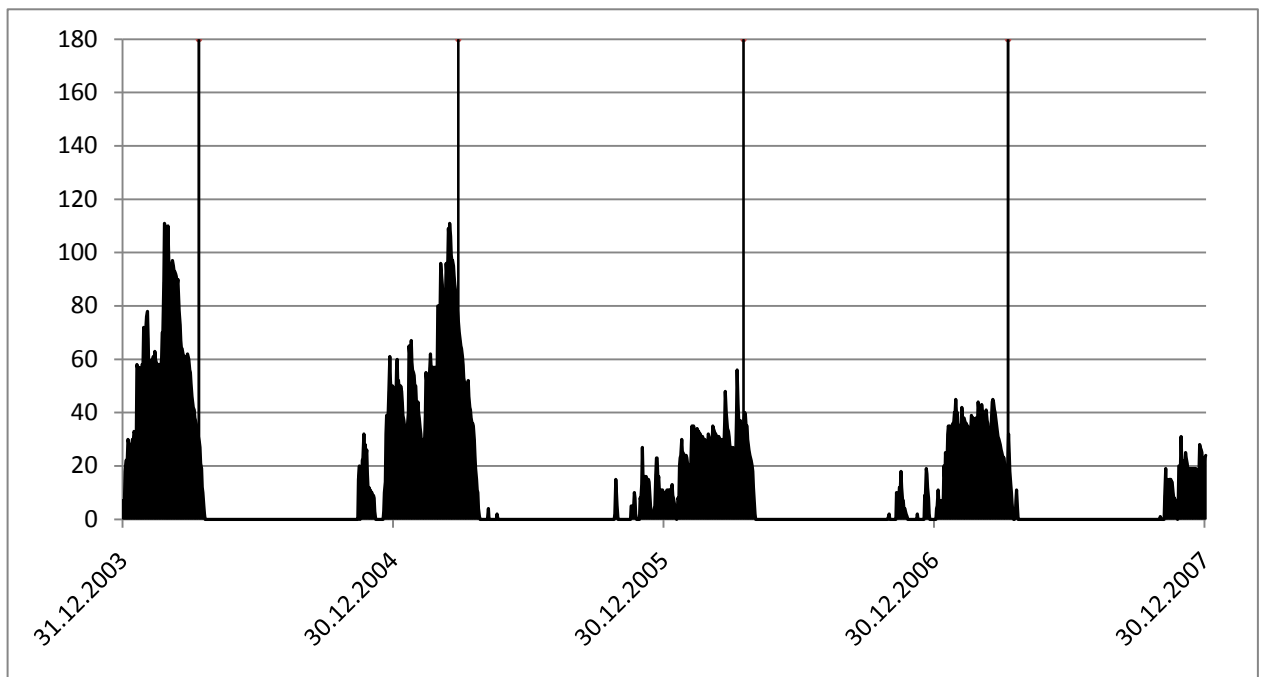
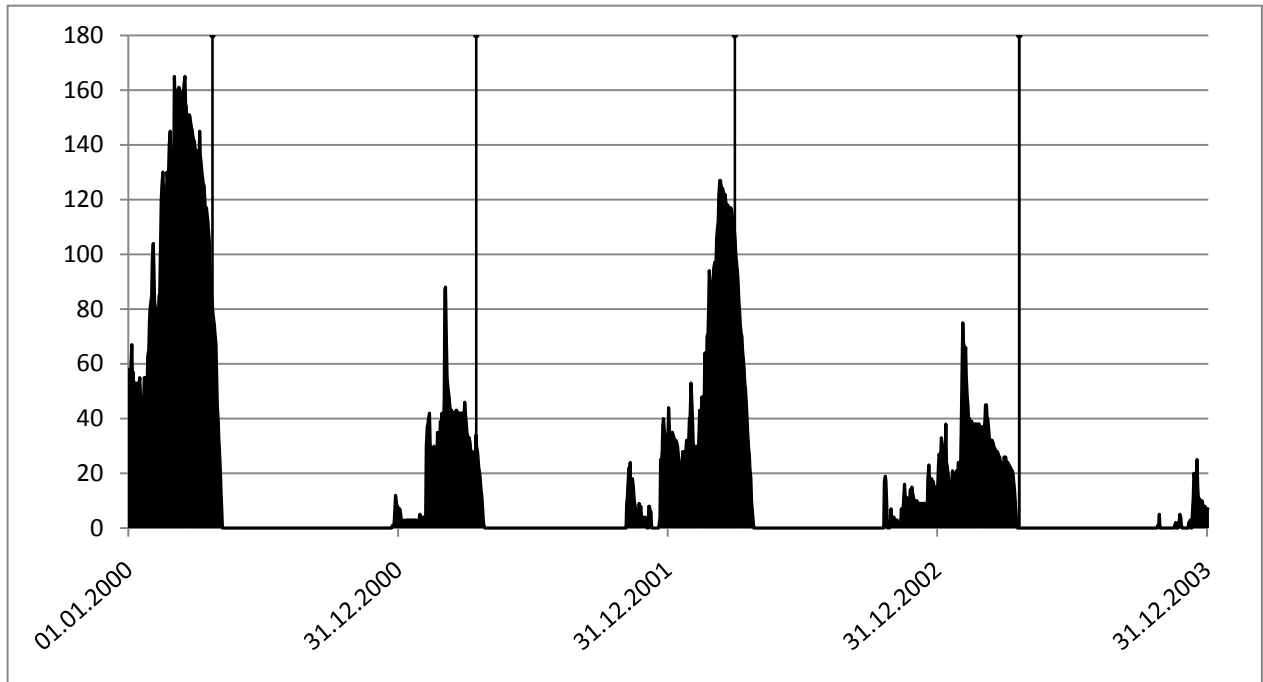
*Tabell 1: Reiselivsnæringen i Voss kommune*

	ANTALL BEDRIFTER	ANTALL SYSSELSATTE	OMSETNING (1.000 NOK)
Hotell	79	358	151.654
Annen overnatting	8	14	4.699
Restaurant	16	94	31.229
Landtransport	22	109	31.375
Innenriks sjøfart	-	-	-
Elver og innsjø	-	-	-
Lufttransport	1	8	-
Reisebyrå	9	35	-
Bilutleie	-	-	-
Anne utleie tranp.	-	-	-
Fjellheiser			
<b>SUM</b>	<b>79</b>	<b>618</b>	<b>260.791</b>

Flere trekk ved reiselivsnæring på Voss fremgår av Tabell 1 over. For det første er reiselivsnæringen en relativt stor aktør for Voss kommune. Videre viser Andersen (2003) for årene 1999 til 2001 at utnyttelsen av rommene på Voss (48 %), noe som er langt lavere enn for eksempel i Bergen (ca 67 %), dette kan indikere at hotellnæringen i Bergen har lenger sesong enn på Voss.

Vi har samlet inn data fra meteorologisk institutt vedrørende temperatur og snødekke for årene 2000-2007. Snødekket i Voss kommune er variabelt, både mellom år og etter høyde på målestasjonen. Voss kommune ligger også i skillet mellom kystklima og innenlandsklima, de vestlige delene av kommunen er derfor i stor grad preget av kystklima, mens østlige deler preges av innenlandsklima. Snømengder blir sett på som en av de viktigste faktorene for lønnsom drift for skidestinasjoner, og som en ser av figuren under, er det store variasjoner mellom årene. Mens årene 2000 og 2002 var gode år med snødybder over 100 cm i Øvstedalen, var årene 2001, 2003 og 2007 dårlige år med snødybder over 50 cm bare i kortere perioder. En annen parameter som anvendes for å beskrive snømengder på skidestinasjoner er antall dager i sesongen med snø over for eksempel 25 cm. I 2000 var det i Øvstedalen 124 dager med snødybder over 25 cm, men 70 dager i 2001. Årene 2003, 2006 og 2007 var også dårlige snøår etter denne indikatoren, med henholdsvis 65, 75 og 77 dager med snø eller mer. Årene 2002, 2004 og 2005 var derimot gode snøår med henholdsvis 104, 110 og 109 dager med over 25 cm snø. Til sist er det også avgjørende at det er gode snøforhold i de beste delene av sesongen. Skidestinasjoner har store inntekter i spesielt jule- og påskehøytiden, samt vinterferier. I figurene under har vi illustrert snømengdene i cm i perioden 1 januar 2000 til 31 desember 2007.

Figur 1: Snømengder i Øvstedalen, kilde: Meteorologisk institutt. a)



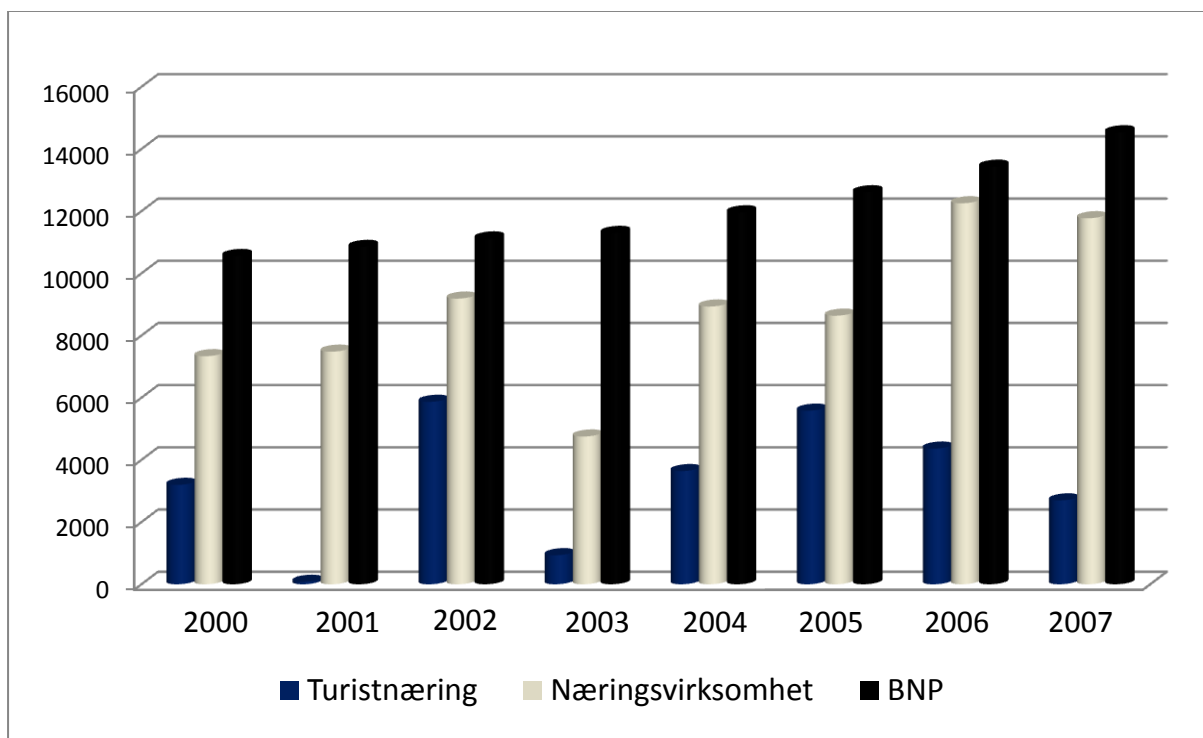
a) Den vertikale aksen måler snødybde i centimeter, dato langs den vertikale aksen.

Som en ser av figuren over var snøforholdene julen 2000, 2003 og 2006 dårlige med under 20 cm snø på målestasjonen i Øvstedalen. Stolpene som rekker helt til toppen av figurene angir siste helgen i påskehøytiden i de ulike årene. Like



ens var snøforholdene i påsken 2002 dårlig med målinger på 0 cm snø i Øvstedalen. Dataene fra Meteorologisk institutt samsvarer godt med de dataene som Voss skiresort oppgir til nettstedet [www.skiinfo.no](http://www.skiinfo.no). Men på grunn av snøproduksjon er snøforholdene betraktelig bedre i skiløypene enn ved målestasjonene til meteorologisk institutt. Vi har også samlet sammen økonomiske data for reiselivsbedrifter i Voss kommune, samt bedrifter som ikke kan relateres direkte til reiselivsbransjen. Vi ser ikke på data for enkeltbedrifter, men utelukkende på gjennomsnitt av bedrifter i de to kategoriene. Dette for å illustrere de potensielle økonomiske effektene av snøfattige vintre for næringslivet på Voss.

Figur 1: Anslag på økonomisk aktivitet for ulike næringer, samt nasjonalt brutto nasjonalprodukt (BNP) for årene 2000 til 2007.



Veksten til næringene på Voss kommune (som ikke antas direkte relatert til skiturisme) ser ut til å følge utviklingen i BNP i stor grad. Det første en kan se

er at de tre dårligste snøårene sammenfaller med de tre dårligste årene for lønnsomhet i turistnæringen.

Året 2004 er spesielt siden det er relativt mange døgn med snømengder over 25 cm, men samtidig lav lønnsomhet i turistnæringen. Dette kan delvis forklares med at det var svært dårlige snøforhold i påsken dette året, samt dårlige snøforhold i uke 1 og 52, som tradisjonelt er en viktig bidragsyter for lønnsomheten. Snøforholdene kan bare delvis forklare den omvendte observasjonen for 2006, med relativt få døgn med gode snømengder, men også høy lønnsomhet. I påsken 2006 var det svært gode snøforhold på Voss, også for målestasjonen på Bulken. Den store variasjonen i snøforholdene mellom år gir potensielt økonomiske utslag for næringene som driver i Voss kommune. På den ene siden vil aktører som i stor grad er direkte relatert til skiturisme i stor grad være påvirket av de årlige variasjonene i snøforhold. Andre aktører innen reiselivsbransjen, som Hotell Fleischer, er sannsynligvis diversifisert til også å tilby reiselivstjenester som i mindre grad er påvirket av årlige variasjoner av været. Næringer utenfor reiselivsbransjen vil i mindre grad være berørt av variasjoner i snøforhold.

Som en ser av figurene over er det i stor grad samvariasjon mellom fortjenesten i reiselivsnæringen og snømengdene i Voss kommune. I tillegg vet vi at reiselivsnæringen er den nest største (private) næringen i Voss kommunen og således kan effektene over også påvirke bedrifter som indirekte er knyttet til reiselivsnæringen, samt offentlig skatteinngang.

## Utfordringer

Om klimaendringene som forventes slår til, IPCC (2007), vil dette kunne skape store økonomiske utfordringer for reiselivsnæringen på Voss. Disse utfordringene er knyttet til tre aspekter ved etterspørselen etter reiselivstjenester. For det første konkurrerer skidestinasjoner i Norge med mellom annet storbyferier i Europa og uketurer til Sør-Europa når det gjelder markedet for familieferier. Både årlige variasjoner i snødekke og langsiktige trender i temperaturer kan påvirke den relative konkurranseposisjonen for Voss. For det andre har en andel av de potensielle besøkende til Voss anledning til å velge andre destinasjoner i Norge, og til dels i Norden og Europa. Til sist konkurrerer skidestinasjoner med andre typer fritidsaktiviteter om vinteren. Dette innebærer at potensielle turister i stor grad kan tilpasse seg endringer i været, både på kort og lang sikt. For eksempel kan reisende i snøfattige år velge å reise sørover i stedet for å besøke norske skidestinasjoner, mens en på kort sikt kan utsette en helg på en norsk skidestinasjon i tilfelle dårlig vær.

En spørreundersøkelse gjennomført i Sveits ser nettopp på hvordan skiturister vil respondere når det gjelder snøfattige vintre. For det første vil nærmere 33% av respondentene redusere sine skiaktiviteter i dårlige sesonger. Om lag halvparten av respondentene vil ønske å opprettholde aktivitetsnivået. 20% vil søke seg til skidestinasjoner med bedre snøforhold, mens 20% ønsker å fortsette med skiaktiviteter i det samme anlegget. Lignende spørreundersøkelser gir lignende resultater også for skidestinasjoner i Australia og Østerrike, se Koenigg og Abegg (1997). Dette innebærer at et varmere klima kan medføre lavere total etterspørsel etter reiselivstjenester hos skidestinasjoner. Dette er også omtalt i Norden (2005) for skiturisme til Norge. I Mellom-Europa anses mindre lavereliggende områder nært byer som viktige for å opprettholde den generelle interessen for skisport, og om disse legges ned frykter en at langt færre vil begynne med skisport, og heller velge andre typer vinteraktiviteter,

Scott and McBoyle (2006). Bakgrunnen for dette er at denne typen skidestinasjoner er viktige for nybegynnere og småbarnsfamilier, og således skaper etterspørsel etter skidestinasjoners tjenester på lang sikt.

Et varmere klima påvirker heller ikke alle skidestinasjoner likt. Harrison *et al* (1997) omtaler mulighetene skiturister har til å tilpasse seg værforhold både når det gjelder valget mellom ulike tidspunkt for reise, og mellom ulike skidestinasjoner. I perioder med dårlig vær utsettes i mange tilfeller utendørsaktiviteter. Studier viser at turister reiser til snøsikre destinasjoner i perioder med lite snø. Dette begrunnes ikke bare med været på skidestinasjonene, men også i de nærliggende byene, hvor mange av de reisende kommer fra. Undersøkelser fra USA støtter den såkalte "urban backyard"-hypotesen, Scott and McBoyle (2006). Denne tilsier at værforholdene i byer som ligger i nærheten av skianlegg forklarer etterspørselen etter reiselivstjenester i fjellet. Med andre ord, det finnes dager hvor forholdene for ski i fjellet er bra, men på grunn av at været i byene omkring skidestinasjonen er dårlig vil etterspørselen etter skitjenester være lavere. Videre finner Scott *et al* (2003) et negativt forhold mellom snøforholdene i en skisesong og utnyttelsesgraden av heisanleggene. I sesonger med dårlige snøforhold er utnyttelsesgraden (prosentvis) i anlegget høyere enn i perioder med veldig gode snøforhold. Dette indikerer at i snøfattige år velger skiturister å reise når de først har muligheten, mens skiturister i snørike år lettere utsetter dagsturer og helgeturer.

Noen skidestinasjoner kan også oppleve økt omsetning som følge av et varmere klima. Det viser seg at skidestinasjoner som ligger på isbreer i Sveits tjener mye på snøfattige vintre. Antallet personer som fraktes i heisanleggene på isbreer i Sveits (Engelberg, Verbier, Diablerets og Montana) økte markant i de omtalte

årene med snøfattige vintre.<sup>11</sup> Andre lavereliggende destinasjoner opplevde derimot en nedgang. Myrkdalen skidestinasjon har hatt 4 meter snø i en lang periode i sesongen 2007/2008, og var således en av destinasjonene i Norge med mest snø. Voss som skidestinasjon kan således være en av destinasjonene som kan se på global oppvarming som en mulighet for økt omsetning om vinteren.<sup>12</sup>

Bildet over kan relateres til internasjonale studier, hvor spesielt temaet *snøsikkerhet* går igjen i de fleste studier. Snøsikkerhet går på både snødybde, lengden på perioden med god snødybde, og kvalitet på snøen i de perioder med tilstrekkelig snødekke. Definisjonen av tilstrekkelig snødekke varierer mellom ulike skidestinasjoner, men oftest brukes 30-50 cm med snø som minimum for skianlegg (ikke alltid identisk for langrenn). I Sveits omtales dette med bakgrunn i 100-dagers regelen. Burki (1999) diskuterer et mål på snøsikkerhet i Sveits med 7 av 10 år med snødybder mellom 30-50 cm i minst 100 dager i perioden 1. desember til 15. april. I Sveits omtales destinasjoner som ligger over 1.200 moh som snøsikre med dagens temperaturer, men om spådommene for klimaendringer slår til (+3°C) er det forventet at snøgrensen flytter 300 meter opp, og bare destinasjoner som ligger 1.500 moh anses som snøsikre. Burki (1999) anslår at 83 % av skidestinasjonene i Sveits i dag kan anses som snøsikre, men at dette tallet vil falle til 63 % om snølinjen stiger med 300 m. Tidspunkt for snøsikkerhet er også viktig for den økonomiske utviklingen hos skidestinasjonene. I Østerrike/Sveits er jule- og nyttårshelgene, samt februar måned ansett for viktige måneder med stor grad av snøsikkerhet. I USA (Arizona) er de viktige periodene jule- og nyttårsperioden, Martin Luther King-helgen, samt ferieukene for skoler.

---

<sup>11</sup> For eksempel transporterte Montana-anlegget omlag 250.000 reisende i årene 1985/86 til 1988/89, men de i de tre påfølgende snøfattige årene transporterte mellom 500.000 og 700.000 personer.

<sup>12</sup> Det er også forventet at turistdestinasjoner vil tilpasse seg endringer i demografiske forhold. I de nærmeste tiårene vil det være en vekst i antall eldre, og det forventes en økning i tilbudet av turistaktiviteter for denne gruppen. Mellom annet omtales "wellness-turisme" og kulturaktiviteter som viktige for å tiltrekke seg denne gruppen med potensielt stor kjøpekraft.

En forståelse for hvordan global oppvarming slår ut for enkelte skidestinasjoner må også ta utgangspunkt i de relevante konkurrentene. Som omtalt over, konkurrerer Voss i denne sammenhengen med destinasjoner på for eksempel Kanariøyene om vinterferiebesøkende, og med skidestinasjonen Geilo om helge- og dagsturister. Til sist konkurrerer skidestinasjonen Voss med andre aktiviteter som tilbys potensielle skiturister, for eksempel i Bergen. Kundene som etterspør reiselivstjenester på Voss har således fleksibilitet langs flere dimensjoner på kort sikt. Global oppvarming er i tillegg et langsiktig fenomen, og en utfordring for skidestinasjoner blir derfor å opprettholde interessen for skisport. Det er også verdt å merke seg at lærdommen fra enkeltstående snøfattige vintre (eller tre) ikke nødvendigvis gir et fullgodt bilde på forventede endringer på lang sikt. Reduserte snømengder kan gi redusert interesse for vinteraktiviteter, noe som kan være en trussel for skidestinasjoner. For små samfunn som bygger på turisme generelt og vinterturisme spesielt, vil det være avgjørende at en klarer å vedlikeholde et tilstrekkelig aktivitetsnivå på vinterstid, samt å øke aktivitetsnivået på sommerstid, dette diskuteres i det neste kapitlet.

## Muligheter

Til tross for at global oppvarming medfører at de eksisterende skianleggene sannsynligvis vil oppleve færre skidager med god snøkvalitet og færre skidager samlet sett, gjennomføres tiltak på skidestinasjonene i de fleste land for å sikre seg mot både reduserte snømengder samt større variasjon i snømengdene. I dette avsnittet diskuterer vi fire tiltak som også er omtalt i den internasjonale litteraturen, snøproduksjon, tilpasning av skitraséer, diversifisering og samarbeid.

### *Produksjon av snø*

Det viktigste tiltaket som skidestinasjoner kan gjennomføre er å produsere snøen kunstig. Dette er gjennomført som tiltak i flere anlegg hvor snøsikkerheten fra naturens siden har gått ned. I USA, Japan og Mellom-Europa er dette en svært viktig strategi for sikring mot snøfattige vintre, men i mindre grad i Canada, Koenig (1997).

Produksjon av snø muliggjør både en forlengelse av skisesongen, samt en økning av kvaliteten på den naturgitte skisesongen. Dette gir således muligheter til å øke snøsikkerheten mellom sesonger og innen sesonger. I USA kan produksjon av snø i noen tilfeller øke skisesongen med så mye som 55 til 120 dager, Scott (2003). Produksjon av snø øker således sannsynligheten for at en skidestinasjon oppnår et tilstrekkelig antall dager med snø (ref.: 100-dagers regelen i Alpene). Like viktig er nok bidraget fra snøproduksjon i relasjon til de viktigste ukene (jul, nyttår, påske- og vinterferie) som i stor grad bidrar til inntektene til skidestinasjonene i Norge. I noen sesonger kan snøproduksjon være avgjørende for å kunne drifte skianlegg i tilfeller påsken kommer sent om våren. Både muligheten til å øke antall skidager, samt å øke snøsikkerheten i de periodene hvor inntektene er store, gir at snøproduksjon anses som det viktigste tiltaket for å møte utfordringer relatert til global oppvarming. Scott (2003)

illustrerer hvordan snøproduksjon i Nord-Amerika vil bli enda viktigere om prediksjonene om global oppvarming slår til.

Til tross for at snøproduksjon sannsynligvis er den viktigste faktoren for skidestinasjonenes mulighet for å tilpasse seg global oppvarming, er det økonomiske, miljømessige og etterspørselsmessige begrensninger for hvor mye kunstig snøproduksjon kan anvendes. For det første er snøproduksjon energiintensivt, produksjon av tilstrekkelige mengder kunstsne i snøfattige år kan derfor bli svært kostbart. Rosalind (2002) viser til at behovet for økning i snøproduksjon innen 2080 (som analysert i Scott (2003) over) tilsvarer mellom en tredobling og femdobling av dagens snøproduksjon. Dette vil kreve store investeringer i anlegg, samt en stor økning i energibehovet for selve produksjonen av snø, og kan således være en svært kostbar strategi for skianleggene. Mariangela (2000) viser til at kunstig snøproduksjon krever store mengder vann (for anlegg i Dolomittene). De opererer med et anslag på 20.000 liter vann og 500.000 kWh elektrisitet for å snødekke et skianlegg på 20 hektar. Med dagens teknologi for snøproduksjon – samt at forventningene om global oppvarming slår til – hevder Burki (1999) at flere lavereliggende destinasjoner i de Europeiske Alper må legges ned. I andre tilfeller vil produksjon av snø være så kostbart at en ikke forsøker å utvide lengden på sesongen, men i større grad søker å øke snømengdene i perioder hvor etterspørselen er stor (fra midten av desember og utover). Det kan også være nødvendig i noen tilfeller å konsentrere snøproduksjonen til et avgrenset antall nedfarter, og øke utnyttelsesgraden i de utvalgte løypene.<sup>13</sup>

Som omtalt over, i perioder med svært dårlige snøforhold kan snøproduksjon kreve store mengder vann, og intensiv bruk av kunstig snøproduksjon kan føre til motstand i lokalbefolkningen på grunn av miljøaspekter, i andre tilfeller vil

---

<sup>13</sup> The Economist (1997) omtaler en ny teknologi som muliggjør billigere produksjon av snø i høyere temperaturer enn tradisjonell teknologi. Men det viser seg at bruk av kjemikalier i produksjonen av snø medfører økt lokal motstand mot produksjon av snø.



offentlig regulering av minstevannføring i elver avgrense mulighetene for snøproduksjon. I Vermont reguleres vannføringen, og skianleggene forventer at dette vil avgrense mulighetene til et av skianleggene i Vermont for produksjon av snø, Economist (1997). Ledelsen for de tre skianleggene i Banff, Alberta (Canada), påstår at deres muligheter til å konkurrere med internasjonale aktører i fremtiden kan bli avgrenset på grunn av at de ikke har tilgang til tilstrekkelige mengder vann for snøfattige år. I noen tilfeller vil mulighetene for å produsere snø være et absolutt hinder for snøproduksjon, mens det i andre tilfeller vil være mulig å omgå reguleringer og lokal motstand. I Okemo i Vermont (USA) har skidestinasjonen bygget et reservoar på 264 mill. liter vann for å lagre vannet fra snøsmeltingen om våren/sommeren til vinteren med tanke på snøproduksjon, Scott (2003).

Det er også etterspørselsavhengige begrensninger knyttet til potensialet for bruk av snøproduksjon. I spørreundersøkelser fremkommer det at turister i liten grad har interesse av å reise til destinasjoner med hvite skiløyper, men ellers grønn natur. Det er således sannsynlig at produksjon av kunstsne i størst grad har positiv effekt om det er i kombinasjon med vanlig snø.

Til sist er såkalt ”cloud-seeding” omtalt som en mulighet for å øke snømengden lokalt. Dette er i størst grad brukt innen jordbruk, men også skidestinasjoner benytter seg av denne muligheten. Vail resorts i Colorado, USA, har benyttet seg av denne teknikken i over 20 år, og fire andre skidestinasjoner i Colorado bruker cloud-seeding, Economist (1997). Men det er i stor grad usikkerhet om denne type snøproduksjon har noen effekt på nedbør.

*Tilpasning av skitraséer*

I den internasjonale litteraturen er også tilpasning av skitraséer omtalt som en mulighet for tilpasning til global oppvarming. Dette gjelder både tilpasning av eksisterende traséer og utvikling av nye traséer. Når det gjelder tilpasning av eksisterende skitraséer, er formålet å sette eksisterende traséer i en slik stand at det er mindre behov for snø. I første rekke omtales muligheten til å jevne ut traséene for dermed sikre gode nedfarter med mindre snømengder. Dette kan også redusere kostnadene ved produksjon av kunstsne av samme årsak som over, siden jevnere underlag krever mindre snøproduksjon.

Det er også mulig å utvikle nye traséer som er bedre rustet mot et varmere klima. Høyereleggende skitraséer omtales naturlig nok ofte i litteraturen som omtaler tilpasning til klimaendringer for skidestinasjoner. 36 skianlegg i Østerrike har søkt om tillatelse til å bygge skianlegg i høyereleggende områder, Scott (2003). Wolfsegger (1999) har undersøkt tilpasningsstrategier i Østerrike, og finner at bruk av høyereleggende områder er den tredje mest foretrukne tilpasningsstrategien (etter snøproduksjon og deling av utgifter for snøproduksjon med hoteller og overnattingssteder). I tillegg forventes det at breer i større grad benyttes for skianlegg. Mariangela (2000) diskuterer en økende motstand mot utvikling av høyereleggende områder av naturvernmessige årsaker. Hun omtaler at bruken av stadig flere (høyereleggende) skidestinasjoner medfører mer intensiv bruk av disse områdene, og at en således kan frykte for plante- og dyreliv på slike destinasjoner.

I litteraturen er det naturlig nok mest omtalt å vurdere å legge nye skitraséer til høyereleggende områder, men det er også i noen tilfeller vurdert å legge traséene til nordsiden av fjellet. I Quebeck i Canada legges to nye skitraséer til nordsiden av fjellet Mont Verblant, Scott (2003). Nordsiden av fjellene vil naturlig nok

være mer snøsikre, og kan potensielt bidra til økt snøikkerhet for destinasjonene.

### *Diversifisering*

Mens produksjon av snø og tilpasning av traséer i stor grad angår skianleggenes tilpasning til global oppvarming, kan diversifisering av aktiviteter være en effektiv strategi for sektorer indirekte knyttet til skianleggene. Under diskuterer vi to typer diversifisering; diversifisering av aktiviteter og diversifisering mellom sesonger. For eksempel satser hoteller og overnattingsoperatører på andre aktiviteter enn skirelatert turisme. Mange skidestinasjoner i Nord-Amerika er i stor grad fire-sesongers turistdestinasjoner, som også tilbyr reisende aktiviteter om sommeren.

Det har de siste årene vært en trend at skidestinasjoner tjener relativt mindre på skiaktiviteter, og således mer på andre aktiviteter. The Economist (1997) omtaler en trend blant Nord-Amerikanske skidestinasjoner med uttrykket ”disneyfication”, hvor skianlegg transformeres til vinter-temaparker. Bakgrunnen for uttrykket er Walt Disney’s ønske om å bygge en vinter-temapark i USA, etter samme mønster som temaparken Disneyland i Florida. Mens inntektskildene for skidestinasjoner tidligere i stor grad var knyttet til skiheiser, har skidestinasjoner i dag i større grad inntektskilder knyttet til flere aktiviteter. Som tabellen over viser, er det i dag inntektene i større grad knyttet til aktiviteter indirekte relatert til skiaktiviteter. Flere skidestinasjoner tilbyr i dag også aktiviteter som i liten grad knyttes til tradisjonell vinterturisme. I følge Mariangela (2000) arrangeres musikkfestival i Gstaad og teaterfestival i Arosa med bakgrunn i ønsket om å diversifisere inntektskildene. I tillegg investerer aktører på flere destinasjoner trenings- og velværesentre, ridning og hundekjøring, og muligheter for shopping. En forklaring for dette kan relateres til observasjonen at mange som reiser til skidestinasjoner aldri står på ski.

Tabell 1 viser til data innsamlet av NSAA, (*The Economist* (2007)):

<b>Inntektskilde (%)</b>	<b>1974-1975</b>	<b>2001-2002</b>
Heisbilletter	79,4	47,4
Mat og drikke	2,8	14,1
Skiskole (undervisning)	2,8	9,8
Overnatting	1,8	9,4
Annet	2,1	7,2
Detaljhandel	1,5	5,5
Utleie	4,5	5,3
Eiendomsaktiviteter	5,1	1,2

Studier fra Canada indikerer at 20-30 % av besøkende til Canadiske skidestinasjoner aldri står på ski (de omtaler også lignende funn fra Frankrike). Denne trenden ser en også igjen for de store skidestinasjonene i USA, *The Economist* (1997).

Den andre trenden som observeres internasjonalt er at skidestinasjoner går fra å være vinterreisemål til i større grad å tiltrekke seg reisende i alle fire sesongene, Harrison (2003). Selskapet Compagnie des Alpes investerer mellom annet i golfanlegg, mens andre igjen tilbyr sommeraktiviteter i fjellet. Sommeraktiviteter ser derfor ut til å være en strategi som flere skidestinasjoner bruker for å sikre inntektsgrunnlaget. Voss har også startet opp med sykkelutleie i tilknytning til skianleggene. Nordic (2005) hevder at en kan forvente en reduksjon i totalt antall vinterturister til de Nordiske land, men også en økning i antall sommergjester. De viser til at et varmere klima kan gjøre Sør-Europa ugjestmildt i sommermånedene, men samtidig som det blir mer behagelige temperaturer i sørlige deler av Norge. Dette kan medføre at færre velger å reise

til Sør-Europa på ferie i sommermånedene, men også at en kan forvente flere gjester fra disse landene i de samme månedene.

### *Samarbeid*

En potensielt stor mulighet for Voss ligger i samarbeid med andre destinasjoner, samt samarbeid mellom ulike aktører i Voss. Samarbeid mellom ulike aktører er sannsynligvis ikke en strategi som benyttes for å møte utfordringer knyttet til global oppvarming, men i like stor grad anses som viktig for å møte nasjonal og internasjonal konkurranse. The Economist omtaler denne trenden som ”Disneyfication”. Formålet med diversifisering er å få en base for inntekter, og i mindre grad være sårbare overfor variasjoner i etterspørselen etter et fåtall aktiviteter. Som en forlengelse av dette, kan varmere klima kreve at en også diversifiserer mot aktiviteter som ikke er avhengige av godt snødekke, og også sommerturisme.

I Nord-Amerika er ”skikonglomerat” mer vanlig enn i Europa med selskaper som American Skiing Company, Intrawest, Boyne USA Resort og Booth Creek Resorts. Alle disse selskapene har skianlegg i flere regioner i Nord-Amerika, og har således regionalt diversifiserte inntekter. Scott (2003) omtaler mulighetene for å flytte ansatte fra en destinasjon med lite snø til destinasjoner med mer snø i året 2004-2005 (fra Washington DC til California). Tilsvarende kan skipass fra en destinasjon i noen tilfeller benyttes i alle andre destinasjoner innen konsernet, noe som reduserer risikoen for kundene. I Europa har det franske selskapet Compagnie des Alpes kjøpt destinasjoner både i Sveits og Italia, mens svenske Skistar AB har kjøpt flere anlegg i skidestinasjoner i Norden, mellom annet Hemsedal, Trysil og Åre. The Economist (2002) har sett på omsetningen til anleggene i Vail, og påpeker at de har hatt en stor vekst i det Nord-Amerikanske markedet, som ellers er preget av moderat vekst. De tolker dette

som at store aktører kan ha en fordel fremfor mindre aktører som i mindre grad diversifiserer inntektene.

Et annet trekk ved denne nye organiseringen kan beskrives som lokal monopolisering, dette innebærer at en aktør kjøper opp flere typer næringsdrift på en destinasjon. Economist (2002) omtaler Vail i relasjon til dette, Vail eier 72 restauranter, 40 butikker og mer enn 13.000 fellesstyrelser på denne skidestinasjonen. Bakgrunnen for oppkjøpene er således ikke bare regional diversifisering, men også et ønske om å tiltrekke seg en større andel av en skidestinasjons inntekter. I Nord-Amerika innebærer dette ofte å omgjøre skidestinasjoner til temaparker, og tiltrekke seg flere reisende, spesielt nybegynnere og småbarnsfamilier. Dette fører til at en del av investeringene som går på diversifisering (om vinteren så vel som om sommeren) gjennomføres av de store konglomeratene. En potensiell fordel med denne type organisering er utnyttelse av skalafordeler og samordning av operasjoner og investeringer. Det er sannsynligvis mulig å samordne drift av fellestjenester (som IT, lønns- og personalavdelinger) for destinasjoner innen de samme destinasjonene, og potensielt også mellom destinasjoner. Selskapet Skistar AB søker mellom annet å samordne all IT-drift for destinasjonene sentralt, samt at utvikling av snøproduksjonsanlegg i stor grad skjer sentralt. Lokale store aktører kan også utnytte prisdifferensiering mellom ulike kundegrupper, og således bruke infrastrukturen mer effektivt. Mellom annet er det gratis å bruke gondolene i Vail om kveldene, The Economist (2002). En slik prisdifferensiering er vanskeligere å oppnå om en rekke enkeltstående aktører opererer på egenhånd.

Det er to aspekter ved en turistdestinasjon som tilsier at det kan være fordelaktig å organisere aktivitetene sentralt, som for eksempel temaparkene til Disney, hvor de fleste beslutninger om lokalisering av aktiviteter, og prissetting fattes sentralt. For det første har flere ønskelige tjenester karakter av å være kollektive

goder. Med dette menes goder som i) ikke er rivaliserende i konsumet, og ii) at brukere ikke kan ekskluderes. Det første innebærer en aktørs bruk av et gode ikke forringer mulighetene for at andre aktører kan forbruke godet. Det andre medfører at det er kostbart å utelukke aktører fra å forbruke tjenesten. Mellom annet er kostnader til markedsføring en type kollektive goder. Hele næringslivet i en turistdestinasjon har i prinsippet nytte av effektiv markedsføring, samtidig er det vanskelig å ekskludere enkeltaktører fra å dra nytte av markedsføring. Det er sannsynlig at en rekke andre tjenester har karakter av å være kollektive goder i turistdestinasjoner. Disse aspektene taler til fordel for at turistdestinasjoner må ha sentrale styringsorgan. Internettstedet [www.visitvoss.no](http://www.visitvoss.no) er en offisiell nettside for Voss som finansieres av flere lokale aktører. Med en slik fellestjeneste kan også skidestinasjonen på Voss tilby goder som har karakter av å være kollektive.

For det andre er turistrelaterte investeringer ofte karakterisert av å ha eksternaliteter. Om en aktør innen turistdestinasjonen gjennomfører investeringer som trekker flere turister til destinasjonen, vil også andre aktører ha nytte av investeringene. Private enkeltaktører vil derfor ikke inkludere de totale positive virkningene av investeringen i sine investeringskalkyler, og investeringene som gjennomføres kan bli for små, eller i verste fall utebli. Mellom annet omtales ofte investeringer i svømmebasseng som viktige for å tiltrekke seg småbarnsfamilier. Aktøren som gjennomfører denne investeringen medvirker til positive eksternaliteter (ringvirkninger) for andre aktører på destinasjonen, men investoren får bare tilgang til deler av det totale økonomiske overskuddet. Det er også mulig at investeringer medfører negative eksternaliteter for andre aktører i skidestinasjonen. I tilfeller hvor en aktør i en skidestinasjon gjennomfører investeringer som reduserer mulighetene for lønnsom drift for flere andre aktører, er det ofte ønskelig fra hele turistdestinasjonens ståsted ikke ønskelig at investeringen gjennomføres.

Lignende tema er også diskutert innenfor klubbteori (theory of clubs). Scotchmer (1985) diskuterer denne type teori med drift av skiheiser som et av flere case. Og som omtalt over kan ulike næringer gjennomføre kostnadsdeling for utbygginger av for eksempel anlegg for snøproduksjon. Men en må også legge til at lokalt initiativ kan falle bort med denne type organisering. Lokalt engasjement kan være en viktig drivkraft for små destinasjoner, og i mange tilfeller er arrangementer på Voss drevet med et betydelig innslag av privat lokalt ulønnet arbeid.

## Diskusjon

Som omtalt over viser en rekke analyser at lavereliggende skidestinasjoner står overfor en utfordring knyttet til global oppvarming. Men samtidig viser analyser at skidestinasjoner har en rekke muligheter for å tilpasse seg et varmere klima. I denne rapporten har vi gjennomgått noen av disse utfordringene og mulighetene med bakgrunn i internasjonal litteratur på området. Vi vil avslutte med en kort diskusjon og tar utgangspunkt i et arbeid av Yohe og Tol (2005). De anser mulighetene en skidestinasjon har til å tilpasse seg klimaendringer som avgjørende for mulighetene til å konkurrere internasjonalt i fremtiden. De ser på åtte tilpasningsmuligheter som avgjørende for mulighetene til å tilpasse seg global oppvarming (vi vurderer disse åtte suksessfaktorene i relasjon til skidestinasjonen Voss):

- ✓ *Har mulighet til å flytte skianleggene til høyere liggende destinasjoner:* Skianlegget på Myrkdalen ligger i et område som er svært snøsikkert, som figuren på side 73 viser, er Myrkdalen Fjellandsby et av de mest snøsikre i Norge. Som diskutert tidligere i rapporten, kan et varmere klima således bli positivt for Voss fjellandsby, på grunn av at klimaendringene slår ut sterkere hos konkurrerende aktører.



- ✓ *Har kapitalgrunnlag til å investere i intensiv og ekstensiv snøproduksjon:* Det er allerede stor snøproduksjon i de fleste skidestinasjoner i Norge, og gitt at det er finansiell kapasitet til å investere store summer i skianlegget i Myrkdalen, er det nærliggende å anta at det er investeringsvilje for snøproduksjon i den grad dette er nødvendig.
- ✓ *Har mulighet til å sikre vanntilførsel for snøproduksjon:* Det er etter vår kjennskap ikke bindende restriksjoner for vanntilførsel for snøproduksjon i Voss kommune. Det er sannsynlig at prisen på elektrisitet – og dermed kostnaden ved snøproduksjon – stopper utbygging av snøproduksjon før restriksjoner på vanntilførsel i norske alpinanlegg.
- ✓ *Har mulighet til å diversifisere inntektskildene til å omfatte flere vinteraktiviteter:* Det er på Voss allerede mange vinteraktiviteter. Det er etablert muligheter for massasje- og velværeaktiviteter, det er svømmebasseng og treningssenter innendørs. Utendørs er det i tillegg til de to alpinanleggene muligheter til klatring og kanefart. Men i forhold til de store internasjonale destinasjonene er tilbudet fortsatt lite.
- ✓ *Har mulighet til å diversifisere inntektskildene til å omfatte også sommeraktiviteter:* Det som vi har benevnt som skidestinasjonen Voss, er i stor grad en helårsdestinasjon. Det er som omtalt tidligere i denne rapporten en rekke aktiviteter i sommerhalvåret, og også ellers i året.
- ✓ *Er en del av et større regionalt diversifisert skikonsern, eller større selskap:* Det er flere aktører som til sammen utgjør turistnæringen i Voss kommune. Dette innebærer at det kan være vanskelig å gjennomføre investeringer som har karakter av å være kollektive goder. Om en sammenligner med destinasjoner hvor en stor aktør driver brorparten av aktivitetene som utgjør turistnæringen, vil også eksternaliteter kunne hindre at nødvendige investeringer gjennomføres.
- ✓ *De er lokalisert i områder uten strenge reguleringer (ikke del av vernede områder):* Det er så langt vi har kjennskap til ingen store restriksjoner for

drift av vinteraktiviteter på Voss hindrer utbygging av Voss som turistdestinasjon.

- ✓ *Har positive relasjoner til lokalbefolkningen:* Som omtalt over er en betydelig del av aktivitetstilbudet på Voss – sommer som vinter – drevet av lokale med et betydelig innslag av lokalt engasjement. Det er store gevinster ved å holde det lokale engasjementet ved like, og også bruke aktivt for å bedre opplevelsen av tilbudet til reisende til Voss.

Dette illustrerer at skidestinasjonen Voss i stor grad kan være godt rustet til å møte utfordringene knyttet til endringer i klimaet. Med kunnskapsbasert næringsutvikling for Voss kommune vil negative konsekvenser som følge av global oppvarming reduseres, og en kan argumentere for at Voss som skidestinasjon langs noen dimensjoner også kan dra nytte av effektene av global oppvarming.

Med den generelle utviklingen i turistindustrien generelt – og skiturismen spesielt – kan de største utfordringene for Voss ikke nødvendigvis være relatert til klimaendringer. Den største utfordringen kan godt være knyttet til den interne organiseringen av skidestinasjonen. Flere av de nasjonale og internasjonale konkurrentene som potensielt kan trekke turiststrømmen til Voss, organiserer seg i stadig større grad i store enheter. Men også dette er i endring, noe som etableringen av den sentrale nettportalen [www.visitvoss.no](http://www.visitvoss.no) illustrerer.

## APPENDIKS C: GRØNNE SERTIFIKATER I ET VANNKRAFTBASERT ELEKTRISITETSMARKED

Bruk av sertifikatmarkeder for innfasing av ny fornybar energi har igjen blitt relevant i den norske klimapolitikkdebatten. Bakgrunnen for innføringen av sertifikatordninger i ulike land må sees i sammenheng med EU's Fornybardirektiv, EU (1997). Dette legger føringer på hvor stor andel av forbruket av total energimengde som skal opprinne fra fornybare energikilder i fremtiden. EU har etter dette gått for det såkalte 20-20-20-målet, at 20% av totalt energiforbruk skal stamme fra fornybare energikilder innen 2020. EU legger ikke føringer på de nasjonale (politiske) instrumentene som anvendes for å gi et ønsket omfang av fornybare energikilder. Den norske debatten om klimapolitikk i elektrisitetmarkedet har i stor grad dreid seg om grønne sertifikater. Klimaforliket – som forventes å være en plattform for langsiktighet i den norske klimapolitikken – legger opp til at det skal opprettes et marked for grønne sertifikater sammen med det eksisterende svenske markedet for grønne sertifikater.

Med dette notatet anvender vi en modell vannkraftproduksjon ofte anvendt i litteraturen, se for eksempel Førstund (2007) og Edwards (2003).<sup>14</sup> Med denne modelleringen finner vi også at de samfunnsøkonomiske effektene ved innføringen av grønne sertifikater skiller seg fra resultatene som fremkommer i tidligere studier av grønne sertifikater.

Dette notatet ser ikke på juridiske og administrative aspekter ved grønne sertifikatmarkeder, her analyseres utelukkende de fundamentale aspektene ved denne type markeder med siktemål å studere samfunnsøkonomiske virkninger.

---

<sup>14</sup> Se også CRAMPES, C., and M. MOREAUX (2001): "Water Resource and Power Generation," *International Journal of Industrial Organization*, 19, 975-997., og VON DER FEHR, N.-H. M., and L. SANDSBRÅTEN (1997): "Water on Fire: Gains from Electricity Trade," *Scandinavian Journal of Economics*, 99, 281-97. og SKAAR, J., and L. SØRGARD (2006): "Temporary Bottlenecks, Hydropower and Acquisitions," *Scandinavian Journal of Economics*, 108, 481-497.

Et grønt sertifikat gir – som navnet tilsier – en sertifisering av aktører som produserer elektrisitet fra fornybare energikilder.<sup>15</sup> I prinsippet kan sertifikatmarkeder være frivillige, men for å sikre effektiviteten til denne type instrument pålegges konsumentene å kjøpe en andel (andelskravet eller  $\alpha$ ) av totalt konsum fra aktører som produserer elektrisitet fra fornybare elektrisitetskilder.

Grønne sertifikater omtales ofte som en kostnadseffektiv metode for innføring av fornybar energi i elektrisitetsproduksjonen. Den internasjonale litteraturen på området er derimot mindre positiv til bruken av sertifikatordninger. Amundsen and Mortensen (2001) viser at en økning av prosentkravet har usikker virkning på total mengde grønn elektrisitet i markedet, både på kort og lang sikt, samt i nasjonale og internasjonale markeder. De påpeker også at de ikke har evaluert grønne sertifikater i forhold til andre politikkinstrumenter (pris- eller kvantumsbaserte). Morthorst (2003) ser på innføringen av grønne sertifikater i det danske elektrisitetsmarkedet i relasjon til det frivillige nederlandske markedet som ble opprettet i 1998. Han påpeker at prisvolatilitet kan være et problem i et rent dansk sertifikatmarked, men også at integrasjon av flere nasjonale sertifikatmarkeder vil redusere svingningene i sertifikatprisen. Jensen and Skytte (2003) påpeker at myndighetenes målsetninger om å introdusere en andel fornybar elektrisitet samt å redusere konsumet av elektrisitet kan vise seg å være lite forenlig.<sup>16</sup>

---

<sup>15</sup> I dette notatet bruker vi benevnelsen fornybare energikilder når vi omtaler grønne sertifikater i termiske markeder, men nye fornybare energikilder i tilfellet med grønne sertifikater i vannkraftbaserte markeder.

<sup>16</sup> BOOTS, M. (2003): "Green Certificates and Carbon Trading in the Netherlands," *Energy Policy*, 31, 43-50. ser på det nederlandske sertifikatmarkedet, LORENZONI, A. (2003): "The Italian Green Certificates Market between Uncertainty and Opportunities," *Energy Policy*, 31, 33-42. på det italienske, mens VERBRUGGEN, A. (2004): "Tradable Green Certificates in Flanders (Belgium)," *Energy Policy*, 32, 165-176. diskuterer markedet i Belgia (Flandern). SÖDERHOLM, P. (2008): "The Political Economy of International Green Certificate Markets," *Energy Policy*, 36, 2051-2062. gir en oversikt over forskningen på grønne sertifikater og introduserer politiske aspekter ved innføringen av denne type instrumenter.

Dette notatet tar utgangspunkt i den internasjonale litteraturen som ser på grønne sertifikater for innfasing av fornybar elektrisitet. Vi bruker teoriapparatet som er grundig drøftet i Førstund (2007). Med bakgrunn i denne teorirammen, analyserer vi effekter av bruk av grønne sertifikater i rene nasjonale markeder, og diskuterer internasjonale markeder deretter. Med dette notatet håper vi derfor å bidra både til den nasjonale debatten omkring bruk av grønne sertifikater i det norske vannkraftbaserte elektrisitetsmarkedet, men også til den generelle internasjonale debatten omkring innfasing av fornybar elektrisitet.

I neste kapittel legger vi frem et generelt rammeverk for å analysere langsiktige effekter ved bruk av grønne sertifikater for å gi private insentiver til å investere i fornybar elektrisitetsproduksjon. Det tredje kapitlet vurderer så effekter ved å innføre grønne sertifikater i vannkraftbaserte markeder i autarki. Markedsutfallene med handel i elektrisitet og handel i sertifikater diskuteres avslutningsvis i dette kapitlet. Det fjerde og siste kapitlet diskuterer generelle prinsipper for klimapolitikk i relasjon til de virkemidlene omtalt i rapporten.

## MODELLRAMME

I dette avsnittet legger vi frem en formell modellramme for analyse av innføring av grønne sertifikater i elektrisitetsmarkeder. Modellrammen blir i de to påfølgende kapitlene benyttet til å analysere grønne sertifikater i hydrobaserte elektrisitetsmarkeder, i henholdsvis nasjonale og internasjonale markeder for elektrisitet og sertifikater.

Konsumenter etterspør elektrisitet i to perioder,  $t = 1, 2$  (topplast (2, eller vinter) og lavlast (1, eller sommer)), etterspørselen er representert ved den indirekte etterspørselsrelasjonen,  $P_t(q_t)$ , hvor  $P' < 0$ .<sup>17</sup> Sluttselgere antas å kjøpe elektrisitet hos produsenter av elektrisitet (NordPool) og selge videre til konsumenter, selskapene som driver med slutt salg maksimerer profitten:<sup>18</sup>

$$\pi^R = \sum_t P_t(\cdot)q_t - \sum_t p_t^{EL}x_t - \sum_t (p_t^{GC} + p_t^{GC})y_t$$

Her angir  $x_t$  produksjon fra eksisterende produksjonsanlegg, mens  $y_t$  gir produksjon fra nye sertifiserte produsenter. På grunn av at elektrisitet ikke kan lagres mellom periodene, må slutt selgerne kjøpe elektrisitet hos produsentene tilsvarende etterspørselen etter elektrisitet i hver periode,  $q_t = x_t + y_t$ ,  $t = 1, 2$ . Når det grønne sertifikatmarkedet implementeres pålegges konsumenter å kjøpe  $\alpha$  % av totalt konsum fra grønne energikilder. I modellen innebærer dette at slutt selgerne må sikre at andelskravet oppnås,  $(y_1 + y_2) = \alpha(q_1 + q_2)$ .<sup>19</sup> Slutt salgsselskapene må kjøpe elektrisitet fra eksisterende produsenter  $(1 - \alpha)$  % og grønne produsenter ( $\alpha$  %) i et fast forhold, vi får derfor at følgende prisrelasjon må holde,  $P = p^{EL} + \alpha p^{GS}$ . Det antas i det følgende at

<sup>17</sup> En kan se på etterspørselen i topplast som etterspørselen om vinteren, og lavlast som etterspørsel om sommeren. Prisen er gitt ved  $p_t$  mens kvantum konsumert er gitt ved  $q_t$ . Senket skrift angir periode.

<sup>18</sup>  $x$  angir produksjon fra ulike typer produksjonsenheter, hevet skrift  $EL$  angir elektrisitet, mens hevet skrift  $GS$  angir grønne sertifikater.

<sup>19</sup> Merk at denne spesifikasjonen ikke krever at sertifikatkravet må klarere hver periode. I numeriske eksempler vil en se at sertifikatkravet ikke alltid holder i hver periode, bare totalt for året. I det følgende antas også at et sertifikat tilsvarer en enhet elektrisitet,  $x_t^{GS} = x_t^{EL}$

elektrisitetmarkedene er i en langsiktig likevekt uten politiske inngrep, mer spesifikt at produsentene ikke har økonomiske insentiver til å velge den ene teknologien fremfor den andre. I hydrobaserte elektrisitetmarkeder eksisterer et stort antall selskaper som eier vannkraftanlegg med tilsigsmønsteret (av vann),  $w_1 + w_2 = W$ , hvor  $W$  tilsvarer totalt tilsig av vann til produksjonsanleggene, og  $w_t$  gir tilsiget i periode  $t$ . Det er også lagringskapasitet tilsvarende  $S$ . Det antas at brorparten av tilsiget skjer i lavlastperioden (sommer), samt at lagringskapasiteten binder produksjonsmulighetene og produksjonen i topplastperioden er gitt ved  $w_2 + S$ , mens produksjonen i lavlast er gitt ved  $w_1 - S$ . Eksisterende hydrobaserte produksjonsenheter omfattes ikke av sertifikatordningen og maksimerer profitten, hvor  $x_t$  angir produksjonsnivået i periode  $t$ :

$$\pi = \sum_{t=1,2} p_t x_t$$

gitt at de to restriksjonene på produksjonsmuligheter,  $w_1 + w_2 \leq W$  og  $x_2 \leq w_2 + S$ , binder. Merk at det ikke er variable produksjonskostnader i vannkraftproduksjonen, men alternativ grenseinntekt.<sup>20</sup>

Ny fornybar elektrisitetsproduksjon antas å være ulønnsom i det hydrobaserte markedet uten subsidier. I fortsettelsen antar vi at ny fornybar produksjon er gitt ved teknologityper som vindkraft, vannkraft (uten lagringsmulighet) og bølgekraft, med andre ord teknologier hvor produksjonen over året antas gitt, og hvor det ikke er variable produksjonskostnader. Dermed er investeringsutgiften forklaringsvariabelen for hvilke nye fornybare produksjonsressurser som tas i bruk. Nye fornybare produksjonsressurser maksimerer profitt:

---

<sup>20</sup> Det antas at vannkraftprodusentene ikke vil endre sin produksjonskapasitet. Dette bygger på at variable produksjonskostnader er tilnærmet null, samt at eventuell utbygging av ytterligere kapasitet vil falle inn under ordningen med grønne sertifikater.

$$\pi^F = \sum_{t=1,2} (p_t^{EL} + p_t^{GS})y_t - CK$$

Produksjonen i hver periode avgrenses av restriksjonen  $y_t \leq K$ . Det antas at de fornybare energikildene ikke har variable kostnader i produksjonen av elektrisitet (vindkraft, vannkraft, havkraft). Produsentene av fornybare elektrisitetskilder investerer dermed inntil summen av prisen på elektrisitet og prisen på grønne sertifikater tilsvarer grensekostnaden for den gjeldende teknologien,  $p^{EL} + p^{GS} = \partial C / \partial K$ . Som omtalt over varierer de ulike produksjonsteknologiene med hensyn på investeringskostnader, i det følgende antar vi at vannkraft har lavest investeringskostnader, mens bølgekraft har høyest investeringskostnader. Vi antar også at de mest effektive lokalitetene utnyttes først, og investeringskostnaden antas dermed å være stigende i rangeringen, mer spesifikt,  $\partial C / \partial K > 0$  og  $\partial^2 C / \partial K^2 > 0$ .

#### LIKEVEKT GITT ULIKE KLIMAPOLITISKE REGIMER

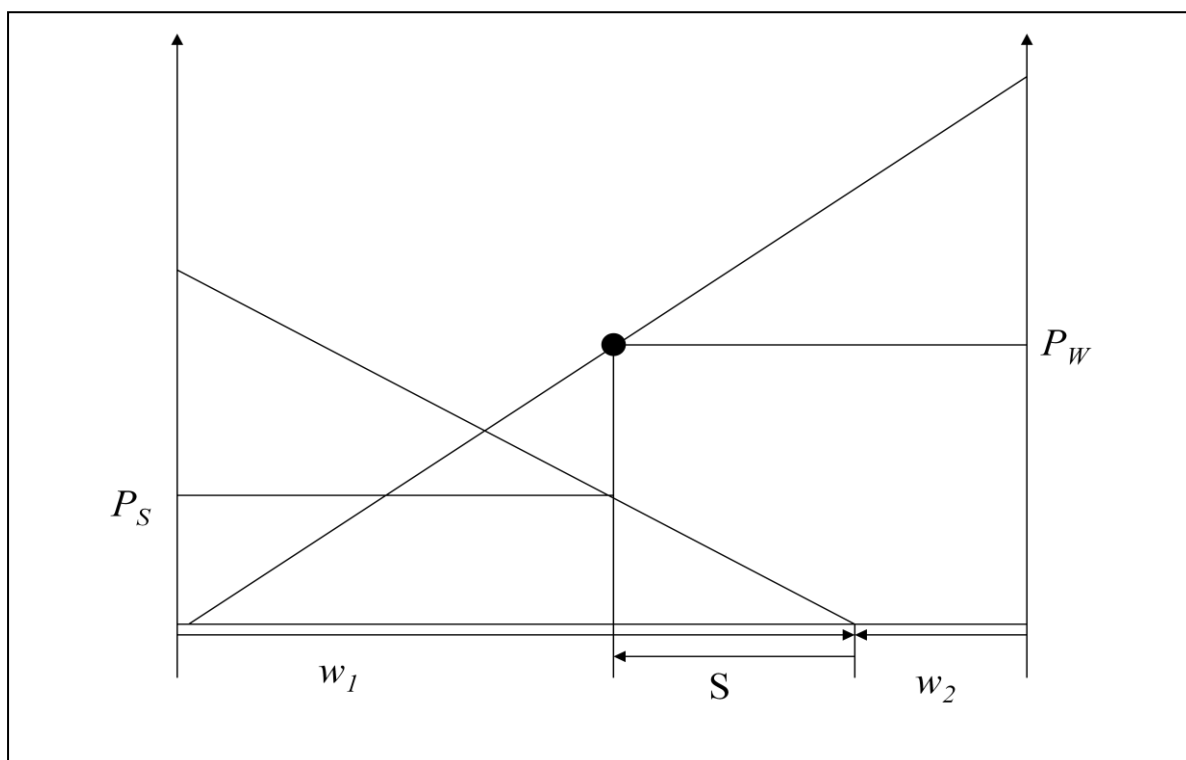
Dette kapitlet illustrerer forskjellen mellom bruk av subsidier og grønne sertifikater for innfasing av ny fornybar elektrisitet i et vannkraftbasert elektrisitetsmarked. Vi diskuterer først den langsiktige likevekten i et vannkraftbasert elektrisitetsmarked. Derneft diskuterer vi den langsiktige effekten ved å innføre henholdsvis subsidier og grønne sertifikater.

I et vannkraftbasert marked finner vi på lang sikt motsatte effekter fra det termisk baserte elektrisitetsmarkedet. I figur 1 under viser vi den generelle likevekten i denne type marked før innføringen av et sertifikatmarked. Den horisontale akse representerer total vannmengde tilgjengelig for produksjon innen et år. Fra høyre vertikale akse måler pilen merket  $w_1$  tilsig om sommeren, mens tilsig om vinteren representeres med pilen merket  $w_2$ . Mulighetene til å



lagre vann fra sommer til vinter benevnes med  $S$ . Den vertikale aksene til høyre måler prisen om sommeren, mens aksene til venstre måler prisen om vinteren. Etterspørselen om vinteren er gitt ved den fallende linjen fra den høyre vertikale aksene, mens etterspørselen om sommeren er gitt ved den fallende kurven fra den vertikale aksene til venstre. Den langsiktige likevekten i det vannkraftbaserte markedet er også gitt ved førsteordensvilkårene over, se også Førstund (2007). Dette gir prisene  $p_S$  og  $p_W$ . En ser også at det ikke er kortsiktige variable produksjonskostnader ved vannkraftbasert elektrisetsproduksjon, marginalinntekten (for eksempel prisen om sommeren) settes i denne type marked lik den alternative marginalinntekten (for eksempel prisen om vinteren).<sup>21</sup>

Figur 1: Likevekt i et vannkraftbasert elektrisetsmarked <sup>a)</sup>



a) Den horisontale aksene måler tilsiget av vann over året,  $w_1$  om sommeren og  $w_2$  om vinteren. De vertikale aksene måler prisen på elektrisitet, prisen om sommeren til venstre,  $P_S$ , og prisen om vinteren til høyre,  $P_W$ .

<sup>21</sup> I de fleste land som bruker vannkraft i elektrisetsproduksjonen er deler av vannressursene fredet. I økonomisk ramme innebærer dette at kostnaden for å bruke disse ressursene for elektrisetsproduksjon er satt uendelig høye.

På grunn av at en stor andel av de historiske investeringene i produksjonskapasitet kan klassifiseres som ugjenkallelige kostnader (sunk cost), samt at variable produksjonskostnader er tilnærmet null, vil det ikke være noen endringer i produksjonskapasiteten for de eksisterende produsentene som produserer før klimapolitikk implementeres. I figur 2 under illustrerer vi hvordan økt produksjonskapasitet påvirker likevekten i et rent vannkraftbasert elektrisitetsmarked. (Likevekten i det vannkraftbaserte markedet eksklusiv sertifikater er i figuren under illustrert med stiplede linjer). Økningen i produksjonskapasitet parallellforskyver produksjonsmulighetene (og da også etterspørselskurven) for vinteren til høyre og for sommeren til venstre. Effekten av innføringen av sertifikater eller subsidie kan sammenlignes med et våtår, men i dette tilfellet kommer ikke økt produksjonsmengde pga økt nedbør, men fra finansieringsordningen for ny fornybar elektrisitet.<sup>22</sup> For at konsumentmarkedet skal klarere må prisen falle, dette er illustrert i figuren med den mørke sirkelen.<sup>23</sup>

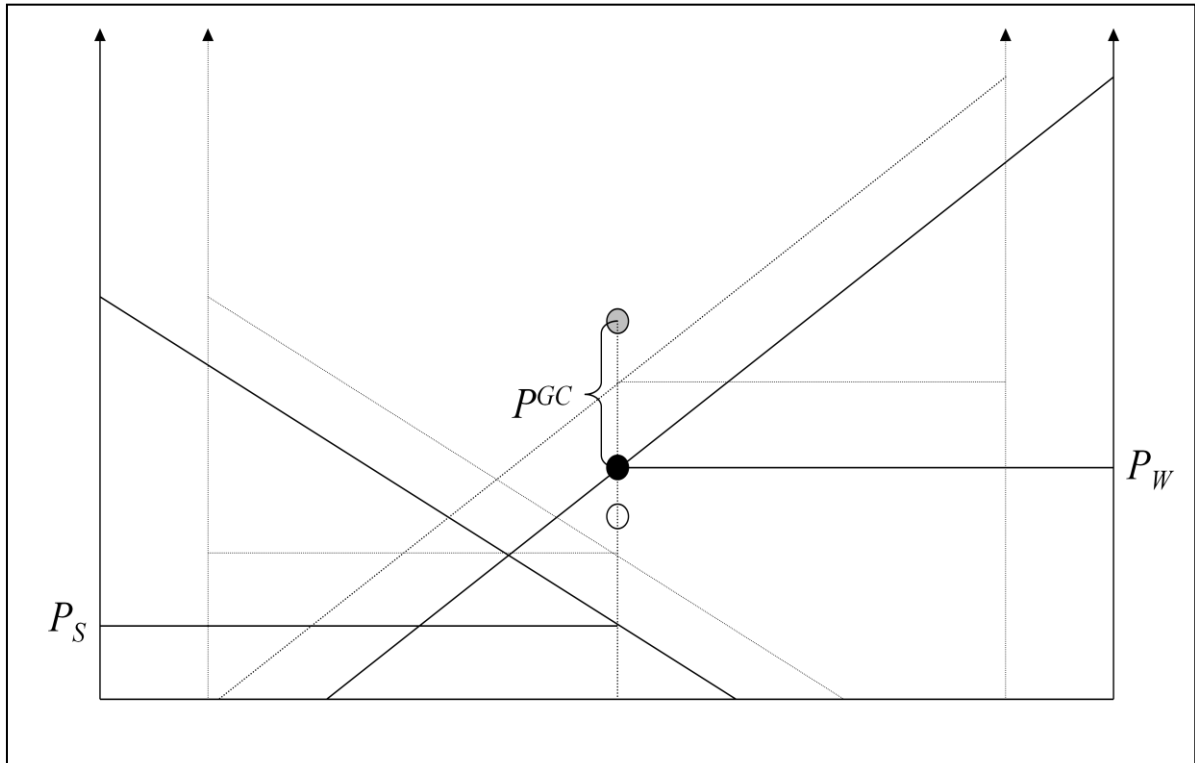
En subsidie for innføring av ny fornybar elektrisitet gjør investeringer i ny fornybar elektrisetsproduksjon relativt mer lønnsom. Mens eksisterende produsenter mottar  $p^{EL}$  per enhet produsert, mens produsenter definert som ny fornybar elektrisetsprodusenter mottar  $p^{EL} + s$ . Det antas i det følgende at eksisterende produksjonskapasitet ikke legges ned. Alternativet – at produksjonskapasitet legges ned – innebærer at eksisterende anlegg (reservoar, rørgater og lignende) vrakes, noe vi ser vi på som usannsynlig. Derimot kan det antas at utvekslingen av elektrisitet endres, slik at eksporten til utlandet øker som følge av endrede priser, dette diskuteres under. I den langsiktige likevekten vil det investeres i produksjonskapasitet inntil  $\partial C / \partial K = p^{EL} + s$ , eller at

<sup>22</sup> Merk at et våtår er uventet på markedsaktørene, mens effektene av sertifikatmarkedet er forventet. Således trenger ikke markedsutfallene mellom våtår og sertifikatmarkeder være sammenfallende.

<sup>23</sup> Vi ser utelukkende på effektene på priser om vinteren, identiske effekter vil inntreffe også om sommeren.

marginalkostnaden ved investering i ny fornybar elektrisitet tilsvarer marginalinntekten.

Figur 2: Innføring av sertifikatmarket i vannkraftbasert elektrisitetsmarked<sup>a)</sup>



a) De lyse linjestykkene illustrerer likevekten før innføring av politiske tiltak i markedet, se figur 1 over. De mørke linjestykkene illustrerer den nye markedslikevekten med utvidet produksjonskapasitet. Den svarte sirkelen gir prisen på elektrisitet som forbrukerne må betale om vinteren, mens det vertikale linjestykket mellom forbrukerprisen og den grå sirkelen angir sertifikatprisen. Den hvite sirkelen illustrerer prisen som eksisterende vannkraftprodusenter mottar for elektrisitet med grønne sertifikater. Merk at prisen forbrukerne betaler og eksisterende produsenter mottar er identiske med bruk av subsidier.

Ny fornybar produksjonskapasitet antas ulønnsom uten grønne sertifikater, og summen av elektrisitetsprisen og prisen på grønne sertifikater må overstige prisen på elektrisitet før innføringen av politiske tiltak. Dette er illustrert med den grå sirkelen i figur 2 over. Gitt at relasjonen  $p^{EL} = p - \alpha p^{GS}$  må holde (samt gitt diskusjonen over som illustrerte hvordan konsumentprisen,  $P$ , faller i et vannkraftbasert elektrisitetsmarked) faller prisen på elektrisitet for

eksisterende produsenter,  $p^{EL}$ , mer enn konsumentprisen. Elektrisitetsprisen for produsenter ikke sertifisert som produsenter av ny fornybar energi er gitt ved den grå sirkelen i figur 2 over.

Diskusjonen over illustrerer bakgrunnen for vår påstand om at analyser av termiske markeder ikke bør anvendes for å analysere innfasing av (ny) fornybar elektrisitet i vannkraftbaserte markeder. Under gjengir vi avvikene fra den generelle litteraturen, samt at vi diskuterer kort årsakene til at vi finner resultater som ikke samsvarer med verken den internasjonale litteraturen på området eller den nasjonale debatten knyttet til bruk av grønne sertifikater:

✓ *Det er ingen reduksjon i produksjonsnivået fra eksisterende produsenter:* På grunn av at det nesten ikke er variable kostnader ved elektrisitetsproduksjon fra hydrobaserte produksjonskilder, er det ikke lønnsomt å legge ned eksisterende produksjonskapasitet, investeringskostnadene kan beskrives som ugjenkallelige.

✓ *Konsumprisen på elektrisitet må gå ned i et vannkraftbasert marked:* På grunn av at produksjonskapasitet må øke som følge av innfasing av ny fornybar elektrisitetsproduksjon, finner en at konsumentprisen på elektrisitet må falle.

✓ *Prisen på kraft til produsenter ikke underlagt sertifikatordningen faller under konsumentprisen:* Gitt at produksjonsnivået ikke faller for produksjonskapasitet definert som ikke ny fornybar produksjon, samt at i) prisen på elektrisitet for konsumentene faller og ii) prisen på ny fornybar elektrisitet må være høyere enn elektrisitetsprisen før innføringen av sertifikatordningen, må prisen på elektrisitet for eksisterende produsenter falle under konsumentprisen.

Pålagt mengde ny fornybar elektrisitet tilsvarer i likevekt,  $(x_1 + x_2)/\alpha$ , og i det vannkraftbaserte elektrisitetsmarkedet ligger  $x_1 + x_2$  fast, noe som gir en

total produksjonskapasitet etter innføringen av grønne sertifikater på  $(1 + \alpha)(x_1 + x_2)$ .<sup>24</sup> Dette viser at diskusjonen i Jensen and Skytte (2003) vedrørende simultan oppnåelse av målsetningene om a) innføring av ny fornybar elektrisitet og b) redusert elektrisitetskonsum er *mer* vanskelig å oppnå i vannkraftbaserte markeder enn i termisk baserte markeder. I analyser av termiske markeder er det rimelig å anta at deler av eksisterende produksjonskapasitet faller bort, både på kort og lang sikt. I vannkraftmarkeder er det i mindre grad relevant å anta at vannkraftproduksjon faller bort.

Et talleksempel kan illustrere virkningene for det norske vannkraftmarkedet (vi ser på ønsket om å innføre henholdsvis 10 % og 15 % ny fornybar elektrisitet). Vi antar også i det følgende at vindkraft utgjør den marginale teknologien for ny fornybar elektrisitet på lang sikt. NVE (2004) anslår den langsiktige grensekostnaden for vindkraft å variere mellom 30 og 60 øre/kWh, dette varierer med forventet brukstid og prisen på innsatsfaktorer i vindmølleproduksjon.<sup>25</sup> ECON (2005) antar at prisene på elektrisitet i engrosmarkedet varierer mellom 25-35 øre/kWh, samt at prisen på grønne sertifikater varierer mellom 8 og 15 øre/kWh i tilfellet hvor sertifikatkravet er ca 10% og mellom 12 og 18 øre/kWh med et krav på om lag 15 %.

Anta at prisene i det norske markedet tilsvarer 30 øre/kWh i en langsiktig likevekt uten bruk av klimapolitikk. Anta så at en pris på 50 øre/kWh er tilstrekkelig for å skape økonomiske insentiver for å investere i 10 % fornybar elektrisitet.<sup>26</sup> I tilfellet med grønne sertifikater innebærer et sertifikatkrav på  $\alpha = 10\%$  at prisen til eksisterende produsenter faller ytterligere. Sluttselgere må kjøpe all elektrisitet i engrosmarkedet, samtidig må de kjøpe 10 %

<sup>24</sup> Distinksjonen mellom prisbasert og kvantumsbasert politikk holder bare som en tilnærming. Med en kvantumsbasert politikk pålegges et totalt kvantum hvor prisen bestemmer likevekten, mens prisbaserte instrument avgiftslegger (subsidiere) produksjon, og lar markedet bestemme totalt kvantum.

<sup>25</sup> Mellom annet medfører økninger i prisen på stål til at prisen på vindmøller har økt de siste årene.

<sup>26</sup> Merk at uten handel i elektrisitet vil en subsidie på 15 øre/kWh ikke være tilstrekkelig til å nå målet om 10% ny fornybar produksjonskapasitet. På grunn av at en ikke forventer at norsk kraftproduksjon faller som følge av ny fornybar elektrisitetsproduksjon, må subsidien også ta hensyn til dette.

sertifikater. Om en antar frikonkurransse blant sluttselegere kan en forvente at prisen til eksisterende produsenter tilsvarer  $p^{EL} = P - \alpha p^{GS}$ , eller:  $p^{EL} = 30 - 0,1 \cdot 20 = 28$ . Om kravet er 15 % (forutsatt at den marginale investeringen i ny fornybar elektrisitet er uendret) faller prisen til eksisterende produsenter til 17 øre/kWh. Golombek og Hoel (2004) vurderer også tilfellet med 20 % sertifikatplikt, dette ville gitt en ytterligere prisreduksjon for eksisterende produsenter (dette ville gitt en prisreduksjon for 4 øre/kWh i forhold til konsumentprisen).

Om en sammenligner subsidiering av ny fornybar elektrisitet og bruk av grønne sertifikater for innfasing av elektrisitet i modellen over vil konsumentprisen,  $P$ , være identisk mellom de to politikkalternativene. Dette bygger på at likevekten i engrosmarkedet må holde. Prisen til produsenter av ny fornybar elektrisitet blir også den samme. Forskjellen er derfor utelukkende relatert til prisen som eksisterende produsenter av elektrisitet oppnår i markedet,  $p^{EL}$ . Som nevnt over, i tilfellet med subsidier mottar ikke-sertifiserte produsenter en pris som er sammenfallende med konsumentprisen. I tilfellet med grønne sertifikater faller imidlertid prisen som eksisterende produsenter mottar, og i det numeriske tilfellet varierer dette fallet mellom 0,5 øre/kWh (lavt sertifikatkrav og lav grensekost for ny fornybar elektrisitet) og 3 øre/kWh.

I et mer ekstremt tilfelle kan en anta at dyr vindkraft blir den marginale produksjonsteknologien som bestemmer prisen på grønne sertifikater, samt at sertifikatkravet settes til 25 %. I dette tilfellet må summen av prisen på grønne sertifikater og prisen på elektrisitet tilsvare (minst) 60 øre/kWh. Med en elektrisitetspris på 30 øre/kWh indikerer dette at prisen til eksisterende produsenter faller så mye som  $p^{EL} = 30 - 0,25 \cdot 30 = 22,5$  22,5 øre/kWh. I tilfellet høyt sertifikatkrav og dyr vindkraft blir derfor utslagene for eksisterende produsenter stor. Tabellen under illustrerer forskjellene i prisen til eksisterende produsenter,  $p^{EL}$ :

Tabell 2: Produsentpriser,  $p^{EL}$ , med ulike sertifikatkraft og høy og lav kostnad for ny fornybar elektrisitetsproduksjon

	10 %	15 %	25 %
<b>MC=50 øre/kWh</b>	28 øre/kWh	27 øre/kWh	25 øre/kWh
<b>MC=60 øre/kWh</b>	27 øre/kWh	25,5 øre/kWh	22,5 øre/kWh

Under diskuteres kort hvordan prisene endres som følge av internasjonalisering av elektrisitetsmarkedet. Om en først antar at det er stor transmisjonskapasitet mellom Norge og tilgrensende markeder, finner en at brorparten av den ytterligere produksjonskapasitet må eksporteres ut av landet. Innføring av klimapolitikk i termisk baserte markeder vil også medføre økte priser på lang sikt. På lang sikt vil det mest sannsynlig bli reduksjoner i bruken av teknologier basert på gass, olje og kull. Vi antar i motsetning til mye av litteraturen at prisen på elektrisitet ikke faller, men at prisen på innsatsfaktorene samt investeringskostnader bestemmer prisen på elektrisitet på lang sikt.<sup>27</sup> Gitt at prisen på elektrisitet i termiske markeder (i autarki) forventes å øke, samt at prisen på elektrisitet i vannkraftbaserte markedet forventes å falle, er det sannsynlig at antall timer med eksport øker og antall timer med import faller for det vannkraftbaserte markedet. Dette tilsier at fallet i konsumentprisen reduseres, men den marginale prisen på ny fornybar elektrisitet ligger fast. Det reduserte fallet i konsumentprisen medfører at også fallet til eksisterende produsenter minker. Gitt relasjonen,  $p^{EL} = P - \alpha p^{GS}$ , indikerer en lavere pris til konsumentene i det norske vannkraftbaserte markedet at prisforskjellen mellom konsumenter og eksisterende produsenter faller.

<sup>27</sup> På kort og mellomlang sikt kan en derimot forvente at prisene faller noe.

Om en i tillegg antar at sertifikatmarkedet er internasjonalt vil dette føre til økte investeringer i ny fornybar elektrisitet i det norske markedet, som følge av at det er større muligheter for investeringer i ny fornybar elektrisitet i det norske markedet. Dette innebærer sannsynligvis at det blir ytterligere utbygning av ny fornybar kraftproduksjon i Norge og i mindre grad i Sverige. En kan derfor anta at den marginale produksjonskostnaden er høyere i et internasjonalt enn i et rent nasjonalt sertifikatmarked. Fra likheten,  $p^{EL} = P - \alpha p^{GS}$ , tilsier en høyere sertifikatpris at prisforskjellen mellom konsumenter og eksisterende produsenter øker. Men om et av ønskemålene med utbyggingen av ny fornybar elektrisitet i Norge (evt også Sverige) er å finansiere utbygging av ren elektrisitetsproduksjon for eksport til for eksempel Tyskland, er det på ingen måte sikkert at grønne sertifikater er en god ordning. Problemet som inntreffer er at det er norske konsumenter som finansierer produksjon av ny fornybar elektrisitet som en andel av forbruket innenlands (eller andel av forbruket i Norge og Sverige i et felles marked). Eksport kan medføre at etterspørselen etter grønne sertifikater blir for lav, og således faller verdien av sertifikatene. Anta som et forenklet eksempel at det i dag er produksjonskapasitet tilsvarende 100 TWh i det norske kraftmarkedet, og at myndighetene ønsker at 25 % av total produksjonskapasitet i Norge skal komme fra nye fornybare produksjonsanlegg innen 15 år. Dette tilsvarer at total produksjonskapasitet om 15 år tilsvarer 133 TWh, herav er ca 100 TWh dagens produksjonskapasitet (75 %) og om lag 33 TWh fra de nye produksjonsenhetene (25 %). Om en antar at forbruket i Norge øker til 110 TWh i denne periode, må 23 TWh eksporteres til Tyskland. Problemet som oppstår knyttes til andelen ny fornybar produksjon som skal finansieres av norske forbrukere. Mens det i det norske sertifikatmarkedet er bygget ut 33 TWh ny fornybar produksjonskapasitet, sikrer sertifikatordningen at sluttsegere bare behøver kjøpe sertifikater som tilsvarer 25% av det innenlandske forbruket ( $0,25 \cdot 110 \text{ TWh} = 27,5 \text{ TWh}$ ). Med andre ord er det i det innenlandske markedet investert i 33 TWh ny fornybar



elektrisitetsproduksjon, mens bare 27,5 TWh av den totale nye produksjonskapasiteten kan forvente å selge sertifikater fra sertifikatmarkedet. Når tilbudet av sertifikater tilsvarer 33 TWh og etterspørselen er 27,5 TWh, vil eksport av elektrisitet således bidra til at sertifikatene forringes i verdi, i verste fall faller verdien til null.

#### EFFEKTIV KLIMAPOLITIKK OG DISKUSJON

Effektiv klimapolitikk må tilfredsstille to krav. For det første må klimapolitikken gi tilfredsstillende insentiver til at forurensende aktiviteter legges ned eller brukes mindre. I elektrisitetsmarkedet innebærer dette å redusere produksjonen av elektrisitet fra forurensende kilder. Bortfall av produksjonskapasitet kan også medføre store prisøkninger og velferdstap. Det sekundære målet for en effektiv klimapolitikk er derfor å skape insentiver for investeringer i aktiviteter som ikke bidrar til global oppvarming. I elektrisitetsmarkedet innebærer dette tilstrekkelige økonomiske insentiv for investeringer i produksjonsteknologier som anvender fornybare energikilder sett på som avgjørende. I land hvor elektrisitet produseres med energibærere som olje, gass og kull oppstår ”doble gevinster” ved skattlegging. For det første gir en skatt på forurensende produksjonsenheter en gevinst ved at forurensende produksjon reduseres. Dette skaper naturlig nok en økning i prisen på elektrisitet. Men samtidig gir det skattleggingen inntekter som styresmaktene kan bruke til å skape insentiver for investeringer i produksjon av elektrisitet fra fornybare energibærere. Den andre gevinsten for samfunnet er derfor muligheten til å avgrense prisøkningen gjennom å erstatte forurensende produksjon med ikke-forurensende produksjon.

Nye fornybare energi kilder i Norge med potensial for lønnsom drift er mest sannsynlig avgrenset til vannkraft, vindkraft og havkraft. Under gir vi indikasjoner på potensialet for ny fornybar elektrisitet i Norge.

- *Vannkraft:* Utbyggingspotensialet (teknisk/økonomisk) for vannkraft i Norge ble i 2005 anslått til om lag 205 TWh, fornybar (2007). Av dette ligger i overkant av 44 TWh i vernede områder, mens ca. 120 TWh er utbygget. NVE (2004) anslår således utbyggingspotensialet til om lag 41 TWh. Av dette utgjør oppgradering/opprustning av eksisterende anlegg ca. 15 TWh, små kraftverk (mikrokraftverk, under 0,1 MW, minikraftverk, 0,1 MW til 1 MW, og småkraftverk, 1 MW – 10 MW) omtrent 24 TWh. Ny vannkraftproduksjon utgjør dermed nærmere 35% av dagens produksjon, og disse ressursene er avgrenset til anlegg med en øvre investeringsramme på 30 øre/KWh.
- *Vindkraft:* I Norge er det fysiske vindkraftpotensialet svært stort, men på grunn av økonomiske og miljømessige forhold vil bare en liten andel av potensialet være utbyggbart, og omtrent 70% ligger i Finmark. Dette begrunnes med de gode vindforholdene, samt at det er store områder uten bebyggelse. Det er fortsatt relativt høye investeringskostnader for vindkraft, og utnyttelsesgraden varierer fra 2000 timer i Europa til 3000 timer i Norge. De beste lokalitetene i Norge, samt i åpent hav, kan brukstiden gå over 4000 timer.
- *Havkraft:* Fornybar (2007) viser til studier av potensialet for bølgekraft i Norge som svært gode, men det er i stor grad usikkerhet knyttet til kostnadene ved store investeringer for denne type teknologier.

Oppsummert (kostnader og potensial): NVE (2004) antar at bruken av hav- og solkraft vil være beskjedent i det norske elektrisitetsmarkedet. Derimot antar de at vannkraft vil få stor betydning i et grønt sertifikatmarked med lav kvoteplikt (10 %), mens vindkraft får relativt høyere betydning når kvoteplikten øker (20 %). I det norsk-svenske forslaget om felles sertifikatmarked er et av forslagene at grønne sertifikater skal bidra med til sammen 25 TWh i økt produksjon i

forhold til 2002, OED (2009). Samtidig estimerer OED (2002) at installert produksjonskapasitet er på 118,3 TWh, mens OED (2008) anslår produksjonskapasiteten til 121,8 TWh for 2008.

*Tabell 1: Økning i produksjonskapasitet i det norske elektrisitetmarkedet*

År	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
GWh	198	1064	622	613	593	747	960
MW	25	158	78	115	206	179	269

Kilde: nve.no

Som tabellen over illustrerer er det siden 2002 bygget ut produksjonskapasitet med i gjennomsnitt om lag 685 GWh/år årlig. I tillegg viser nettsidene til NVE at de har mottatt søknader for vannkraftproduksjon med en produksjonskapasitet på omlag av 7 TWh (7000 GWh), og som diskusjonen over indikerer, er det stort potensial for ytterligere investeringer. Med så mange søknader klarer ikke NVE å behandle alle søknadene som kommer inn, dette innebærer at søknader om kraftledninger i sentral- og regionalnettet, vannkraft og fjernvarme prioriteres foran andre søknader. Dette kan derfor indikere at utbygning av elektrisitetsproduksjon i Norge kan være stor i mange år fremover, samt at en av hindringene for utbygning av fornybare produksjonsressurser er saksbehandlingsevnen til NVE.

Men effektiv klimapolitikk i en næring som elektrisitetmarkedet må sees i sammenheng med klimapolitikken for øvrig, se også Golombek og Hoel (2004). Spesielt er det avgjørende at skatter pålegges aktiviteter hvor de skaper lavest mulig velferdstap. Med andre ord er det to avveininger som må tas hensyn til ved skattlegging. Den positive virkningen ved at aktiviteter som bidrar til global oppvarming reduseres, og den negative virkningen som en skatt har for

samfunnet. Samtidig er det viktig at inntektene fra de klimapolitiske tiltakene anvendes på de prosjektene hvor de kan forventes å skape mest velferd. I relasjon til klimapolitikk i Norge vil en skatt på elektrisitetsproduksjon ikke direkte gi en reduksjon av aktiviteter som bidrar til global oppvarming. En kan derfor anta at årsaken til at en skattlegger elektrisitetsprodusenter er at dette gir et relativt mindre velferdstap enn skattlegging av andre aktiviteter ville gjort.

Samtidig vil bruken av grønne sertifikater gi et 1-til-1 forhold mellom inntekter fra skattlegging av elektrisitetsproduksjon og bruken av midler i sektoren. Med et ønske om å bygge ut 10 % ny fornybar kraft, kan dette sannsynligvis gjennomføres uten store økonomiske subsidier. Som omtalt over, indikerer OED (2002) at det er om lag 40 TWh (35 % av eksisterende produksjonskapasitet) ny fornybar vannkraftproduksjon som med investeringskostnad under 30 øre/kWh. En kan derfor stille spørsmål om det er nødvendig med finansiering av ny fornybar elektrisitetsproduksjon i det norske vannkraftmarkedet. Fravær av klimapolitikk i det norske elektrisitetsmarkedet kan også bidra til at en annen målsetning i den norske klimapolitikken oppnås lettere, nemlig at konsumet av elektrisitet faller. Fravær av insentiver for å investere i fornybar elektrisitetsproduksjon medfører sannsynligvis at prisen øker som følge av vekst i etterspørselen. Denne prisøkningen gir i sin tur insentiver til å bygge ut fornybar produksjonskapasitet, samtidig som insentivene til å redusere elektrisitetskonsumet øker mer enn når markeder for grønne sertifikater innføres. Se for øvrig mer grundig diskusjon av disse aspektene i Jensen and Skytte (2003).

## **APPENDIKS D: INSENTIVER FOR INVESTERINGER I FORSKNING OG UTVIKLING**

Dette appendikset vurderer optimale insentiver for investeringer i ny teknologi når samarbeid mellom flere bedrifter kan være ønskelig. Som omtalt i hovedteksten kan global oppvarming føre til at næringer må gjennomføre store investeringer for å oppnå lønnsom drift i et nytt klimaregime. Shippingnæringen står for en stor andel av total transport i verdensøkonomien, men er samtidig den mest miljøvennlige transportformen. Skipsfarten er for eksempel svært viktig i norsk utenrikshandel, 95 % av total eksport og import fraktes i med ski (for året 1995), mens biltransport utgjør om lag 4 %. Dette kommer av at en får flyttet store mengder varer med svært lav ressursbruk ved bruk av sjøtransport. Ved å flytte en andel av transportbehovet fra mellom annet vei til sjø, ville utslippene av klimagasser falle. Samtidig er det viktig å redusere utslippene av klimagasser i transportsektorene, også innen shipping.

Gitt at global oppvarming er menneskeskapt, medfører transport av varer med bruk av fossilt brensel, at denne sektoren påfører det øvrige samfunnet en negativ eksternalitet. Det er derfor argumenter for at myndighetene skal innføre klimapolitikk. I det forrige appendikset "Klimapolitikk i et vannkraftbasert elektrisitetsmarked" diskuterte vi ulike politiske instrument for å redusere utslipp av klimagasser. Her fokuserer vi på mulighetene til å bruke skatter og subsidier for å gi private aktører insentiver for å legge om produksjonen, i dette kapitlet ser vi på mulighetene til å gi direkte insentiver til å skifte produksjonsteknologi. Det eksisterer en stor litteratur som analyserer insentiver for å gjennomføre investeringer i forskning og utvikling. I mange tilfeller kreves at flere aktører må gjennomføre investeringer sammen for å sikre effektiv utvikling av ny teknologi. Litteraturen på dette området fokuserer i stor grad på insentiver til å gjennomføre investeringer internt i bedrifter, for eksempel

mellom ulike divisjoner i store foretak. Vi anvender denne litteraturen for å vurdere hvordan myndigheter kan skape tilstrekkelige insentiver til å skape et miljø for samarbeid mellom bedrifter for å sikre effektiv gjennomføring av investeringer i forskning og utvikling for å utvikle nye teknologier.

Gitt at det er nødvendig med insentiver for å gjennomføre investeringer mellom ulike divisjoner i et og samme foretak, er det sannsynlig at det er nødvendig å skape insentiver for å gjennomføre investeringer også mellom ulike foretak. Shippingnæringen er et eksempel på en næring hvor dette kan være påkrevet. I noen tilfeller innebærer dette at flere aktører må gjennomføre investeringer sammen, dette er kanskje spesielt viktig i tilfeller hvor næringsstrukturen er preget av mange små spesialiserte enheter andre tilfeller er investeringene av slik dimensjon at enkeltbedrifter ikke har kapasitet til å gjennomføre investeringene som er nødvendig.

I dette appendikset ser vi på politiske instrument til å gjennomføre investeringer i ny teknologi som er mer miljøvennlig, og således reduserer utslippene fra transportsektoren. Som også diskutert i det forrige appendikset kan innføring av klimapolitiske tiltak medføre velferdstap på grunn av at produksjonskapasitet faller bort fra markedet og prisene øker. I mange tilfeller er det tilstrekkelig å skape økonomiske insentiver til å ta ny teknologi i bruk gjennom subsidiering av den nye teknologien. I andre tilfeller er det nødvendig å subsidiere forskning og utvikling av den nye teknologien. Dette kan forklares med at flere aktører må samarbeide på flere plan for å kunne gjennomføre de tilstrekkelige investeringene for at den nye miljøvennlige teknologien skal komme på plass. Innen shippingnæringen kan en tenke seg at noen aktører har spesialkompetanse på utvikling og bygging av skrog som er spesielt drivstoffeffektive. Andre aktører igjen kan ha unik kompetanse på utvikling av nye motorteknologier som enten er mer drivstoffvennlige enn eksisterende teknologier, eller utvikler helt nye teknologier som anvender nye typer drivstoff.

Vi setter vi opp og løser ut tre teoretiske modeller som vurderer ulike aspekter ved samarbeid mellom ulike aktører. Litteraturen tar i stor grad for seg samarbeid mellom ulike divisjoner (eller avdelinger) innen det samme foretaket, mens vi ser på behovet for samarbeid mellom ulike bedrifter. I litteraturen er således konsernledelsen den aktøren som forsøker å gi insentiver til samarbeid, mens det i vår kontekst er styresmaktene som tar på seg denne oppgaven.

Resten av kapitlet er organisert som følger. Først legger vi frem et teoretisk rammeverk for mulighetene myndighetene har til å skape miljø for samarbeid mellom forskjellige bedrifter. Dernest legges et rammeverk for introduksjon av ny teknologi frem. Det siste kapitlet diskuterer resultatene i lys av shippingnæringen på Vestlandet. I ett tillegg til appendikset ser vi på muligheten for at myndighetene kan opprette et samarbeid med utelukkende en bedrift, for deretter å la dette foretaket inngå samarbeid med andre bedrifter. Denne modellen beskriver mellom annet hvordan svenske styresmakter har valgt å gjennomføre utviklingen av jagerflyene av typen JAS Gripen.

### **Prinsipalens rolle i måloppnåelse blant agenter**

Det vil her bli gjennomgått mulige fremgangsmåter for hvordan en aktør, heretter kalt prinsipal, kan sørge for at et antall bedrifter, fra nå av kalt agenter, oppnår et gitt mål på en effektiv måte. Et slikt mål kan være større samlet produksjon fra agentene, noe som kommer prinsipalen til gode. Et annet eksempel kan være å redusere negative ringvirkninger ved produksjonen ved å få agentene til å gå over til en ny teknologi. I relasjon til global oppvarming kan en godt tenke seg den nye teknologien som investeringer i en mer miljøvennlig teknologiplattform. Prinsipalen vil i vår modell være myndigheter, mens agentene representerer ulike bedrifter som må samarbeide for å få den nye teknologiske plattformen på plass. Jeg tar for meg tre forskjellige tilnærminger

til hvordan en kan modellere slike overganger. Den første modellen som blir gjennomgått tar for seg et scenario hvor agentene kan hjelpe hverandre med å gjennomføre en oppgave. I det andre scenarioet har agentene mulighetene til å skrive sidekontrakter seg i mellom, slik at man ikke hjelper hverandre i produksjonen, men at man overfører en viss andel av inntekt fra egen produksjon til den andre agenten. Til slutt vil jeg gå gjennom en modell hvor prinsipalen ønsker at agentene går over til en ny teknologi. Denne nye teknologien kan tenkes å ha færre negative ringvirkninger, eventuelt flere positive ringvirkninger enn den gamle teknologien.

### **Insentiv til å hjelpe**

Den første fremgangsmåten er gjennomgått i Itoh (1991), han ser på hvilke insentiv agenter må ha for å hjelpe hverandre. Vår fremstilling bygger på Bolton og Dewatripont (2005). Agenten velger innsats i oppgaven som de har hovedansvaret for, noe som fører til økt produksjon. Agentene kan også bestemme hvor mye av innsatsen som skal benyttes til å hjelpe andre agenter. Vi antar at prinsipalen ikke kan observere hver enkelt agents innsatsnivå, og at prinsipalens derfor er avgrenset til å utforme avlønningsplaner som avhenger av produksjonen. Prinsipalen kan således konstruere en oppgavestruktur, denne kan enten være spesialisert hvor hver agent vil bli ledet til å kun fokusere på egne oppgaver, eller det kan være en oppgavestruktur som gir insentiv til samarbeid. Den siste oppgavestrukturen vil måtte inneholde et element av belønning for de andre agentenes produksjon for at agentene skal finne det optimalt å hjelpe hverandre. I denne modellen vil samarbeid komme som følge av prinsipalens avlønningsplan. Modellen som blir gjennomgått ser på hvilke faktorer som påvirker prinsipalens valg av å komme med en lønnsplan som gir insentiv til samarbeid.



Vi antar at produksjonen kan ta to mulige verdier:  $q_i \in \{0,1\}$ , altså har man enten ingen produksjon,  $q_i = 0$ , eller så har man produksjon,  $q_i = 1$ . Videre antar vi at prinsipalen er risikonøytral, slik at hans nyttefunksjon kan sies å være av formen  $V(x)=x$ . I dette oppsettet har vi kun to agenter som begge er risikoaverse. Agentene velger både hvor mye innsats som skal dedikeres til egen produksjon,  $a_i$ , og hvor mye hjelp som skal bli gitt til den andre agenten,  $b_i$ . Dette vil da tilsi at handlingsrommet til agentene er todimensjonalt. Agentenes nyttefunksjon tar formen:

$$u_i(w) - c_i(a_i, b_i)$$

Den første delen av nyttefunksjonen viser agentens nytte av inntekt fra produksjon,  $w$ . Siden vi antar at agentene er risikoaverse vil denne nyttefunksjonen være stigende og konkav.<sup>28</sup> Den andre delen av nyttefunksjonen presenterer individets ”unytte” av å ha et visst innsatsnivå, dette kan tolkes som kostnader i produksjonen eller investeringsutgifter som følger av samarbeidet. Vi antar at denne kostnadsfunksjonen er økende og konveks i begge argument,  $a_i$  og  $b_i$ . Vi introduserer også her en spesifikk funksjon:

$$c_i(a_i, b_i) = a_i^2 + b_i^2 + 2ka_i b_i$$

Denne funksjonen antyder at dersom  $k > 0$ , oppstår en ekstra kostnad ved at agenten ikke spesialiserer seg fullt og helt i sin egen produksjon. Det antas at  $k \in [0,1]$ . Parameteren  $k$  er derfor et mål på i hvor stor grad man får et spesialiseringstap ved å hjelpe den andre agenten i produksjon. Sannsynligheten for produksjon er gitt ved:

$$Pr(q_i = 1) = a_i(1 + b_j)$$

---

<sup>28</sup> I dette tilfellet antar vi at nyttefunksjonen tar den enkle formen,  $u_i(w) = \sqrt{w}$ .

Vi ser av dette at sannsynligheten for at agent  $i$  sin produksjon øker vil være positivt påvirket av agent  $j$  sin innsats i agent  $i$ 's oppgaver. Myndighetene kan fremme samarbeid ved å gi hver enkelt agent en andel av den andre agentens produksjon. Det vil bety at prinsipalen kan gi hver enkelt agent en kontrakt tilsvarende:

$$w_i = \{w_{00}^i, w_{01}^i, w_{10}^i, w_{11}^i\}$$

Her er  $w_{mn}^i$  betalingen til agent  $i$  når  $q_i = m$  og  $q_j = n$ . Vi antar videre at man har symmetriske kontrakter, slik at  $w = \{w_{00}, w_{01}, w_{10}, w_{11}\}$ .

Dersom styresmaktene ikke ønsker å fremme samarbeid mellom agentene, tilbyr myndighetene agentene kontrakter hvor  $w_{00} = w_{01}$  og  $w_{10} = w_{11}$ , slik at betalingen agent  $i$  får for sin produksjon ikke avhenger av produksjonen til agent  $j$ . Under denne antagelsen vil prinsipalen sette en betaling  $w_1$  dersom  $q_i = 1$  og  $w_0 = 0$  dersom  $q_i = 0$ . Betalingen for produksjon,  $w_1$ , må derfor settes slik at en maksimerer den forventede inntekten til prinsipalen. Sannsynligheten for produksjon når man ikke åpner for hjelp, det vil si  $b_i = 0$ , forenkles til  $Pr(q_i = 1) = a_i$ . Siden vi antar at prinsipalen er risikonøytral og dersom en videre antar at verdien av en enhet produksjon er 1, så vil den forventede inntekten som prinsipalen ønsker å maksimere uttrykkes ved  $a_i(1 - w_1)$ . Innsatsen,  $a_i$ , må være slik at agenten ikke kan komme bedre ut ved å velge et annet innsatsnivå. Dette må bety at innsatsen bestemmes slik at den maksimerer agentenes forventede nytte, altså slik at  $a_i \in \arg \max_a E[u_i(w) - c_i(a_i)]$ . I denne tilpasningen vil ikke agenten ha et insentiv til å velge et annet innsatsnivå, og en kan da si at tilpasningen er insentivkompatibel. Ved å løse dette maksimeringsproblemet finner vi at innsatsen må tilpasses slik at:

$$a_i = \frac{1}{2}\sqrt{w_1} \leftrightarrow w_1 = 4a_i^2$$

Videre må det være slik at det ikke finnes noe bedre alternativ til det å ha denne innsatsen for agenten. Dersom en antar at agenten alternativt kunne fått en sikker inntekt  $\bar{w}$  ved en innsats i et annet prosjekt, så må det være slik at  $E[u_i(w) - c_i(a_i)] \geq u(\bar{w})$ . I dette enkle oppsettet antar vi at den sikre inntekten er null, altså antar vi at innsatsnivået må gi en positiv forventet nytte for agenten. Denne rasjonalitetsbegrensningen betyr nå at  $a_i$  må tilfredsstille:

$$a_i \sqrt{w_1} - a_i^2 \geq 0$$

Setter inn for  $a_i$  slik at vi ender opp med  $w_1/4 \geq 0$ . Ved å sette inn for  $w_1$  i prinsipalens maksimeringsproblem, får vi at problemet nå forenkles til å velge agentens innsatsnivå slik at det maksimerer prinsipalens fortjeneste gitt ved,  $a_i - 4a_i^3$ , optimerer dette og får  $a_i = \sqrt{1/12}$ . Prinsipalens maksimale profitt dersom agentene ikke hjelper hverandre i produksjonen, vil ut ifra dette være  $2/3 \sqrt{1/12}$ . Dette tallet sier i utgangspunktet ikke så mye, men kan brukes for å sammenligne med utbyttet til prinsipalen når man ønsker å fremme samarbeid mellom agentene.

Dersom prinsipalen ønsker at agentene skal samarbeide, må han tilby kontrakter som gir agent  $i$  belønning når agent  $j$  produserer. Disse kontraktene må således være slik at:

$$w_{11} > w_{10} \text{ og } w_{01} > w_{00}$$

En betaling som er dels avhengig av agent  $j$ 's produksjon vil føre til at agent  $i$  opplever større risiko. Det må derfor være slik at den økte produksjonen som følger av samarbeid må gi betaling for den økte risikoen som de to agentene møter ved denne tilpasningen. For at en slik kontrakt skal være ønskelig må en finne en Nash-likevekt med handlingsvalg  $(a,b)$  som kommer av en kontrakt med  $w_{11} > w_{10}$  og  $w_{01} > w_{00} = 0$ . Maksimeringsproblemet for hver enkelt agent som en slik Nash-likevekt må løse er gitt ved:

$$\begin{aligned} \max_{a,b} \quad & a_j(1+b)a(1+b_j)\sqrt{w_{11}} + a_j(1+b)[1-a(1+b_j)]\sqrt{w_{01}} \\ & + a(1+b_j)[1-a_j(1+b)]\sqrt{w_{10}} - a^2 - b^2 - 2kab \end{aligned}$$

Dette problemet tilsvarer det vi hadde i løsningen uten hjelp, men man har nå tre forskjellige utbetalingsscenario med hver sin sannsynlighet som avhenger av innsatsnivået til de to agentene. Vi kan nå derivere dette uttrykket først på henholdsvis  $b$  og  $a$ , før vi setter  $(a_j, b_j) = (a, b)$  og får følgende førsteordensbetingelser:

$$a^2(1+b)(\sqrt{w_{11}} - \sqrt{w_{10}}) + a[1-a(1+b)]\sqrt{w_{01}} = 2(b+ak) \quad (1)$$

$$a(1+b)^2(\sqrt{w_{11}} - \sqrt{w_{01}}) + (1+b)[1-a(1+b)]\sqrt{w_{10}} = 2(a+bk) \quad (2)$$

Det kan vises at dersom en antar at  $k > 0$ , så vil det være mest lønnsomt for prinsipalen med enten mye samarbeid mellom agentene eller ikke noe samarbeid i det hele tatt. Dette argumentet kan sees direkte fra (1). I løsningen hvor det var ingen samarbeid mellom agentene, så hadde vi at  $w_{00} = w_{01} = 0$  og  $w_{10} = w_{11}$ . Dersom  $k > 0$ ,  $a > 0$ , så må det føre til at når  $b > 0$  må den nye kontrakten,  $\mathbf{w}$ , avvike betraktelig fra den man hadde i situasjonen uten samarbeid. Agentene utsettes ved den nye kontrakten for økt risiko, og for at de skal kompenseres for dette må man se en stor økning i produksjon, som igjen er et resultat av en signifikant økning i  $b$ . Dette vil således føre til at når agentene først samarbeider, så gjør de dette i stor grad.

Dersom  $k = 0$ , det vil si at det ikke er noe tap for agentene med mindre spesialisering i forbindelse med det å hjelpe en annen agent, så vil enhver kontrakt som fører til samarbeid mellom agentene være optimal. Dersom en antar at det å øke  $b$  ikke medfører at  $a$  vil gå ned, så vil man ha at når  $b = 0$  og  $k = 0$ , så vil marginalkostnaden av å øke  $b$  være null. Dette kan man også vise gjennom førsteordensbetingelsene. Dersom en tar utgangspunkt i

hjørneløsningen hvor  $b = 0$ ,  $w_{00} = w_{01} = 0$  og  $w_{10} = w_{11} = w$  og øker  $\sqrt{w_{11}}$  og  $\sqrt{w_{01}}$  med  $du$  mens en holder  $\sqrt{w_{10}}$  konstant og man så benevner endringen i  $a$  og  $b$  som følge av denne endringen i kontrakten med  $da$  og  $db$ , så får en at:

$$(a + da)^2(1 + db)du + (a + da)[1 - (a + da)(1 + db)]du = 2db$$

$$\text{Noe som vil bety at } (a + da)du = 2db > 0 \quad (3)$$

og

$$(a + da)(1 + db)^2\sqrt{w} + (1 + db)[1 - (a + da)(1 + db)]\sqrt{w} = 2a + da$$

$$\text{Noe som gir oss } (1 + db)\sqrt{w} = 2(a + da) \quad (4)$$

Vi ser her på små endringer, slik at  $du$ ,  $da$  og  $db$  er minimale. Dette gjør at en kan sette  $dadu = 0$ , og (3) kan forenkles til  $2db \approx adu > 0$ . I eksemplet uten hjelp,  $b = 0$ , fant vi at  $\sqrt{w}/2 = a$ . Dersom en bruker dette, så kan man ut ifra (4) og (3) få at:

$$2da = db\sqrt{w} > 0$$

Dette resultatet viser at det alltid vil være optimalt med kontrakter som gir et insentiv til samarbeid dersom det ikke er gevinster ved spesialisering i produksjonen, det vil si så lenge  $k = 0$ .

Analysen som har blitt gjort over viser at det under visse forutsetninger kan være lønnsomt for myndighetene (prinsipalen) å oppmuntre til samarbeid mellom bedriftene (agentene). I dette eksempelet er eksternaliteter som for eksempel forurensning tatt med, det er utelukkende potensialet for mer effektiv gjennomføring av produksjonen som bidrar til samarbeid. Et samarbeid vil imidlertid medføre større risiko for hver enkelt aktør, og man kan derfor risikere å overvurdere hvor mye samarbeid man faktisk vil se. Ved å innføre parameteren  $k$  som forteller oss i hvor stor grad man har spesialisering i

produksjonen, så kan man korrigere for dette. Graden av spesialisering i oppgavene vil naturlig nok påvirke gevinsten av spesialisering i negativ regning.

For shippingnæringen i Norge er det en rekke mindre aktører som mest sannsynlig ikke er i stand til å påta gjennomføre investeringer tilstrekkelig store til å komme opp med store teknologiske gjennombrudd på egen hånd. Men samtidig er summen av kunnskap i norsk shippingnæring sannsynligvis tilstrekkelig til å gjennomføre de ønskede teknologiske gjennombruddene. En politikk som omtalt over kan gi selskaper tilstrekkelige insentiver til å samarbeide om å få nye og mer klimavennlige teknologier på plass.

### **Individuell og kollektiv belønning av agenter ved overgang til ny teknologi**

En annen tilnærming er basert på en modell av Krawczyk *et al* (2004). I denne modellen blir agentene belønnet for effekten av sine samlede handlinger, i stedet for at man kun belønner hver enkelt agent for deres respektive innsats. I modellen vises det hvordan en prinsipal kan gi agentene insentiv til å gå over til en ny teknologi ved å bruke en slik belønningsmetode. Det vises at dette vil være mer effektivt enn dersom prinsipalen kun dekker hver enkelt agents kostnad ved å gå over til en ny teknologi. En forutsetning her er at en slik ny teknologi fører med seg en positiv eksternalitet som prinsipalen mener er ønskelig. Dette kan for eksempel være en overgang til en mer miljøvennlig teknologi, eller en teknologi som gir positive ringvirkninger til omkringliggende næringer. Det siste eksemplet kan være at enkelte aktører i en region innfører nye attraksjoner som vil tiltrekke seg flere turister og dermed også øke kundegrunnet til andre aktører i denne regionen. I denne modellen vil det være et individuelt og kollektivt insentiv system som skal kunne gi mest mulig overgang til ny teknologi for et gitt budsjett.

I modellen som nå presenteres antar vi at agentene er like med tanke på størrelse og kostnadsstruktur. Modellen kan imidlertid utvides til å inneholde agenter som ikke er identiske, uten at hovedpoenget forandres. Vi antar at vi har  $N$  agenter,  $i = (1, 2, \dots, N)$  og en prinsipal. Hver agent er av størrelse  $s_i$ . I denne sammenhengen kan vi anta at størrelsen her refererer til antall ansatte hos agenten. De ansatte kan være knyttet til to forskjellige teknologier, A og B. A er den gamle teknologien, og B er en ny teknologi som gir positive ringvirkninger. For prinsipalen er det derfor ønskelig at agentene går over til teknologi B. Marginalinntekten,  $m_i$ , antas å være lik for begge teknologiene. Det å gå fra teknologi A til teknologi B vil imidlertid føre til en engangskostnad for agenten. Prinsipalen har et budsjett,  $M$ , som kan gis til agentene som økonomisk støtte i overgangen til en ny teknologi. Kostnaden ved å gå over til en ny teknologi,  $C_i$ , kan representeres med følgende kvadratiske funksjon:

$$C_i(t_i, t_i^0, s_i) = \alpha_i \left( (t_i - t_i^0) s_i \right)^2$$

$t_i^0$  er her andelen av ny teknologi, B, som allerede er i bruk, mens  $t_i$  angir det nye nivået av ny teknologi. Vi antar at dagens bruk av den nye teknologien er lik null, altså  $t_i^0 = 0$ .  $\alpha_i > 0$  er en koeffisient som under antakelsen av identiske agenter vil være lik for hver agent. I denne modellen er agentene pristakere, og de har en payoff-funksjon av typen:

$$\begin{aligned} f_i(t_i, t_{-i}; \mathbf{u}) &= (m_i(1 - t_i) + m_i t_i) s_i - C_i(t_i, 0, s_i) + \Pi_i(\mathbf{u}; t_i, t_{-i}) \\ &= m_i s_i - \alpha_i (t_i s_i)^2 + \Pi_i(\mathbf{u}, t_i, t_{-i}) \end{aligned}$$

Denne payoff-funksjonen inneholder tre ledd. Det første leddet,  $m_i s_i$ , viser inntekten fra driften, som er uavhengig av teknologistrukturen, det andre leddet,  $\alpha_i (t_i s_i)^2$ , viser kostnadene ved å gå over til ny teknologi mens det tredje leddet,  $\Pi_i(\mathbf{u}, t_i, t_{-i})$ , viser hvor stor subsidie agent  $i$  får dersom han går over til å bruke  $t_i s_i$  av den nye teknologien. Vi ser av funksjonen at denne subsidien avhenger

av både agent  $i$  sin overgang til den nye teknologien, samt de andre agentene, notert med  $-i$ , sin overgang til ny teknologi. Variabelen  $u$  er prinsipalens instrument for å gi agentene insentiv til å gå over til den nye teknologien. Det er bruken av disse instrumentene som vi nå skal vurdere nærmere. Prinsipalen kan velge  $u \in [0,1]$  som beskriver i hvor stor grad prinsipalen dekker agentens kostnad ved å gå over til den nye teknologien. Siden kostnadene ved å gå over til den nye teknologien er gitt ved  $\alpha_i(t_i s_i)^2$  vil agentens kostnad være gitt ved:

$$(1 - u)\alpha_i(t_i s_i)^2$$

Dersom  $u < 1$ , altså at prinsipalen ikke har nok midler til å dekke hele utgiften, så ser vi at agentens optimale valg vil være å ikke gå over til den nye teknologien, altså  $t_i = 0$ . Dette kommer som følge av at kostnadsfunksjonen er økende i  $t_i$  for  $u < 1$ , og siden  $t_i$  kun inngår i kostnadsfunksjonen, vil agenten ønske å velge den  $t_i$  som gir lavest kostnader, altså 0.

Dette problemet kan løses ved å introdusere et instrument som belønner den kollektive innsatsen på å gå over til ny teknologi,  $w$  i tillegg til den individuelle innsatsen,  $u$ . Anta at prinsipalen ønsker at mer enn  $S$  av de ansatte hos alle agentene skal være knyttet til den nye teknologien og at dette nivået er større enn det noen av agentene har knyttet til den nye teknologien. Dette vil si:

$$S > s_j \quad \text{for alle } j, \quad \text{og} \quad S \leq \sum_{i=1}^N s_i$$

Instrumentvariablene til prinsipalen kan nå skrives opp som  $\mathbf{u} = [u, w, S]$ . En kan nå sette opp en insentivfunksjon som er slik at:

$$\frac{\partial \Pi_i}{\partial u} > 0 \quad \text{dersom} \quad t_i > 0, \quad \text{og} \quad \frac{\partial \Pi_i}{\partial w} > 0 \quad \text{dersom det finnes en } j \text{ slik at } t_j > 0 \text{ og } \sum_{i=1}^N t_i s_i > S.$$



Det er den andre egenskapen som er mest interessant her. Den forteller oss at dersom flere er tilknyttet den nye teknologien enn det myndighetene hadde som målsetting, så vil agent  $i$  nyte godt av dette i form av en kollektiv belønning  $w$  som vil gi en økning i agentens samlede subsidier. Dette fører til at agentene oppmuntrer hverandre til en økt satsing i den nye teknologien, og vil derfor kunne gi en bedre måloppnåelse enn dersom man kun gir kompensasjon med utgangspunkt i individuell innsats. En kan tenke seg at følgende insentivfunksjon kan benyttes:

$$\Pi_i(u, w, S; t_i, t_{-i}) = u\alpha_i(t_i s_i)^2 + w \max\left(0, \sum_{j=1}^N t_j s_j - S\right)$$

Vi ser her at prinsipalen betaler en andel,  $u$ , av den enkeltes agents kostnader. Videre får agentene en kollektiv betaling,  $w$ , som avhenger av om man går utover det fastsatte målet,  $S$ . Denne insentivfunksjonen vil således tilfredsstille de to egenskapene gitt over. Insentivplanen kan nå presenteres matematisk. Vi lar  $[t_1^*, \dots, t_N^*]$  være vektoren av optimalt valg av ny teknologi, gitt prinsipalens instrumentbruk. Videre kan vi definere en indeks,  $J$ , som presenterer total overgang til ny teknologi:

$$J(t_1^*, \dots, t_N^*; u, w, S) \equiv \sum_{i=1}^N t_i^* s_i$$

Vektoren  $[t_1^*, \dots, t_N^*]$  bestemmes ut ifra maksimeringsproblemet:

$$t_i^* = \arg \max_{t_i \in [0,1]} f_i(t_i, t_{-i}^*; u, w, S), \quad i = 1, 2, \dots, N$$

Prinsipalens problem, gitt et budsjett,  $M$ , er gitt ved:

$$(u^*, w^*, S^*) = \arg \max_{u \geq 0, w \geq 0, S \geq 0} J(t_1^*, \dots, t_N^*; u, w, S)$$

slik at: 
$$\sum_{i=1}^N \Pi_i(u^*, w^*, S^*; t_i^*, t_{-i}^*) \leq M,$$

Dette sørger for at man får mest mulig overgang til ny teknologi gitt at samlede subsidier ikke skal overgå budsjettet,  $M$ . Prinsipalens maksimeringsproblem må også tilfredsstillende agentens maksimeringsproblem gitt ovenfor, samt:

$$f_i(t_i^*, t_{-i}^*; u^*, w^*, S^*) > m_i s_i$$

Den siste ulikheten sikrer at agenten kommer bedre ut ved å gå over til ny teknologi enn dersom han i stedet holder seg til den gamle teknologien med en profitt på  $m_i s_i$ . Vi kan nå løse problemet når vi antar at agentene er like, det vil si  $\alpha_i = \alpha = 1$ ,  $s_i = s$ , og  $m_i = m$ . I artikkelen til Krawczyk et.al (2002) utvider de også modellen til å gjelde agenter som ikke er identiske. I den løsningen får man som nevnt tidligere det samme hovedresultatet som man får ved å anta at agentene er identiske.

Vi kan først se hvor stort budsjettet,  $M_b$ , må være for at agentene går fullstendig over til den nye teknologien dersom man kun har individuelle subsidier, det vil si  $w = 0$ . Dette kan være nyttig, siden man da kan forkaste enhver løsning som vil kreve et større budsjett enn denne initiale løsningen. Den individuelle payout-funksjonen blir nå:

$$f_i(t_i, t_{-i}; u, 0, 0) = ms + (u - 1)t_i^2 s^2$$

Ut ifra den funksjonen kan man se at så lenge  $u \geq 1$ , så vil man få et maksimum når  $t_i = 1$ , siden funksjonen er stigende og konveks i  $t_i \in [0, 1]$ . Dette vil bety at  $J = Ns$ , altså at alle agentene har gått helt over til den nye teknologien. Vi kan sette  $u = 1 + \varepsilon$ , hvor  $\varepsilon > 0$ , slik at vi ender opp med følgende kostnad for prinsipalen:

$$M_b = (1 + \varepsilon)Ns^2$$

Dersom  $M < Ns^2$ , så vil man ikke få en overgang til den nye teknologien gitt at prinsipalen ikke har en kollektiv insentivplan. Dersom prinsipalen kan få til en total overgang til ny teknologi med bruk av både en individuell og en kollektiv insentivplan hvor  $M < M_b = Ns^2$ , så vil altså den insentivplanen være bedre enn en ren individuell insentivplan.

Vi kan nå se på hvordan insentivet til å gå over til ny produksjon og prinsipalens kostnader for å få dette gjennomført blir når man åpner opp for kollektive subsidier. La  $u, w$  og  $S < \sum_{i=1}^N s_i = Ns$  være bestemt av prinsipalen. Agentene velger nå  $t_i^*$  slik at den maksimerer payoff-funksjonen

$$f_i(t_i, t_{-i}; u, w, S) = ms + (u - 1)t_i^2 s^2 + w \max\left(0, \sum_{j=1}^N t_j s_j - S\right)$$

Et optimalt valg av instrumenter for prinsipalen må være slik at det både er unikt, det vil si at  $M \leq Ns^2$  og at det er relevant ved at det sikrer at agentene går over til ny teknologi, det vil si  $f_i > ms$ . Vi skal nå se på tilfellene hvor  $u > 1$ ,  $u = 1$  og  $u < 1$  for å se om vi finner en slik løsning.

1. Anta at  $u > 1$ . Siden funksjonen  $f_i$  er stigende og konveks i  $t_i \in (0,1)$  så må vi ha at  $t_i^*$  for alle  $i$ . Videre får vi at  $f_i^* = ms + (u - 1)s^2 + w(Ns - S) > ms$ , altså har agentene et klart insentiv til å gå over til en ny teknologi. Løsningen er imidlertid mer kostbar enn initialløsningen, siden  $M = (us^2 + w(Ns - S))N > Ns^2$ . En slik løsning er derfor ikke effektiv.
2. Anta at  $u = 1$ 
  - a) Dersom  $w = 0$ , så vil det for alle  $S$  være slik at  $f_i^* = ms$ . Agentene er her indifferente mellom å gå over til ny teknologi og å beholde den gamle teknologien. Det finnes altså ingen unik løsning.
  - b) Dersom  $w > 0$ , så vil man for alle  $i$  få  $t_i^* = 1$  siden payoff-verdien da blir  $f_i^* = ms + w(Ns - S) > Ns^2$ . Dette fører imidlertid til at  $M = (s^2 + w(Ns - S))N > Ns^2$ , altså er ikke denne løsningen effektiv siden den fører til en kostnadsøkning for prinsipalen.

3. Anta at  $u < 1$ . Her er det ikke helt rett frem å se løsningen, siden  $f_i$  er stykkevis definert i det siste leddet,  $w \max(0, \sum_{j=1}^N t_j s_j - S)$ . En må derfor se på  $t_i \in \left[0, \frac{S}{Ns}\right]$  og  $t_i \in \left[\frac{S}{Ns}, 1\right]$  hver for seg, siden  $Nt_i s - S > 0 \Rightarrow t_i > \frac{S}{Ns}$

- a) For alle  $t_i \in \left[\frac{S}{Ns}, 1\right]$  vil vi  $f_i$  være en konkav funksjon. Dette kan vises ved at:

$$\frac{\partial f_i}{\partial t_i} = 2(u-1)s^2 t_i + ws, \text{ og } \frac{\partial^2 f_i}{\partial t_i^2} = 2(u-1)s^2 < 0$$

Agenten maksimerer nå sin payoff-funksjon, det vil si at han løser for

$$\frac{\partial f_i}{\partial t_i} = 0, \text{ noe som gir:}$$

$$\bar{t} = \frac{w}{2(1-u)s}$$

Denne likheten kan være større enn 1, men vi begrenser oss til å se på

$$t_i^* \text{ i området } \left[\frac{S}{Ns}, 1\right]$$

Payoff for hver enkelt finner vi ved å sette inn  $\bar{t}$  i  $f_i$ :

$$f_i(\bar{t}; u, w, S) = ms + w \left( \frac{(2N-1)w}{4(1-u)} - S \right)$$

En kan nå se spesifikt på de to grensene for  $\bar{t}$ ,  $\frac{S}{Ns}$  og 1. Payoff blir da

henholdsvis:

$$f_i\left(\frac{S}{Ns}; u, w, S\right) = ms - (1-u) \left(\frac{S}{N}\right)^2 < ms$$

$$f_i(1; u, w, S) = ms - (1-u)s^2 + w(Ns - S)$$

Det siste uttrykket kan være større enn null dersom  $w(Ns - S) > (1-u)s^2$

- b) Dersom  $t_i \in \left[0, \frac{S}{Ns}\right)$  vil  $f_i$  få sitt maksimum ved  $\bar{t} = 0$  for alle  $i$ , og dermed også  $f_i = ms$ .

Fra dette kan vi konkludere med at det finnes en likevekt og at dette kan være ved  $t_i^* = \min(\bar{t}, 1)$  eller ved  $t_i^* = 0$ . Dersom  $\frac{(2N-1)w}{4(1-u)} - S > 0$  og  $-(1-u)s^2 + w(Ns - S) > 0$ , så får vi at det vil være en unik likevekt ved  $t^* = \min(\bar{t}, 1)$ .

Vi kan ut ifra dette trekke tre slutninger:

- 1) Kun  $0 \leq u < 1, w > 0$  er relevante intervall for instrumentbruken.  $u > 1$  krever at  $M \geq M_b$  og  $w = 0$  kan ikke gjøre at  $f_i > ms$ .
- 2) Dersom prinsipalen har et lavt budsjett,  $M \leq M_b$  og tilbyr  $u < 1, w > 0$  og  $S < \frac{(2N-1)w}{4(1-u)}$  vil man få en unik likevekt ved  $t_i^* = 1, t_i^* = 0$ , eller  $t_i^* = \bar{t}$  avhengig av parametervalg.
- 3) Noen av de likevektene vil være relevante, det vil si at  $f_i > ms$  og  $M < M_b$ .

En prinsipal som ønsker en endring i teknologi kan altså gjøre dette på en mer effektiv måte ved å ha en insentivplan som også belønner kollektiv innsats. Den kollektive innsatsen avhenger av de andre agentenes innsats, og det kan derfor tenkes at de agentene som er trege med å gå over til en ny teknologi blir oppmuntret til å gjøre en overgang slik agentene som allerede har implementert ny teknologi. En kan argumentere for at agentene kan være gratispassasjerer ved at de fortsatt får en kollektiv betaling selv om de ikke går over til ny teknologi. Vi har imidlertid vist at løsningen  $t_i = 0$ , ikke er optimal. Bedriftene (agentene) vil altså uansett ha et insentiv til å gå over til ny teknologi. Det kan også tenkes at myndighetene (prinsipalen) kan forhindre gratispassasjerer ved å betale en prosentandel av subsidiene på forskudd og resten på etterskudd etter at overgangen til ny teknologi har blitt gjennomført.

Den siste tilnærmingen har visse likhetstrekk med Itoh's tilnærming, som har blitt gjennomgått tidligere, ved at den oppmuntrer til samarbeid mellom individene. Denne formen for kontrakter anvender både "pisk" og "gulrot", og er spesielt relevant når aktørene har store overgangskostnader. Når aktørene individuelt står overfor store overgangskostnader kan det i mange tilfeller være lønnsomt å la være å gå over til en ny teknologiplattform. Aktørene kan derfor måtte subsidieres for at omleggingen skal finne sted, eller finne sted så raskt som ønskelig. En annen omtalt fordel ved denne formen for samarbeid er den sosiale interaksjonen mellom aktørene. Mer bestemt kan aktørene som ikke gjennomfører sin del av omleggingen tilstrekkelig bli utsatt for ulike sanksjoneringsmekanismer, og dette presset har ingen kostnader for myndighetene.

## **Diskusjon**

Som omtalt i hovedteksten har effektiv klimapolitikk to siktemål. Den første målsetningen er å redusere utslipp som fører til global oppvarming. Den andre målsetningen har som mål å redusere det potensielle velferdstapet som følger av reduksjon i produksjonskapasitet som igjen følger av ønsket om å redusere utslipp. I appendikset om miljøpolitikk i vannkraftbaserte elektrisitetsmarkeder illustrerte vi at skattlegging av eksisterende produksjon samt subsidiering av ny fornybar produksjon kunne motvirke velferdstapet. Dette innebærer at styresmaktene gir indirekte insentiver til å gjennomføre investeringer for utvikling av ny teknologi. I dette kapitlet ser vi på en mer direkte tilnærming, hvor myndighetene direkte gir insentiver til å investere i ny teknologi. Spesielt er fokuset på hvordan skape et miljø mellom ulike aktører for å samarbeide

Vi har indikert at det er to tilfeller hvor effektive insentiver for samarbeid er spesielt viktig. I tilfeller hvor investeringene er store eller teknologisk krevende kan en – eller et fåtall – bedrifter ikke alltid forventes å kunne gjennomføre

overgangen fra eksisterende teknologi til den nye teknologiplattformen. I regioner hvor næringsstrukturen er preget av små og mellomstore bedrifter kan samarbeid mellom flere bedrifter være nødvendig for å kunne gjennomføre investeringer for å få på plass ny teknologi. Dette bygger på at små og mellomstore bedrifter ofte er spesialiserte, og ikke nødvendigvis har ressurser til å gjennomføre tilstrekkelige investeringer for å få på plass ny teknologi.

Dette kapitlet har vurdert tre typer samarbeidsformer hvor siktemålet har vært å vurdere hvordan myndigheter kan stimulere til samarbeid mellom bedrifter. Gitt at transport på sjøen medfører utslipp av klimagasser, er det argumenter for at myndigheter kan stimulere til at renere teknologier tas i bruk. Først diskuterte vi hvordan styresmakter direkte kan skape insentiver for samarbeid med finansielle stimuli. Behovet for samarbeid avhenger i dette tilfellet av hvor store gevinster det er knyttet til at foretak spesialiserer seg på en oppgave. Til sist illustrerte vi hvordan det generelle rammeverket har vært benyttet til å analysere insentiver for flere aktører til å gå over til å bruke en ny teknologi. Denne modellen ser spesifikt på mulighetene til å få flere aktører til å gå over til en ny teknologi.<sup>29</sup>

En stor andel av transport skjer med sjøtransport, men dette er samtidig en klimaeffektiv metode å transportere varer, da en får flyttet til dels store mengder med relativt lite drivstoffbruk. Gitt dagens teknologier (på sjøen og på land) vil sannsynligvis ikke en CO<sub>2</sub>-avgift ikke medføre store endringer i bruken av transport på sjø og land. Evensen (2000) ser på innføring av CO<sub>2</sub>-avgift på landtransport og transport av containere fra Oslo til Rotterdam og transport av frossen fisk fra Ålesund til Bologna. Hun finner at sjøtransport blir relativt mer konkurransedyktig i forhold til landtransport, men at effekten er liten. Dette kan indikere at prising av CO<sub>2</sub> ikke er tilstrekkelig til å få en signifikant overgang

---

<sup>29</sup> I vedlegget under legger vi frem en teori som illustrerer hvordan myndighetene kan skrive kontrakter med en part, og at denne parten skriver kontrakter med leverandører i tilfeller hvor dette er optimalt. Dette er en ofte benyttet metode for kontraktsinngåelse mellom offentlige instanser og private bedrifter, mellom annet antyder Tirole (1994) at dette er en mye brukt kontraktsform innen kontrakter mellom forsvaret og private.

av transport fra land til sjø. Med andre ord kan investeringer i forskning og utvikling for å fremme nye teknologier innen shipping være nødvendig for at denne næringen skal få et tilstrekkelig konkurransefortrinn på landtransport. Dette vil dermed gi reduserte utslipp av klimagasser som følge av internasjonal handel. Modellene som vi har diskutert over illustrerer politiske verktøy for å skape rom for samarbeid for å gjennomføre denne type forskning og utvikling. Dette kan være nødvendig i den norske shippingnæringen, hvor mange aktører er relativt små og ikke nødvendigvis har finansiell styrke til å investere tilstrekkelig i forskning og utvikling for å utvikle morgendagens (klimavennlige) teknologier til sjøs.

## **Vedlegg**

I det forrige eksempelet lot man agentene hjelpe hverandre i produksjonen. Vi skal nå se på hva tilfellet blir dersom man i stedet lar agentene skrive kontrakter seg i mellom slik at man gjennom dette kan koordinere handlingsvalgene. Dette blir gjennomgått i Holmstrøm og Milgrom (1990). Slike kontrakter vil i praksis si at agentene selv er med og bestemmer sin betaling for produksjon, siden man overfører noe av inntektene fra produksjonen seg i mellom. Dette er også i større grad vanlig i tilfeller hvor myndigheter ønsker å gjennomføre store prosjekter. Myndighetene skriver i stor grad kontrakter med en aktør, som igjen skriver kontrakter med underleverandører. Denne type modell er for eksempel anvendt når den svenske regjering utviklet det svenske jagerflyet JAS Gripen. Dersom en antar at agentene kan observere hverandres handlingsvalg, men at disse valgene er skjult for prinsipalen, så kan det vises at en slik tilpasning vil kunne være optimal for prinsipalen. Om det er optimalt med sidekontrakter vil blant annet bestemmes ut ifra hvor korrelert produksjonen til agentene er. I



denne modellen tar vi for oss to risikoaverse agenter,  $i = (1,2)$ , som hver har en produksjonsfunksjon,  $q_i$ , gitt ved:

$$q_i = a_i + \varepsilon_i$$

Som tidligere benevner  $a_i$  innsatsen. I tillegg introduserer man her usikkerhetsvariabler gitt ved  $\varepsilon_i$ .<sup>30</sup> Dette vil bety at korrelasjonskoeffisienten mellom variablene er gitt ved  $\rho = \sigma_{12}/\sigma_1\sigma_2$ . Vi antar videre at agentene har konstant absolutt risikoaversjonspreferanser (CARA) med koeffisient  $\eta_i = -u''/u'$ , noe som vil si at  $\eta_i > 0$ , siden nyttefunksjonen antas å være stigende og konkav, gitt ved den negative eksponentielle nyttefunksjonen

$$u_i(w_i, a_i) = -e^{\eta_i[w_i - c_i(a_i)]}$$

Kostnadsfunksjonen for agenten,  $c_i(a_i)$ , antas som tidligere å være strengt økende og konveks. Vi antar at kontraktene mellom agentene er lineære og har følgende form:

$$w_1 = z_1 + v_1q_1 + u_1q_2$$

$$w_2 = z_2 + v_2q_2 + u_2q_1$$

Først kan vi se på tilfellet hvor man ikke har sidekontrakter mellom agentene. Maksimeringsproblemet for prinsipalen er nå gitt ved:

$$\max_{z_i, v_i, u_i} \sum_i E[q_i - w_i] = \max_{z_i, v_i, u_i} (1 - v_1 - u_2)a_1 + (1 - u_1 - v_2)a_2 - z_1 - z_2$$

under sidevilkårene:

---

<sup>30</sup> Vi antar at variablene er normalfordelte med forventning null og kovariansmatrise:  $\begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} \\ \sigma_{12} & \sigma_2^2 \end{pmatrix}$

$$E(-e^{\eta_i[w_i - c_i(a_i)]}) \geq u(\bar{w}) \quad (5)$$

$$a_i \in \arg \max_{a_i} E(-e^{-\eta_i[w_i - c_i(a_i)]}) \quad (6)$$

Sidevilkåret i (5) er som tidligere rasjonalitetsvilkåret for agentene. Den usikre inntekten ved produksjon må være høyere enn en sikker inntekt,  $\bar{w}$ . I (6) har vi kravet om at innsatsen må være insentivkompatibel, det vil si at tilpasningen må maksimere agentenes forventede nytte slik at man får en Nash-likevekt. Etter noe manipulasjon (se appediks A) kommer man frem til følgende første ordensbetingelse

$$v_i = c'_i(a_i)$$

Dette betyr at agentens handlingsvalg betinges fullt og helt på størrelsen av agentens andel i egen produksjon, gitt ved  $v_i$ . Agenten står da igjen med å velge en andel i den andre agentens produksjon,  $u_i$ , som er slik at den minimerer risikoeksponeringen for hver agent. Problemet er nå altså:

$$\min_{u_i} v_i^2 \sigma_i^2 + u_i^2 \sigma_j^2 + 2v_i u_i \sigma_{ij}$$

Dette gir oss:

$$u_i = -v_i \frac{\sigma_i}{\sigma_j} \rho$$

Av dette ser en at når det er en positiv korrelasjon mellom produksjonen til de to agentene, så vil den optimale kontrakten straffe hver agent dersom den andre agenten har en god innsats. Vi kan nå sette inn for  $u_i$  i uttrykket for agentenes sikkerhetsekvivalens og finner at den totale risikoeksponeringen for hver agent for en gitt innsats i egen produksjon ( $v_1, v_2$ ) er gitt ved

$$\sum_{i=1}^2 \eta_i [v_i^2 \sigma_i^2 (1 - \rho^2)] \quad (7)$$

Dette uttrykket kan vi sammenligne med det som kommer frem når vi nå skal se på tilfellet hvor agentene kan ha sidekontrakter basert på både innsatsnivå og produksjon.

I tilfellet med sidekontrakter antar vi at agentene kan observere hverandres handlingsvalg og produksjon. Vi antar nå at agent 1 kan ha en overføring til agent 2 som er av typen  $(\phi q_1 + \chi q_2)$ . Prinsipalen kan nøytralisere en slik overføring ved å sette:

$$v_1 \text{ til } v_1 - \phi$$

$$u_2 \text{ til } u_2 + \phi$$

$$u_1 \text{ til } u_1 - \chi$$

$$v_2 \text{ til } v_2 + \chi$$

Agentene vil nå maksimere det samlede utbyttet når de står overfor en gitt plan som skal gi et insentiv til innsats  $(v_i, u_i)$ , det vil si:

$$\begin{aligned} \max_{\phi, \chi, a_i} & (v_1 + u_2)a_1 + (v_2 + u_1)a_2 - \psi_1(a_1) - \psi_2(a_2) - \frac{\eta_1}{2} [(v_1 - \phi)^2 \sigma_1^2 + \\ & (u_1 - \chi)^2 \sigma_2^2 + 2(v_1 - \phi)(u_1 - \chi)\sigma_{12}] - \frac{\eta_2}{2} [(v_2 + \chi)^2 \sigma_2^2 + (u_2 + \phi)^2 \sigma_1^2 + \\ & 2(v_2 + \chi)(u_2 + \phi)\sigma_{12}] \end{aligned}$$

Vi ser ut i fra dette at en slik insentivplan vil bestemme innsatsnivå og risikodeling mellom agentene,  $(\phi, \chi, a_1, a_2)$ . Vi kan nå finne agentenes optimale sidebetalinger  $(\phi q_1 + \chi q_2)$  når arbeidsinnsatsen har blitt bestemt ut ifra insentivplanen. En optimal sidebetaling må være slik at den minimerer agentenes totale risikoeksponering, altså:

$$\frac{\partial (CE_1 + CE_2)}{\partial \phi} = 0 \quad \text{og} \quad \frac{\partial (CE_1 + CE_2)}{\partial \chi} = 0$$

Dette gir oss henholdsvis:

$$\eta_1[(v_1 - \phi)\sigma_1^2 + (u_1 - \chi)\sigma_{12}] = \eta_2[(u_2 + \phi)\sigma_1^2 + (v_2 + \chi)\sigma_{12}] \quad (8)$$

$$\eta_1[(u_1 - \chi)\sigma_2^2 + (v_1 - \phi)\sigma_{12}] = \eta_2[(v_2 + \chi)\sigma_2^2 + (u_2 + \phi)\sigma_{12}] \quad (9)$$

Ved å multiplisere ligning (9) med  $\sigma_{12}/\sigma_2^2$  og trekke denne fra ligning (8) får vi:

$$\eta_1(v_1 - \phi) = \eta_2(u_2 + \phi)$$

Vi kan nå gjøre en lignende eksersis ved å multiplisere (9) med  $\sigma_1^2/\sigma_{12}$  og trekke denne fra (8), noe som gir:

$$\eta_1(u_1 - \chi) = \eta_2(v_2 + \chi)$$

De to ligningene ovenfor kan løses med hensyn på henholdsvis  $\phi$  og  $\chi$ , slik at vi ender opp med

$$\begin{aligned} \phi &= \frac{\eta_1 v_1 - \eta_2 u_2}{\eta_1 + \eta_2} \Rightarrow v_1 - \phi = \frac{\eta_2}{\eta_1 + \eta_2} (v_1 + u_2) \text{ og } u_2 + \phi \\ &= \frac{\eta_1}{\eta_1 + \eta_2} (v_1 + u_2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \chi &= \frac{\eta_1 u_1 - \eta_2 v_2}{\eta_1 + \eta_2} \Rightarrow u_1 - \chi = \frac{\eta_2}{\eta_1 + \eta_2} (u_1 + v_2) \text{ og } v_2 + \chi \\ &= \frac{\eta_2}{\eta_1 + \eta_2} (u_1 + v_2) \end{aligned}$$

Den totale optimale risikoeksponeringen for de to agentene blir nå:

$$\begin{aligned} &\frac{\eta_1}{2(\eta_1 + \eta_2)^2} [\eta_2^2 (v_1 + u_2)^2 \sigma_1^2 + \eta_2^2 (u_1 + v_2)^2 \sigma_2^2 \\ &\quad + 2\eta_2^2 (v_1 + u_2)(u_1 + v_2)\sigma_{12}] \end{aligned}$$

$$+ \frac{\eta_2}{2(\eta_1 + \eta_2)^2} [\eta_1^2(u_1 + v_2)^2\sigma_2^2 + \eta_1^2(v_1 + u_2)^2\sigma_1^2 + 2\eta_1^2(u_1 + v_2)(v_1 + u_2)\sigma_{12}]$$

Dette uttrykket kan forenkles til:

$$\frac{1}{2} \left( \frac{\eta_1\eta_2^2 + \eta_2\eta_1^2}{(\eta_1 + \eta_2)^2} \right) [(v_1 + u_2)^2\sigma_1^2 + (u_1 + v_2)^2\sigma_2^2 + 2(u_1 + v_2)(v_1 + u_2)\sigma_{12}] \quad (10)$$

Vi kan nå innføre en risikoaversjon som er gitt ved:

$$\frac{1}{\eta_1} + \frac{1}{\eta_2} = \frac{1}{\eta}$$

Ved å bruke dette får vi at:

$$\frac{\eta_1\eta_2^2 + \eta_2\eta_1^2}{(\eta_1 + \eta_2)^2} = \frac{\eta_1\eta_2}{\eta_1 + \eta_2} = \eta$$

Dette resultatet forteller oss at agentene nå vil få en total risikoeksponering som tilsvarer det en enkelt agent ville fått dersom han hadde stått overfor en kontrakt av typen  $(v_1 + u_2, u_1 + v_2)$ .

Ved sidekontrakter har vi at  $u_1 = u_2 = 0$ , siden man der kun fokuserer på egen innsats og i stedet avtaler overføringer fra agent 1 til agent 2. En kan derfor skrive (10) som:

$$\frac{1}{2} \eta (v_1^2\sigma_1^2 + v_2^2\sigma_2^2 + 2v_1v_2\sigma_{12}) \quad (11)$$

Vi kan nå sammenligne dette uttrykket med (7). Siden det må være slik at for å få det samme innsatsnivået  $(a_1, a_2)$  når man har sidekontrakter og når man ikke har sidekontrakter, så må man ha den samme insentivplanen  $(v_1, v_2)$  i begge tilfellene. Vi ser derfor på tilfellet hvor vi har et likt innsatsnivå i tilfellet med og uten sidekontrakter.

Dersom det er ingen korrelasjon mellom produksjonen av produkt 1 og 2,  $\rho = 0$ , så vil (7) og (11) bli henholdsvis:

$$\text{Ingen sidekontrakt:} \quad \eta_1 v_1^2 \sigma_1^2 + \eta_2 v_2^2 \sigma_2^2$$

$$\text{Sidekontrakt:} \quad \frac{1}{2} \eta (v_1^2 \sigma_1^2 + v_2^2 \sigma_2^2)$$

Vi ser at risikoeksponeringen under sidekontrakt vil være lavere enn i tilfellet uten sidekontrakt når det ikke er korrelasjon i produksjonen. Dette resultatet vil komme av at hvert av de to firmaene nå jobber hardere ved at de overvåker hverandre gjennom sidekontraktene.

Vi ser imidlertid av (7) og (11) at risikoeksponeringen under sidekontrakter øker i takt med korrelasjonen i produksjon. Når man ikke har sidekontrakter er derimot det motsatte tilfellet. Som man ser av (7), så vil risikoeksponeringen være 0 når  $\rho = 1$ . Det må derfor være slik at det å ha sidekontrakter kun dominerer det å ikke ha sidekontrakter dersom korrelasjonen i produksjon er lavere enn et visst nivå, altså  $\rho \leq \bar{\rho}$ . Når korrelasjonen øker, så vil et samarbeid også undergrave evaluering av relativ innsats, noe som vil føre til høyere kostnader for prinsipalen desto høyere korrelasjon i produksjon. Dette er et viktig resultat fra Holmstrøm og Milgrom (1990).

Dette er ofte tilnærmingen myndigheter benytter når store investeringer i for eksempel forsvarsteknologier skal gjennomføres. Myndighetene velger ut én partner, og denne partneren inngår kontrakter med underleverandører. Dette er for eksempel modellen som svenske myndigheter benyttet for å utvikle det nye JAS-gripen flyet. Det er også utstrakt bruk av amerikanske og franske myndigheter, Tirole (1988). Det er også relevant for gjennomføring av store investeringer for å utvikle nye klimavennlige teknologier, også innen shippingnæringen.