

CICERO Report 2009:04

Konsekvenser av klimaendringer, tilpasning og sårbarhet i Norge

Rapport til Klimatilpasningsutvalget

CICERO

**Asbjørn Aaheim (red.), Halvor Dannevig, Torgeir Ericsson, Bob van Oort,
Linda Innbjør, Trude Rauken**

ECON Pöyry

Haakon Vennemo, Hege Johansen, Maja Tofteng

Vestlandsforskning

Carlo Aall, Kyrre Groven, Eli Heiberg

August 2009

ECON Pöyry

Postboks 5N-0318 Oslo, Norway
Phone: +47 45 40 50 00
Fax: +47 22 42 00 40
E-mail: oslo.econ@poyry.com
Web: www.econ.no

CICERO

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

Vestlandsforskning

Postboks 163, 6851 SOGNDAL
Norway
Phone: +47 906 33 600
Fax: +47 947 63 727
E-mail: info@vestforsk.no
Web: www.vestforsk.no

Tittel: Konsekvenser av klimaendringer, tilpasning og sårbarhet i Norge

Title:

Forfatter(e): Asbjørn Aaheim (red.), Halvor Dannevig, Torgeir Ericsson, Bob van Oort, Linda Innbjør, Trude Rauken, Haakon Vennemo, Hege Johansen, Maja Tofteng, Carlo Aall, Kyrre Groven, Eli Heiberg

Author(s):

CICERO Report 2009:04
238 sider

CICERO
pages

Finansieringskilde: Miljøverndepartementet
Prosjekt: Oppsummering av status for gjennomførte nasjonale og internasjonale utredninger om klimasårbarhet og konsekvenser av klimaendringer

Financed by:
Project:

Prosjektleder: Asbjørn Aaheim

Project manager:

Kvalitetsansvarlig:
Nøkkelord: Konsekvenser av klimaendringer, tilpassing, sårbarhet

Quality manager:
Keywords:

Sammendrag:.

Abstract:

Språk: Norsk

Language of report:

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

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

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

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

Contents

1	Innledning.....	1
1.1	KLIMAMODELLER OG KLIMASCENARIER	2
2	Klimaendringenes konsekvenser for næringsvirksomhet og sektorer	5
2.1	JORDBRUK.....	5
2.1.1	<i>Innledning</i>	5
2.1.2	<i>Studier om konsekvenser for sektoren</i>	10
2.1.3	<i>Oppsummering</i>	16
2.2	SKOGBRUK	16
2.2.1	<i>Innledning</i>	16
2.2.2	<i>Studier om konsekvenser for sektoren</i>	18
2.2.3	<i>Oppsummering</i>	21
2.3	FISKERI OG FISKEOPPDRETT	21
2.3.1	<i>Innledning</i>	21
2.3.2	<i>Studier om konsekvenser for sektoren</i>	24
2.4	KRAFTPRODUKSJON	29
2.4.1	<i>Innledning</i>	29
2.4.2	<i>Studier om konsekvenser for sektoren</i>	30
2.4.3	<i>Oppsummering</i>	36
2.5	STASJONÆRT ENERGIFORBRUK.....	36
2.5.1	<i>Innledning</i>	36
2.5.2	<i>Studier om konsekvenser for sektoren</i>	37
2.5.3	<i>Oppsummering</i>	41
2.6	BYGG	42
2.6.1	<i>Innledning</i>	42
2.6.2	<i>Empiri</i>	42
2.6.3	<i>Oppsummering</i>	46
2.7	TRANSPORT OG INFRASTRUKTUR	47
2.7.1	<i>Innledning</i>	47
2.7.2	<i>Studier om konsekvenser for sektoren</i>	48
2.7.3	<i>Oppsummering</i>	52
2.8	INNENLANDSK TURISME	52
2.8.1	<i>Innledning</i>	52
2.8.2	<i>Studier om konsekvenser for sektoren</i>	53
2.8.3	<i>Sammendrag</i>	56
2.9	HELSE	56
2.9.1	<i>Innledning</i>	56
2.9.2	<i>Studier om konsekvenser for sektoren</i>	58
2.9.3	<i>Oppsummering</i>	61
2.10	DRIKKEVANN OG AVLØPSHÅNDTERING	61
2.10.1	<i>Oppsummering</i>	62
2.11	ANDRE SEKTORER	62
2.11.1	<i>Informasjonsteknologi</i>	62
2.12	SAMMENHENG MELLOM KLIMA OG ØKONOMISK AKTIVITET	64
2.12.1	<i>Innledning</i>	64
2.12.2	<i>Studier om klima og økonomisk aktivitet</i>	65
3	Virkninger for folk og samfunn av naturskader	80
3.1	HAVNIVÅSTIGNING.....	80
3.1.1	<i>Oppsummering</i>	84
3.2	VIRKNINGER AV EKSTREMVÆR	85
3.2.1	<i>Stormflo</i>	85
3.2.2	<i>Oppsummering</i>	88
3.2.3	<i>Storm</i>	89
3.2.4	<i>Oppsummering</i>	94
3.2.5	<i>Flom</i>	95
	<i>Vil klimaendringer øke risikoen for flom?</i>	96
	<i>Hvilke områder er mest utsatt?</i>	97

<i>Fremtidige konsekvenser av flom</i>	98
3.2.6 <i>Skred</i>	100
3.2.7 <i>Tørke</i>	107
3.3 UTFORDRINGER KNYTTET TIL TILPASNING TIL NATURULYKKER.....	110
3.3.1 <i>Empiri om naturulykker og kostnader</i>	111
3.3.2 <i>Naturskadeordningen og tilpasning til klimaendringer</i>	113
3.3.3 <i>Referanser 3.1</i>	116
3.3.4 <i>Referanser (3.2.)</i>	116
3.3.5 <i>Referanser (3.2.2)</i>	117
3.3.6 <i>Referanser (3.2.3)</i>	118
3.3.7 <i>Referanser (3.2.4)</i>	119
3.3.8 <i>Referanser 3.2.5</i>	119
3.3.9 <i>Referanser (3.3)</i>	120
4 Andre konsekvenser for velferd og levekår.....	122
4.1 BIOLOGISK MANGFOLD.....	122
4.1.1 <i>Mulige konsekvenser av klimaendringer</i>	123
4.1.2 <i>Andre årsaker til variasjon i biodiversitet</i>	124
4.1.3 <i>Hvilke endringer kan påregnes dersom klimaendringene blir som forventet?</i>	124
4.1.4 <i>Konsekvenser for folk og samfunn og mulig tilpasning</i>	125
4.1.5 <i>Oppsummering</i>	133
4.2 PERMAFROST, IS OG BRE.....	134
4.2.1 <i>Permafrost</i>	134
4.2.2 <i>Oppsummering</i>	136
4.3 TILPASNING OG SÅRBARHET FOR KLIMAENDRINGER FOR SAMISK KULTUR OG NÆRINGSVIRKSOMHET.....	137
4.3.1 <i>Reindrif</i>	137
4.3.2 <i>Erfaring fra lokale kontekster</i>	140
4.3.3 <i>Konsekvenser for annen samisk næringsvirksomhet</i>	145
4.3.4 <i>Oppsummering</i>	145
4.3.5 <i>Referanser 4.1</i>	146
4.3.6 <i>Referanser 4.2:</i>	148
4.3.7 <i>Referanser (4.2.2)</i>	149
4.3.8 <i>Referanser 4.3</i>	149
5 Tilpasningsmuligheter og sårbarhet.....	154
5.1 AUTONOM OG PLANLAGT TILPASNING.....	154
5.1.1 <i>Innledning</i>	154
5.1.2 <i>Autonom tilpasning</i>	155
5.1.3 <i>Planlagt tilpasning</i>	156
5.1.4 <i>Oppsummering</i>	157
5.2 NASJONALE HENSYN OG STYRINGSMULIGHETER.....	159
5.2.1 <i>Innledning</i>	159
5.2.2 <i>Målsettinger og virkemidler</i>	159
5.2.3 <i>Oppsummering</i>	161
5.3 LOKALSAMFUNNS SÅRBARHET.....	161
5.3.1 <i>Innledning</i>	161
5.3.2 <i>Studier som omhandler lokalsamfunnets sårbarhet</i>	161
5.3.3 <i>Oppsummering</i>	167
5.4 LOKALE FORUTSETNINGER OG BARRIERER FOR TILPASNING.....	168
5.4.1 <i>Innledning</i>	168
5.4.2 <i>Studier om lokale forutsetninger og barrierer for tilpasning</i>	168
5.4.3 <i>Oppsummering</i>	177
5.5 INDIKATORER FOR VIRKNINGER OG SÅRBARHET.....	178
5.5.1 <i>Innledning – om indikatorer</i>	178
5.5.2 <i>Innledning – om klimasårbarhetsindikatorer</i>	180
5.5.3 <i>Studier om indikatorer for virkninger og sårbarhet</i>	180
5.5.4 <i>Oppsummering</i>	188
5.6 RISIKOANALYSER.....	189
5.6.1 <i>Innledning</i>	189
5.6.2 <i>Bakgrunn for gjennomføring av risikoanalyser</i>	190
5.6.3 <i>Gjennomføring av ROS-analyser i Norge</i>	192
5.6.4 <i>Oppsummering</i>	195

5.7	SAMFUNNSENDRINGER OG KLIMASÅRBARHET	196
5.7.1	<i>Innledning</i>	196
5.7.2	<i>Internasjonal kunnskapsstatus</i>	197
5.7.3	<i>Kunnskapsstatus i Norge</i>	198
5.7.4	<i>Oppsummering</i>	202
5.8	REFERANSER	204
6	Internasjonale forhold.....	211
6.1	INNLEDNING	211
6.2	UK	211
6.2.1	<i>Forskning</i>	211
6.2.2	<i>Politikkutvikling</i>	213
6.2.3	<i>Sammendrag</i>	214
6.3	FINLAND.....	214
6.3.1	<i>Forskning</i>	214
6.3.2	<i>Politikkutvikling</i>	215
6.4	KLIMATILPASNING OG SÅRBARHET I SVERIGE.....	217
6.4.1	<i>Forskning</i>	217
6.4.2	<i>Politikkutvikling</i>	218
6.5	RELEVANS FOR NORGE.....	220
6.5.1	<i>Forskning</i>	220
6.5.2	<i>Offentlige utredninger og politikkutvikling</i>	220
6.5.3	<i>Formidling</i>	221
6.5.4	<i>Referanser</i>	223

Acknowledgements

Sammen drag

Vi står overfor klimaendringer med til dels uante konsekvenser. Noen endringer er allerede merkbare, og tilpasningen er i gang eller nært forestående. Flere endringer vil merkes i overskuelig framtid, og beslutninger med tidshorisont på tjuefem år eller mer, som investeringer, bør tas med tanke på mulige klimaendringer. Det knytter seg imidlertid stor usikkerhet til hvordan klimaet vil endre seg, hvor store endringene vil bli og når de vil komme. På den annen side kommer det stadig ny kunnskap om hvilke virkninger klimaendringer kan få, hvilke muligheter man har for å tilpasse seg, og hvordan man skal innrette seg for å møte klimaendringene på best mulig måte.

Formålet med denne rapporten er å sammenstille kunnskap om hvordan klimaendringer kan virke på folk og samfunn i Norge, og om hvilke utfordringer vi står overfor med tanke på tilpasning. Rapporten er utarbeidet av CICERO, Econ Pöyry og Vestlandsforskning på oppdrag fra Klimatilpassingsutvalget. Den bygger i hovedsak på norske forskningsresultater, men resultater for internasjonale studier er tatt med der det er relevant. Det er ikke satt krav til publiseringsform, slik man gjør i rapportene fra FNs klimapanel. Det innebærer for eksempel at kunnskap som kommer fram i utredninger også er tatt med i noen grad.

Forskning om virkninger og tilpasning karakteriseres ved stor variasjon i hvilke spørsmål som reises og hvilken synsvinkel de belyses fra. I denne rapporten har vi forsøkt å strukturere resultatene om virkninger av klimaendringer etter følgende inndeling:

- Nærings- og sektor-relaterte virkninger
- Virkninger av naturskader
- Andre virkninger av endringer i naturomgivelsene

Nærings- og sektor-relaterte virkninger refererer seg normalt til studier om virkninger i næringer som i noen grad baserer seg på naturgrunnlaget. Kapittelet om naturskader handler om virkninger av mulige endringer i hyppighet og styrke på hendelser som storm og flom. Andre virkninger av endringer i naturomgivelsene dreier seg om muligheten for større skift i naturomgivelser som vi i dag tar for gitt, som for eksempel dyre- og plantelivet i Norge. Virkningene av slike endringer er svært usikre, men noen samfunn er ventelig mer sårbare enn andre. Dette kapittelet omhandler derfor også spesielle utfordringer for det samiske samfunnet. Mulige konsekvenser for Norge av ulike virkninger i andre land er ikke vurdert i denne rapporten.

Det går ikke noe skarpt skille mellom de nevnte kategorier av virkninger. For eksempel vil landbruket, som omtales under næringsrelaterte virkninger, også rammes av større eller flere naturskader og ikke minst av endringer i bio-mangfoldet. Skillet går snarere på hva som kan måles og sammenliknes. I studier av næringsrelaterte virkninger konsentrerer man seg gjerne om økonomiske konsekvenser som i prinsippet er lette å måle. De økonomiske tapene er også viktige i studier av virkninger av naturskader, men tap av menneskeliv og mer utrygghet kan være viktigere. Konsekvensene av andre virkninger i naturomgivelsene gir det liten mening å forsøke å måle med dagens kunnskap.

Avsnittet om tilpasning og sårbarhet dekker blant annet forskning som studerer utfordringer for norsk forvaltning og forholdet mellom ulike forvaltningsorganer i lys av klimaendringer. I tråd med mandatet har vi også et kapittel som oppsummerer forskning utført i Sverige, Finland og Storbritannia, med tanke på muligheten for å dra nytte av erfaringer fra disse landene.

Betydningen av å vurdere virkninger i lys av formålet for analysen

Tilpasning til klimaendringer handler først og fremst om å forberede seg til en usikker framtid. For å vurdere resultater fra ulike studier er det nødvendig å ha klart for seg hvem man tenker seg skal stå for tilpasningen, og hva de skal tilpasse seg til. I så måte går det viktige skiller mellom de tre kategoriene som denne rapporten deler virkningene inn i.

De fleste studiene av nærings- og sektor-relaterte virkninger oppgir økonomiske anslag som mål for virkningene. Til å ta beslutninger kan det da være forsvarlig å vurdere forventede kostnader. Det innebærer at muligheten for ”gode” nyheter i noen grad veier opp for muligheten for ”dårlige” nyheter. Sannsynligheten for virkelig store tap regnes gjerne for liten, og store tap regnes sjelden for sannsynlig

før i forholdsvis fjern framtid. Derfor tillegges de liten vekt i en økonomisk analyse. Resultatene fra studier av økonomiske virkninger ender derfor ofte opp med forholdsvis moderate endringer.

De økonomiske kostnadene ved naturskader forårsakes ofte av naturulykker, og kan i prinsippet beregnes på samme måte som de nærings- og sektor-relaterte skadene. Usikkerheten omkring naturulykker er imidlertid av en annen karakter. De kan oppstå i nær framtid, men man vet ikke på forhånd når eller hvem som vil bli rammet. Vurderingen av denne risikoen gjør at muligheten for virkelig store tap ofte tillegges større vekt i slike studier. Til å vurdere tilpasning vil dessuten hensynet til andre virkninger, som skade på eller tap av liv, veie tyngre enn de økonomiske skadene. I tråd med dette vil muligheten for "dårlige" nyheter ofte tillegges større vekt enn man gjør i de nærings- og sektor-relaterte studiene, også når det gjelder de økonomiske kostnadene.

Virkninger av det vi har kalt andre endringer i naturomgivelsene er det ikke lett å finne enkle mål på som kan brukes i tilpasningssammenheng. Med bedre kunnskap skaffer man seg imidlertid oversikt over hvilke farer som lurar og hvor sannsynlige de er. Det danner bakgrunn for å gjøre valg som kan bidra til å unngå de verste utfallene. Da er det ikke lengre spørsmål om å avveie positive og negative konsekvenser, men gjøre vurderinger av de negative. Derfor er det naturlig at studier som omfatter denne kategorien virkninger i hovedsak fokuserer på negative konsekvenser av klimaendringer.

Resultatet av at risikoen for negative konsekvenser tillegges ulik vekt av hvilken kategori virkninger man vurderer, gjør at det kan oppstå tilsynelatende uoverensstemmelser når resultatene sammenstilles. Et eksempel er vurderingene av virkninger for jordbruket, som i kapittel 2 vurderes som moderat positive, mens man i kapittel 4 diskuterer muligheten for dramatiske negative konsekvenser. Dette illustrerer nødvendigheten av å nyansere kunnskap om virkninger av klimaendringer når de skal brukes som bakgrunn for tilpasning. Men det må også understrekes at usikkerhet innebærer at forskningsresultater ikke gir entydige svar på hva virkningene av klimaendringer i Norge blir.

Næringsrelaterte virkninger av klimaendringer

Det finnes ennå forholdsvis få studier som diskuterer virkninger for norske næringer og sektorer av klimaendringer. De som gjør det bygger på forholdsvis like anslag for gjennomsnittlig årlig endringer i temperatur og nedbør i Norge. Norge blir varmere og våtere, men det er usikkert om vindforholdene vil endre seg. Generelt må en kunne si at studiene om klimaendringer og deres umiddelbare effekter er langt mer grundige og omfattende enn studiene av de samfunnsmessige konsekvensene.

En sentral referanse for de samfunnsmessige virkningene er en studie av CICERO og COWI fra 2008 om betydningen for Norden av 2 graders oppvarming. De finner at dersom målsettingen om å begrense den globale temperaturøkningen til +2 °C nås, er sjansene gode for at de samlede nasjonaløkonomiske og sosiale konsekvensene blir moderate i de nordiske landene. En sentral forutsetning bak dette resultatet er at virkningene er mer eller mindre isolerte til Norden, og at også virkningene for resten av verden er moderate. Det finnes svært få studier som har gjort systematiske vurderinger av konsekvenser for Norge av mer alvorlige virkninger av klimaendringer i andre land, men det er pekt på at handelsvirkningene av virkninger i andre land er langt større enn de umiddelbare virkningene av klimaendringer i Norge. De følgende konklusjoner er derfor trukket under den forutsetningen at konsekvensene i resten av verden er moderate.

- Det norske landbruket kan komme styrket ut av en global oppvarming. Stigende temperatur forventes å forlenge vekstsesongen, øke vekstpotensialet og bedre mulighetene for å innføre av nye arter. Det vil være regionale forskjeller i vekstpotensialet, og risikoen for tørkeskade kan øke om sommeren enkelte steder. Økt overflateavstrømning og erosjon i områder med mer nedbør, økt nitrogenomsetning og økte angrep av sopp og skadedyr kan medføre økte kostnader noen steder.

- Veksten i de produktive skogområdene vil sannsynligvis øke på grunn av lengre vekstsesong og øket skogareal i fjellområdene. Det er neppe grunnlag for å tro at klimaendringene vil skape fundamentale endringer i skogøkosystemene og sannsynligheten for økologisk kollaps er liten på grunn av god genetisk variasjon. Endringer i arealbruk og kulturpåvirkning vil trolig ha større betydning for skogarealet. Studier tyder samtidig på at det kan forventes mer skogskader og insektangrep som for eksempel barkebilleangrep.
- Det er påvist at klimaet påvirker produksjon og utbredelse av økonomisk viktige fiskeslag, men det er stor usikkerhet om hvilke endringer man kan stå overfor. Klimaendringer kan medføre økt produksjon hos den nord-øst arktiske torskebestanden, men minke andelen av bestanden som er innenfor norsk økonomisk sone. Antatt sterk oppvarming av overflatevannet i våre havområder kan endre artssammensetningen og virkemåten til havøkosystemet så radikalt at det vanskeliggjør langsiktige vurderinger av produksjonspotensialet av økonomisk viktige fiskeslag. Videre kan klimaendringene redusere isdekket i norske vassdrag og føre til økt dødelighet for lakseyngel. Kysten utenfor Sør-Norge kan bli uegnet for lakse-oppdrett, mens potentialet kan øke langs kysten utenfor Nord-Norge.
- Omfanget av byggskader, som særlig knytter seg til fukt, viser at bygningsmassen i Norge er dårlig tilpasset dagens klima. Klimaendringer ventes å gi større utfordringer, fordi mer intens nedbør medfører større risiko for fukt- og muggskader, samt flere kjelleroversvømmelser dersom ikke avløpskapasiteten økes. Byggskader skjer i stor grad fordi regelverket brytes, og kvalitetskontroll er derfor en viktig del av klimatilpasningen. Byggsektoren er et eksempel på at sårbarhet for framtidens klima i større grad kan avhenge av hvordan vi organiserer samfunnet enn av hvordan klimaet endrer seg.
- Et våtere Norge medfører økt potensial for kraftproduksjon, men mulighetene for å utnytte dette avhenger av hvor og når økningen kommer. Tilsiget vil sannsynligvis øke om vinteren i allerede våte områder, mens noen tørre områder vil kunne oppleve vannmangel om sommeren. Klimaendringene kan altså gi økt kraftproduksjon og dermed økonomiske gevinster, men det kan også bli dyrt å bygge ut nødvendig magasinkapasitet med tilstrekkelig dampsikkerhet. Estimerer for fremtidig produksjon varierer betydelig. Klimaendringene ventes ikke å medføre store endringer i potentialet for vind- og solkraft.
- Et varmere klima vil redusere behovet for oppvarming om vinteren, mens man antar at endringer i behovet for energi til avkjøling kommer til å bli begrenset. Endringer i tilbud og etterspørsel kan gi lavere kraftpriser og jevnere priser gjennom året. Dessuten har vår avhengighet av mobiltelefonnett og annen informasjonsteknologi gjort oss mer sårbare for lange brudd i strømforsyningen.
- Økte nedbørsmengder vil føre til et økt press på avløpsnett og erstatningsansvaret for norske kommuner kan øke betraktelig med klimaendringene.
- Transportsektoren kan få både positive og negative effektene av klimaendringer. På den ene siden kan kostnadene til vedlikehold og beredskapsplaner øke på grunn av økt usikkerhet i utviklingen av ekstremvær. På den andre siden kan mindre snømengder bedre driftssikkerheten og tilgang til havner og veier vinterstid. Spesielt veiene i distriktene er sårbare for ekstremvær ettersom de er svakere dimensjonert enn sentrale veier, og det finnes færre omkjøringsveier.
- Værforhold og klima har betydning for folks reisemønster. Dette gjelder både for korte dagsreiser, og for lengre feriereiser i inn- og utland. Mens turistene lett tilpasser seg klimaendringer, er imidlertid utfordringene for reiselivsbransjen langt større. Klimaendringene kan derfor få store lokale virkninger på steder med stor væravhengig turistnæring, som for eksempel vinterdestinasjoner eller brebasert turisme. Virkningene for nordmenns ferie- og fritidsopplevelser ventes imidlertid å bli små.
- Det er gjennomført få norske studier som ser på sammenhengen mellom klima og økonomisk aktivitet. Internasjonale studier viser store variasjoner i anslagene for kostnader av de økonomiske konsekvensene av klimaendringer. Beregninger kan tyde på at de

makroøkonomiske konsekvensene for Norge er minimale inntil en global temperaturøkning på + 2 °C, og svakt negative for kraftigere oppvarming. De største negative konsekvensene er ventet på Vestlandet.

Naturskader

Norge hjemsesøkes jevnlig av naturulykker, og det finnes allerede mye kunnskap om og beredskap for naturskader. Klimaendringer innebærer imidlertid større usikkerhet, og muligheter for hyppigere og større naturulykker. Dessuten kan nye former for naturskader oppstå. Det er mange tegn til at samfunnet i dag påføres store tap som følge av dårlig tilpasning. Hvis arbeidet med å tilpasse seg klimaendringer kan føre til en bedre organisert beredskap, for eksempel gjennom klarere ansvarsfordeling og tydeligere målsettinger, vil gevinsten kunne bli betydelig. Den øker ytterligere som følge av at inntekts- og formuesøkning i sin alminnelighet bidrar til at de økonomiske kostnadene ved naturskader bare blir større i fremtiden.

- Norge er forholdsvis lite sårbart for havnivåstigning, i alle fall innenfor stigning på en meter. Dette skyldes i noen grad at havnivåstigning oppveies av stigning i landnivået. Enkelte områder i Sør-Vest Norge er imidlertid utsatt for erosjon, og kombinasjon av havnivåstigning, storm og stormflo kan få negative økonomiske konsekvenser for en del næringsvirksomhet på utsatte steder. I den grad infrastruktur berøres av havnivåstigning, kan kostnadene bli store.
- Stormflo kan medføre store kostnader, særlig når de rammer tett befolkede områder. Havnivåstigning fører til at nye områder kan rammes av stormflo.
- Det er ikke grunnlag for å peke på klare trender for framtidig stormhyppighet og vindstyrke, men flere undersøkelser konkluderer med at de sterkeste stormene kan bli mer vanlige. Erfaringer fra tidligere stormer, særlig nyttårsorkanen i 1992, tyder på at samfunnet som helhet har god beredskap for slike hendelser, men kraftforsyningen ser ut til å bli mer sårbart for ekstrem vind. De samfunnsmessige konsekvensene på regionalt nivå er begrensede, selv om konsekvensene for dem som rammes er store. Det er imidlertid påvist potensiale for bedre forebygging mot stormskader i bygninger.
- Tilgjengelige klimascenarier tyder på at det blir flere flomepisoder, først og fremst på Vestlandet. Materielle skader ved flom er store i dag, og en økning i flomepisoder kan derfor bli kostbart, men det er ikke gjort egne analyser av dette. Internasjonale studier peker på flere mulige helseeffekter ved flom, som vektorbårne sykdommer og forurensing av drikkevann. Slike effekter er også observert i Norge. Helsemyndighetene er oppmerksomme på faren, og hyppigere flomepisoder tilsier økt beredskap.
- Blant naturulykker er det skred som har tatt flest menneskeliv i Norge. De økonomiske kostnadene har imidlertid vært mindre enn for storm- og flomskader. Med bakgrunn i tilgjengelige klimascenarier er det grunn til å vente økt skredhyppighet i Norge, særlig jord- og masseskred og snøskred. God tilpasning forutsetter at risiko-områder er godt kartlagt. Dette er ikke tilfelle i Norge i dag. Skredfare stiller dessuten store krav til kommunale myndigheter, som har ansvaret for utbyggingsvedtak. Utilstrekkelig kartlegging gjør det vanskelig å forvalte dette ansvaret.
- Med forventninger om mer nedbør over hele landet regnes ikke tørke å bli noe betydelig problem i Norge, men man kan ikke se bort fra hyppigere tørkeperioder enkelte steder. Tidligere vårløsning og mindre nedbør om sommeren kan gi mer tørke på Sør- og Østlandet, og små forskyvninger i nedbørperioder kan føre til mer tørke på Vestlandet. Tørke har konsekvenser for landbruksproduksjonen, som i noen grad kan tilpasses. Dessuten øker skogbrannfaren.

Andre virkninger av endringer i naturomgivelsene

En av de største truslene ved klimaendringer knytter seg til spørsmålet om hvor robust geofysiske og økologiske systemer er for endringer i strålingspådrivet. Det er lite å si om konsekvensene av slike større skift utover generelle betraktninger, og det gir liten mening å gjøre analyser av tilpasning. Men slike skift kan også skje lokalt og i mindre skala, med store konsekvenser for de samfunn som avhenger av dem. Av særlig relevans for Norge er sårbarheten i det biologiske mangfoldet, samt de

raske endringene i norske breer og i områder med permafrost. Dessuten er reindrift-samenes livsvilkår utsatt, tatt i betraktning den nære tilknytningen den samiske kulturen har til naturgrunnet i et spesielt utsatt område.

- Arter som er tilpasset det arktiske miljøet er særlig sårbart for klimaendringer.
- Klimaendringene innebærer en stressfaktor på biodiversiteten som kommer i tillegg til annen menneskelig aktivitet. Faren øker for at arter forsvinner og nye arter kommer. Dette medfører utfordringer for næringsvirksomhet som jordbruk, skogbruk og fiske, og kan føre til sykdomsfremkallende organismer i drikkevann, samt insekts- og soppskader.
- Breene i Norge krymper, og vil krympe raskere mot 2100. Økt nedbør kan imidlertid føre til at volumet på visse steder kan komme til å øke. Det antas at over 90 prosent av norske breer vil smelte bort fram mot 2100. De minste breene forsvinner først. Det er ikke gjort spesifikke analyser av mulige konsekvenser for folk og samfunn.
- Samenes eksistens er forankret i tradisjonell ressursbasert aktivitet, som vil bli berørt i vesentlig grad av klimaendringer. Internasjonale avtaler skal sikre urfolks rett til å bevare sin kultur, blant annet gjennom å sikre forutsetningene for den tradisjonelle næringsvirksomheten. Klimaendringer vil ha store konsekvenser for reindriften, mens virkningene for annen tradisjonell samisk næringsvirksomhet er dårlig dokumentert.

Tilpasning og sårbarhet

Tilpasning er først og fremst et resultat av individuelle beslutninger som tas på grunnlag av den informasjon hver og en har til enhver tid. Samfunnsmessig sett kan dette betraktes som autonome prosesser, der offentlige institusjoner er involvert i liten grad. Den autonome tilpasningen kan likevel ha betydelige samfunnsmessige konsekvenser: Når mange tar beslutninger med bakgrunn i bestemte endringer, vil betingelsene for samhandling mellom individer endres. Dette får konsekvenser, for eksempel i form av markedsendringer. Opp til 90 prosent av de økonomiske kostnadene ved klimaendringer kan bli oppveid gjennom markedstilpasning, men prosentandelen synker jo kraftigere klimaendringene er.

Videre vil individenes tilpasning måtte bygge på tilgjengelig informasjon om fremtidige endringer, og ikke bare på egne observasjoner og tolkninger av dem, slik det er vanlig å gjøre. Denne informasjonen er et offentlig gode. Det offentlige har dermed en viktig rolle som tilrettelegger for tilpasning ved å framskaffe informasjon, gjøre den tilgjengelig og sette den i sin rette sammenheng. Mange undersøkelser dokumenterer behov for bedre og mer nøyaktig kunnskap, særlig på lokalt nivå, om klimaendringer og virkninger for å kunne ta beslutninger om tilpasning. Det er imidlertid uklart om brukere vet om den informasjon de mener de trenger, lar seg framskaffe. Det ligger en stor utfordring i å klargjøre hva usikkerheten i den informasjonen som gis, innebærer.

Konkrete tilpasningstiltak, som å forebygge skade ved naturulykker, vil i noen tilfeller gjennomføres på initiativ fra enkeltindivider, og må således kunne betraktes som autonom tilpasning. Men slike tiltak er ofte offentlige goder i seg selv, som mange har nytte av dersom de gjennomføres. Det er viktig at slike tiltak gjennomføres i offentlig regi, slik at man får mest mulig ut av de samfunnsmessige ressursene som brukes til å tilpasse seg. Det er mange eksempler i Norge på uheldige konsekvenser av å overlate tilpasningstiltak som har karakter av offentlige goder til private. Generelt vil det da bli gjennomført for lite tiltak, og de som iverksettes får gjerne "uforutsette", negative konsekvenser fordi behovene til andre enn dem som gjennomfører tiltakene ikke blir tilstrekkelig ivaretatt. Tilpasningstiltak kan både øke utslipp av klimagasser, for eksempel ved økt bruk av kjøleanlegg, og belaste økosystem ytterligere med naturinngrep, for eksempel gjennom flomforebyggende tiltak.

Kombinasjonen av stor lokal variasjon i behovet for klimatilpasning og nødvendigheten av at både private og det offentlige engasjerer seg, forutsetter at ansvaret mellom private aktører og ulike offentlige instanser er klart fordelt. I dag hersker det stor usikkerhet om hvem som har ansvar for å gjennomføre tiltak, eller å dekke kostnader av skader i kjølvannet av naturulykker. Usikkerheten er kanskje størst, og i alle fall best dokumentert, innen kommunale instanser. I noen grad skyldes denne usikkerheten at man innenfor kommunene ikke har hatt tilstrekkelig kapasitet til å definere

klimatilpasning innenfor de lover og regler som gjelder. I mange kommuner er det, for eksempel, uklart hvordan hensynet til klimaendringer skal ivaretas innenfor rammene av plan- og bygningsloven. Men sentrale myndigheter har heller ikke definert sin egen rolle i tilpasningssammenheng. Tilpasning ses vanligvis på som et lokalt anliggende som skal forvaltes med de lover og regler som finnes.

Det er så langt forsket lite på fordelingen av ansvar for klimatilpasning mellom aktører med ulike interesser, roller og virkemidler. Siden tilpasning må ta utgangspunkt i lokale forhold er det få som har studert hvilken rolle sentrale myndigheter skal ha. Tabellen nedenfor antyder en fordeling av de viktigste oppgavene mellom ulike samfunnsaktører for de kategorier av virkninger som er omtalt i denne rapporten. Den forskning som er gjort så langt om tilpasning, både i Norge og internasjonalt, dekker i all hovedsak de to øverste linjene og de to første kolonnene.

	Private aktører	Lokalsamfunn	Nasjon
Næringsrelaterte virkninger	Tilpasning til endrede rammebetingelser (markedstilpasning)	Tilrettelegging for næringsvirksomhet og bosted. Offentlige investeringer	Informasjon. Regulering og lovverk. Offentlige investeringer
Naturskader	Individuelle tiltak og beskyttelse med bakgrunn i økonomiske forhold, lover og regler	Arealplanlegging og offentlige investeringer i tiltak	Informasjon. Regulering og lovverk. Institusjonsbygging og incentiver
Endringer i naturomgivelsene	Endring i livsforutsetninger og flytting		Informasjon, Internasjonale avtaler om kutt

Rollefordeling av tilpasningsstrategier i ulike samfunnsmessige nivå etter type virkninger

Manglende kapasitet til å ta tilpasning inn over seg øker sårbarheten for klimaendringer i betydelig grad, men vi vet så langt forholdsvis lite om sårbarhet i Norge. Dette henger sammen med at metodegrunnlaget for slik kartlegging er kommet forholdsvis kort. Flere prosjekter arbeider imidlertid med metodegrunnlaget på dette området i dag, i hovedsak ved å tilpasse velkjente metoder for annen type samfunnsplanlegging til klimaproblematikk. Blant disse kan nevnes utvikling av indikatorsystemer for klimasårbarhet, som knytter an til indikatorer for bærekraftig utvikling, makroøkonomiske indikatorer og bruk av risiko- og sårbarhetsanalyser i klimasammenheng. Disse metodene utfyller hverandre, men har ulikt hovedfokus, og utvikles med tanke på bruk i ulike sammenhenger.

Noen lærdommer fra andre land

I denne rapporten har vi sett kort på noe av den relevante forskningen i Finland, Storbritannia og Sverige. Forskningen har noenlunde samme profil som i Norge, ved at de samfunnsmessige virkningene er belyst med utgangspunkt i langt mer grundige studier av klimaendringer og deres umiddelbare effekter. Studier av sårbarhet og tilpasning blir også vektlagt omtrent som i Norge, med størst aktivitet innen de to første linjene og de to første kolonnene i tabellen ovenfor. I Finland og Storbritannia har man imidlertid kommet noe lengre med å vurdere sårbarhet i lys av andre samfunnsmessige endringer. Det er mindre forskning om tilpasning enn om sårbarhet.

Utredninger om sårbarhet og tilpasning har hatt stor betydning for utformingen av en politikk på området i alle de tre landene, og forsøkene på å sammenstille kunnskapen har vitalisert klimadebatten. Dette illustrerer betydningen av en god formidlingsstrategi. Dette er tillagt stor vekt i Storbritannia gjennom det såkalte UKCIP, som er en egen organisasjon som blant annet gir praktiske råd om tilpasning, med referanse til oppdatert kunnskap. Behovet for å samordne eksisterende kunnskap er tidligere pekt på som en viktig forutsetning for å organisere tilpasningsarbeidet på et god måte. Dette styrkes i noen grad fra erfaringene for Storbritannia og Sverige der det blant annet tilbys nettbasert veiledning.

Konklusjoner

Figuren gir en grafisk oppsummering av de viktigste næringsrelaterte virkningene som er omtalt i kapittel 2. Vurderingen av når de ulike virkningene inntreffer er skjønnsmessig og relaterer seg ikke direkte til spesifikke studier. Temperaturøkningen langs den horisontale akse angir økning i gjennomsnittstemperaturen i Norge, og forutsetter kun moderate virkninger i resten av verden, det vil si at global oppvarming begrenses til om lag +2 °C sammenliknet med før-industriell tid. Figuren er ment å angi virkninger for Norge som nasjon, og det kan være stor geografisk variasjon.



Muligheten for endringer i omfanget av naturskader kommer i tillegg til de endringene som er ført opp i figuren, og de vil etter all sannsynlighet øke, både som følge av mer flom og flere skred. Større skader ved stormer og springflo er også mulig. Muligheten for at disse skadene skal bli mindre er svært liten. Omfanget av disse skadene er sterkt avhengige av hvor godt samfunnet tilpasser seg risikoen for naturulykker. Skader som følge av klimaendringer kan begrenses betydelig ved å bedre beredskapen for naturulykker under dagens klimaforhold.

For å kunne vurdere klimapolitikk generelt og tilpasning spesielt i lys av virkninger, må man også ta inn muligheten for irreversible skift i naturen, som endringer i økologiske systemer. Det er særlig de økologiske systemene i arktiske strøk som er utsatt. Mens de næringsrelaterte skadene i hovedsak kan bedømmes i lys av de forventede økonomiske konsekvensene, vil både irreversible skift og naturskader i større grad måtte vurderes i lys av risikoen de er forbundet med. Det gjør det naturlig å rette særlig stor oppmerksomhet mot mulige negative virkninger.

En stor del av tilpasningen vil skje autonomt, uten behov for inngrep fra offentlige myndigheter. Det er imidlertid et offentlig ansvar å skaffe tilveie informasjon om virkninger, risiko og tilpasningsmuligheter, som kan lette tilpasningen. På dette området gjenstår det mye. Mange tiltak bør av naturlige grunner også gjennomføres av det offentlige, og det er et offentlig ansvar å etablere regelverk og institusjoner som fremmer god tilpasning. Det finnes mange eksempler på at uklart regelverk og usikkerhet om rollefordelingen mellom ulike offentlige nivå har ført til dårlig beredskap. Det mangler også på overordnede målsettinger for tilpasningsarbeidet, som for eksempel en generell vurdering av akseptabel risiko.

1 Innledning

Denne rapporten er skrevet på oppdrag fra Klimatilpassingsutvalget, et offentlig utvalg under ledelse av fylkesmann Oddvar Flæte, som ble oppnevnt av Regjeringen i desember 2008. Utvalget skal utrede samfunnets sårbarhet og tilpassingsbehov som følge av klimaendringer. Formålet med denne rapporten er å gi utvalget en oppdatert oppsummering av resultater fra forskning om konsekvenser av klimaendringer, tilpasning og klimasårbarhet med hovedvekt på norske forhold. Rapporten sammenstiller kunnskap som er framkommet i ulike studier, og gir en oversikt over de forskningsarbeidene de bygger på. Det rettes primært oppmerksomhet mot konsekvenser for folk og samfunn.

Studiene som refereres i denne rapporten har ulike innfallsvinkler og bygger på et bredt spekter av forutsetninger om hvor store klimaendringene blir og hvordan samfunnet ville ha utviklet seg uten klimaendringer. Ved sammenstilling av resultater er det nødvendig å korrigere for de ulike forutsetningene som studiene bygger på, noe som innebærer skjønnsmessige vurderinger. For å få oversikt over den store bredden i forskningen omkring virkninger av klimaendringer og de utfordringene som knytter seg til tilpasning og kartlegging av sårbarhet har vi forsøkt å dele inn omtalen av de ulike studiene tematisk. Det er mange måter å gjøre dette på. I denne rapporten har vi valgt følgende inndeling:

- Nærings- og sektor-relaterte konsekvenser av klimaendringer
- Virkninger av endringer i naturskader
- Andre virkninger av endringer i naturomgivelsene
- Problemstillinger knyttet til tilpasning og sårbarhet
- Erfaringer fra andre land med relevans for Norge

Bakgrunnen for å dele virkningene av klimaendringer inn i tre kategorier er delvis at muligheten for å måle virkningene er forskjellige, og delvis at fokus for studiene er ulike. Nærings- og sektor-relaterte virkninger måles og sammenliknes gjerne i økonomiske størrelser. Økonomiske kostnader utgjør bare en del av naturskadene. Skade på mennesker og andre ødeleggelse vil ofte bety mer ved vurdering av risikoen, og disse er det kontroversielt å gi økonomiske anslag for. Andre virkninger av endringer i naturomgivelsene omfatter blant annet irreversible endringer, som skift i øko-systemer. Disse gir det ikke nødvendigvis god mening å måle konsekvensene av. Man er snarere opptatt av å finne ut hvilke og hvor store endringer man kan stå overfor, og hva man kan gjøre for å unngå at risikoen blir for stor.

Ulempen med å dele virkninger inn i ulike kategorier på denne måten er at man ikke alltid får med seg alle virkningene for et bestemt formål ved å lese bare ett kapittel. For eksempel behandles virkningene for jordbruket i kapitlet om næringsrelaterte konsekvenser først og fremst i lys av de økonomiske konsekvensene for den årlige driften. Noen virkninger slår positivt ut og noen slår negativt ut, og når man sammenlikner ulike virkninger og slår dem sammen, gir mange studier moderat positive virkninger for jordbruket. Vurdert ut fra risikoen, enten for naturskade, som flom, eller ut fra muligheten for endringer i økologiske systemer, er imidlertid virkningene entydig negative. Dette understreker viktigheten av å klargjøre formålet når man skal gjøre en vurdering av hvilke virkninger klimaendringer kan ha for folk og samfunn.

Kapitlet om tilpasning og sårbarhet omfatter en lang rekke studier, med til dels svært ulike innfallsvinkler. I prinsippet er det mulig å skille mellom de utfordringene tilpasning til klimaendringer innebærer og problemstillinger ved å kartlegge sårbarhet. Det er imidlertid

vanskelig å foreta et like klart skille mellom studier som behandler tilpasning og studier som behandler sårbarhet. Mange studier behandler begge temaene, fordi kartlegging av sårbarhet er sterkt avhengig av mulighetene for å tilpasse seg. Dette gjør at noen temaer dukker opp i flere steder i kapitlet, og går i noen grad igjen også i andre kapitler. Vi har tenkt at rapporten også skal kunne brukes som et oppslagsverk, og har derfor ikke lagt vekt på å unngå gjentakelser.

Omtalen av erfaringer fra andre land er gjort etter ønske fra Klimatilpassingsutvalget. Dette kapitlet konsentrerer seg i hovedsak om erfaringer fra land som har kommet godt i gang med å forberede tilpasning til klimaendringer, som Finland, Sverige og Storbritannia. Kapitlet omhandler ikke hvilke virkninger man kan forvente i disse landene.

Rapporten starter med et sammendrag av det materialet vi har gått gjennom. Dette kan leses som en konklusjon på de enkelte kapitlene, og resultatene presenteres uten referanser til studiene de bygger på. Referansene er gitt i kapitlene, og referanseliste finner man i slutten av hver kapittel. Mange av studiene som omtales i denne rapporten refererer seg til ulike utslipps- og klimascenarier, som i de fleste tilfellene bygger på et sett standardscenarier. En kort presentasjon av disse er gitt etter sammendraget. Felles for studiene som omtales i denne rapporten er imidlertid at det ikke antas dramatiske konsekvenser av klimaendringer i resten av verden. Risikoen for slike endringer øker med økt global oppvarming, men det antas at man vil unngå en for stor risiko dersom den globale oppvarmingen begrenses til +2 °C.

1.1 Klimamodeller og klimascenarier

Alle anslag over virkninger av klimaendringer avhenger av hvordan og hvor mye klimaet endrer seg. En av utfordringene ved å lage samlede oversikter over resultater fra studier av virkninger er at de gjerne bygger på forskjellige antakelser om klimaendringene. I noen tilfeller oppgis nøyaktig hvilke klimaendringer som ligger til grunn for studien, mens andre ganger er det mer uklart hva som er antatt. Noen ganger refererer man til endringer i temperatur og nedbør, mens andre ganger får vi bare vite framtidig utslipps-baner uten at vi vet med sikkerhet hvilke klimamessige konsekvenser man regner med at disse scenariene har fått.

Gjennom de senere år har det vært satset mye på å framskaffe klimascenarier for Norge som kan brukes som bakgrunn for studier av virkninger av klimaendringer. Det foreligger mange alternativer, og de avhenger blant annet av hva man tror om framtidige utslipp av drivhusgasser. FNs Klimapanel publiserte i 2000 (IPCC, 2000) et sett utslipps-scenarier som de fleste globale klima-scenariene som studier av virkninger og tilpasning baserer seg på. Utslipps-scenariene består av fire hoved-scenarier, A1, A2, B1, B2, som skiller seg ved ulike antakelser om befolkningsvekst, økonomisk vekst, hvordan veksten fordeler seg på rike og fattige land, samt i hvilken grad verdens land samarbeider om å løse globale problemer eller ikke.

A1. Scenariofamilien A1 beskriver en framtidig verden med meget hurtig økonomisk vekst, en befolkning som er størst ved midten av århundret for deretter å avta, og hurtig introduksjon av ny og mer effektiv teknologi. Store underliggende trekk er konvergens mellom områder, kapasitetsbygging og økt kulturelt og sosialt samkvem, med en stor nedgang i regionale forskjeller i inntekt per innbygger. Scenariofamilien A1 er utviklet videre i tre grupper som beskriver alternative retninger av teknologisk forandring i energisystemet. De tre A1-gruppene er holdt fra hverandre ved deres teknologiske vektlegging: fossilintensive (A1FI), ikke-fossile energikilder (A1T) eller en balanse

mellom alle kilder (A1B) (hvor balansert er definert ved at man ikke er for mye avhengig av en bestemt energikilde, og av forutsetningen at samme forbedringstakt gjelder for all teknologi for energiforsyning og energibruk).

A2. Scenariofamilien A2 beskriver en meget heterogen verden. De underliggende trekk er selvstendighet og bevaring av lokale identiteter. Fruktbarhetsmønstre på tvers av regioner konvergerer meget sakte, noe som resulterer i en kontinuerlig økende befolkning. Økonomisk vekst er primært regionalt orientert, og økonomisk vekst per innbygger samt teknologisk endring er mer fragmentert og langsommere enn i andre scenariofamilier.

B1. Scenariofamilien B1 beskriver en konvergerende verden med en befolkning som er størst ved midten av århundret for deretter å avta, akkurat som i A1, men med en hurtig endring i økonomiske strukturer mot en mer sørvis- og informasjonsbasert økonomi, med nedgang i materialintensitet og innføring av rene og resurseffektive teknologier. Satsingen er på globale løsninger for økonomisk, sosial og miljømessig bærekraft, inkludert økt rettferdighet, men uten andre klimainitiativ.

B2. Scenariofamilien B2 beskriver en verden der det satses på lokale løsninger for økonomisk, sosial og miljømessig bærekraft. Det er en verden med en kontinuerlig økende befolkning, men i et lavere tempo enn A2, intermedieære nivåer på økonomisk utvikling, og mindre hurtig og mer variert teknologisk forandring enn i B1- og A1-scenariene. Samtidig som scenarioet er rettet inn på miljøvern og sosial rettferdighet, fokuseres det på lokale og regionale nivåer.

A1-scenaret gir høyest vekst i utslippene, mens B2-scenariet gir lavest vekst. For en nærmere beskrivelse, se IPCC (2000). Studier av virkninger av klimaendringer og tilpasning legger oftest A2 og B2-scenariene til grunn. Med utslippene i A2-scenariet har temperaturøkningen over de neste hundre år har vært beregnet til mellom 3 og 5 grader avhengig av hvilken global klimamodell man bruker. B2-scenariet viser temperaturøkninger på mellom 2 og 4 grader.

Utslippsscenariene brukes til å bestemme det menneskeskapte bidraget til utviklingen i globale klimamodeller. De ulike klimamodellene har egne styrker og svakheter, og framskrivninger av det globale klimaet med bakgrunn i et gitt utslippsscenario avhenger derfor også av hvilken modell man bruker. De globale modellene gir imidlertid bare en grovkornet indikasjon på hvordan klimaet i nærmere angitte områder vil utvikle seg. For å lage mer detaljerte scenarier er det nødvendig å nedskalere resultater fra globale modeller ved hjelp av egne modeller, som bedre svarer til de modellene man bruker for å lage værmeldinger. Kvaliteten på de nedskalerte scenariene avhenger imidlertid helt av kvaliteten på de globale scenariene. Det er utarbeidet en egen rapport for Klimatilpassingsutvalget med nedkalerte klimascenarier for Norge fram mot 2100. Til tross for den usikkerheten som disse er gjenstand for begynner man nå å danne seg et bilde av hvordan klimaet i Norge vil utvikle seg. For en nærmere presentasjon av de siste framskrivningene, se Hanssen-Bauer (2009). I grove trekk ser det slik ut:

- Gjennomsnittstemperaturen for Norge vil stige omtrent som global middeltemperatur, kanskje litt mer. Det blir mer nedbør i nesten hele landet, og over hele året, med et mulig unntak for sommeren i Sør-Norge.
- De stedene i Norge som nå har lavest middeltemperatur vil få den høyeste økningen i temperatur, og stedene som har høyest middeltemperatur får minst temperaturøkning.
- De tidene på året da det er lavest temperatur vil få den høyeste temperaturøkningen, og tidene på året med høyest middeltemperatur får minst temperaturøkning.

- De stedene i Norge der det er mest nedbør får størst økning i nedbør, og de tørreste områdene får minst økning nedbør

De tidene på året da det kommer mest nedbør får størst økning i nedbør, og de tørreste periodene får minst økning i nedbør

I de fleste studiene som omtales i denne rapporten antas det en liknende utvikling av klimaendringene i Norge. Som hovedregel vil derfor ikke klimaendringene som studiene bygger på bli beskrevet utover hva en har antatt om global middeltemperatur, med mindre det er antatt vesentlige avvik fra det mønsteret som er skissert ovenfor. I noen tilfeller er det også nødvendig med mer detaljert informasjon, som for eksempel om vind eller om ekstreme værepisoder. Dette blir omtalt i de enkelte kapitler.

Referanse

Hanssen-Bauer, I., (red.) (2009): *Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpasning*. Norsk klimasenter, foreløpig utgave, juni 2009.

IPCC(2000): Emission scenarios, Nebojsa Nakicenovic and Rob Swart (Eds.) Cambridge University Press, UK. pp 570

2 Klimaendringenes konsekvenser for næringsvirksomhet og sektorer

Dette kapitlet tar hovedsakelig for seg studier av økonomiske virkninger og sårbarhet etter sektor. Det gis en beskrivelse av hvordan aktiviteten i sektoren avhenger av klimatiske forhold, hvilke endringer man i følge studiene kan forvente, og eventuelle tiltak som kan reduserer sårbarheten. Det legges vekt på å rapportere kvantitative anslag, men kvalitative studier omtales også.

Kapitlet er delt inn i underkapitler etter sektorer: landbruk og reindrift, fiske, skogbruk, kraftproduksjon, stasjonær energietterspørsel, bygg og anlegg, infrastruktur, turisme og helse. Underkapitlene består av innledning, presentasjon av studier og oppsummering. I innledningen blir klimaets relevans for sektoren beskrevet. Den empiriske delen begynner med en oppsummering av hvordan temaet er omtalt i rapportene til FNs Klimapanel, ikke minst fjerde hovedrapport. Videre omtales nasjonale og regionale studier som er relevante for sektoren. Vi har så langt det har vært mulig gjengitt de formelle data om studien, dvs bibliografiske data, hvem som har vært ansvarlige for gjennomføringen, oppdragsgiver og målgruppe. Videre har vi kort beskrevet metoden og den tematiske innretningen som er brukt, herunder hvilke klimascenarioer, tidsepoker, kilder, geografi osv som er antatt. Studier som tar for seg effekter av klimaendringer, sårbarhet og tilpasning til klimaendringer i de spesifiserte sektorene er presentert. I den grad det er gjort studier av mulige konflikter eller synergieffekter mellom utslippsreduksjoner og økt karbonlagring på den ene side og tilpasning på den andre, vil de bli behandlet. Det samme gjelder studier av produksjons- eller innovasjonsmuligheter som følge av tilpasning.

Vi har ikke omtalt studier som vurderer mulige effekter eller tilpasninger for å redusere utslipp for indirekte å minimere klimaendringene. Eksempler på slike studier kan være potensialet for utbygging av vindkraft på norsk sokkel eller energieffektivisering i norske bygninger.

2.1 Jordbruk

2.1.1 Innledning

Store deler av landbruket er avhengig av og tilpasset de klimatiske forholdene, og kan bli mer påvirket av endringer i klimaet enn andre næringer. Denne påvirkningen kan være positiv ved at klimaet mange steder ikke i samme grad vil være en begrensende faktor for den biologiske produksjonen. Samtidig vil klimaendringene medføre negative konsekvenser gjennom endring i nedbørsmønstre, ekstreme vær-situasjoner, erosjon, økt avrenning av nærings-salter og lignende. Dette gir også en fare for økte klimagassutslipp. Risikoen øker for at nye skadegjørere og plante- og dyresykdommer etablerer seg. Beredskap i forhold til skadegjørere og plante- og dyresykdommer, og tilpasningstiltak i forhold til klimaendringene, er derfor viktige innsatsområder (St.meld. nr 39 *Klimautfordringene – Landbruket en del av løsning* (2008 – 2009))

Begrepet landbruk brukes gjerne som fellesbetegnelse for jordbruk og skogbruk. Jordbruk omfatter dyrking av jord- og hagebruksvekster samt husdyrhold. Skogbruk er drift av skog (www.ssb.no). Det kan på mange måter være hensiktsmessig å se jord- og skogbruket i sammenheng i forbindelse med effekter av klimaendringer. Næringene har sannsynligvis flere fellestrekk i måten de blir påvirket av endringene på. Dessuten vil sysselsatte i næringene ofte drive innen begge næringer. Vi har allikevel valgt å skille mellom jordbruk som omtales i dette kapitlet og skogbruk som omtales i kapittel 2.2.

I følge Statistisk sentralbyrå var det i 2006 omtrent 190 000 landbrukseiendommer i Norge. Av disse var 56 prosent kombinerte jord- og skogeiendommer, 37 prosent var jordbrukseiendommer uten produktivt skogareal, og 6 prosent var skogeiendommer uten jordbruksareal (Rognstad og Steinset, 2008)¹. Til sammen har ca 450 000 personer fast bosetting på eiendommene, noe som tilsvarer snaut 10 prosent av Norges befolkning.

Skog utgjør ca 1/3 av fastlandets areal, mens jordbruket utgjør kun 3,4 prosent.

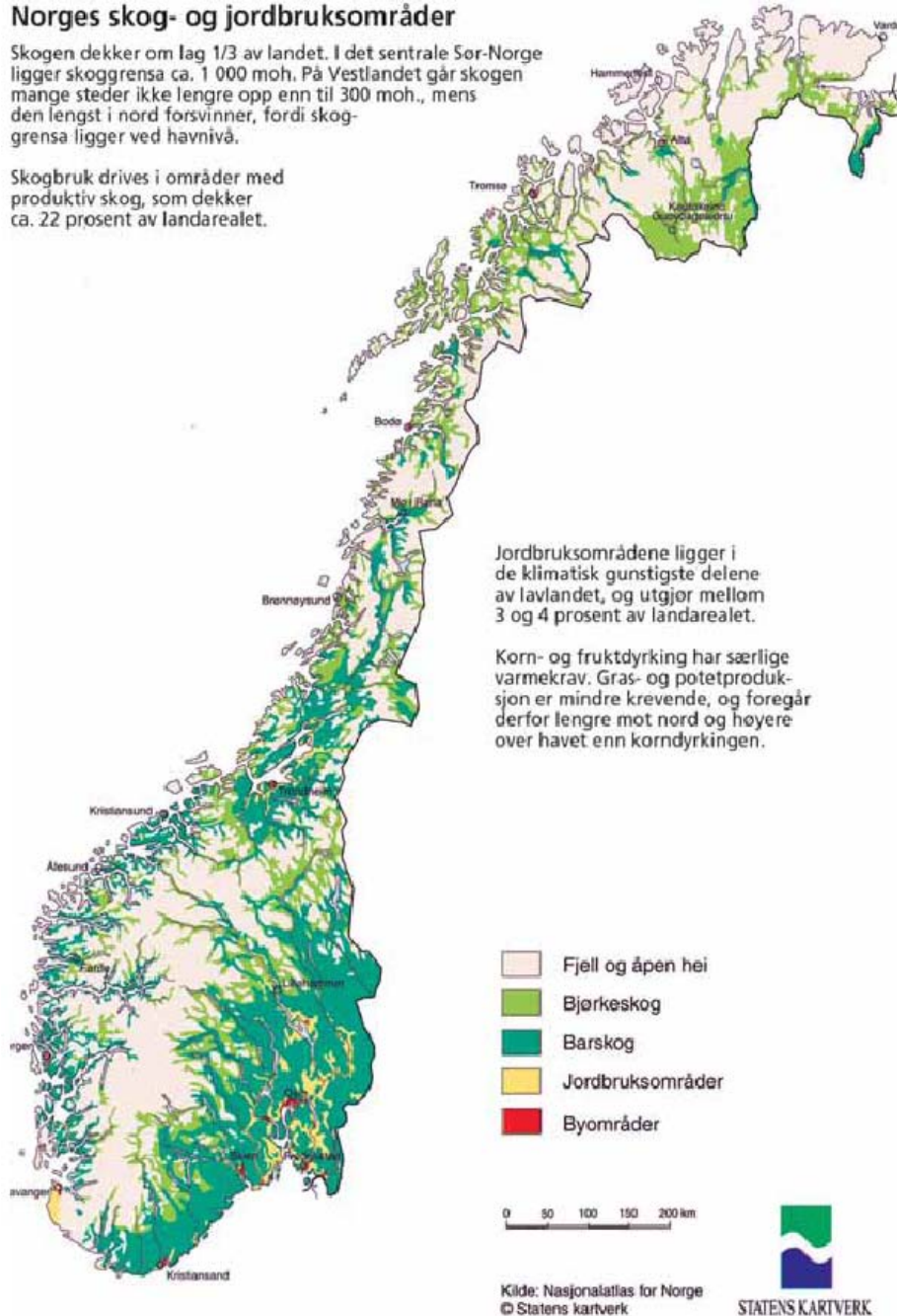
¹ Landbrukseiendom: Eiendom som benyttes eller kan benyttes til jord- og/eller skogbruk. Alt som tilhører samme eier i en kommune, hører til samme landbrukseiendom uten hensyn til om den omfatter flere matrikelnumre (grunneiendommer). Produktivt skogareal: Skogareal som ved gunstige bestandsforhold i gjennomsnitt per år kan produsere minst 0,1 kubikkmeter trevirke med bark per dekar.

Figur 2-1 Norges skog- og jordbruksområder

Norges skog- og jordbruksområder

Skogen dekker om lag 1/3 av landet. I det sentrale Sør-Norge ligger skoggrensa ca. 1 000 moh. På Vestlandet går skogen mange steder ikke lengre opp enn til 300 moh., mens den lengst i nord forsvinner, fordi skoggrensa ligger ved havnivå.

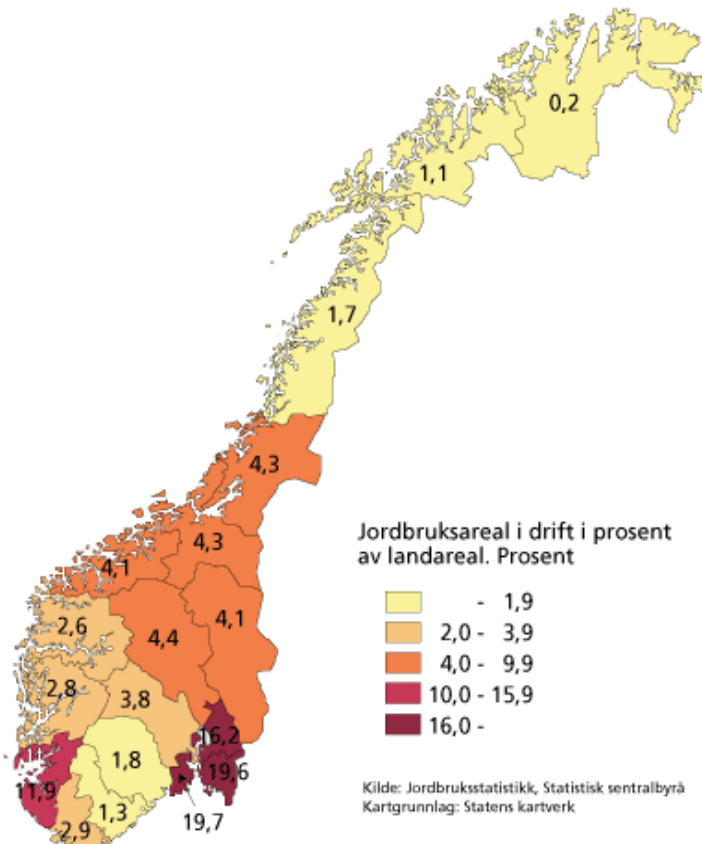
Skogbruk drives i områder med produktiv skog, som dekker ca. 22 prosent av landarealet.



Kilde; Rognstad og Steinset (2008)

Dette er svært lite sammenlignet med resten av Europa som i gjennomsnitt har noe over 40 prosent av landarealet i drift til jordbruksformål. Finland og Sverige har rundt 7-8 prosent i drift. Figur 1-4 viser jordbruksareal i drift i prosent av landareal i hvert fylke. Vestfold, Østfold og Akershus er de kommunene med størst areal i drift, ca 16-20prosent. Rogaland har ca 12prosent. Resten av fylkene har alle mindre enn 4,5prosent av arealene i drift for jordbruk.

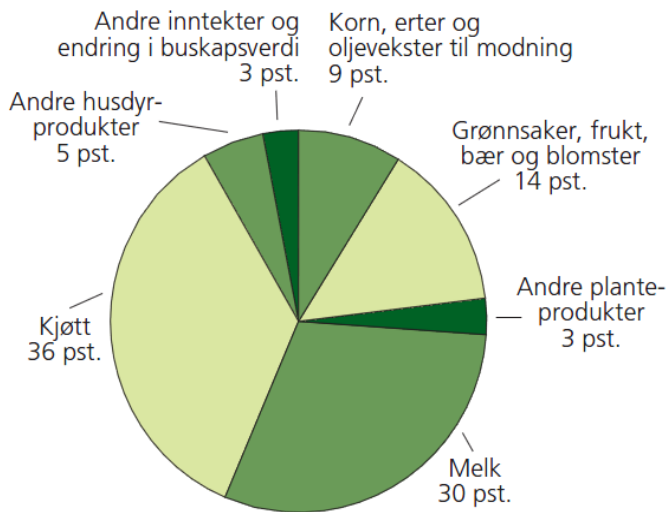
Figur 2-2 Jordbruksareal i drift i prosent av landareal i alt, etter fylke.2007



Kilde: SSB (2009c)

I Norge er det 60 100 årsverk i jordbruket. Det utgjør 2,3 prosent av den totale sysselsettingen og 0,5 prosent av bruttonasjonalproduktet (BNP) i 2007 (www.ssb.no). Av gjennomsnittlig bruttoinntekt for personlige brukere av jordbruksbedrifter utgjorde næringsinntekt fra jordbruk 31 prosent, mens lønnsinntekt utgjorde 42 prosent. Selv om jordbruket på nasjonalt nivå økonomisk sett betyr lite, er betydningen større for enkeltfylker og kommuner. Rogaland er det største jordbruksfylket, både målt i bruttoprodukt og i sysselsetting. Målt som andel av totalt bruttoprodukt i fylket er det i Nord-Trøndelag jordbruket betyr mest (2,9 prosent). Også i Oppland og Sogn og Fjordane stod jordbruket for mer enn 2 prosent av i bruttoproduktet i fylket. Oppland, Sogn og Fjordane og Nord-Trøndelag er også de fylkene der jordbruket står for størst andel av sysselsettingen (NILF, 2008). Produksjonsinntektene i jordbruket domineres av husdyrprodukter. I 2007 utgjorde husdyrprodukter 70 prosent av inntektene, planteprodukter 27 prosent og andre jordbruksinntekter 3 prosent (direkte tilskudd holdt utenfor). Påvirkninger fra klimaendringer kan derfor bety mer for inntektene dersom det blir store endringer relatert til husdyrprodukter enn om det blir endringer relatert til planteprodukter.

Figur 2-3 Produksjonsinntekter i jordbruket, fordelt på hovedprodukter¹. 2007



¹ Eksklusive direkte tilskudd.

Kilde: Totalkalkylen for jordbruket, Budsjettnemnda for jordbruket.

Kilde; Rognstad og Steinset (2008)

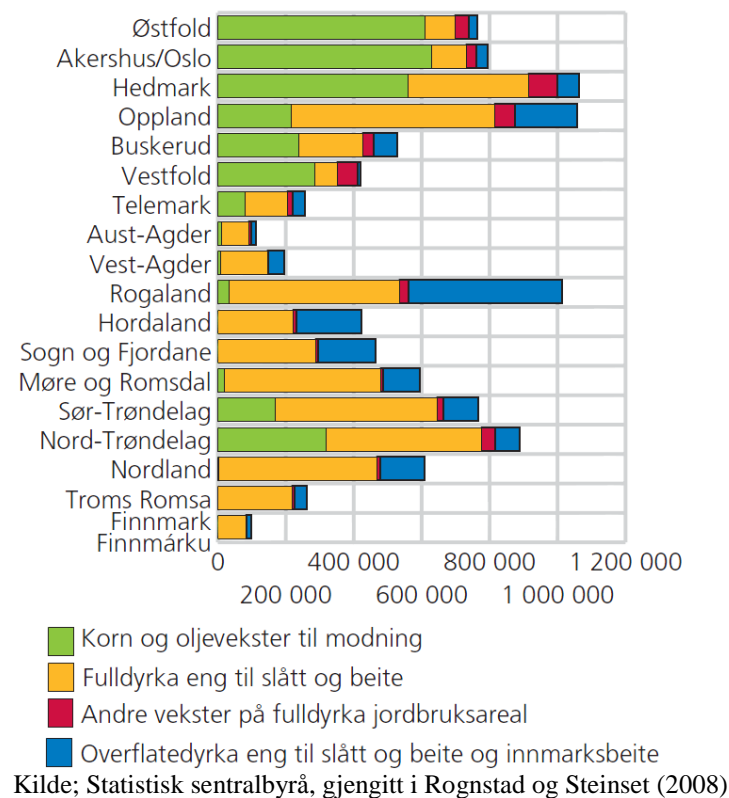
Norge importerer mye mer jordbruksvarer enn vi eksporterer (Rognstad og Steinset, 2008). I 2007 var den samlede importen av jordbruksvarer, både råvarer og bearbeidede varer, på 29,4 milliarder kroner. I løpet av de siste fem årene har verdien av importen økt med nesten 50 prosent. Eksporten av jordbruksvarer utgjorde i 2007 4,4 milliarder kroner og har økt med bare 11 prosent de siste fem årene. Endrede klimaforhold i land vi eksporterer og importerer med kan derfor også spille en rolle for sektoren og gjøre den mer eller mindre konkurransedyktig.

Store deler av landarealet i Norge er lite egnet for moderne jordbruksdrift (Rognstad og Steinset, 2008). Dette har sin årsak i terrengforhold der mye areal er bratt, og hvor dyrket og dyrkbart areal er oppdelt og ligger til dels spredt. Mye av arealet har tynt jorddekke, eller jord som inneholder mye stein. Norge har også et klima med kort vekstsesong og liten varmesum. Dessuten ligger mye av arealet høyt over havet der vekstsesong og varmesum reduseres ytterligere. I Norge er lengden på veksttiden og varmesummen (graddager) i løpet av vekstperioden de viktigste begrensende, klimatiske faktorene (NILF, 2008). Plantevekst er liten når den daglige gjennomsnittstemperaturen er under 5 °C (Skaugen og Tveito, 2004). Denne temperaturgrensen har derfor blitt en standard som den basistemperaturen der en beregner vekstsesongen og graddager² fra. Nedbørsforhold og i noen grad gunstige lysforhold, virker positivt på planteproduksjonen. Langs kysten fra Vestlandet og nordover kan mye nedbør i innhøstingsperioden imidlertid begrense hvilke vekster som kan dyrkes (Rognstad og Steinset, 2008). Forsommertørke har likevel ikke vært uvanlig i en del viktige jordbruksdistrikter (NILF, 2008). Det kjølige klimaet virker gunstig inn på forekomsten av plantesykdommer og skadedyr. Den geografiske plasseringen innebærer at Norge ligger i ytterkanten av dyrkingsområdet for flere viktige vekster, og er et av få land hvor det ikke dyrkes sukkervekster. Klimaet gjør også sitt til at kornavlingene per arealenhet er mindre enn i mange andre land. I store deler av landet er fôr dyrking, hovedsakelig gress, langt på vei

² Med graddager menes den effektive temperatursummen som indikerer intensiteten på vekstsesongen. Manssummerer antall celsius over 5 grader pr dag, i løpet av en vekstsesong.

eneste mulighet. Husdyrproduksjon basert på gressdyrking har derfor stor betydning i norsk landbruk. Dette er illustrert i Figur 1-6 som viser jordbruksareal i drift, fordelt etter hovedgrupper av vekster og fylke. En ser at kornproduksjon hovedsakelig finnes i de områdene av landet som har klima og topografi som er egnet til dette. Dette gjelder det sentrale Østlandet og rundt Trondheimsfjorden. Det har også vært stimulert til dette via jordbrukspolitikken fra 1950-årene og framover. Dette kan bety at klimaendringer vil slå ulikt ut avhengig av hvor i landet man er og hva som dyrkes.

Figur 2-4 Jordbruksareal i drift, fordelt etter hovedgrupper av vekster og fylke. 2007



2.1.2 Studier om konsekvenser for sektoren

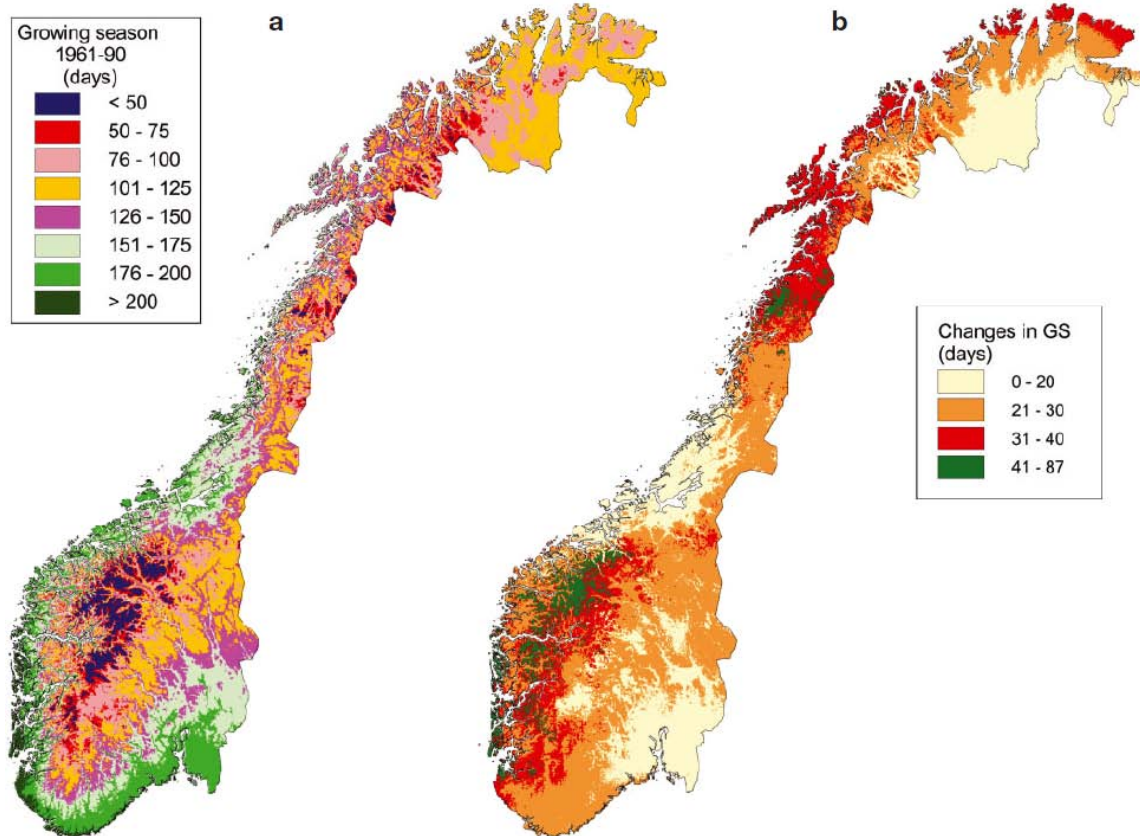
PESETA prosjektet (Projection of Economic impacts of climate change in Sectors of the European Union based on bottom-up Analysis) gjorde en multi-sektor analyse av effekter av klima endringer i Europa for 2020 og 2080 i ni agro-klimasoner (<http://peseta.jrc.ec.europa.eu>). De finner at egnetheten for avlinger i Nord Europa øker på grunn av en forlenget vekstsesong og lenger frostfrie perioder. Resultatene fra simuleringer med IPCCs SRES A2 scenario indikerer at Norge kan vente 15-30prosent økning i avlinger i 2080 sammenlignet med perioden 1961-1990 (enkelte områder i Trøndelag og Nordland kan i en av simuleringene vente noe mindre, ned mot 5 prosent økning).

De generelle trendene som er beskrevet i PESETA prosjektet vil på nedskalert nivå sannsynligvis vise seg mer nyansert og med mer varierende effekter fra et sted til et annet i Norge. Plantevekst er generelt sterkt relatert til lufttemperatur. Skaugen og Tveito (2004)

undersøkte fremtidig effekt av klimaendringer på gjennomsnittlig vekstsesong og graddager³. Temperaturdata fra Max Planck Institutes ECHAM4/OPYC3 AOGCM ble brukt ved empirisk nedskalering for 30 års perioden 2020-2049 (scenarioperioden). Figur 5a viser lengden på vekstsesongen i referanseperioden (1961–1990). Det fremgår at sesongen varierer fra mindre enn 50 dager i fjellområdene i Sør-Norge til mer enn 200 dager langs sørvest kysten. Figur 5b viser at de største forandringene i vekstsesongen i scenarioperioden sammenlignet med referanseperioden skjer i de vestre delene, i Nordland og i de nordlige delene av landet. I disse områdene viser beregningene økning på over 40 dager i vekstsesongen. Oslo og Trondheimsområdene, samt indre deler av Finnmarksvidda ser ut til å få minst forandringer (under 20 dager). Resultatene tyder på at den gjennomsnittlige lengden på vekstsesongen langs sørkysten av Norge i 2021-2050 vil bli tilsvarende det den er i dag for eksempel sør i Storbritannia, i Nederland og i Nord-Tyskland.

³ Med graddager menes antall dager i referanseperioden med mer enn 5

Figur 2-5 (a) Vekstsesong i Norge, gjennomsnittsverdier for referanseperioden. (b) Forandringer i vekstsesongen for scenarieperioden 2021-2050 sammenlignet med referanseperioden

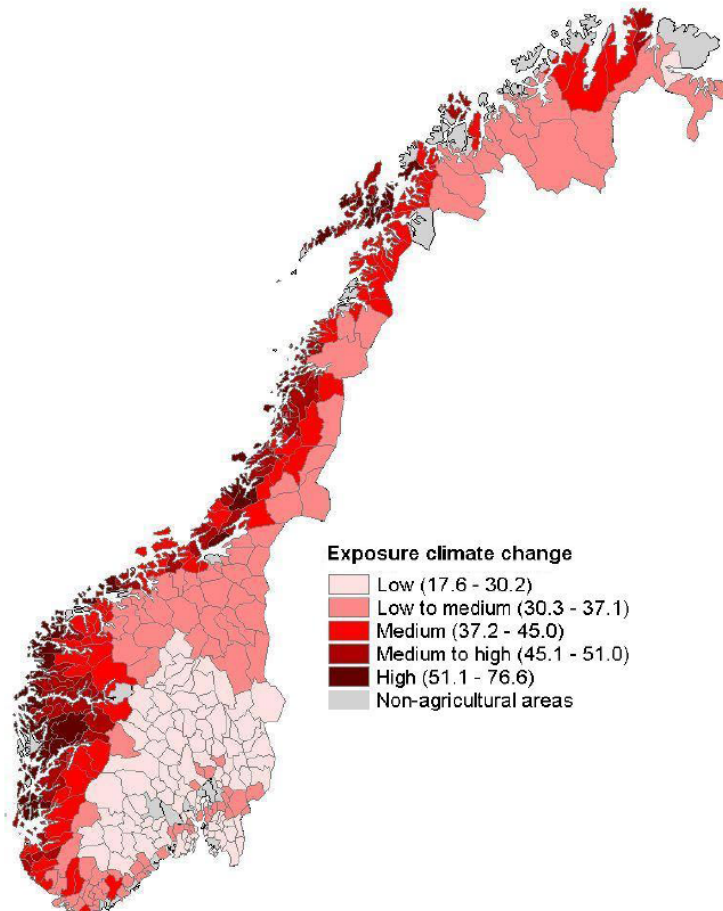


Kilde; Skaugen og Tveito (2004).

I den samme artikkelen fremgår videre at graddager i referanseperioden varierte fra mindre enn 200 til mer enn 1200°C. Beregningene til Skaugen og Tveito (2004) antyder at en kan forvente forandringer på mellom 300 og 480 °C i Vest-Norge og langs deler av nordkysten. I deler av Nord-Norge og de høye fjellområdene vil forandringene bli mindre enn 200°C. I de østre delene av Sør-Norge, i Trondheimsområdet og i kyststrøkene og de indre delene av Nord-Norge vil forandringene bli mellom 200 og 300°C. Resultatene indikerer at intensiteten på vekstsesongen (dvs. graddagene) vil øke i hele landet. For 50prosent av arealet i landet kan en forvente en økning i den gjennomsnittlige intensiteten på vekstsesongen fra ca 400°C i referanseperioden opp mot 650°C graddager i scenarieperioden.

O'Brien m.fl. (2003, 2006) undersøkte utsatthet for klimaendringer i jordbruket ved å lage en indeks som inneholdt antatt viktige variabler (høst- og vårnedbør, lengde på vekstsesong, frost- og tinedager om vår og høst, og snødybde om vinteren). Indeksen ble først beregnet for nåværende klima, og så justert til å ta høyde for forandringer under et dobbelt CO₂ nivå basert på resultater fra RegClim (regclim.met.no). Figur 1-7 viser at jordbruk i Vest-Norge og langs kysten i Nord-Norge er mer utsatt for forverrede klimaforhold på grunn av økt nedbør om vår og høst, redusert snødekke, og den relativt moderate forlengelsen av vekstsesong sammenlignet med andre områder i Norge. Innlandet i Øst-Norge derimot vil bli mindre utsatt for ugunstige klimaforhold i fremtiden.

Figur 2-6 Utsatthet for klimaendring innenfor jordbruket.



Kilde; O'Brien m.fl. (2003, 2006)

Indeksen er utarbeidet på bakgrunn av RegClim fremskrivninger for vinter og høstnedbør, frost/tinging vår og høst, lengden på vekstsesong, og gjennomsnittlig vintersnødybde. Ved å aggregere RegClim-resultatene til kommunenivå og slå indikatorene sammen til en samleindeks, kunne ulikheter i utsatthet for klimaendring mellom kommunene identifiseres. Indeksene ble beregnet som absolutte forandringer mellom periodene 1980-2000 og 2030-2050. Alle indikatorene ble likt vektet i den sammensatte indeksen (O'Brien m.fl., 2003, 2006). Forfatterne understreker at materialet har begrensninger blant annet fordi det er vanskelig å bruke samme indikatorer for alt landbruk i hele Norge, fordi både geografi og type landbruk innvirker på hvilke klimaparametre som er kritiske forskjellige steder i landet, og også hvilke måneder som er de viktige for ulike prosesser i landbruket. Beregningene er gjort kommunevis, og viser ikke variasjon i eksponering innenfor hver kommune. Undersøkelsen legger vekt på å finne ut hvilke kommuner som ligger an til å komme best og dårligst ut – ikke å vurdere om konsekvensene for næringen samlet sett blir positive eller negative. Resultatene fra undersøkelsen er ment å være en første identifisering av ulikheter i sårbarhet og tilpassingsevne, som et utgangspunkt for dialog og nærmere undersøkelser. Selv om undersøkelsen kan være gjenstand for diskusjon er det likevel verdt å legge merke til at resultatene gir et noe annet bilde enn studiet av vekstsesong i Skaugen og Tveito (2004). Mens sistnevnte studie antyder gunstige vekstvilkår for eksempel på deler av vestlandet og deler av Nordland på grunn av lengre vekstsesong, antyder studien til O'Brien m.fl. at deler

av de samme områdene er mer utsatt for forverrede klimaforhold. Dette kan skyldes at det her tas med flere faktorer som nyanserer bildet.

I følge Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning er det ikke gjennomført konsekvensanalyser knyttet til hva klimaendringer vil ha å si for norsk landbruk. De antyder imidlertid at sammenlignet med landbruket i andre land, kan Norge komme styrket ut av en global oppvarming (NILF, 2008).

En utredning om konsekvensene av klimaendringer på jordbruksproduksjon ble imidlertid gjort av det samme instituttet i 1990 på oppdrag for Landbruksdepartementet (NILF, 1990). De la da til grunn prognoser for klimaendringer i 2030. Utredningen dekker virkningene på planteproduksjon, fordelingen av jordbruksareal på klimasoner, på jordtap og tap av plantenæringsstoffer, plantevernmidler og mulige økonomiske konsekvenser av klimaendringer, herunder konsekvensene for behovet for jordbruksareal, arbeidskraft (og øvrige innsatsfaktorer), konkurransevne og i noen grad for geografisk fordeling. Utredningen viser at en kan forvente betydelig avlingsøkning som følge av økt CO₂ konsentrasjon og temperaturøkning og lengre vekstsesong. Økt temperatur og lengre vekstsesong vil variere med vekst og geografisk plassering og være størst i områder med mindre gunstige temperaturforhold. Dette kan gi en avlingsøkning på 15-100 prosent. Størst økning kan ventes for de mest kravfulle eple- og bærsorter. Jorderosjon og tap av næringsstoffer vil isolert sett øke, spesielt utenfor vekstsesongen. Økte avlinger vil redusere behovet for jordbruksareal. Nitrogenomsetningen i jorda vil øke på grunn av temperaturøkningen og sannsynligvis føre til en sterk økning i nitrogenavrenning. Behovet for plantevernmidler vil øke sterkt og antas å være en forutsetning for at avlingsøkningen kan tas ut.

I Stortingsmelding nr 39, "Klimautfordringene – landbruket en del av løsningen" skrives at Norge ligger i den delen av Europa hvor klimaendringene vil kunne gi de største positive mulighetene for landbruket (Landbruks- og matdepartementet, 2009). Det står videre at større arealer kan bli egnet til nydyrking, med størst potensial i Nord-Norge og i fjellbygdene i Sør-Norge. Det vil kunne bli større spillerom for valg av vekster. Grasdyrkingsområder kan utvides og korn vil kunne dyrkes i større deler av Østlandet, indre deler av Vestlandet, Trøndelag og Nord-Norge. Økningen i arealer med høstsådd korn vil kunne fortsette og mer varmekrevende vekster kan bli dyrkbare i sør. Grasproduksjonen vil kunne økes og beitesesongen forlenges. Vekstsesongen for gras kan innen 2050 øke med seks uker i kyststrøk nordpå og indre fjellstrøk på Vestlandet. I indre Finnmark og på deler av Østlandet blir økningen under tre uker.

Mer nedbør vil imidlertid kunne føre til mer kjøreskader og større behov for grøfting av dårlig drenert jord. Mindre snø og is på senvinteren vil redusere risikoen for vinterskader på eng. Erosjonsrisiko kan bli større hvis åkerarealer vokser på bekostning av permanent grasdekke. Større høstkornarealer på bekostning av stubb/fangvekst/grasdekke vil forsterke denne tendensen ytterligere, men endringer i nedbørsmønster vil være avgjørende for hvor sterkt dette slår ut i praksis. Andelen av mulig dyrkningsjord vil øke betraktelig og også komme over dagens skoggrense, selv om dette blir liggende i de minst gunstige klimasonene.

Stortingsmeldingen beskriver også forventede endringer for landbruket med mindre positivt fortegn. Økning i nedbør har allerede medført utfordringer i forhold til økte forekomster av fukt og råteskader på avlinger.

I meldingen legges det til grunn at forventet smittepress må møtes med god beredskap og forebyggende tiltak. Effektiv overvåking, tilsyn, regelverksutvikling og tiltak må baseres på kunnskap og risikoanalyser der klimahensyn vektlegges. Mattilsynet har et særskilt ansvar for plantehelseområdet og må i sterkere grad vektlegge klimatiske forhold i sin virksomhet. Det er viktig å skaffe kunnskap om forventet totalbilde slik at ressursene settes inn der behovet er

størst. Mattilsynet vil i løpet av 2009 gjennomføre en grundig analyse på planter (områdeanalyse) med en gjennomgang av sine aktiviteter på området. En slik analyse vil gi informasjon om hvilke tiltak som bør gjennomføres. For skog vil overvåking blant annet gjennom Landsskogtakseringen i regi av Norsk institutt for skog og landskap være et viktig verktøy for å følge utviklingen.

Utvikling av kunnskapsbaserte scenarier og modeller med henblikk på virkningen ved introduksjon av skadegjørere, samt utvikling av effektiv varslingsteknologi vil være sentrale verktøy for å kunne være beredt til å sette inn nødvendige tiltak tidlig ved et eventuelt utbrudd.

Bruk av friskt plantemateriale av sorter som er motstandsdyktige mot skadegjørere er grunnleggende for å forebygge skader. Regjeringen har blant annet lagt til rette for virksomhet ved Sagaplant AS i Midt-Telemark, som har som oppgave å lage friskt plantemateriale for et nordisk klima.

Eksempel på tilpasningstiltak er utviklingen av VIPS (Varsling Innen Plante Skadegjørere) som er utviklet av Bioforsk og Norsk Landbruksrådgiving (tidligere Landbrukets Forsøksringer). I 2008 omfatter tjenesten beregning av behandlingsbehov mot ugras i vårkorn og høstkorn, informasjon om vanningsbehov samt varsling av hveteaksprikk, byggbrunfleck, grå øyefleck og mjøldogg i korn, storknolla råtesopp i oljevekster, tørråte i potet, potetsikade, salatbladskimmel, bladflekker i kinakål, stor og liten kålflue, kålfly, håret engtege, gulrotflue, epleskurv, eplevikler, rognebærmøll og gråskimmel i jordbær.

CICERO og COWI gjennomførte i 2008 en studie av betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming og er en vurdering av sårbarhet og effekter av klimaendringer (se side 15).

Testboks 1 Betydning for Norden av 2 graders oppvarming, Cicero og Cowi (2008)

Cicero og COWI gjennomførte for Nordisk Ministerråd i 2008 en studie om betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming frem mot 2100 (CICERO, 2008). Studien er kvalitativ og basert på tilgjengelig litteratur. Den er ment å gi en vurdering av sårbarhet og effekter av klimaendringer, samt avdekke eventuelle kunnskapshull. Rapporten dekker en rekke næringer (for eksempel kraft, transport, turisme og fiske) og fenomener (som for eksempel naturulykker) i Norge, Sverige, Danmark, Finland, Island og på Færøyene. I hvert kapittel diskuteres betydningen næringene eller fenomenet har for de nordiske landene, og hvilke effekter klimaforandringene kan få. For studier der resultatene bygger på forutsetningen om temperaturøkningen utover 2 grader, har Cicero (2008) har foretatt en skjønsmessig vurdering av konsekvensene. Dette gjelder for eksempel for studier som bygger på IPCC A2 og B2 scenarier⁴. Rapporten drøfter ikke eventuelle virkninger av tiltak som må settes i verk for å nå målsettingen på 2 grader. Heller ikke indirekte effekter for de nordiske landene som følge av klimaendringer utenfor Norden er vurdert. I hovedsak dreier rapporten seg om virkninger av klimaendringer, og belyser tilpasning i liten grad. Cicero (2008) finner at dersom målsettingen om å begrense den globale temperaturøkningen på 2 grader nåes, er sjansene gode for at de samlede nasjonaløkonomiske og sosiale konsekvensene blir moderate i de nordiske landene. Dette til tross, avgrensede områder og næringer vil kreve en mer markant innsats for å sikre harmonisk tilpasning. Selv i et scenario hvor man lykkes med å begrense økningen i global middeltemperatur til 2 grader, mener Cicero (2008) at det er rimelig å tro at man også vil oppleve en viss økning i hyppigheten av ekstreme værrelaterte situasjoner som storm eller orkan, oversvømmelser, flom, skred og ras. Slike hendelser medfører betydelige materielle kostnader, skader på mennesker og dyr, og tap av liv. Klimaendringer vil derfor skjerpe kravene til planlegging for forebygging og tilpasning på utsatte steder.

⁴ Se mer om IPCC sine scenarier i innledningen.

I Cicero (2008) beskrives at temperaturendringene forventes å forlenge vekstsesongen og øke middeltemperaturen i vekstsesongen, noe som vil medføre større vekstpotensialer og mulighet for innføring av nye sorter. Økt nedbør er forventet i områder der nedbør ikke i dag er en begrensende faktor, som for eksempel på vestkysten av Norge. Samtidig forventes økt nedbør mest på høsten i Norge da det ellers ikke er underskudd på nedbør. En kombinasjon av økte temperaturer om sommeren og mindre nedbør, som er forventet over sørlige deler av Norge, kan føre til tørkeskade. Generelt er det for lite nedbør i Norge i mai, juni og juli i dag. Behovet for vanning kan øke i områder med mindre nedbør og høyere temperaturer (se også Gaasland 2004). Den økte nedbørsmengden i visse deler av Norge kan medføre økt overflateavstrømning og dermed erosjon.

Torvanger m.fl (2004) undersøkte sammenhengen mellom avlinger av poteter, bygg, havre og hvete, og temperatur (vekstdøgn) og nedbør fra 1958 til 2001 på fylkesnivå. De brukte en bio-fysisk statistisk modell. De fant at i bare 18 prosent av tilfellene (avlingstype og fylke) er det en positiv signifikant effekt av økt temperatur på avlingene. I 3 prosent av tilfellene er det en negativ signifikant effekt. Den positive effekten er størst for poteter. Sammenhengen er sterkest i Nord-Norge, der temperaturen sannsynligvis er en viktigere begrensning på avlingene enn i andre regioner. Effekten av mer nedbør er negativ i 20 prosent av tilfellene, noe som kan komme av overskudd av vann i jordsmonnet eller redusert solinnstråling knyttet til mer skydekke. Den negative effekten er sterkest i Vest- og Midt-Norge og for Nordland. På den annen side viste 5 prosent av tilfellene en positiv signifikant effekt, og da på Østlandet. Prediksjoner basert på RegClim scenariet for år 2040 indikerer at potetavlingene kan stige med 25-30 prosent, med størst økning i Nord-Norge.

Gaasland (2004) brukte samme klimascenario som Torvanger m.fl., koblet mot en avlingsmodell og beregnet en 14 prosent økning i hveteavlingene i de mest produktive jordbruksområdene i Sør-Øst Norge. Avlingene av gress til fôr og poteter økte også.

2.1.3 Oppsummering

Klimaendringer vil antakelig føre til størst forandringer i vekstsesongen på vestlandet, i Nordland og i de nordlige delene av landet. Oslo, Trondheimsområdene og indre deler av Finnmarksvidda vil få minst endring. Lengre vekstsesong antas å bidra til bedre vekstvilkår, større avlinger og at større arealer kan bli egnet til nydyrking, og med større spillerom for valg av vekster. Det bør likevel tas i betraktning at andre faktorer som for eksempel at behovet for vanning kan øke i områder med mindre nedbør og høyere temperaturer, at mer nedbør i andre perioder kan medføre økt overflateavstrømning og dermed erosjon og at nitrogenomsetningen i jorda kan øke. Næringen er selv opptatt av at økningen i fukt og råte samt utviklingen av nye typer plantesykdom må følges nøye under endrede klimaforhold.

2.2 Skogbruk

2.2.1 Innledning

Til sammen er noe over en 1/3 (120 000 kvadratkilometer eller 12 millioner hektar) av landarealet i Norge dekket av skog i en eller annen form (**Error! Reference source not found.**). De totale skogsområdene i Europa er på ca 175 millioner hektar (UN-ECE/FAO, 2000). Imidlertid er det bare i de nordlige deler av Europa, som Skandinavia og nordvest Russland at skogene fortsatt dominerende i landskapet (Kellomäki m.fl., 2000). Utstrekningen på europeiske skoger er primært begrenset av klima, enten gjennom tilgjengelighet til fuktighet eller gjennom temperatur. Skog i Europa dekker over tre bioklimatiske soner; fra halvtørt i sør, gjennom temperert i vest- og sentral Europa til kjølig i nord Europa (Kellomäki m.fl., 2000). På en sør-nord gradient betyr dette minkende temperatur og økende fuktighet, med en minkende vannbegrensning og en økende temperaturbegrensning for skoger. På en

vest-øst gradient vil det maritime klimaet skifte til kontinentalt med minkende fuktighet og økende vannbegrensning.

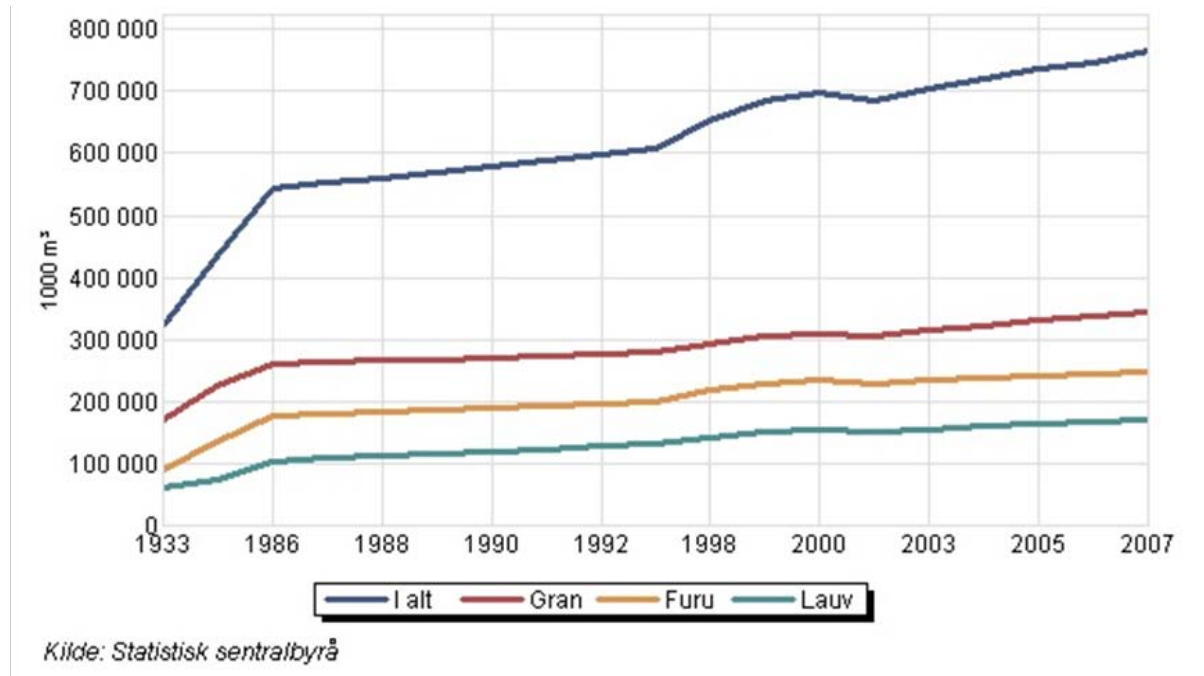
Vel 74 000 kvadratkilometer er produktivt skogareal under barskogsgrensen, om en ser bort fra Finnmark. I tillegg er det 17 100 kvadratkilometer uproduktiv skog og knapt 30 000 kvadratmeter med annen tresatt mark. De produktive skogområdene utgjør altså nesten en fjerdedel av det totale landarealet (Rognstad og Steinset, 2008). Vi deler ofte skogen i ulike typer etter de dominerende treslagene: barskog (gran, furu), nordlig lauvskog (bjørk, osp og flere andre treslag) og edellauvskog (eik, lønn, bøk, lind og flere) (Framstad m.fl., 2006). Som vist i 2-1 står grana nå for nesten halvparten av det stående tømmervolumet (www.ssb.no).

De naturgitte forholdene varierer mye mellom landsdelene. Primærproduksjonen og andre økologiske forhold varierer mye for ulike skogtyper, avhengig av klima, jordsmonn, fuktighetstilgang og kulturpåvirkning (Framstad m.fl., 2006). Skogen i Norge har i århundrer vært en viktig ressurs for mennesker, og skogens økosystemer og arter er sterkt påvirket av menneskers tidligere og nåværende aktiviteter. Mange steder i landet er terrenget bratt og skogen dermed vanskelig tilgjengelig for hogst. Skogeierne regner at over 20 prosent ikke er drivverdig pga dette. I Nordland og Troms har over 60 prosent av den produktive skogen en lav evne til å produsere skog, mens dette tallet er rundt 30 prosent for Øst- og Vestlandet.⁵ Vestlandet og Østlandet har de største delene av den aller beste skogsmarken. I Østlandsfylkene er litt over halvparten av landarealet produktivt skogareal, mens tilsvarende tall for Nord-Norge og Vestlandet er en sjuendedel. Av fylkene er det Hedmark som skiller seg ut ved å ha mest produktivt skogareal med om lag 13 000 kvadratkilometer. Det er dobbelt så mye som Oppland, som følger som nummer to. Finnmark er registrert med det minste produktive skogarealet, men for dette fylket er tallene nokså usikre.

Norge har hatt en stor økning i skogens tømmervolum. Fra 1925 til 1995 økte skogsvolumet mer enn 100 prosent og veksten var særlig stor etter 1970. Den årlege tilveksten har økt fra 10 til 25 millioner kubikkmeter i året i denne perioden (www.ssb.no). Introduksjon av skogholdsmetoder, store investeringer i produksjonen og mindre uttak av tømmer enn økningen i skogvolum er mulige forklaringer. Det er også en mulighet for at veksten delvis skyldes et varmere klima, selv om dette er vanskelig å vise med statistiske metoder. Bryn (2008) peker på at også gjenvekst pga forlatt gårdsdrift er en viktig faktor i gjenveksten. Figur 2-7 viser utviklingen for gran, furu og løvskog over tid.

⁵ Produktivt skogareal: Skogareal som i gjennomsnitt per år kan produsere mer enn 0,1m³ trevirke per dekar ved gunstige bestandsforhold. Stående volum: Det totale volumet av trærne i skogen målt i kubikkmeter uten bark. Årlig tilvekst: Volumet den stående skogen øker med på ett år målt i kubikkmeter

Figur 2-7 Stående kubikkmasse under bark (1000 m³) etter treslag og tid



Kilde; Statistisk sentralbyrå, Statistikkbanken tabell: 06289

Skogbruket og skogindustrien er del av et uskjermet verdensmarked og er prisgitt utviklingen på dette markedet. Prisutviklingen på tømmer sammenlignet med prisutviklingen på varer og tjenester ellers i samfunnet viser at skogeierne over tid har fått mindre og mindre igjen for tømmeret sitt (Rognstad og Steinset, 2008). Skogbruk og skogindustri utgjør ikke mer enn 0,84 prosent av BNP i Norge (www.ssb.no).

2.2.2 Studier om konsekvenser for sektoren

I Framstad m.fl. (2006) beskrives undersøkelser av træs respons på temperaturendringer. Det vises til at det er forskjell på trær med nordlig og sørlig opphav (proveniens). Bjørk av nordlig og kystnært opphav viste begrenset eller negativ vekstrespons på temperaturøkning, mens bjørk fra sørlige fjell viste positiv vekstrespons (se Skre m.fl. 2005). Vekstrytmen hos gran er vist å ha sammenheng med klimaet under frøformering (Johnsen m.fl. 2005a; Johnsen m.fl. 2005b), slik at nye frøplanter viser rask tilpasning til endrete klimaforhold. Veksten hos gran viser komplekse sammenhenger med endringer i sommer- og vinterklimaet (Solberg m.fl. 2002), og vinterklimaets betydning for diameterveksten var ikke like stor i siste halvdel av 1900-tallet som i første. Det er regionale forskjeller i hvilke klimavariabler som er viktigst for veksten hos gran (Andreassen, manuskript); sommernedbøren har størst betydning i lavlandet i Sørøst-Norge, mens sommertemperaturen er viktigst i resten av landet. Også veksten hos furu viser ulikheter i responsen på klimaendringer, med sterkere respons langs kysten enn i innlandet og med sterkere effekt av sommertemperaturen i vest og nedbøren i øst (Linderholm m.fl. 2003). Framstad m.fl. skriver videre at klimaendringer ikke bare påvirker utviklingen hos enkeltarter og artssammensetningen, men hele økosystemer. Felteksperimentet CLIMEX har vist at økning av temperaturen og mengden CO₂ i lufta ga en rekke effekter på det lokale skogøkosystemet (van Breemen m.fl. 1998; Wright 1998). Trær, røsslyng og blåbær blomstret tidligere og vokste bedre ved en forlenget vekstsesong og høyere temperatur. Hastigheten på

ulike jordprosesser økte, bl.a. ble organisk materiale i jorda brutt raskere ned, og mengden tilgjengelig nitrogen økte. Dette eksperimentet foregikk bare i 3 år slik at disse effektene kan være en kortvarig respons på endringene.

Fronzek og Carter (2007) la til grunn ulike IPCC SRES scenarioer og estimerte innvirkning av klimaendringer på vekstsesong og potensial for biomasse i Europa. De fant at man kan forvente en forlengelse av vekstsesongen med mellom 3 og 12 uker i Nord-Europa (det var ikke spesifisert for Norge). Generelt viste A2 scenarioene lengre vekstsesong enn B2 scenarioene. Når det gjelder modelleringene av netto primær produktivitet (NPP) viste sammenligninger av perioden 2071-2100 med 1961-1990 at vi kan forvente mellom 20 og 40prosent økning i NPP (målt i g DM m⁻² a⁻¹) i Sør- og Midt-Norge, og over 40prosent økning i Nord-Norge. Igjen viste B2 scenarioene minst økning sammenlignet med A2.

I en ekspertvurdering av klimaendringer på skog i Norge baserer Brække (2000) seg på temperaturøkning på ca 2°C om sommeren, og 3-4°C om vinteren, og en høyere økning i innland sammenlignet med kystsoner, økning i nedbør på 5-15prosent, og en økning i jordfuktighet om vinteren og nedgang om sommeren, økning i vindhastighet, med oftere innslag av stormepisoder. I følge Brække er de totale effektene av klimaforandringer de neste 50 år vanskelige å anslå på grunn av de mange positive og negative elementer. Våre skoger har imidlertid god genetisk variasjon, noe som gjør at vi har en god basis for naturlig seleksjon. Dette gjør sannsynligheten for økologisk kollaps liten. Arter som trenger varme sommere vil ekspandere på bekostning av norsk gran, mens furu vil kunne bli mer konkurransedyktig. Fjellskog vil respondere mye med økt vekst og reproduksjon. De produktive skogområdene vil øke betraktelig, kanskje med mer enn 30prosent. Brække anslår at høyere temperaturer i vekstsesongen vil føre til en bevegelse av dagens geografiske utbredelse av skoger mot nord eller nordvest. Den boreonemorale sone vil enten delvis eller fullt ut gå over til en nemoral sone, dominert av løvarter. Dette vil inkludere lavlandet i Sør- og Midt-Norge og kystområder i Midt-Norge. Dagens sørlige boreale sone vil konverteres til en boreonemoral skogssone med en større miks av løvtrær og konglebærende trær. Det er sannsynlig at gran vil bli presset fra sørvest mot nordøst. Den faktiske forandringen i artssammensetning vil avhenge av fremtidig skogbruksstrategi. Tregrensen kan flyttes 200 m vertikalt, men mindre vest for fjellkjedene og mer på østsiden. Myrområder kan bli produktive skoger igjen. Det vil bli mindre snødekke i den nåværende nemorale og boreonemorale sone med "grønne vintere" og mer avrenning om vinteren. Dette vil føre til mindre vann i jorda om våren, noe som kan øke hyppigheten av tidlig sommertørke. Dette kan bli et problem, spesielt i sørøst på steder med grunn jord, og mer generelt for arter med grunne røtter, som for eksempel norsk gran. Hyppigere stormepisoder kan ødelegge skogene, både direkte (stormfelling av trær) og indirekte (effekt på rotsystem som øker mottakeligheten for insekter og sykdommer). Høyere vintertemperaturer kan øke tine/fryse episoder. Dette kan skade røtter, knopper, bladverk, etc. Økte CO₂ konsentrasjoner vil generelt øke primærproduksjonen, selv om dette også avhenger av andre vekstfaktorer, som næringsstoffer (for eksempel nitrogen) eller tilgang på vann. Dette betyr at økte nivåer av CO₂ ikke vil være fullt ut effektivt og at skogene ikke vil oppnå deres fulle vekstpotensial. Varme sommere antas å gi økt blomstring og bedre frøkvalitet. Dette vil være en fordel for naturlig regenerasjon, mens det motsatte vil være tilfelle for tømmerproduksjon. I følge Brække har klimaet variert betraktelig i Norge i tidligere tider. For eksempel kan temperaturen de neste 40-50 år forventes å bli tilsvarende det den var fra 6000 til 2600 fkr. En temperaturforandring til et varmere klima er derfor i seg selv sannsynligvis ikke en trussel mot skogene. Det som derimot er en trussel er hastigheten på forandringene. Trær lever lenge og kan ikke på en enkel måte tilpasse seg varige forandringer utenfor et visst nivå dersom dette skjer over perioder mye kortere enn deres normale livstid. Kellomäki m.fl. (2000) nevner at den lange tidshorizonten for skogbruk, med en rotasjonstid på 40-160 år avhengig av treslag og region,

betyr at klimaforandringer vil inntreffe i livsløpet til eksisterende treslag. Hastigheten på endringene kan derfor overgå migrasjonshastigheten til de fleste treslag. Målinger viser at det allerede har vært forandringer på den nordlige halvkule på rundt 1°C de siste 100 år, noe som Brække (2000) mener ikke har vært kritisk for skogene. Imidlertid kan en 2-3 ganger så stor forandring de neste 50 år være utenfor kritiske biologiske grenser.

Direktoratet for Naturforvaltning satte i 2005 i gang et prosjekt for å oppsummere kunnskapen om de økologiske konsekvensene klimaendringer i Norge forventes og ha, deriblant på skog (Framstad m.fl., 2006). Framstad m.fl. forventer en økning i gjennomsnittstemperatur i Norge på 2,5-4,0 grader og økt nedbør i hele landet, spesielt vinter og høst på Vestlandet. De antatte endringene i temperatur og fuktighet vil generelt føre til høyere planteproduksjon og til raskere omsetning av næringsstoffer i skogsjorda. Dette vil gi grunnlag for større produksjon, mer stående biomasse og økt omsetningshastighet i skogøkosystemene. Økt temperatur og lengre vekstsesong vil i hovedsak gi økt volumvekst av trær. Økt vintertemperatur vil imidlertid få negativ innvirkning på veksten, noe som til dels kan bli kompensert ved økt sommertemperatur, men høye sommertemperaturer kan også redusere tilveksten pga. mer hyppige tørrperioder. Effektene vil variere mellom ulike deler av landet (nord-sør, kyst-innland) og vil avhenge av komplekse effekter av endringer i sommertemperatur, vintertemperatur og fuktighet. Skogstrærne har en genetisk fleksibilitet som gir en buffer ved klimaendringer, men effektene må forventes å være forskjellige for ulike deler av landet. Klimaendringene vil trolig føre til at skogarealet vil øke, men dette er en nokså kompleks prosess der endringer i arealbruk og kulturpåvirkning trolig vil være en viktigere faktor enn klimaet på kort sikt. Også effekter av naturlig beite vil være av avgjørende betydning for utviklingen av skog og vegetasjonen i skog (f.eks. Tømmervik m.fl. 2004). Klimaendringene vil medføre en rekke endringer i skogøkosystemene, både knyttet til økologiske prosesser og forekomsten av planter og dyr. Bortsett fra at varmekrevende arter trolig vil øke i mengde og utbredelse, mener Framstad m.fl. (2006) at det neppe er grunnlag for å tro at klimaendringene vil skape fundamentale endringer i skogøkosystemene. Unntaket kan være spesielle økosystemer med liten utbredelse og arter som er spesielt tilknyttet slike systemer. Vår øvrige forvaltning av skogen vil nok ha størst betydning på kort sikt. De skriver det er et åpent spørsmål om dagens skogforvaltning er robust i forhold til framtidens klimaendringer og om den fører til en skog med egenskaper som gir gode nok muligheter for arter og økosystemer til å tilpasse seg disse klimaendringene.

Zheng m.fl. (2002) simulerte en økning i NPP på 49prosent for norsk gran i Sørøst Norge ved en temperaturøkning på 4 °C og en dobling av CO₂. De legger til at alle simuleringer de gjorde med økning av CO₂ øker biomasseproduksjonen, i det minste på kort sikt, men at akklimatisering til økte CO₂ konsentrasjoner har blitt funnet i studier (Medlyn m.fl. 1999, og Skre og Nes, 1996) og at langtids biomasseøkning som et resultat av økte konsentrasjoner er gjenstand for diskusjon. Deres modell inkluderte ikke slike akklimatiseringsmekanismer.

I et fagnotat ved O. Janne Kjønnaas (2009) om endringer av karbon i skogsjord trekkes det frem at klimaendring vil kunne medføre endringer både i tilførsel og nedbrytning av organisk material i jord. Det skrives at følsomheten for temperaturendringer er regnet å være større for nedbrytning enn for tilveksten (Ågren m.fl., 1996), hvilket medfører at skogøkosystem potensielt kan endres fra å være en netto "konsument" til å bli en netto produsent av CO₂ ved en global oppvarming (Grace, 2005). I alt 7 av 8 globale eller lokale modellberegninger har antydnet en nedgang i jordas karbonlager ved endret klima (Lal, 2005). Det er imidlertid ingen konsensus med hensyn til eksisterende modellens egnethet for å estimere endringer i jordas karbonlager ved klimaendring (Davidson and Janssens, 2006). Dette skyldes delvis at de fleste modeller forutsetter at nedbrytning av ulike typer organisk materiale har lik sensitivitet i forhold til temperatur, noe som ikke er tilfelle (ibid.).

I en rapport fra Norsk institutt for skog og landskap (Solberg og Dalen, 2007) undersøkes effekter av klimaendring på skogens helsetilstand. Rapporten oppsummeres med at med mer CO₂ i atmosfæren, høyere temperatur og mer nedbør skulle de forespeilte klimaendringene tilsynelatende føre til gode vekstforhold for de norske skoger (se Solberg 2007). Det er imidlertid sannsynlig at vi i framtiden vil oppleve mer skogskader, i form av økt vinter- og vårfrost, mer sommertørke, mer stormfelling og en økning i soppsykdommer og insektangrep. I forhold til sommertørke vil det være sannsynlig at økt frekvens av skogbrann vil finne sted men det er ikke gjort noen studier av dette i Norge. Imidlertid har vi hatt større skogbranner både på Øst- og Sørlandet de siste fem årene og det er fra skogbruksnæringside varslet om at økt tørke bør følges opp av bedret skogbrann beredskap slik som merking av tilgjengelig vann i skogsområder. Økland m.fl. (2007) peker videre på at hyppigere stormer og tørkeperioder vil kunne gi hyppigere og kortere barkebillettbrudd. Varmere sommere kan føre til at vi får to barkebillegenerasjoner per sommer i stedet for én, og dermed to perioder der billene angriper skog. Stormer som fører til trefall koblet mot tørkeperioder må også settes i sammenheng med mulig økning av skadepotesialet skogbrannet kan få.

2.2.3 Oppsummering

Forlengelse av vekstsesongen vil sannsynligvis øke vekst og produksjon i skog, slik at de produktive skogområdene antas å øke. Arter som trenger varme sommere vil ekspandere. Økte CO₂ konsentrasjoner vil generelt også øke primærproduksjonen, selv om dette også avhenger av andre vekstfaktorer, som næringsstoffer (for eksempel nitrogen) eller tilgang på vann. Det finnes studier som antyder akklimatisering til forhøyede konsentrasjoner slik at de langsiktige konsekvensene kan være usikre. God genetisk variasjon gjør at det er en god basis for naturlig seleksjon, noe som øker sannsynligheten for at økologisk kollaps er liten. Det er neppe grunnlag for å tro at klimaendringene vil skape fundamentale endringer i skogøkosystemene. Studier tyder samtidig på at det kan forventes mer skogskader, sommertørke, stormsfelling, økning i soppsykdommer og insektsangrep som for eksempel barkebilleangrep.

2.3 Fiskeri og fiskeoppdrett

2.3.1 Innledning

I det som følger skal vi først gi en kort omtale av henholdsvis fiskeri og fiskeoppdrett i betydningen produksjon, verdi og sysselsetting, samt en gjennomgang av hvordan klimaet har påvirket de to næringene fram til i dag. Videre følger en presentasjon av forskning som er relevant for klimaendringer og effekter på fiskeri og fiskeoppdrett. Fiskeri omfatter her fiske både i sjø og ferskvann, mens fiskeoppdrett gjelder oppdrett av laksefisk samt oppdrett av marine fiskearter som torsk og kveite.

Naturgitte forutsetninger gjør Norge til en viktig fiskerinasjon. I følge offisiell fangststatistikk var den gjennomsnittlige årlige fangsten i årene 1996-2006 på 2,62 mill. tonn levende vekt, eller ¼ av all registrert fiskefangst i Europa utenom Russland.⁶ Diagrammet under viser den sterke variasjonen i norske fiskefangster og reduksjonen i antall fiskere og fiskefartøy fra midten av forrige århundre og fram til i dag.⁷

⁶ Kilde: Eurostat.

⁷ Kilde: Statistisk sentralbyrå.

Figur 2-8 Utvikling i antall fiskebåter, antall fiskere og fiskerimengde (SSB)



Klimaet virker inn på bestandsstørrelsene og er dermed en del av forklaringen på svingningene i fangstene. Det er særlig de store havstrømmene og den atmosfæriske sirkulasjonen som bestemmer klimaet i våre havområder. Av størst betydning er mengden atlantehavsvann som strømmer inn, men også vindhastighet, vindretning, lufttemperatur og skydekke er viktige faktorer (Havforskningsinstituttet 2006). Vitenskapen har store problemer med å kvantifisere forholdet mellom bestands- og klimavariasjoner, ettersom det dreier seg om ekstremt komplekse prosesser. Et komplekst samspill mellom havfysikk, havkjemi og marine organismer på ulike trofiske nivå åpner for et vell av mulige årsakssammenhenger, selv i tilfeller der det er signifikant korrelasjon mellom f.eks sjøtemperatur og fiskebestand (Sundby 2006). I tillegg til klimatiske og biologiske forklaringer på bestandsvariasjoner er beskatning og trolig forurensning faktorer som har spilt en rolle i nyere historie (Ottersen 2007).

Trass i stor kompleksitet og usikkerhet, er det påvist en rekke mekanismer der klimaet påvirker produksjon og utbredelse av økonomisk viktige fiskeslag. Loeng og Drinkwater (2007) gir i siste del av sin oversiktsartikkel om økosystemene i Barentshavet og Norskehavet en innføring i økosystemrespons på klimavariabilitet. Her vises det til mange forskningsarbeider som belyser hvordan historiske klimavariasjoner har påvirket vilkårene for fisken – og dermed fiskeriene – på ulike måter. Det er således grundig belegg for at det er en sammenheng mellom god rekruttering av den norsk-arktiske torskestammen i det sørlige Barentshavet og sjøtemperaturer over gjennomsnittet. Tilsvarende sammenhenger kan påvises også sørover langs kysten: Sundby m. fl. (2008) viser hvordan klimasvingninger over flere tiår har påvirket gyteintensiteten hos norsk-arktisk torsk på ulike gytefelt langs kysten fra Hordaland til Finnmark.

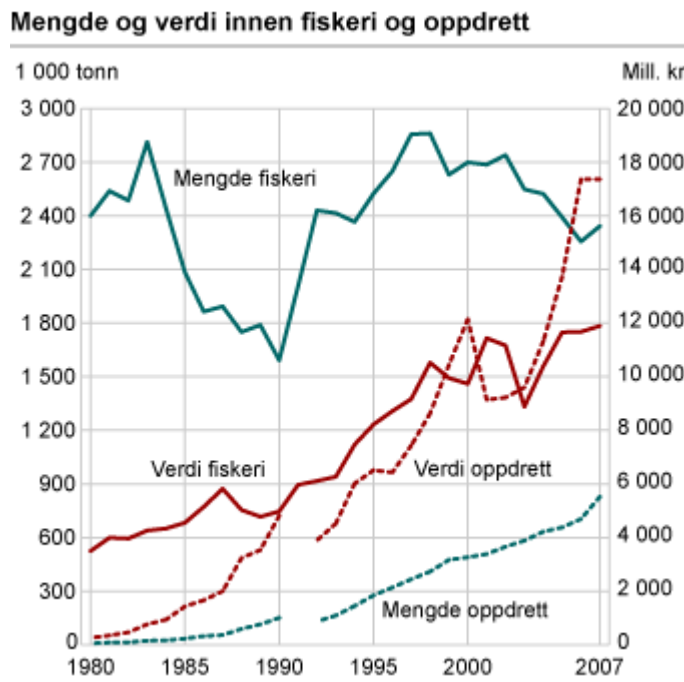
Det er sammenheng mellom varme forhold i Barentshavet og en positiv NAO-fase⁸, og det har blitt vist til koplinger mellom NAO og rekruttering av torsk. NAO-relaterte klimamønster

⁸ Nord-atlantisk oscillasjon (NAO), se forklaring på http://nn.wikipedia.org/wiki/Den_Nord-Atlantiske_Oscillasjonen.

har også følger for den gjensidige påvirkningen mellom bytte og rovfisk. Slike interaksjoner er bl.a omtalt av Hjermand m. fl. (2004) når det gjelder norsk vårgytende sild, lodde og torsk i Barentshavet.

Fiskeoppdrett har i løpet av ca 30 år utviklet seg til å bli en av Norges største næringer, med en produksjon i 2007 på 828.000 tonn oppdrettsfisk (8 prosent av dette er laks) til en førstehåndsverdi på 17,4 milliarder kroner. Verdien av oppdrett har dermed passert det konvensjonelle fisket, jf. diagrammet under.

Figur 2-9 Mengde og verdi innen fiskeri og oppdrett (SSB)



Settefiskproduksjon foregår i landbaserte anlegg. Disse er avhengige av rikelig tilgang på ferskvann av høy og jevn kvalitet. Klimaparametre som påvirker ferskvannstilførselen og vannkvaliteten til det enkelte settefiskanlegg er viktige i så måte. Tørkeperioder som gir vannmangel og intens nedbør som gir brå endringer i den kjemiske sammensetningen av vannet, er begge utfordringer for mange settefiskanlegg i dag. For matfiskoppdrett (sjøfasen etter utsetting av smolt) er sjøtemperaturen den klimaparameteren som klart påvirker tilvekst og lønnsomhet. Som kaldblodige dyr er fisk særlig følsomme for temperaturforandringer og stoffskiftet svinger i takt med temperaturen. Er vannet for kaldt eller varmt blir tilveksten vesentlig dårligere enn ved optimal temperatur. Oksygenmetning i vannet er temperaturavhengig og avtar ved høyere temperaturer. Høy temperatur og dårlig tilgang på oksygen svekker motstandskrafta til fisken, som blir mer mottakelig for sykdomsangrep. Laks dør når sjøtemperaturen kommer over ca 20 °C. Til forskjell fra villfisk er oppdrettsfisken prisgitt forholdene på oppdrettslokaliteten og kan ikke vandre til områder med gunstigere temperatur. I praksis er det i lengre varmeperioder på seinsommeren at ikke bare overflatevannet, men hele vannsøylen ned til bunnen av oppdrettsmerdene kan bli så oppvarmet at det fører til stress, økt dødelighet og i verste fall at hele besetningen kollapser.

2.3.2 Studier om konsekvenser for sektoren

FNs klimapanelers fjerde hovedrapport (AR4), arbeidsgruppe II (Impacts, adaptation and vulnerability) omtaler fiskeri og akvakultur i kapittel 5.4 "Key future impacts, vulnerabilities and their spatial distribution". IPCC slår fast at vi for akvatiske systemer fremdeles mangler den typen eksperimentelle data og modeller som brukes for å forutsi jordbruksavlinger under ulike klimascenarioer. Derfor er det ikke mulig å framstille kvantitative prediksjoner slik en kan for andre sektorer. Konklusjonene fra tredje hovedrapport (TAR) er fremdeles gyldige. I avsnitt 5.4.6.1 står det (vår oversettelse):

Den overordnede konklusjonen når det gjelder akvakultur og fiskerier som ble framsatt i TAR er fremdeles gyldige og viktige. De negative virkningene av klimaendring som ble identifisert i TAR, særlig for akvakultur og ferskvannsfiske, inkluderer (i) stress pga økt temperatur og oksygenbehov og økt surhet (lavere pH); (ii) usikker framtidig vannforsyning; (iii) ekstreme værbegivenheter; (iv) økt frekvens av sykdomsutbrudd og forgiftninger; (v) havnivåøkning og interessekonflikter med beskyttelse av kystsoner [coastal defence needs]; og (vi) usikker framtidig tilgang på fiskemel og -olje. Positive effekter omfatter økt vekstrate og omsetningseffektivitet [food conversion efficiencies], lengre vekstsesong, utvidelse av rekkevidde/variasjonsbredde (?) [range expansion] og bruk av nye områder på grunn av redusert isdekke

Når det gjelder vitenskapelige funn av nyere dato, skriver IPCC at endringer i primærproduksjon og overføring gjennom næringskjeden på grunn av klima, vil ha viktig innvirkning på fiskerier. Slike endringer kan være enten positive eller negative og den samlede virkningen på globalt nivå er ukjent. Videre sies det at det kan være grunn til bekymring for at akvatiske produksjon, inkludert fiskerier, vil bli rammet av regional og muligens global tilbakegang, og at denne prosessen alt er i gang. Spredning av sykdomsframkallende organismer fra varme havområder mot polene ventes å fortsette etter hvert som vintertemperaturene øker. Ingen av studiene som omtales i AR4 om økonomiske effekter av klimaendringer på fiskeri og akvakultur, har relevans til norske forhold.

Marint fiske har vært hovedfokus for den forskningen som hittil har vært utført om klimaendringer og effekter på fisk. Norges forskningsråd har, hovedsaklig under programmet NORKLIMA, finansiert en rekke forskningsprosjekter som fra ulike vinkler skal kaste lys over klimaendringer og havøkologi/fiskerier. Tabellen under gir en oversikt over disse prosjektene.

Tabell 2-1 Utvalgte NORKLIMA prosjekter

Prosjektnavn	Periode	Prosjektleder	Omtale	Sentrale publikasjoner
ECOBE - Effects of Atlantic Climate Variability on the Barents Sea Ecosystem (NFR-NORKLIMA)	2002-2007	Svein Sundby, Havforskningsinstituttet	Har utviklet et fullstendig koblet fysisk-biologisk modellapparat som vil få stor anvendelse i Havforskningsinstituttets videre forskning, spesielt når det gjelder rekrutteringsmekanismer.	(Toresen and Østvedt 2000; Drinkwater 2006; Loeng and Drinkwater 2007; Sundby and Nakken 2008)

CICERO Report 2009:04
**Konsekvenser av klimaendringer,
tilpasning og sårbarhet i Norge**

MACESIZ - Marine Climate and Ecosystems in the Seasonal Ice Zone (NFR-NORKLIMA)	2002-2007	Ola M. Johannessen, Nansen Senter for Fjernmåling		
Economic Impact of Climate Change on Norway's Fisheries	2003-2006	Rögnvaldur Hannesson, Samfunns- og næringslivsforskning AS		Stenevik og Sundby (2007)
CLIMAR – Climate And Production Of Marine Resources (NFR-NORKLIMA)	2003-2007	Webjørn Melle, Havforskningsinstituttet	Prosjektet påviste økologiske koblinger fra klima til sild via hydrografi, primærproduksjon og sekundærproduksjon. Økosystemet i Norskehavet ble definert som et system styrt fra bunnen og opp. Pga. forsinkelser i systemet kan koblingene brukes i framskrivning av både silda sin kondisjon og dyreplanktonbiomassen i Norskehavet. Det ble etablert en raudåtemodell som nå brukes i simuleringer for å studere adferd, tilpasninger og effekter av miljø og predasjon på bestanden av raudåte. Simuleringene har blant annet vist at plankton som lever i store, romlig variable økosystemer, generelt skal ha robuste strategier, og tåle økte klimaendringer og -variasjon.	(Olsen m.fl. 2007; Melle m.fl. in prep.; Broms m.fl. in press)
NESSAS - Norwegian Component of the Ecosystem Studies of Sub-Arctic Seas (NFR-NORKLIMA)	2005-2009	Kenneth Drinkwater, Havforskningsinstituttet	Overordnet mål å kvantifisere effekten klimavariabilitet har på struktur og funksjon til det marine økosystemet i Barentshavet, med sikte på å predikere økosystemresponsen på framtidige klimaendringer og mulige økonomiske følger av denne. Omfatter modifisering av modeller utviklet i tidligere prosjekter. Vil analysere effekten ventede bestandsendringer under ulike klimascenarier vil ha på den økonomiske verdien av fiskerier, flåtestruktur og fiskeforedling. Komparasjon med andre subarktiske havområder.	Loeng og Drinkwater (2007)
NESSAR - Ecosystem Studies of Subarctic and Arctic Regions (NFR-IPY)	2007-2008	Kenneth Drinkwater, Havforskningsinstituttet	Samme målsetting som NESSAS, men med fokus på den arktiske fronten i Barentshavet og Norskehavet. Del av det internasjonale polaråret (IPY)	
FishExChange - Expected Change in Fisheries in the Barents Sea (NFR-NORKLIMA)	2007-2010	Jan Erik Stiansen, Havforskningsinstituttet	Studerer hvordan klimaendringer vil påvirke fiskebestander og økonomiske interesser knyttet til disse. Endret utbredelse av fisk vil påvirke fiske gjennom endringer i tilgjengelige fiskeområder, endret fangst pga bestandsproduksjon og indirekte gjennom endringer i kvoter pga endret	Johansen m.fl. (in press) Stiansen og Filin (red.) (2008)

CICERO Report 2009:04
**Konsekvenser av klimaendringer,
tilpasning og sårbarhet i Norge**

			nasjonal andel av bestander. Delmål: Framstille best mulig klimascenarier som grunnlag for kart over fordeling av økonomisk viktige fiskebestander (pr. aldersgruppe) ved ulike klimascenarier, framstille kart over årlige sesongutbredelse av fiskeriene, og å vurdere samfunnsøkonomiske konsekvenser for framtida.	Stiansen (2008)
NorExChange-Effekter av fremtidig klimaendring på utbredelse av pelagiske bestander i de Nordiske hav	2008-2010	Jan Erik Stiansen, Havforskningsinstituttet	Dette prosjektet er en nordisk komponent av FishExChange. Studerer effekten av fremtidig klimaendring på fordeling, vekst og vandring på de pelagiske bestandene (sild, makrell, kolmule og sei) i det atlantiske domene av Norskehavet.	Ingen publikasjoner ennå

I tillegg til forskningsaktiviteten innenfor områder som marinøkologi og oseanografi, pågår det økonomisk og samfunnsvitenskapelig forskning som tar for seg fiskeriøkonomiske konsekvenser av klimaendringer og sårbarhet for og tilpasninger til klimaendringer i fiskeriavhengige kystsamfunn. Dette er forskning som ikke er inkludert i tabellen over.

Vår kunnskap om hvordan framtidige klimaendringer kan komme til å påvirke fiskeriene, bygger på forskning omkring fiskebestandenes og havøkosystemenes respons på historiske klimavariasjoner. Den litteraturen som er omtalt innledningsvis er dermed relevant som utgangspunkt når en skal kartlegge fiskerinæringens sårbarhet for klimaendringer og mulige tilpasningsstrategier. Det er likevel enkelte arbeider som peker seg ut som særlig målrettede i forhold til klimaendringer og marint fiske.

"Impacts of climate change on commercial fish stocks in Norwegian waters" (Stenevik and Sundby 2007) er en studie av hvilke følger klimaendringer kan få for kommersielle fiskebestander i norske farvann. Forfatterne konsentrerer seg særlig om klimaeffektene på *produktiviteten og utbredelsen* av viktige fiskebestander, ut fra den vurderingen at det er disse faktorene som mest sannsynlig vil få følger for norske fiskeriinteresser. Et scenario med høy NAO-indeks, stor tilførsel av atlantehavsvann og temperaturøkning er ventet å ha betydelig effekt på fiskeriene. I Nordsjøen er det sannsynlig at dette vil gi seg utslag i økte forekomster av sørlige arter som ansjos, sardin og tunfisk, mens sild og makrell ventes å få en mer nordlig utbredelse med hovedtyngde i Norskehavet og langs norskekysten. Torsken i Nordsjøen vil tape ytterligere terreng som følge av kombinasjonen økt temperatur og mindre tilgang på raudåte. Overfiske har gjort Nordsjø-torsken ekstra sårbar for klimaendringer, og det har blitt advart mot at torsken kan dø ut i disse farvannene. Selv om den totale tilgangen på fisk i Nordsjøen ikke går ned, kan endret artssammensetning føre til redusert fangstverdi. Det omtalte scenarioet gir økt temperatur i det østlige Norskehavet og langs norskekysten. Her vil makrellen trolig få nordligere utbredelse enn før og makrellstørje ventes å bli tilgjengelig for den norske fiskeflåten. Norsk vårgytende sild og nordøst-arktisk torsk gyter langs norskekysten, og temperaturøkning vil trolig gi bedre rekruttering av disse økonomisk viktige fiskeslagene. Økt tilførsel av atlantehavsvann vil gi høyere sjøtemperatur i sørlige og østlige deler av Barentshavet. Det vil sannsynligvis føre til en mer nordøstlig utbredelse av både lodde og torsk, noe som kan redusere tida disse artene oppholder seg i norsk økonomisk sone. Dersom sterk innstrømming skjer om våren, vil det øke transporten av raudåte. Både sild, lodde og torsk vil dermed få bedre betingelser i sine oppvekstområder i Barentshavet. Framtidig sjøisutbredelse vil påvirke hvor stor andel av torskestammen som befinner seg i

norsk eller russisk sone, men økt total produksjon vil trolig kompensere for eventuell redusert norsk andel av den nordøst-arktiske torsken.

Arctic Climate Impact Assessment omtaler mulige effekter av klimaendringer på fiskebestander i Barentshavet og Norskehavet (ACIA 2005:700). Det refereres til forskning (Sundby 2000) som viser at økende sjøtemperatur fremmer produksjonen av torsk for stammer som lever i områder med en årlig middeltemperatur på 6-7 °C, mens torsk i varmere områder får dårligere rekruttering når temperaturen stiger. ACIA (2005) legger til grunn at gjennomsnittlig årlig rekruttering av torsk og sild i Barentshavet og Norskehavet neppe vil endre seg vesentlig fram mot 2020-2030, forutsatt at fangstene ikke går ut over gytebestanden. Hvordan produksjonen vil endre seg lenger inn i framtida er i følge ACIA umulig å gjette, ettersom projiserte temperaturer – særlig for enkelte av de globale klimamodellene – er så høye at artssammensetningen og dermed interaksjonene i havøkosystemet kan komme til å endres fullstendig.

”Global warming and fish migrations” (Hannesson 2007) diskuterer faren for overbeskatning eller utryddelse av fiskebestander som følge av at de over tid er i bevegelse fra ett lands økonomiske sone (EEZ) til et annet lands økonomiske sone. Studien er teoretisk og gjør bruk av økonomiske modeller; den inneholder ikke forutsetninger om bestemte klimascenarier. Utviklingen til den tenkte fiskebestanden følges over en periode på hundre år under ulike kostnadsscenarioer og forutsetninger om hvordan land vil reagere på observerte endringer i utbredelsen av økonomisk viktige fiskebestander mellom deres økonomiske soner. For bestander med konstant enhetskostnad (unit costs) ved fiske, vil overgangsperioden der bestanden ikke klart tilhører ett av landene være kritisk ifølge Hannesson, fordi ingen av partene opplever at de har en tilstrekkelig stor andel av bestanden.

”The role of governance in community adaptation to climate change” (Keskitalo and Kulyasova 2009) er et samfunnsgeografisk arbeid utført i Umeå og St.Petersburg, som tar for seg lokale aktørers tilpasningskapasitet i forhold til klimaendringer og globalisering. Spørsmålet som stilles er hvor mye av ønsket tilpasning kan skje på lokalt nivå og hvor mye bestemmes av aktører på andre nivå, for eksempel når det oppstår ressurskonflikter. Studien er kvalitativ og bruker casemetodikk med intervju av nøkkelaktører i fiskerinæringa i åtte fiskesamfunn i Finnmark og seks fiskesamfunn i Arkhangelsk fylke i Nordvest-Russland. Studien ser på hvordan ressurser til klimatilpasning på lokalt nivå dels blir styrt gjennom ”multilevel governance”, dvs brede beslutningstaker-nettverk som omfatter både offentlig sektor (på ulike styringsnivå) og privat sektor (både markedet og det sivile samfunn). Et sentralt funn er at tilpasningskapasiteten – ut over den umiddelbare økonomiske tilpasningen på lokalt nivå – i stor grad er politisk styrt av beslutningstaker-nettverk på høyere nivå.

”Socioeconomic consequences of climate change in fisheries: a progress report of ongoing research” (Hovelsrud and West 2008) er et konferansepaper som informerer om pågående forskning ved CICERO om sårbarhet for klimaendringer i nordområdene. Paperet oppsummerer noen betraktninger og utfordringer knyttet til dette arbeidet, bl.a å fange kompleksiteten og sammenhengen mellom klimaendringer og endringer i relevante sosiale, økonomiske og biofysiske faktorer på ulike nivå, å avdekke direkte og indirekte effekter av klimaendringer på fiskeriene i Barentshavet og å knytte informasjon om effekter, sårbarhet og tilpasning på lokalt nivå til riktige beslutningstaker-strukturer på høyere nivå.

Prosjektet NorACIA har en rekke delrapporter under utarbeidelse. Delutredning nr. 4 gjelder samfunnsmessige effekter av klimaendringer (Buanes m.fl. in prep.), mens delutredning nr. 5 tar for seg tilpasning og avbøtende tiltak (Buanes and Riseth in prep.). Fiskeri og havbruk behandles i begge rapportene.

Laksefiske (her forstått som fiske av laks, sjøørret og sjørøye, dvs. laksefisk) har lite volum sammenliknet med fiske av marine arter og oppdrett av laksefisk. I 2007 sto sjøfisket av laksefisk for 438 tonn, mens elvefisket gav en fangst på 415 tonn. Mye av laksefisket er dessuten ikke å regne som næringsfiske. Like fullt er særlig elvefiske en ressurs med stor økonomisk betydning for de lokalsamfunn og grunneiere som berøres, samtidig som laksefisket for mange er viktig rekreasjon og har stor symbolsk verdi.

Klimaendringer vil trolig gi redusert isdekke i norske vassdrag, noe som kan gi økt dødelighet på yngel av laksefisk. Dette går fram av forskning utført ved Norsk institutt for naturforskning (Finstad 2005; Finstad m.fl. 2005; Finstad and Forseth 2006). Vinteroverlevelse av lakseyngel er en avgjørende faktor for laksebestanden i norske elver. Dersom isen forsvinner som følge av mildere vintre, vil det føre til økt forbrenning hos yngel av laksefisk, med redusert overlevelse som resultat. Eksperimenter viser at den negative effekten av isfrie forhold blir større dess lenger nord en kommer, og er sterk fra Trøndelag og nordover. Røye er mer utsatt for dette enn laks, mens ørret påvirkes minst av de tre laksefisk-artene. Forskjellen mellom sørlige og nordlige stammer av samme art er like stor eller større enn forskjellen mellom artene, trolig pga. seleksjon. Selv om dette viser at fisken kan tilpasse seg endringer i isdekke, er det usikkert om klimaendringene vil skje så raskt at laksefisken kan få problemer med å tilpasse seg nye miljøforhold.⁹

Fiskeoppdrett som næring vil kunne profitere på økt sjøtemperatur, men må trolig også oppfattes som sårbart for klimaendringer. Likevel har ikke havforskningsmiljøene gjennomført større forskningsprosjekter finansiert av NFR eller Fiskeridepartementet rundt temaet klimaendringer og konsekvenser for fiskeoppdrett.¹⁰ Et mindre internt prosjekt er utført ved Havforskningsinstituttet under ledelse av Øivind Bergh, som har resultert i en intern rapport vi ikke har hatt tilgang til. Det er en viss mulighet for at NFR vil utlyse forskningsmidler på området i løpet av høsten 2009.

Arctic Climate Impact Assessment har en kort omtale av hvilke følger klimaendringer kan få for norsk fiskeoppdrett (ACIA 2005:708). Mens høyere sjøtemperatur og lengre vekstsesong vil kunne virke positivt på tilvekst, kan det også ha negative effekter ettersom angrep av lakselus og sykdommer kan være temperaturavhengig. Høye sommertemperaturer kan føre til at tyngdepunktet for norsk lakseoppdrett flyttes nordover til områder der det er lite sannsynlig at maksimumstemperaturen kommer over det kritiske nivået for fisken. En eventuell økning i ekstremværhendelser kan forårsake økt rømming av oppdrettsfisk, med produksjonstap og sykdomsspredning som mulige følger, men teknologiske framskritt vil kunne kompensere for økt risiko for stormskade på anlegg. ACIA (2005) peker også på at klimaendringer kan føre til mangel på eller svingninger i markedet for marint protein til oppdrettsfôr, men at forskning vil kunne bringe fram nye typer fôrråstoff.

Det fins to økonomiske studier av temaet med utgangspunkt i Samfunns- og næringslivsforskning A/S og Bjerknæssenteret for klimaforskning. Videre er det skrevet en masteroppgave i samfunnsgeografi ved Universitetet i Oslo som tar for seg klimatilpasning i havbruksnæringen i Flora. Disse gjør vi rede for under.

Lorentzen og Hannesson (2005) studerer i rapporten "Climate change and productivity in the aquaculture industry" produksjonskapasiteten og den potensielle avkastningen til norsk lakse- og ørretoppdrett med og uten sjøtemperaturøkning som følge av klimaendringer. Det antas at lakseoppdrettet kommer til å flyttes nordover både pga. mangel på oppdrettslokaliteter i sør og økt sjøtemperatur som skaper problemer om sommeren. Dersom kyststrekningen Agder-

⁹ <http://www.nina.no/?io=1001384>

¹⁰ Svein Sundby, Havforskningsinstituttet, personlig opplysning.

Hordaland blir uegnet til lakseoppdrett vil dette innebære en tapt årlig produksjon på 240.000 tonn. Full utnyttelse av ledige lokaliteter nord for Stad, kombinert med økt produktivitet pga høyere sjøtemperatur, kan mer enn kompensere for en evt drastisk produksjonsnedgang i Sør-Norge. I en slik situasjon estimerer forfatterne at den framtidige produksjonskapasiteten for norsk oppdrett av laks og ørret blir på ca 2 mill. tonn, med markedsadgang og prisfall som følge av produksjonsøkning som begrensende faktorer. Forfatterne diskuterer ikke tilgang til fôr-råstoff som en mulig begrensende faktor, dvs. at den globale tilgangen på fiskeprotein vil kunne bli påvirket av klimaendringer.

Lorentzen (2008) har i artikkelen "Modeling climate change and the effect on the norwegian salmon farming industry" gjennomført en analyse av hvilken potensiell økonomisk effekt en generell økning i sjøtemperatur kan ha på norsk oppdrett av laksefisk. Dette er gjort i form av økonomisk modellering basert på logistisk vekstfunksjon som integrerer effekt av sjøtemperatur. Hovedfunnene går ut på at en generell sjøtemperaturøkning vil akselerere vekstprosessen og øke produktiviteten i norsk oppdrett av laksefisk. Analyse av effekten temperaturøkning kan ha på optimalt slaktetidspunkt (omløpstid) slaktevekt og økonomi, tyder på at lønnsomheten i oppdrettsnæringen i Nordland vil øke med 25 prosent per grad temperaturøkning, så lenge temperaturøkningen ikke blir over 2,5°C. For Vest-Agder er tilsvarende lønnsomhetsøkning på 12-13 prosent. Framtidsutsiktene for lakseoppdrett sør for Stad virker vesentlig mer positive i dette arbeidet enn hos Lorentzen og Hannesson (2005). I diskusjonen peker Lorentzen (2008) på at "fisheries biologists emphasize that higher temperature will increase the bacterial density in the water and the frequency of algae blooms, and the mortality rate will increase for all age groups". Likevel forutsettes det i analysen at en temperaturøkning på flere grader *ikke* vil påvirke dødeligheten, ettersom modellen opererer med en konstant dødelighetsrate på 0,1 uavhengig av temperatur.

"Vi kan nok møte det, vi må jo kunne møte det!" (Lyngstad 2008) er tittelen på en masteroppgave i samfunnsgeografi ved Universitetet i Oslo, som er en studie av klimatilpasning i Flora kommune. To samfunnssektorer tjener som case: havbruk og kommunal planlegging av infrastruktur for transport. Arbeidet er teoretisk anlagt, der casene drøftes i lys av en omfattende teoretisk litteratur. For fiskeoppdrett omtales ulike strategier i møte med framtidige problemer med økt sjøtemperatur: Flytting av oppdrettet ut fjorden (en prosess som har pågått over tid av andre årsaker), på land (landbaserte anlegg), eller ut på havet. Lukkede anlegg i sjøen er et fjerde alternativ som omtales. Overgang til oppdrett av andre arter (f.eks piggvar) nevnes som alternativ til laks og torsk. Det legges stor vekt på verdien som blir tillagt oppdrettslokaliteten, både symbolsk og i form av velferd ved at den ligger nær bostedet for eier og mannskap på oppdrettsanleggene. Verdier som barriere for tilpasning blir også drøftet.

2.4 Kraftproduksjon

2.4.1 Innledning

I dette kapittelet vil vi se nærmere på studier av sårbarhet, tilpasning og effekter av klimaendringer for norsk kraftproduksjon. De fleste studiene fokuserer på effektene av klimaendringer for hydrologi og vannkraft, snarere enn på sårbarhet, tiltak for å tilpasse endringene eller økonomiske virkninger for Norge. Stasjonært energiforbruk og kraftmarkedet vil bli behandlet i kapittel 2.5, mens infrastrukturen for kraftproduksjon og -overførsel er behandlet i kapittel 2.7.

Over 99 prosent av elektrisitetsproduksjonen i Norge er basert på væravhengig vannkraft. Værvariablene som er av størst betydning for vannkraftproduksjon er nedbør og temperatur, samt breer, snødekke, elver, grunnvann og innsjøer som inngår i det hydrologiske systemet.

Breer og snødekke er spesielt sensitive for endringer i temperatur (Nord, 2007). Høyest produksjon har det så langt vært i vååret 2000 med 143 TWh, mens det i tørråret 1996 kun ble produsert 105 TWh (SSB, 2009b). Forskjellen er som en ser, hele 40 TWh. I 2007 var den totale norske produksjonen på 137,2 TWh. Omsetningen var på vel 140 milliarder og driftsresultatet for norske kraftselskaper var på 25,2 milliarder 1998-kroner (SSB, 2009). Både FNs Klimapanel og norske studier forventer at Norge blir varmere og våtere og at klimaforandringene vil kunne øke potensialet for norsk vannkraftproduksjon. Endringer i årlig tilsig og vannkraft kan få stor økonomisk betydning for de nordiske land (Beldring m.fl., 2006).

2.4.2 Studier om konsekvenser for sektoren

Kraftproduksjon

Vann og vindkraft er de dominerende fornybare energikildene i Europa, hvor 20 prosent av elektrisitetsproduksjonen er basert på vannkraft (IPCC, 2007a). IPCC refererer til studier som viser at gjennomsnittlig årlig vannføring i Europa er estimert å øke med mellom 5 og 15 prosent innen 2020 og mellom 9 og 22 prosent innen 2070 (Alcamo m.fl, 2007) og økningen er størst om vinteren (Christensen og Christensen, 2007). Samlet for Europa vil potensialet for vannkraftproduksjon gå ned 6 prosent, mens i Nord- og Øst-Europa er potensialet beregnet å øke 15 til 30 prosent (Lehner m. fl. 2005). Nord-Europa kan også vente en liten økning i potensialet for vindenergi, spesielt om vinteren (Pryor m. fl. 2005). Generelt i Europa kan potensialet for bioenergi øke, mens potensialet for solkraft vil øke i Sør-Europa. Termisk kraft kan bli negativt påvirket av klimaforandringene på grunn av endringer i tilgang på kjølevann.

Økt overføringskapasitet mellom regioner og land i Europa, samt endret forbruksmønster for eksempel gjennom energieffektivisering og økte kraftpriser er aktuelle tiltak for å redusere sårbarhet og tilpasse klimaendringene i kraftproduksjonen (IPCC, 2007a). Tabell 2 oppsummerer de forventede effektene av klimaforandringer relatert til vann og energi for Nord-Europa, er positive (piler opp) når det gjelder tilgang og kraftproduksjon, men negative (piler ned) som følge av økt risiko for flom og oversvømmelse.

Tabell 2-2 Sammendrag av forventede effekter av klimaforandringer i Nord-Europa, forutsatt ingen tilpasning

	Effekt	Nord Europa
Vannressurser	Flom	↓↓
	Tilgjengelighet	↑↑
	Vannknapphet ("stress")	↑↑
Energi	Energiproduksjon og overføring	↑

Kilde; IPCC (2007a)

Note: Vurderingen har tatt hensyn til a) geografisk grad / mennesker omfattet, b) intensitet eller grad av effekt. Antall piler (en til tre) indikerer den forventede størrelsen på endringen. Pil som peker opp (ned) indikerer positiv (negativ) effekt.

En rekke studier har sett på forventede endringer i hydrologi og vannkraft i nordiske land, herunder Norge. For eksempel har Hydrologisk avdeling i Norges vassdrags og energidirektorat (NVE) og Klimaavdelingen ved Meteorologisk institutt i perioden 1999-2006 gjennomført et forskningsprogram om konsekvenser av klimaendring for vannbalansen i Norge. Oppdragsgiver var Energiforsyningens Fellesorganisasjon (senere Energibedriftenes landsforening, EBL) med tilleggsfinansiering fra Norges forskningsråd. I tillegg har de to organisasjonene lagt inn egeninnsats. Programmet tok sikte på å beskrive langtidsvariabilitet i temperatur, nedbør og avrenning i Norge, tilrettelegging av lange regionale indeksserier som grunnlag for klimavariabilitetsanalyser, utarbeide scenarier for framtidig tilsig, vurdere endringer i hydrologiske ekstremvær som flom og tørke, vurdere fremtidige oppvarmingsbehov og forbedre de hydrologiske modellverktøy. Resultatet av prosjektet er presentert i flere rapporter, som er tilgjengelige på prosjektets hjemmeside¹¹. Felles for disse studiene er at de ventet en økning i gjennomsnittlig tilsig, men med regionale og sesongmessige variasjoner. De fleste av rapportene, samt pågående forskningsprosjekter¹² fokuserer på effekten av klimaendringer på hydrologi og vannkraft fremfor beregninger av økonomiske konsekvenser.¹³ Blant annet har Beldring m.fl (2006) presentert en rekke hydrologiske kart for Norden. Vi vil ikke gjengi detaljene i disse studiene, men presentere mer overordnede forskningsrapporter der disse studiene inngår som en del av grunnlagsmaterialet.

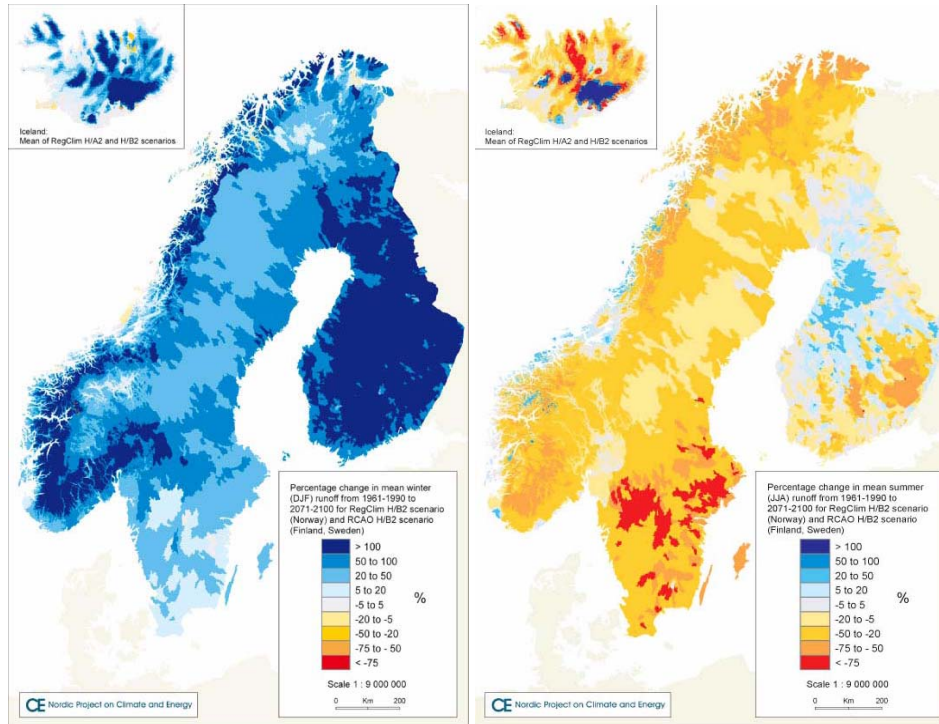
I studien om betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming frem mot 2100 fra 2008 finner Cicero (2008) at klimaendringene vil medføre endringer i nedbør, temperatur og snømengde, som vil endre forholdene i mange vassdrag. Vårflommen kan komme tidligere, vannføringen kan øke i elver som har liten vannføring i dag og avrenningen kan øke om vinteren og høsten som følge av mindre nedbør i form av snø og kortere sesong med snødekke. Det er ventet redusert avrenning sommerstid grunnet mindre nedbør og tidligere snøsmelting i fjellet. Kraftprodusentene vil oppleve en økt og jevnere fordeling av tilsiget til vannkraftmagasinene gjennom året og høyere samlet årsproduksjon, selv om det vil kunne være variasjoner mellom sesonger og regioner. Økningen ventes å være størst om vinteren, med økning på opp mot 100 prosent i enkelte områder (Figur 10).

¹¹ For mer informasjon, se <http://www.nve.no/no/Vann-og-vassdrag/Klimaendringer/Publikasjoner/#1>

¹² For eksempel WATCH (EU VI FP) med fokus på Glomma, CES (Nordisk Energiforskning) prosjekt om klimaendringers effekt på fornybar energi og damsikkerhet, og CELECT (NORKKLIMA) om klimaendringers effekt på tilbud og etterspørsel av vannkraft.

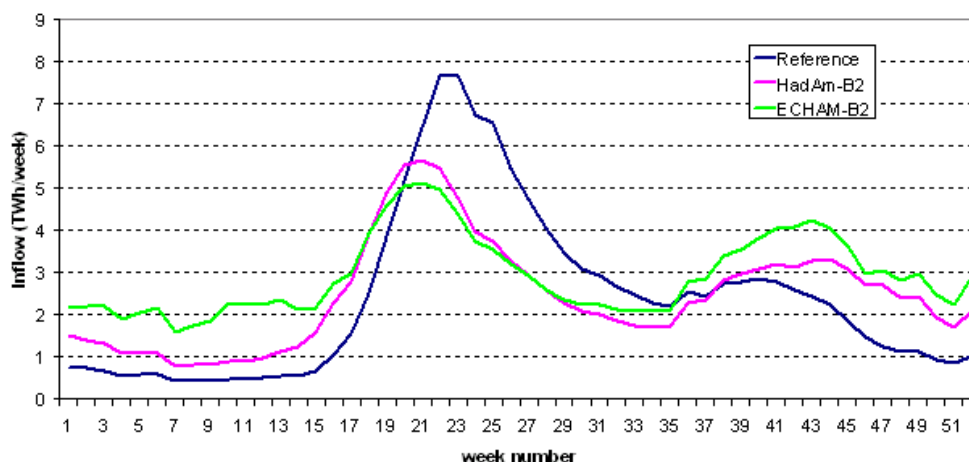
¹³ Hisdal (2009)

Figur 2-10 Til venstre; Endring i avrenning (prosent) fra 1961–1990 til 2071–2100 for vinter (desember, januar, februar). Til høyre; Endring i avrenning (prosent) fra 1961–1990 til 2071–2100 for sommer (juni, juli, august). Begge er basert på B2-scenario. Beldring m.fl (2006) gjengitt i Cicero (2008)



Cicero (2008) refererer til en studie fra Sintef (Mo m. fl. 2006) som viser at det årlige tilsiget og kraftproduksjonen i Nordpool-området vil øke i perioden 2071-2100 sammenlignet med referanseperioden 1961-1991, gitt en uendret produksjonskapasitet. Studien er basert på utslippsscenarioene B2 og klimamodeller fra Hadley-senteret (HadAM) og Max Planck (ECHAM), der den sistnevnte antar en større dominans av vestavind som gir et økt tilsig i vintersesongen. For Norge ventes en økning i tilsiget fra 124 TWh i referanseperioden til 127 TWh (eller 3,3 prosent) i HaAM og 152 TWh (22,7 prosent) i ECHAM. Produksjonen vil øke fra 115 TWh i referanseperioden til henholdsvis 118 TWh (2,3 prosent) og 135 TWh (17,1 prosent). I referanseperioden er tilsiget klart størst om sommeren, men tilsiget vil øke i vintersesongen og synke i sommersesongen for begge modellene sammenlignet med referanseperioden

Figur 2-11 Estimerte tilsig i Norske vannmagasiner. Cicero (2008)



Norsk Energiforskning har sett på klimaforandringer og fornybar energi i Norden. Nordisk Energiforskning er en finansieringsinstitusjon for energiforskning innenfor rammen av det Nordiske Ministerråd, et mellomstatelig organ for Norge, Sverige, Danmark, Finland og Island. Studien (Nord, 2007) er et resultat av et samarbeidsprosjekt med medlemmer fra diverse aktører i de nordiske land¹⁴. Rapporten bygger på de globale utslippsscenarioene IPCC A2 og B2, samt regionale modeller for 2071–2100. Generelt forventes en årlig gjennomsnittlig temperaturøkning på 3 grader, økning i nedbør på 10 prosent og 40 cm høyere havnivå for Norden. Rapporten presenterer en rekke studier om klimamodeller, usikkerhet og de ulike fornybare energikildene herunder vann-, bio-, vind-, og solkraft.

I følge Nord (2007) vil klimaforandringene gi økt nedbør og smelting av isbreer som igjen vil øke tilsiget og potensielt øke produksjonen i norske vannkraftverk. Blant annet er det ventet en økning i tilsig som følge av smelting av breer. På det meste, i midten av århundret, vil tilsiget øke 50-100 prosent. Økningen i tilsiget vil være størst om vinteren og størst i de områder som allerede er mest utviklet med hensyn til vannkraft. Tilsiget vil bli lavere om sommeren og noen områder vil kunne oppleve vannmangel. Økningen i tilsiget vil være større enn økningen i potensiell produksjon, men denne forskjellen kan reduseres ved at systemene er tilpasset det nye klimaet. Den totale økningen i tilsig og kraftproduksjon er usikker og varierer mellom ulike studier.

Når det gjelder vindkraft er resultatene mer beskjedne, ettersom scenarioene ikke viser entydig økning i gjennomsnittlig vindhastighet for de nordiske land. Noen studier finner en økning på 10-15 prosent i de nordiske land, mens andre finner at potensialet går ned (Nord, 2007). Klimaforandringene er heller ikke ventet å øke produksjon av elektrisitet basert på solkraft. Solkraft vil kunne utnyttes bedre som følge av lavere produksjonskostnader for solcellepaneler eller bedre isolerte vinduer, men det er ikke ventet at klimaforandringene vil føre til betydelig økning i Norge. Som vi vil komme tilbake til kan det økte tilsiget øke risikoen for skade på demninger, men i følge Nord (2007) er den generelle konklusjonen at de fleste effektene er positive og ingen av de negative er katastrofale. Teknologisk utvikling innen produksjon, overføring og forbruk, vil bli viktigere og gjøre det mulig å tilpasse seg klimaendringene.

¹⁴ For mer informasjon, se <http://www.nordicenergy.net/section.cfm?id=1-0&path=17,49>

Virkninger av klimaendringer (Cicero, 2001) er en oppsummeringsrapport i etterkant av et seminar i oktober 2000. Formålet med seminaret og rapporten var å belyse hvilke konsekvenser klimaendringene kan få for Norge ved å samle ulike fagfolk til et to-dagers faglig seminar, og hjelpe til å knytte band mellom forskere på tvers av egne faglige sirkler. Rapporten sammenstiller hovedresultater for RegClims første klimascenarioer, samt presentasjoner, gruppearbeid og diskusjoner som fant sted i løpet av seminaret. Blant annet inneholder rapporten resultater fra forskningsprogrammet "Climate Change and Energy Production" som var et samarbeid mellom de hydrologiske tjenestene i Norden og det nordiske vasskraftmiljøet. Målsetningen med programmet var å analysere effektene av framtidige klimaendringer på vannkraftsystemer i Norden. Programmet benyttet scenarioer med oppvarming på 0,3 – 0,45 °C per tiår og en nedbørsøkning på 1–2 prosent per tiår. Hydrologiske modeller ble benyttet til å beregne vannføringsscenarioene. Blant annet finner programmet en økning i avrenning, herunder 20 prosent økning i de våteste områdene (Vestlandet), reduksjon i vårflommene og økning i høst og vinterflommer. Det er ventet en svak økning (2,5 prosent) i totalproduksjonen av vannkraft for Skandinavia over 30 år. Gjennom programmet lærte man også hvor vanskelig det er å estimere endringer i f.eks. totalproduksjonen, grunnet stor usikkerhet i klimascenarioene og i modellene. Det presiseres at historisk informasjon om de hydrologiske systemene er ikke nødvendigvis representative for framtiden.

Tekstboks 2 Den svenske klima- og sårbarhetsutredningen

Den svenske regjeringen tok i 2005 initiativ til en offentlig utredning om klima og klimatilpasning i Sverige. Den svenske sårbarhetsutredningen SOU (2007) ble offentliggjort i 2007.¹⁵ Arbeidet med rapporten ble ledet av Bengt Holgersson med et utvalg representanter fra blant annet det svenske Meteorologiske Institutt, forskningsforbundet, Statens Geotekniska Institut, Statens Energimyndighet, Näringsdepartementet, Miljödepartementet, finansdepartementet og svensk Näringsliv. Rapporten er laget med utgangspunkt i de to middelsscenarioene fra FNs klimapanel (A2 og B2) og gått gjennom sektor for sektor for å finne ut hva konsekvensene kan være for det svenske samfunnet og hvor mye dette kan komme til å koste frem mot 2100. For en del områder er de samfunnsøkonomiske inntektene større enn kostnadene. Blant annet gir kraftig vekst i skogen og bedre forhold for landbruket økte inntekter på tross av økt risiko for stormfelling, sopp, skadedyr og skogbrann. Mindre oppvarmingsbehov om vinteren og mer vannkraft på grunn av økt nedbør gir også positive effekter. I rapporten har utvalget lagt frem en rekke forslag til tiltak som kan redusere sårbarheten for klimaendringer, blant annet at fylkesmennene bør spille en sentral rolle i tilpassningsarbeidet, og hvordan tiltakene kan finansieres.

SOU (2007) har sett på konsekvenser av klimaendringer og ekstremvær i Sverige mot 2100. Scenarioene viser en økning i nedbør, bortsett fra om sommeren, og en økning i antall dager med ekstrem nedbør. I det nordlige Sverige kan snømengden øke på kort sikt, men så avta. Økt avrenning og vannføring kan øke potensialet for vannkraft. Den største økningen er ventet og om vinteren og i Nord-Sverige der kraftproduksjonen allerede er størst. Gjennomsnittlig beregnes det en årlig økning på 15-20 prosent i 2070-2100 sammenlignet med 1961-1990 (SOU, 2007, se **Error! Reference source not found.**). Grovt regnet finner SOU (2007) at dette tilsvarer mellom 190 og 260 milliarder svenske kroner. Det er usikkerhet knyttet til endringer i vind, men flere globale modeller estimerer en økning i Østersjøregionen som potensielt kan øke vindkraftpotensialet i Sverige med 5-20 prosent, eller ca 2 TWh de neste 20-30 år. Frem mot 2100 kan dette tilsvare 26 milliarder svenske kroner. Begge anslagene er forutsatt en pris på 40 øre per kWh og investeringskostnadene er ikke fratrukket.

¹⁵ Rapporten er tilgjengelig på <http://www.regeringen.se/sb/d/8704/a/89334>

Overføring

Ved inngangen til 2008 var Norges vannkraftpotensial på 205 TWh og av dette er rundt 122 TWh eller 60 prosent er utbygd. Små kraftverk utgjør i overkant av 6 TWh (NVE, 2009). Endring i nedbør, samt smelting av snø og isbreer vil medføre endringer i vanntilsetning og kan øke risikoen for flom og oversvømmelser i Nord-Europa (Lehner m. fl. 2005). Risikoen for flom og skade på infrastrukturen for kraftproduksjon og kraftoverføring kan øke (Nord, 2007).

Klimaendringerne kan få både positiv og negativ betydning for magasinkapasitet og sikkerhet. Når avrenningen i større grad følger etterspørselsmønsteret vil behovet for magasinering gå ned, men samtidig kan ekstremverdiene for tilsetning øke slik at det er behov for større magasinkapasitet (Cicero, 2008).

Når det gjelder overføringsnettene finner Ciens (2007) at mildere vintre og mindre eller manglende tele kan i kombinasjon med forhøyet vindstyrke øke risikoen for brudd på linjenett som følge av trefall. Også fremtidige ekstreme snøfall og ising på kraftlinjene når våt snø fryser, vil kunne være en utfordring for strømmettet. Det statlige regionalnettet syntes å være bedre rustet til å takle mer ekstremvær enn det lokale distribusjonsnettet.

SOU (2007) peker på at kraftnettet, spesielt lokale nett, er sårbare for haglstorm og kraftig vind. Under stormen Gudrun ble både lokal- og regionalnett slått ut og totalt 730 000 abonnementer ble berørt i opptil 45 dager. Skadestnadene var på 1950 millioner svenske kroner og avbruddserstatningene på 650 millioner svenske kroner. Et pågående program går ut på å grave ned ledninger i sør og isolere uisolerte ledninger i nord. Maksimale vindhastigheter har betydning for kraftledninger, men klimascenarioene er ikke entydige med tanke på endringer i vind. Vindkraftverk er dessuten følsomme for kulde, men scenarioene viser at det blir færre antall dager med maksimumstemperatur under null grader. Mindre isdannelse er også en fordel for luftledninger og kraftstasjoner. Scenarioene viser en entydig økning i nedbør, bortsett fra om sommeren. Antall dager med ekstrem nedbør vil øke i hele landet, og det ventes mer lokal flom som kan gi vannskader og korrosjon på ledninger og skade på demninger. Som tidligere nevnt, estimerer SOU (2007) en økning i vannkraftpotensialet på 15-20 prosent mot 2100. For å utnytte dette potensialet vil det være nødvendig med investeringer i kraftverk, og siden økningen i potensialet er størst i nord, vil det være behov for å styrke overføringskapasiteten sørover. Ellers hevder den svenske kraftbransjen at strømmettet vil være i stand til å takle eventuelle klimaforandringer de nærmeste 20-25 år gjennom opprustningen som nå forgår (SOU, 2007).

I rapporten "et samfunn i endring – hva betyr det for naturskadeordningen" skriver Econ (2006) at kraftforsyning er viktig infrastruktur som potensielt kan være sårbar for naturskader, men regulering av det norske vannkraftsystemet kan ha en positiv effekt på samfunnets sårbarhet for flom. Econ (2006) refererer til den offentlige utredningen om sikring av landets kritiske infrastruktur (NOU 2006) som sier at med store mengder nedbør over kort tid er det fare for at dagens damanlegg må dimensjoneres opp i forhold til hva konstruksjonene er beregnet for. Demninger og oppdemningsanlegg kan særlig skades i flomsituasjoner. Det er også forventet en større fare for skade på tekniske installasjoner på grunn av periodevis overbelastning. Dimensjonering av hva slike konstruksjoner skal tåle, vil være en viktig faktor for tilpasning til endrede klimabetingelser, mens økt lavtrykksaktivitet kan føre til mer og kraftigere tordenvær som også kan føre til strømutfall og derved stoppe strømforsyningen og/eller ødelegge elektroniske komponenter. Videre ventes det utfordringer på grunn av raske temperaturvekslinger vinterstid. Strømledninger har blitt islagt og har medført ledningsbrudd

og brudd i strømforsyningen, som igjen kan få store konsekvenser for husholdninger og informasjonsteknologien. Sistnevnte vil bli nærmere omtalt i kapittel 2.11.1.

2.4.3 Oppsummering

Mye av arbeidet på sårbarhet og tilpasning til klimaendringer innen kraftproduksjon fokuserer på klimaendringenes effekt for hydrologi og vannkraft, mens få eller ingen studier ser på de økonomiske effektene. Dette til tross for at effektene på hydrologi og vannkraft er ventet å få økonomisk betydning for Norge (NVE 2006). En rekke studier viser at klimaendringene kan føre til en økning i gjennomsnittlig årlig tilsig og endrede forhold i mange norske vassdrag; tilsiget vil øke om vinteren og i allerede våte områder, mens noen tørre områder vil kunne oppleve vannmangel om sommeren. På den ene siden kan klimaendringene gi økt kraftproduksjon og økonomiske gevinster, men på den andre siden vil det også gi utfordringer knyttet til magasinkapasitet og damsikkerhet. Anslag for endringer i kraftproduksjonen som følge av klimaendringer varierer i mellom studier. For eksempel finner Lehner m. fl. (2005) at potensialet i Nord Europa kan øke med 15 til 30 prosent, mens Mo m.fl. (2006) finner at norsk vannkraftsproduksjon kan øke 2,3 - 17,1 prosent mot 2100. Studier fra Sverige estimerer en økning på 15-20 prosent i vannkraftpotensialet, som tilsvarer mellom 190 og 260 milliarder svenske kroner forutsatt en pris på 40 øre per kWh. Når det gjelder vindkraft er studiene mindre entydige, enkelte studier estimerer en økning på 10-15 prosent i de nordiske land, mens andre at potensialet går ned (Nord, 2007).

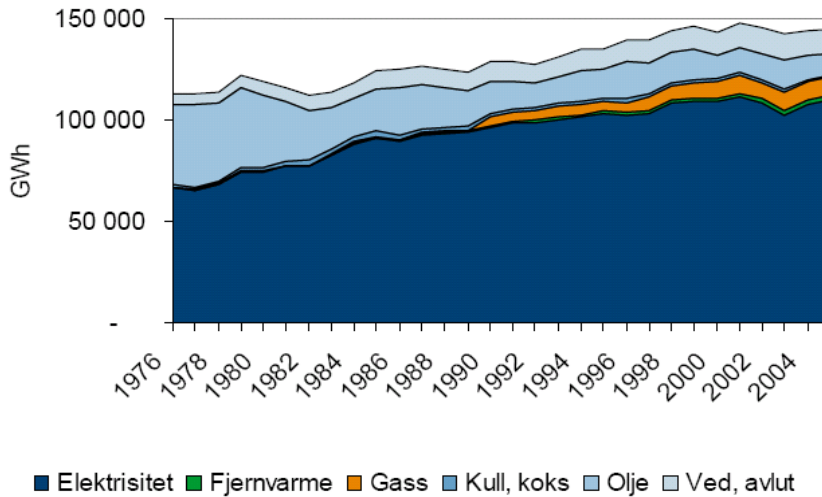
Endring i nedbør, samt smelting av snø og isbreer vil medføre endringer i vanntilsiget og kan øke risikoen for flom og oversvømmelser i Norge. Dette kan øke risikoen for flom og skade på demninger og overføringsnett. Videre kan ekstremvær som flom og vind som kan rive ned luftledninger. Samtidig kan økt vinteravrenning og redusert vårflom gjøre at magasinkapasiteten kan benyttes til flomdemping. Ciens (2007) og SOU (2007) hevder at vår avhengighet av mobiltelefonnett og stadig økende bruk av bredbåndstelefoner, øker samfunnets sårbarhet for lange brudd i strømforsyningen (se kapittel 2.11.1)

2.5 Stasjonært energiforbruk

2.5.1 Innledning

Stasjonært energiforbruk omfatter all netto innenlands energiforbruk bortsett fra den som brukes til transport (Regjeringen, 2004). I 2008 var det totale energiforbruket i fastlands Norge på 227 TWh, hvorav elektrisitet utgjorde ca 50 prosent. Det stasjonære energiforbruket i Norge utgjorde ca 165 TWh (SSB, 2009). Kraftforbruket per innbygger i Norge er rundt ti ganger større enn verdensgjennomsnittet. Dette skyldes i hovedsak mye kraftintensiv industri, og at elektrisitet er en mer vanlig oppvarmingskilde enn i andre land (SSB, 2009). I de senere år har andel elektrisitet økt på bekostning av blant annet kull og olje Econ (2007a)

Figur 2-12 Totalt stasjonært energiforbruk, fordelt på energibærere 1976-2005 (GWh). Econ (2007a)



Mer enn 80 prosent av private husholdninger og næringsbygg bruker elektrisitet til oppvarming i Norge (Cicero, 2009). Tradisjonelt har Norge hatt svært lave strømpriser sammenlignet med andre land, men fra 2003 har strømprisene for husholdninger ligget på omtrent samme nivå som gjennomsnittsprisen i OECD (SSB, 2009). Larsen og Nesbakken (2005) har funnet at om lag en tredjedel av elektrisitetsforbruket i husholdningene i 2001 gikk til boligoppvarming. Vannvarming, belysning, vaskemaskin og kjøling/frysing av mat utgjorde om lag 10 prosent hver. Resten var fordelt på oppvaskmaskin, tørkeutstyr og andre elektriske apparater. De siste årene er strømforbruket i husholdningene gått ned til tross for at boligene er blitt større. Dette kan blant annet forklares med økte energipriser og mer fokus på energisparing, bedre isolasjon og mer energieffektivt elektrisk utstyr (SSB, 2006).

Klimavariablene som har betydning for varme- og kjølebehov er temperatur, solinnstråling, og muligens vind. Ikke-klimavariabler som har betydning er isolering, ventilasjon, vindustyper, oppvarmingssystem osv. (SOU, 2007). Når man ser på norske husholdninger, har det vært store endringer i energiforbruket de senere år. For eksempel har SSB (2008) funnet at strømforbruket i husholdningene gått ned de siste årene til tross for at boligene er blitt større. Dette kan blant annet forklares med økte energipriser og mer fokus på energisparing, bedre isolasjon og mer energieffektivt elektrisk utstyr. Endringene i energiforbruket henger også sammen med den økonomiske aktiviteten, energipriser, utetemperaturer og energibærernes relative virkningsgrad (Econ, 2007a).

2.5.2 Studier om konsekvenser for sektoren

I følge FNs klimapanel vil klimaendringer medføre lavere etterspørsel av energi til oppvarming om vinteren og høyere etterspørsel til avkjøling om sommeren (IPCC, 2007a). Gitt en gjennomsnittlig økning på 2 grader innen 2050, er det ventet at behovet for oppvarming i Storbritannia og Russland vil resultere i 3-10 prosent lavere forbruk av fossilt brensel og 1-3 prosent lavere forbruk av elektrisitet (Kirkinen m. fl., 2005). Muligens vil tilsvarende effekter være gjeldende for Norge. IPCC (2007) oppsummerer de forventede effektene ved hjelp av et rangeringssystem (se **Error! Reference source not found.**). Denne figuren viser at det vil være positive (økonomiske og sosiale) effekter ved redusert etterspørsel om vinteren. Økning i etterspørselen om sommeren er en negativ effekt av klimaendringene, men denne er antatt å være av mindre betydning.

Figur 2-13 Sammendrag av forventede effekter av klimaforandringer i Nord-Europa, forutsatt ingen tilpasning, IPCC (2007a)

	Effekt	Nord-Europa
Energi	Etterspørsel (vinter)	↑↑
	Etterspørsel (sommer)	↓

Note: Vurderingen har tatt hensyn til a) geografisk grad / mennesker omfattet, b) intensitet eller grad av effekt. Antall piler (en til tre) indikerer den forventede størrelsen på endringen. Pil som peker opp (ned) indikerer positiv (negativ) effekt.

Etterspørsel

De fleste studier som ser på endringer i energietterspørsel som følge av klimaforandringer i Norge fokuserer på endringer i elektrisk kraft. I følge Cicero (2003) kan man forvente at fossilt energiforbruk til oppvarmingsformål også temperaturkorrigeres.

Cicero (2009) har sett på klimaforandringer og kraftetterspørsel i Europeiske husholdninger. Studien inngår i forskningsprogrammene ADAM (Adaptation and Mitigation Strategies) og CELECT (Climate change impacts in the Electricity Sector). Studien er basert på statistikk fra Eurostat og EIA, klimascenariet A1b fra IPCC og datasett for kjøle- og varmedager fra Benestad (2008). Cicero (2009) finner at klimaendringene ikke vil medføre dramatiske endringer i etterspørsel etter kraft. Etterspørselen vil gå noe ned i Nord-Europa, og den vil øke noe i Sør-Europa. Samlet sett vil det være en liten nedgang i etterspørsel i Europa som følge av klimaendringene. Endringen som følge av klimaendringer er svært liten sammenlignet med endringer som følge av for eksempel endringer i inntekt og pris.

Cicero (2008) forventer en nedgang i forbruket av elektrisitet til oppvarming om vinteren i Norden, som følge av to grader oppvarming. En del av denne nedgangen motvirkes av økt forbruk av elektrisitet til avkjøling i boliger og næringseiendom om sommeren. Cicero refererer til SSB (2005a) som finner at energietterspørselen vil gå ned med 3 prosent som følge av en økning på 0,9 grader i temperaturen fra 2001 til 2040. Cicero (2008) forventer at økonomisk vekst, livsstilsendringer og etterspørselen etter komfort vil ha større betydning for bruken av aircondition enn klimaendringer ved et 2 graders scenario. Cicero forventer derfor at endringene i etterspørsel om sommeren i dette scenarioet vil være relativt begrenset.

Når vi ser på Norden samlet, finner Cicero (2001) at elektrisitetsforbruket vil gå ned med cirka 2 prosent på 30 år på grunn av klimaendringene. En annen studie, Nord (2007), refererer til studier om at en 4 graders økning i Danmark vil redusere behovet for energi til oppvarming med 25 prosent, men at en liten del av dette kan motvirkes av en moderat økning i behovet for energi til avkjøling. SOU (2007) finner at behovet for energi til oppvarming reduseres med 17,5 TWh (22 prosent) til 2050 og 23,5 (30 prosent) TWh mot 2100 i private husholdninger i Sverige. Dette langt større utslag enn i studiene nevnt over. Utslagene er basert på en økning på 4 grader over århundret og ingen energieffektivisering. Dersom de planlagte tiltakene for energieffektiviseres iverksettes, blir reduksjonen noe lavere. I samme periode er det ventet at behovet for kjøling tilsvarer henholdsvis 2,2 og 2,8 TWh. Grove beregninger viser at samlet for perioden 2010-2100 kan mindre behov for oppvarming spare 600-690 millioner svenske, mens økt behov for avkjøling vil øke kostnadene med 135-150 millioner svenske kroner. Videre peker Nord (2007) på at med mer integrerte kraftmarkeder, vil også det økende behovet for strøm til avkjøling i Sør-Europa få betydning for det nordiske kraftmarkedet.

Vi har ikke funnet studier som ser på effekter av klimaendringer utover de som er forbundet med endringer i behovet for oppvarming og avkjøling i husholdninger og næringsbygg. I

følge Gaugaun (2009) kan en betydelig økning i temperaturen i Australia øke behovet for kjøling av teknisk IKT utstyr, det er lite som tyder på at tilsvarende vil være relevant for Norge.

Kraftmarkedet

Studiene vi til nå har presentert, viser en økning i den norske kraftproduksjonen og en i hovedsak moderat nedgang i etterspørselen. Til sammen kan disse to effektene få betydning for det nordiske kraftmarkedet. I følge Cicero (2008) er det ventet en økning i avrenning om vinteren, i en periode med høy etterspørsel, mens det er ventet av avrenningen vil gå ned i sommeren, som er en periode med lav etterspørsel. Econ (2007b) og Statistisk sentralbyrå (2005/) har studert hvilken effekt dette kan ha for det nordiske kraftmarkedet.

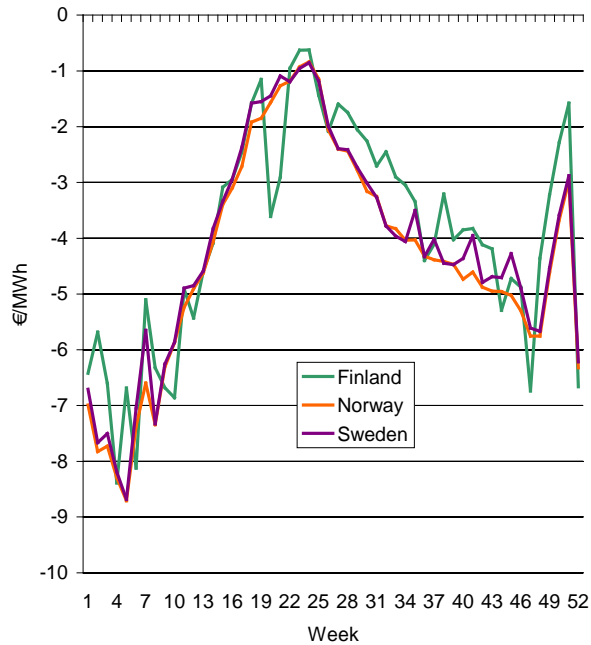
Som en del av kvartalsrapporten "Nordic Power Quarterly" har Econ (2007b) modellert konsekvensene av klimaforandringer for kraftprisene i det nordiske kraftmarkedet i 2011-2040. Kvartalsrapporten er en abonnementsrapport der kjøperne stort sett er norske og utenlandske kraftselskaper. Econ Pöyry har brukt klimaprognose fra SMHI (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut) i sin kraftmarkedsmodell til å estimere effekten av klimaendringer på de nordiske kraftprisene i perioden 2011-2040.¹⁶ Kraftmarkedsmodellen bygger på forutsetninger om internasjonale kullpriser på 359 kr/l og 131 kr/MWh,¹⁷ byggekostnadene for nye kraftstasjoner vil øke med 15 prosent og at årlig vekst i etterspørsel i de nordiske land uavhengig av klimaendringer er på 0,7 prosent i året. Econ Pöyry har videre antatt en væruavhengig økning i produksjonskapasiteten i Norge på 3,5 TWh vindkraft og 3,1 TWh vannkraft frem mot 2051. Videre er det antatt at markedet for grønne sertifikater utløser en økning i kraftproduksjon basert på fornybar energi i Sverige, samt en økning i kjernekraft i Finland og Sverige på totalt 28,3 TWh. Econ antar også at overføringskapasiteten i det nordiske kraftmarkedet vil øke, samtidig som NorNed kabelen mellom Norge og Nederland øker overføringskapasiteten til det europeiske kontinentet. Kraftmarkedsmodellen finner at kraftprisen vil ligge ca 36 øre /kWh eller ca 10 prosent lavere nå. Grunnet den økte overføringskapasiteten vil prisene vil være relativt like i de nordiske landene, men noe lavere enn i Tyskland og Nederland.

Dernest har Econ (2007b) modellert endringer som følge av klimaforandringer basert på SMHI (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut) sine prognoser for klimaforandringer for 2011-2040 sammenlignet med 1961-1990. Econ (2007b) anslår at årsforbruket i Norden vil gå ned med mellom 11 og 12 TWh på grunn av høyere temperaturer, herunder 4,7 TWh i Norge. Samtidig vil tilsiget øke med 6,8 TWh i Norge og 1,8 TWh i Sverige. Dette innebærer at kraftbalansen styrkes med rundt 20 TWh i et normalår. Prisene er estimert til å være ca 20 prosent lavere om vinteren sammenlignet med referanseperioden (Econ 2007b). Kraftprisene er normalt høyest på vinteren, og siden de største endringene i både forbruk og etterspørsel skjer om vinteren, betyr det en flatere prisstruktur over året

¹⁶ I artikkelen er mååret satt til 2015, men representerer et gjennomsnitt for perioden 2011-2040.

¹⁷ I artikkelen er prisene for kull og gas 57\$ / og 16€/MWh. Omregning er basert på valutakurs for 1 oktober 2007.

Figur 2-14 Kraftpriser i 2011-2040 som følge av klimaforandringer



Kilde; Econ (2007b)

SSB (2005b) har funnet at klimaforandringer gir lavere elektrisitetsproduksjon og høyere forbruk i Norden i 2040, ved å simulere tilbudet i en tilsigsmodell, simulere etterspørsel i en temperaturmodell og integrere de to i en kraftmarkedsmodell. Tilsigsmodellen er basert på historiske data fra NVE (Norges vassdrag og energidirektorat) for tilsig, regn og snø fra 1980-1999 og klimascenarier fra RegClim. Klimascenariene fra RegClim inngår også i temperaturmodellen. Dataseriene til RegClim er hentet fra den globale modellen ECHAM/OPYC3 og nedskalert til regional modell ved hjelp av HIRHAM. Tilsigsmodellen og temperaturmodellen er så integrert i en nordisk kraftmarkedsmodell, Normod-T for å finne den totale effekten av klimaendringene på tilbud, etterspørsel, handel og nettskranke i det nordiske kraftmarkedet frem mot 2040. SSB(2005b) finner at økt tilsig, mer vind, og et varmere klima vil påvirke det nordiske kraftmarkedet beskjedent de neste 40 årene. I følge tilsigsmodellen vil tilsiget i de norske magasinene øke med 13 prosent, mens totalt sett vil tilbudet kun øke med 7,3 prosent. Samlet i Norden er tilbudsøkningen beregnet til 1,7 prosent (**Error! Reference source not found.**). Det er tre grunner til at økningen syntes å være mer beskjeden en forventet. For det første utgjør vannkraft bare 50 prosent av kraftproduksjonen i Norden. For det andre, vil øke tilbudet av vannkraft erstatte marginal kraftproduksjon i Finland, Sverige og Danmark. I tillegg vil økt tilbud, hovedsakelig fra Norge, føre til lavere kraftpriser og dermed redusere investeringer i ny kapasitet

Figur 2-15 Klimaendringenes effekt på det nordiske kraftmarkedet i 2040

	Tilbud		Etterspørsel		Netto handel		Pris (Øre/kWh)
	Prosent	TWh	Prosent	TWh	Prosent	TWh	
Norge	+ 7,3	+ 10,9	+ 2,6	+ 3,7	+ 124	+ 7,2	- 4,5
Sverige	+ 0,5	+ 0,8	+ 0,6	+ 1,1	- 5,0	- 0,2	- 1,5
Finland	- 5,0	- 4,1	+ 0,9	+ 0,8	- 130	- 4,9	- 1,5
Danmark	+ 0,2	+ 0,1	+ 0,5	+ 0,2	- 15	- 0,1	- 1,0
Norden	+ 1,7	+ 7,7	+ 1,3	+ 5,8	+ 23,8	+ 1,9	- 2,3

Kilde; SSB (2005b)

Varmere vær gir isolert sett lavere etterspørsel, men om prisene blir lavere vil etterspørselen også øke. SBB (2005b) har funnet at prisseffekten er sterkest og at den totale etterspørselen etter elektrisitet vil øke som følge av klimaendringene. Norge vil tjene mest på klimaendringene, ettersom produksjonen er nesten 100 prosent vannkraftbasert og klimaendringen gir størst utslag i de regioner med stort innslag av vannkraft. Videre vil klimaendringene medføre økt overføring og handel mellom land og regioner. Konsekvensen vil være press på transmisjonssystemet, og lønnsomheten av investering i mer kapasitet på overføringsnett vil kunne øke i fremtiden..

2.5.3 Oppsummering

Stasjonært energibruk omfatter all netto innenlands energibruk bortsett fra den som brukes til transport. Samlet sett finner IPCC (2007a) at effektene av klimaforandringer i Nord-Europa vil gi lavere stasjonært energiforbruk. Elektrisitet er den dominerende energikilden til oppvarming i Norge og de fleste studiene fokuserer på elektrisitet, men som for forbruk av strøm, kan man forvente at fossilt energiforbruk til oppvarmingsformål korrigeres på liknende måte og altså går noe ned (Cicero, 2003). I følge Cicero (2008) vil endringene i energietterspørsel som følge av 2 graders temperaturendring være relativt begrensede. SSB (2005a) finner at energietterspørselen alt annet like vil gå ned med 3 prosent som følge av en økning på 0,9 grader i temperaturen fra 2001 til 2040, mens Cicero (2009) finner at endringene i etterspørsel etter elektrisitet som følge av klimaendringer vil være svært små sammenlignet med endringer som følge av for eksempel endringer i inntekt. Dette gjelder også for eventuelle endringer i behovet for avkjøling. Studier fra Sverige og Danmark estimerer at energiforbruket til oppvarming vil være ca 25 prosent lavere mot slutten av århundre, muligens fratrukket et moderat forbruk til avkjøling. Dette er betydelig større tall enn de norske studiene viser. Vi har ikke funnet studier som tyder på effekter utover dette for stasjonær kraftetterspørsel.

Endringer i tilbud og etterspørsel vil kunne få betydning for det nordiske kraftmarkedet. Økningen i krafttilbudet som følge av klimaendringer ventes å være størst om vinteren når etterspørselen er størst, og liten eller avta om sommeren når etterspørselen er minst (Beldring m.fl, 2006). Econ Pöyry (2007) og SSB (2005b) har funnet at de fremtidige kraftprisene vil kunne ligge noe lavere enn i dag som følge av økt tilsig og høyere temperaturer, men være relativ lik i de nordiske markedet dersom det er tilstrekkelig overføringskapasitet. Begge studiene estimerer at fremtidig kraftetterspørsel isolert sett vil gå ned i et varmere klima, men, mens Econ Pöyry (2007) estimerer at samlet etterspørsel synker, finner SSB (2005b) at samlet etterspørsel vil øke noe siden reduserte priser i følge deres studie øker etterspørselen relativt mye. Avgjørende her er hva studiene forutsetter om energietterspørselens priselastisitet. Cicero (2009) har lagt til grunn -0,2 prosent, som gir lav virkning på etterspørselen av lavere priser.

Økt internasjonal integrasjon av kraftmarkedene og tilstrekkelig magasinkapasitet er tiltak for å tilpasse seg til klimaendringene. Med mer integrerte markeder kan norske kraftprodusenter dekke et økende behov for strøm til avkjøling i Sør Europa.

2.6 Bygg

2.6.1 Innledning

Norsk klima stiller i utgangspunktet store krav til plassering og utførelse av bygg. Lokal byggeskikk varierer fra sted til sted, og dette er i høy grad resultat av tilpasning til de store klimatiske variasjonene langs aksene kyst-innland, sør-nord og lavland-høyfjell. Dagens klimapåvirkning på bygningsmassen kommer klarest til uttrykk gjennom det store omfanget av byggskade, som for en stor del oppstår ved at fukt trenger inn i konstruksjonen. Selv om ytre krefter som nedbør og vind utløser skadene, oppstår problemene oftest som følge av at huset er uheldig plassert eller har innebygde feil. Ot.prp. nr. 45 (2007-2008) "Om lov om planlegging og byggesaksbehandling" omtaler omfanget av byggfeil og byggskader i Norge (Kommunal- og regionaldepartementet 2008:111). Her slås det fast at begrepet "byggfeil og byggskader" er vanskelig å definere og tallfeste, og at SINTEF Byggforsks estimat av et årlig byggskadeomfang på 12-15 milliarder kroner bare må betraktes som et omtrentlig overslag.¹⁸ Uansett må det kunne slås fast at byggskader årlig legger beslag på store økonomiske ressurser i både privat og offentlig sektor, og at mange av disse skadene er klimarelaterte. Lisø mfl. (2006) gir en analyse av byggskadearkivet ved SINTEF Byggforsk. Registeret omfatter vel 2.400 skadetilfeller for tiårsperioden 1993-2002, og av disse tilfellene gjelder 66 prosent skade på tak og/eller yttervegger, det som på fagspråket omtales som *klimaskjermen* til huset. 76 prosent av skadene gjelder fukt. I mange tilfeller er det snakk om gjenganger-saker som vitner om mangelfull innsikt i elementære prinsipper for utforming av bygg. Artikkelen konkluderer med at studien støtter tidligere funn som viser at bygningsbransjen i for liten grad er i stand til å lære av sine feil og at erfaringsutvekslingen i bransjen er for dårlig. Studien av byggskadearkivet er en god illustrasjon på at selv om vi lever i et land der klimaet setter bygningsmassen på store prøver, er problemene klimapåvirkningen medfører for norske huseiere for en stor del resultat av dårlig planlegging, prosjektering, utførelse og vedlikehold av hus. Tilpasning til endret klima må derfor gå hånd i hånd med en generell kvalitetsforbedring i alle ledd ved oppføring og drift av bygg.

2.6.2 Empiri

Fjerde hovedrapport fra FNs klimapanel (IPCC 2007) inneholder få referanser til sårbarhet og tilpasning innenfor byggsektoren (construction). Kapittel 16 i Arctic Climate Impact Assessment (ACIA 2005:908-944) handler om konsekvenser av klimaendringer for infrastruktur i arktiske områder. Det som er skrevet om bygninger her, gjelder faren for setningsskader på hus som følge av at permafrosten tiner. Et kart over områder med farepotensial for bygninger som følge av permafrosttining ved midten av dette århundret (basert på Hadleysenterets klimamodell og B2 utslippsscenario) indikerer høyt risikonivå for indre deler av Troms og Finnmark, mens permafrosten på Svalbard ventes å være stabil

¹⁸ SINTEF Byggforsk baserer sine anslag over byggskadeomfanget på spørreundersøkelser hos bygg- og anleggsnæringen og hos huseiere, og anslår at skader som oppdages etter ferdigstillelse svarer til ca 5% av de årlige investeringene i bygg. I tillegg regner en med skader som oppdages før ferdigstillelse for et tilsvarende beløp.

innenfor dette tidsperspektivet (ACIA 2004:88). Det er likevel ikke publisert materiale som indikerer at bygninger på det norske fastlandet er sårbare for permafrosttining.¹⁹

Svært mye av den norske byggt tekniske forskningen med direkte relevans til klimasårbarhet og klimatilpasning, har blitt utført i regi av FoU-programmet *Klima 2000 – Klimatilpasning av bygningskonstruksjoner*. Programmet, som er et av de største noensinne i byggsektoren, fant sted i tidsrommet august 2000 - desember 2007 under ledelse av SINTEF Byggforsk²⁰, med Kim Robert Lisø og seinere Tore Kvande som programledere.²¹ Hovedmålet med programmet var gjennom forskning og utvikling å oppdatere prinsipp-løsninger for konstruksjoner som både gir økt bestandighet mot og økt pålitelighet ved ytre klimapåkjenninger, samt å kartlegge mulige virkninger av klimaendringer på det bygde miljø – og hvordan samfunnet best kan tilpasse seg endringene. Klarere definerte kriterier og anvisninger for prosjektering og utførelse av kritiske konstruksjonsdetaljer, særlig knyttet til bygningers ytre klimaskjerm, har stått i fokus. Klima 2000 har bestått av 14 ulike prosjekter. Resultatene fra programmet er formidlet i popularisert form gjennom boka ”Klimatilpasning av bygninger” (Lisø og Kvande 2007). Noen av resultatene fra programmet har vært (Lisø og Kvande 2009):

- Nye metoder for geografisk differensiert utforming av bygninger
- Nye klimadata og -indekser for bygningsfysisk prosjektering
- Nye anvisninger for beslag mot nedbør
- Ny anvisning for vindforankring av fleksible takbelegg
- Forbedrede metoder for vurdering av mikrobiologisk vekst i bygninger
- Ny beregningsmetode for vurdering av risiko for muggsoppvekst
- Nye og forbedrede anvisninger for utvendige kledninger

Mange av publikasjonene fra Klima 2000 er prosjektrapporter og anvisninger med et byggt teknisk innhold som ikke er egnet for formidling i denne sammenhengen. Ikke alle arbeidene som har sprunget ut av Klima 2000 er like tydelig innrettet mot temaet klimaendringer, men kan like gjerne sees som grunnlagsmateriale for bedre tilpasning av bygningsmassen til *dagens* klimatiske forhold. Likevel må det sies at tydeligere kriterier og anvisninger for byggebransjen er en viktig forutsetning for å sikre en bygningsmasse som kan tåle endrete klimapåkjenninger i framtida. Programmet har da også hatt begge perspektivene for øye: å utvikle bedre redskaper til bruk for byggebransje og forvaltning under dagens forhold og å gjøre oss bedre rustet til å møte klimaendringer.

Blant de mange tekniske rapportene og anvisningene fra Klima 2000 kan vi nevne:

- Erfaringar med puss som vern ved regnpåkjenning (Kvande og Waldum 2002)

¹⁹ Det er liten kunnskap om utbredelse av permafrost i fastlands-Norge. I prosjektet *the Thermal State of Permafrost in Norway and Svalbard* (TSP Norway) ble det startet målinger av permafrost i Troms og på Svalbard. Kilde: <http://www.polaryear.no/prosjekter/TSPNorway>. Videre er det gjort registreringer av tining av palsmyr i ubebygde områder i Finnmark, Troms og på Dovre (<http://www.nina.no/?io=1001754>).

²⁰ Tidligere Byggforsk – Norges byggforskningsinstitutt.

²¹ Hovedsamarbeidspartnere i Klima 2000 var Forsvarsbygg utbyggingsprosjektet, Husbanken, Statens bygningstekniske etat (BE), Finansnæringsens Hovedorganisasjon (FNH), Statsbygg, Oslo kommune Undervisningsbygg Oslo KF. I tillegg kom en rekke bransjepartnere (firmaer), andre norske fagmiljøer og de viktigste bransjeforeningene.

- Luftede kledninger. Klimapåkjenninger, erfaringer og anbefalinger (Kvande mfl. 2003)
- Snø- og vindlaster på eksisterende bygninger (Siem mfl. 2003)
- Værbeskyttet bygging med Weather Protection System (WPS) (Noreng 2005)
- Moderne fasadesystemer med puss på isolasjon (Blom mfl. 2006)
- Hygrothermal conditions in wooden claddings (Geving mfl. 2006)
- Forankring av avstivede skivekonstruksjoner av tre og trebaserte materialer (Erichsen mfl. 2007)

Under vil vi omtale en doktoravhandling samt et mindre utvalg vitenskapelige artikler og prosjektrapporter fra Klima 2000 som har direkte relevans for utvalgets arbeid.

Kim Robert Lisøs doktoravhandling (Lisø 2006) er en syntese av store deler av forskningen som har funnet sted under programmet Klima 2000. Tittelen (i norsk oversettelse) “Analyse av klimaskjermens funksjonsdyktighet i hardt klima: Metoder for geografisk differensiert design” tar opp i seg et hovedpoeng fra programmet: På grunn av store klimaforskjeller fra landsdel til landsdel bør ikke krav til utforming av bygninger og bygningsdetaljer være like over hele landet, men for å kunne stille stedsspesifikke krav trengs det nye verktøy. Det er komplekse forhold mellom materialer, strukturer og klimapåvirkning som utløser et behov for nye og forbedrede metoder for sårbarhetsvurderinger knyttet til bygningenes klimaskjerm (tak og yttervegger). Avhandlingen har som hovedmålsetting å øke kunnskapen om mulige virkninger klimaendringer kan ha på bygningers klimaskjerm og å analysere og oppdatere metoder for planlegging og utforming av ytterflater på hus i forhold til klimapåvirkningen. Det presenteres tre metoder for slik geografisk avhengig utforming: en frostnedbrytningsindeks for porøse bygningsmaterialer, en indeks for å vurdere potensialet for råte i trekonstruksjoner i ulike klima, samt et slagregnkart for Norge. I tillegg til å tjene som grunnlag for utvikling av byggforskrifter, kan disse metodene også brukes i risikovurderinger av bygningers funksjonsdyktighet under endrede klimaforhold. Avhandlingen inneholder en syntesedel og tolv paper (artikler). Noen av disse artiklene blir nærmere omtalt nedenfor.

I artikkelen “A Norwegian perspective on buildings and climate change” gir Lisø mfl. (2007) – ut fra forfatterens ståsted innenfor byggforskning og byggebransje – en oversikt over norsk klimaforskning og klimapolitikk. Artikkelen er kommenterende og gir oversikt over deler av litteraturen på de områdene den berører. Lisø mfl. går mest i dybden i de delene som er viet utslippsperspektivet, dvs. hvordan byggsektoren bidrar til klimagassutslipp og hvilke utslippsreducerende tiltak som kan settes i verk, men tilpasningsspørsmål blir også berørt. Det vises til ulike funn fra programmet Klima 2000 når det gjelder risikovurderinger knyttet til klimaendringer og bygninger (Lisø 2006), utvikling av økonomiske modeller (Nordvik og Lisø 2004), bruk av klimaindeks og nedskalerte klimascenarier til å justere krav til yteevne mm. som tar hensyn til regionale klimaforskjeller (Lisø 2006) og bruk av historiske klimadata for å belyse utfordringer knyttet til innføring av internasjonale standarder på nasjonalt nivå uten at det blir tatt hensyn til behovet for tilpasninger til lokalklimatiske forhold (Meløysund mfl. 2006).

Artikkelen “A primer on the building economics of climate change” (Nordvik og Lisø 2004) er et tidlig forsøk på å anvende økonomisk teori på tematikken byggskaade og klimaendringer. Det brukes to innganger til modellutvikling: Først tar man utgangspunkt i at man har langt større valgmuligheter for utforming av en bygning før den er reist enn etterpå. Den andre inngangen er “the real options approach” (de reelle valgmulighetene). Denne legger vekt på at informasjon som er relevant for beslutningstakere dukker opp over tid, og at dagens beslutninger påvirker framtidige valgmuligheter og lønnsomheten ved disse. Det pekes på at

potensielle fordeler eller ulemper klimaendringer kan medføre for bygningsmassen gjelder for ulike nivå:

- Hvordan vil bruken av og brukskostnadene knyttet til eksisterende bygninger bli påvirket dersom egenskapene ved bygningene forblir uendret?
- Hvordan bør eksisterende bygninger tilpasses til endret klimapåvirkning? Til hvilken kostnad kan slik tilpasning skje og når bør det gjøres?
- Hvordan vil den tekniske og økonomiske levetiden til bygninger bli påvirket?
- Hvordan vil valg av teknologi, materialer og design ved nybygg bli påvirket?
- Hvordan vil tidsforløpet ved graden av nybygg [the time path of the level of new construction] (= byggeaktiviteten?) bli påvirket?

Det analytiske rammeverket som presenteres hos Nordvik og Lisø (2004) er ment å kunne brukes på alle disse nivåene. Den økonomiske levetiden på eksisterende bygningsmasse vil delvis avhenge av husenes tilpasningsevne til endret klima. Deler av dagens bygningsmasse vil i framtida bli tilpasset nye klimaforhold, mens andre deler vil forbli uendret. Dette er forhold som må innlemmes i analyser av hvordan bygningsmassen vil påvirkes av klimaendringer. Modellen som legges fram beskriver valgsituasjoner som bygningseiere stilles overfor i møte med en usikker klimautvikling. Disse valgene er påvirket både av forventet lønnsomhet ved ulike handlinger og effekten disse handlingene har på lønnsomheten ved framtidige valg. "Real option"-tilnærming fremmer forståelsen av handlingene til bygningseiere. Det antydes at usikkerhet knyttet til framtidig klima kan komme til å øke den økonomiske levetiden ved bygninger.

Eriksen mfl. (2007) har som ledd i Klima 2000 skrevet rapporten "Klimatilpasning og fuktsikring i typehussektoren. Lokalkunnskap, beslutningsprosesser, markedspåvirkning og offentlig styring" i samarbeid mellom Institutt for sosiologi og samfunnsgeografi ved Universitetet i Oslo, SINTEF Byggforsk og CICERO. Forfatterne skriver selv at studien "undersøker faktorer som oppmuntrer og begrenser klimatilpassede løsninger i typehussektoren, med spesiell fokus på faktorer som påvirker hvilke klimahensyn som tas i beslutningsprosessen og dermed tilpasning til klimavariasjoner på kort sikt og endringer på lang sikt." Studien har som mål å identifisere (a) i hvilken grad tilpasning til lokale klimaforhold finner sted som del av prosjektering og konstruksjon av typehus, (b) hvordan beslutningsprosesser/organisasjonsform i typehusindustrien påvirker klimahensyn, (c) om markedsendringer påvirker klimahensyn og (d) hvordan relasjoner mellom kommuner og utbyggere påvirker lokale tilpasninger (med hovedvekt på endringer i Plan- og bygningsloven og nye energikrav). Studien er kvalitativ og har intervjuundersøkelser med forskjellige aktører i fire typehusforetak og seks kommuner danner det viktigste empiriske materialet.

Sentrale funn hos Eriksen mfl. (2007) er at selv om typehusprodusentene foretar visse tilpasninger til lokale klimaforhold, varierer det mellom selskapene i hvilken grad lokalkunnskapen håndverkerne sitter på bidrar til hvilke løsninger som prosjekteres. Håndverkerne har ofte lite eierskap til detaljhåndboka fordi de ikke føler de kan påvirke detaljene. Det er tegn til at lokalkunnskap vektlegges mindre enn før, mens typehusnæringen legger økende vekt på myndighetskrav og sentralisert prosjektering. Mangelfull informasjonsflyt internt i bedriftene og mellom kommunale myndigheter og bedrifter bidrar til å svekke den rollen lokalkunnskapen spiller i typehussektoren. Alt dette er utviklingstrekk som svekker tilpasning til de klimatiske forholdene på stedet huset skal stå. Resultatet kan slå begge veger, med bruk av for svake løsninger eller bruk av mer robuste og dyrere løsninger enn nødvendig. Sentralisert prosjektering fører i en del tilfeller til at håndverkere finner det nødvendig å foreta uautoriserte justeringer. Markedskrav om kostnadsutt har gitt økende

utsetting av produksjon til utlandet og bruk av utenlandsk arbeidskraft, noe som også bidrar til å svekke lokalkunnskapens rolle i byggingen. Sentralisering av byggesektoren, formaliseringsprosess med homogenisering av bygningsløsninger og svakere bygningsfaglig kompetanse i kommunene er andre utviklingstrekk som drar i samme retning. Eriksen mfl. (2007) kommer med flere anbefalinger med sikte på bedre klimatilpasning i typehussektoren.

Groven (2005) har skrevet rapporten ”Klimasårbarhet i bustadsektoren. Lokal sårbarhetskartlegging og klimatilpassing”. Hovedproblemstillingen er hvordan norske kommuner kan håndtere spørsmålet om klimasårbarhet og boliger. Studien, som er utført av Vestlandsforskning på oppdrag fra Husbanken, er kvalitativ og bruker Flora kommune som casekommune. Det pekes på at det er et tilstrekkelig kunnskapsgrunnlag for å lage kommunevise sårbarhetsvurderinger for boligsektoren, til tross for usikkerhet. Når det gjelder institusjonelle forutsetninger for at kommunene kan utvikle effektive tilpassingsstrategier på feltet, drøftes kommunens ulike roller som planlegger, godkjennings- og tilsynsorgan i byggesaker, som demokratisk organ og som byggherre. Videre pekes det på virkemidler staten kan bruke for å styrke det lokale arbeidet med å forebygge klimarelaterte byggskader.

CIENS (2007) omhandler tilpasning i Osloregionen. I studien pekes det på at klimaendringene vil kunne representere en betydelig utfordring for bygningsbransjen, også fordi dagens byggeskikk er dårlig tilpasset naturlige klimavariasjoner. Klimautfordringene for eksisterende og framtidige bygningskonstruksjoner er først og fremst knyttet til fukt, flom, nedbør og ras. Økt nedbør medfører større risiko for fukt og muggskader samt overskridelse av avløpskapasitet og kjelleroversvømmelser. Behovet for ytre vedlikehold av bygninger og infrastruktur antas å øke. Økt temperatur reduserer oppvarmingsbehovet, men øker samtidig kjøle- og ventilasjonsbehovet. Dette stiller nye krav til framtidige bygg.

”Tilpasning til ekstremvær i norske kommuner” er et strategisk instituttprogram (samarbeids-SIP) finansiert av Norges forskningsråd, under ledelse av CICERO og med NIVA, NILU, NIKU, Bioforsk, NINA og NIBR som øvrige deltakere. Programmet går over seks år (2006-2011) og har som hovedmål å utforme en manual for kommunene som kan benyttes som verktøy i deres arbeid med tilpasninger til klimaendringer. Programmet har særlig fokus på drikkevann og avløp, kulturminner, kulturlandskap og naturressurser. Forskningsresultater formidles via nettsidene www.klimakommune.no under overskriften “Klimatilpassing i norske kommuner”. Materiell som er publisert så langt og som har relevans til bygg, gjelder en rapport (omtalt nedenfor) og noen faktaark om klima og kulturarv.

Rapporten “Effekter av klima og klimaendringer på den bygde kulturarven. Nedbrytningsmekanismer og sårbarhet” (Grøntoft og Drdácý 2008) er utgitt av Norsk institutt for luftforskning (NILU). Første del beskriver vørelementene og grunnlaget for en skadebeskrivelse for kulturarv og kulturminner, mens andre del beskriver ventede effekter av klimaendringer samt prinsipper for lokale sårbarhetsanalyser for kulturarv. Et hovedformål med å utføre slike sårbarhetsanalyser er å finne mest mulig kostnadseffektive tilpasningstiltak som kan redusere sårbarheten. Rapporten inneholder ikke referanser til resultater fra programmet Klima 2000 som måtte ha gyldighet for kulturminner.

2.6.3 Oppsummering

Det norske klimaet stiller store krav til plassering og utforming av hus. Selv i dagens situasjon, før effektene av klimaendringer har gjort seg gjeldende for alvor, opplever huseiere omfattende klimarelaterte byggskader. Vi sliter med andre ord med mangelfull klimatilpasning i byggesektoren i utgangspunktet, problemer som kan ventes å øke med

endrede klimaforhold. Forskning på klimatilpasning av bygg, særlig knyttet til programmet *Klima 2000* ved SINTEF Byggforsk, peker på at byggskader i stor grad oppstår fordi gjeldende regelverk ikke følges og at byggebransjen i for liten grad klarer å lære av egne feil. Videre blir det ved prosjektering og bygging av hus tatt for lite hensyn til lokale klimaforhold. Dette henger bl.a sammen med større aktører i byggebransjen og standardisering av hustyper. Det offentlige kan bidra til bedre klimatilpasning av bygg gjennom gode planprosesser og ved at det i større grad stilles stedsspesifikke krav til dimensjonering og valg av løsninger. Byggsektoren er kanskje det tydeligste eksempelet på at sårbarhet for framtidens klima i større grad avhenger av hvordan vi organiserer samfunnet enn av hvilke utslag endringene i klimaet vil gi.

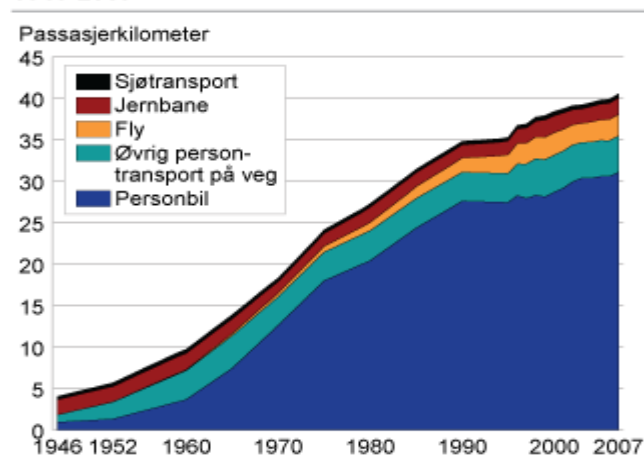
2.7 Transport og infrastruktur

2.7.1 Innledning

Siden midten av 1960-tallet har veinettet i Norge økt med nesten 40 prosent frem mot 1999 da den samlede lengden av det offentlige veinettet var på 90 880 kilometer (SSB, 2001). Siden 1965 er antall personreiser tredoblet, og vi reiser fire ganger så langt. Det er særlig mer kjøring med personbil som forklarer økningen som framgår av Figur 2-17. Næringstransporten er også endret, og kjørelengden med lastebil har økt både i omfang og lengde, mens distansene har blitt kortere for sjøtransport. Godstransport på bane og i luften er relativt sett uendret (Figur 2-18).

Figur 2-16 Antall passasjerkilometer per innbygger per dag (1946-2007)

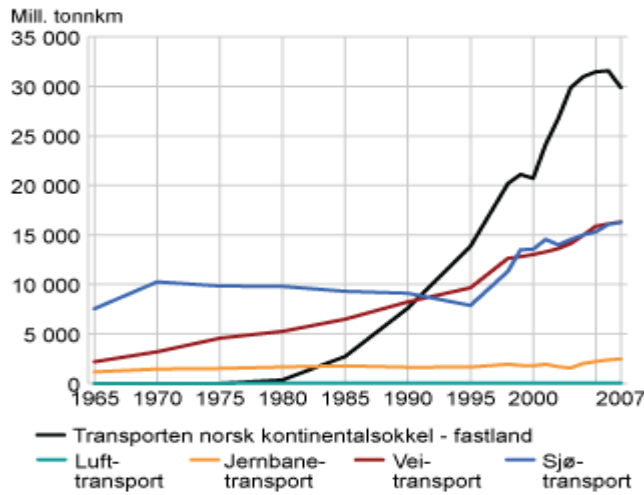
**Antall passasjerkilometer per innbygger per dag.
1946-2007**



Kilde; SSB (2009a)

Figur 2-17 Innenlandsk godstransport, etter transportmåte (1965-2007), millioner tonnkilometer

Innenlandsk godstransport, etter transportmåte. 1965-2007. Millioner tonnkilometer



Kilde; SSB (2009: tema transport)

Klimaforandringer kan medføre både positive og negative effekter for transportsektoren. Fysisk infrastruktur kan potensielt være svært sårbar for ekstremvær, og konsekvensene av ekstremvær kan være store både i form av antall som bli berørt og i økonomisk forstand (Econ Pöyry, 2006). De klimaparametre som først og fremst har betydning for veinettet er nedbør, flom, is, temperatur, havnivå og vind. I dette kapittelet skal vi presentere studier som omhandler hvilke effekter klimaforandringene kan få for infrastrukturen i transportsektoren. Effekter knyttet til atferd og reisevaner er omtalt i eget kapittel.

2.7.2 Studier om konsekvenser for sektoren

På den ene siden, kan klimaforandringene generelt øke risikoen for skader på vei og jernbane og redusere komforten for de reisende i Europa (IPCC, 2007a). Spesielt kan tilfeller av ekstremvær som oversvømmelse, skade veier og jernbanelinjer dersom dreneringssystemene ikke har tilstrekkelig kapasitet, mens sterk vind kan redusere sikkerheten i luften og på sjøen. På den andre siden, ventes mindre snø og færre tilfeller av frost, som kan redusere kostnader til vedlikehold. Mindre isdekke i de nordlige havområdene kan også øke fremkommeligheten for marin transport (IPCC, 2007a). De forventede effektene av klimaendringer for transport i Nord-Europa er positive (IPCC, 2007a)

Figur 2-18 Sammendrag av forventede effekter av klimaforandringer i Europa, forutsatt ingen tilpasning IPCC (2007a)

	Effekt	Nord
Transport	Transport	↑

Note: Vurderingen har tatt hensyn til a) geografisk grad / mennesker omfattet, b) intensitet eller grad av effekt. Antall piler (en til tre) indikerer den forventede størrelsen på endringen. Pil som peker opp (ned) indikerer positiv (negativ) effekt.

Også nasjonale studier peker på positive, så vel som negative effekter av klimaforandringer. I 2008 publiserte Cicero en rapport om ekstremvær (se **Error! Reference source not found.**

side 15), og peker på at ekstremvær kan medføre trafikk-kaos og værrelaterte hendelser kan stoppe alle typer transport i kortere eller lengre perioder. I følge Cicero (2008) kan klimaendringer gi både økte kostnader og innsparinger for transportsektoren. Høyere temperaturer kan øke risikoen for ulykker på grunn av glatte veibaner, ustabil infrastruktur, samt øke slitasjen på transportmateriell og generelt gjøre transporten mindre effektiv. Ekstreme hendelser som flom, skred og sterk vind kan føre til at trær faller over veibanen eller i jernbanesporet, med risiko for ulykker og forsinkelser. For skipstrafikken gjør stor bølgehøyde at det blir vanskelig eller umulig å legge til kai, med påfølgende forsinkelser og generelt forstyrrelse av regulariteten. Høyere temperaturer kan også redusere behovet for snørydding og salting, og muliggjøre åpne veier og havner vinterstid. Til tross for at samferdsel kan betraktes som en nøkkelsektor i samtlige nordiske land, finner Cicero (2007) at det er liten grunn til å tro at transportsektoren vil påvirkes i betydelig grad av en økning i global gjennomsnittstemperatur på 2 grader over de neste hundre årene.

En tverretattlig arbeidsgruppe med representanter fra transportetatene og Avinor har på oppdrag fra Samferdselsdepartementet og Fiskeri- og Kystdepartementet laget et arbeidsdokument om virkninger av klimaendringer for transportsektoren. Arbeidsdokumentet (Avinor m.fl., 2007) skulle inngå som grunnlagsdokument i forbindelse med regjeringens arbeid med nasjonal transportplan (NTP) 2010-2019. Arbeidsdokumentet var en oppdatering av en forstudie fra 2002 som ble utarbeidet i forbindelse med nasjonal transportplan 2006-2015. Rapporten er en kvalitativ studie av virkninger av klimaendringer for transportsektoren frem mot 2019. Arbeidsgruppen har basert sine konklusjoner på ulike globale og regionale klimascenarier mot 2100 og representerer således et gjennomsnitt av ulike politiske scenarier når det gjelder å få kontroll over utslippene av klimagasser. Blant annet har de sett på IPCCs A2, A1B og B2-utslippsscenarier (IPCC, 2000), 4 modeller fra RegClim og andre rapporter om klimaeffekter for transportsektoren.

Arbeidsgruppen har ikke drøftet ulike tiltak som reduserer utslipp av klimagasser, selv om slike tiltak vil kunne ha konsekvenser for transportsektoren. Arbeidsgruppen peker på at det er generelt stor sannsynlighet for at temperaturen og havnivået vil stige i Norge. Ekstremvær vil forekomme oftere, men i større grad i form av nedbør enn vind. Det er usikkerhet knyttet til endringer når det gjelder skred, men en moderat økning kan forventes på Østlandet og i kystregionene. Havnivået vil stige, men det forekommer store regionale endringer blant annet på grunn av ulike grad av landheving.

Arbeidsgruppen (Avinor m.fl., 2007) finner at dersom en ønsker å tilpasse seg klimaendringene, vil det kreve økte kostnader i kommende planperiode. I Nasjonal Transportplan (NTP) må det således tas hensyn til store reinvesteringer og tyngre vedlikeholdstiltak for å bringe infrastrukturen opp på et nivå som vil være robust i forhold til virkningene av klimaendringer. Dette er kostnader til reparasjon etter ødeleggelse som følge av ekstremvær som flom, ras og skred, økte kostnader til vedlikehold, oppgradering av standarder, samt styrking av beredskapsapparatet. Økt nedbør langs hele kysten, særlig langs Sørlandskysten og på Østlandet vil skape problemer for vei og jernbane. Flere vannrelaterte skred og høyere poretrykk i vei- og banekonstruksjonene vil kunne øke faren for setninger og utglidninger og vil dermed kunne redusere fremkommeligheten og fare for ulykker. Infrastrukturen for jernbane vil være utsatt for økt rasfare, vind vann i og rundt sporet og intenst snøfall. For vei gjelder særlig tiltak som for å utbrede dreneringssystemer og overbygning, samt beredskapsapparatet for å ivareta sikkerhet og trafikkavvikling når noe skjer.

Et pågående forskningsprosjekt i Statens Vegvesen skal vurdere rutiner, regelverk og kostnadene ved klimaendringer for infrastrukturen for vei og bane.²² Maritime konstruksjoner er utsatt for påkjenninger når de rammes av høye bølger. Høyere havnivå og økt mulighet for stormflo og sterk vind vil kunne forsterke slitasje og gi betydelige skader, samt hindre skipstrafikken å legge til kai. Når det gjelder lufthavner er det særlig kombinasjonen av sterk vind, spesielt sidevind, og glatte baner som er utfordringene i forhold til å opprettholde punktlighet og regularitet.

Larsen (2009) har sett på utfordringer ved klimaendringer og infrastruktur for Avinor, og peker på at klimaendringer kan få betydning for punktlighet og regularitet i lufttrafikken fordi mer ekstremvær vil føre til at lufthavner oftere må stenges. For eksempel vil ekstreme snømengder kunne øke behovet for vedlikehold og måkeberedskap, mens økt nedbør vil stille krav til drenering av over- og grunnvann. I følge Larsen (2009) er den største og mest ressurskrevende utfordringen knyttet til bølge- og erosjonssikring for sjønære lufthavner, da nesten halvparten av Avinor sine 46 lufthavner ligger mellom 3 og 15 meter over havet.

Klimaendringene vil arte seg ulikt i forskjellige regioner i Norge og i forskjellige kommuner i samme region. Dette innebærer at strategiene som velges må ta utgangspunkt i de endringene som forventes lokalt (Ciens 2007) finner at klimaendringene antas å bli en utfordring for kritisk infrastruktur, bl.a. for vei og bane, strøm og telekommunikasjon. Oversvømmelser vil forårsake driftsforstyrrelser, redusert framkommelighet og skader på infrastruktur. Dette skyldes blant annet endringer i tine-frysesyklus, økt risiko for vinterflom og økt fare for jordras og leirskred som kan få betydning for sikkerheten og redusere framkommelighet.

Andre deler av landet antas av studien å bli mer utsatt enn Osloregionen, områder med lave normalverdier for nedbør kan også være sårbare for flom og nedbør. Noen få graders temperaturøkning er ikke ventet å få store konsekvenser, men i områder med som tradisjonelt har vært kalde, kan hyppigere tine-frys-sykler forkorte veiens levetid. Langs kysten vil en temperaturøkning redusere tilsvarende nedbrytning. Muligens kan distriktene oppleve den største forverringen ettersom dimensjonering er svakere. Togsettene er dimensjonert for å takle temperatursvingninger på mellom 40 kuldegrader og 40 plussgrader, så en moderat oppvarming er ikke ventet å innebære noen vesentlig forandringer. Et mildere klima vil isolert sett kunne gi noe bedre driftssikkerhet ettersom det er sterk kulde og store snømengder som skaper problemer. Ellers er jernbanen sårbar for ekstremvær som ras, skred og flom, og på nasjonalt plan står rasforebygging og – sikring sentralt. Når det gjelder skipstrafikk og havner, vil det være store regionale forskjeller i sårbarhet ettersom landhevingen varierer. Særlig kyststrekningen fra Agder i sør til Stad i nord er ventet å få større utfordringer. I følge Ciens (2007) er det ikke etablert en nasjonal norm for havnivåstigning, og Kystverket baserer seg på forventninger fra FNs klimapanel. Tilpasning var heller ikke en integrert del av kommuneplanen i Oslo fra 2007, men en 1 meter stigninger er tatt hensyn til i planene med Fjordbyen.

I SOU (2007) fra Sverige har funnet at de klimaparametre som først og fremst har betydning for vei- og jernbanenettet er nedbør, flom, is, temperatur, havnivå og vind. I Sverige var de totale kostnader som følge av flom og skred estimert til 1200 millioner svenske kroner mellom 1995-2007. SOU (2007) finner at økt nedbør og flom kan skylle vekk veier, skade broer og øke risikoen for erosjon. Spesielt de eldre veiene er sårbare. Høyere temperaturer og økt nedbør kan øke risiko for skred, ras og erosjon. SOU forventer økte kostnader for Vägverket til forebygging og skader som følge av skred, flom og erosjon, mens mindre tele

²² "Klima og transport" er et 4 årig forskning- og utviklingsprosjekt i Statens vegvesen. Gjennom samarbeidet med Jernbaneverket er også banetransport inkludert. For mer informasjon se <http://www.vegvesen.no/Fag/Fokusomrader/Forskning+og+utvikling/Klima+og+transport>

kan gi økte eller reduserte kostnader avhengig av telens betydning for stabiliseringen. Kostnadene til vedlikehold av betongbroer ventes å minke. I tillegg til værvariablene som nevnt ovenfor er jernbanen sårbar for problemer med kraftforsyningen. Både positive og negative konsekvenser kan forventes som følge av klimaforandringene. På den ene siden kan store nedbørmengder medføre økt risiko for erosjon, destabilisering og oversvømte lavtliggende tunneler. På den andre siden kan høyere temperaturer redusere ising og skade på skinnene ("rælsbrott"). Tilsvarende effekter kan kanskje også ventes i Norge.

SOU (2007) finner at konsekvensene for luft- og sjøtransport i Sverige ikke er spesielt stor. Enkelte havner vil kunne oppleve høyere havnivå, mens andre vil oppleve bedre tilgang grunnet mindre sjøis. På grunn av økt nedbør, vil det kunne være nødvendig å utbrede dreneringssystemet for enkelte flyplasser. Det er ventet en nedgang i behovet for avising i sør og en liten økning i nord. Klimaforandringene er ikke ventet å medføre endringer i tåke. De estimerte kostnadene for skader på vei og broer på grunn av skade fra skred, ras, nedbrytning og oversvømmelse er på mellom 9 og 13 milliarder svenske kroner frem mot 2100, men kostnadene for å forebygge 50 prosent av disse ligger på 2-3,5 milliarder (SOU, 2007).

NOU (2006) "Når sikkerheten er viktigst - Beskyttelse av landets kritiske infrastrukturer og kritiske samfunnsfunksjoner" er en innstilling fra et utvalg oppnevnt ved kongelig resolusjon 29. oktober 2004. I utredningen ble samferdselssektoren vurdert som spesielt sårbar i forhold til de klimaendringer som ventes i årene fremover i forhold til forekomsten og styrken i ekstremværet. Dette vil vedrøre den løpende driften samt vedlikehold og beredskap i forhold til eksisterende infrastruktur. Utredningene refererer til hendelsene høsten og vinteren 2004 samt høsten 2005 da store deler av Vestlandskysten var utsatt for utfordringer med ekstreme nedbørmengder, flomhendelser og ras som satte både beredskap og samferdsel på prøve. Videre poengteres det at valg som gjøres i dag for investering i veier, bygninger og tekniske anlegg, vil påvirke hvilke effekter klimaendringer kan få for vår infrastruktur i lang tid fremover. I følge NOU (2006) kan vi tilpasse oss de ekstreme vær-situasjonene som følger av endringene.

Econ (2006) har gjennomført en studie; "Samfunn i endring – hva betyr det for naturskadeordningen". Studien ser på utviklingen 30 år tilbake og 30 år frem i tid for endringer i levekår, næringsgrunnlag og andre forhold som påvirker befolkningens sårbarhet for naturulykker. I følge Econ (2006) er urbaniseringen antakelig den enkeltfaktor som bidrar sterkest til å øke sårbarheten for naturskader, spesielt for flom og skredulykker, hovedsakelig fordi konsentrasjonene av mennesker, bygninger og andre objekter som kan bli skadet gjør at skadeomfanget blir større når en ulykke skjer. Klimaforandringene er ikke behandlet særskilt i rapporten, men man kan anta at sårbarhet for ekstremvær vil være relevant. Econ (2006) hevder at utbyggingen av veinettet og den økte transportmengden av gods og mennesker har gjort samfunnet mer sårbart for naturskader, ettersom det er flere veier og flere personer eller bedrifter som kan bli rammet. Samtidig betyr flere veier redusert sårbarhet i og med at hvis en vei blir tatt i et skred så finnes det som regel omkjøringsalternativer. Econ (2006) refererer til Sårbarhetsutvalget fra 2004 (NOU 2000) for dette resonnetet. Det vegnettet som er mest sårbart er kyststamvegen og stamvegnettet i Nord-Norge, ettersom veiene her ofte ligger i rasutsatte og værharde områder og ofte krysser fjorder og andre naturlige hinder. På disse stedene er omkjøringsmulighetene som regel meget begrensede, eller mangler helt (NOU 2000:24). Når det gjelder sporavhengig transport er det ikke tilsvarende muligheter for omkjøring, men det er et betydelig mindre omfang av skinneganger som kan bli ødelagt av skred mv. Øvrige transportslag er generelt sett lite sårbare overfor naturulykker i følge Econ (2006).

2.7.3 Oppsummering

I dette kapittelet har vi sett på studier som berører infrastruktur for transport, kraft og telekommunikasjon. Vi har fokusert på virkninger som knytter seg til infrastrukturen, fremfor virkninger av mulige endringer i atferd.

Transportsektoren er en nøkkelsektor i samtlige nordiske land, men i følge Cicero (2008) det liten grunn til å tro at transportsektoren vil påvirkes i betydelig grad av en økning i global gjennomsnittstemperatur på 2 grader over de neste hundre årene. For større endringer i klima, kan konsekvensene bli betydelige. Både positive og negative effekter kan ventes. I følge Avinor m.f (2007) vil klimaendringene medføre øke kostnader på grunn av nødvendige reinvesteringer, vedlikehold og styrking av beredskapsapparatet i Norge. Spesielt veiene i distriktene er sårbar for ekstremvær ettersom de er svakere dimensjonert enn sentrale veier, (Ciens (2007) og det finnes færre omkjøringsveier (NOU, 2007:24). SOU (2007) har estimert kostnadene for skader på vei og broer på grunn av skade fra skred, ras, nedbrytning og oversvømmelse i Sverige til mellom 9 og 13 milliarder svenske kroner frem mot 2100, mens kostnadene for å forebygge 50 prosent av disse ligger på 2-3,5 milliarder. Klimaendringene kan også redusere kostnader til snømåking, samt bedre driftsikkerheten for jernbane og tilgangen til enkelte havner. IPCC (2007a) finner at effektene for transportsektoren i Nord-Europa samlet sett i dette århundre vil være positive.

Sårbarheten i sektoren påvirkes positivt dersom i fremtiden vil være mange (omkjørings)veier. Sårbarheten påvirkes negativt dersom samfunnet i fremtiden er mer avhengig av handel med varer enn i dag, og omfanget av arbeidsreiser er større, kort sagt, et mer transportavhengig samfunn.

2.8 Innenlandsk turisme

2.8.1 Innledning

Statistisk Sentralbyrå definerer *reiseliv* på følgende måte: "Reiselivet omfatter personers reise og opphold utenfor det geografiske området hvor de vanligvis ferdes, og hvor hovedformålet med reisen ikke er å få lønnet arbeid på det stedet de besøker" (SSB 1995). Denne definisjonen ligger også til grunn for norsk reiselivspolitik. Dette betyr at reiseliv omfatter både yrkesreiser samt reiser i ferie og fritid og at reiseliv omfatter reiser uten at personen må overnatte utenfor fast bosted. Den norske definisjonen av reiseliv skiller seg fra den internasjonale definisjonen av turisme (tourism), der man ikke tar med yrkesreiser. Med *innenlands* reiseliv mener vi reiseliv som foregår innenfor Norges grenser, utført av nordmenn eller utlendinger. Vi har dermed ikke med nordmenns feriering i utlandet.

Reiselivsnæringen vil være ekstra utsatt og sensitiv for en rekke klimavariabler, som temperatur, antall soltimer, nedbør, storm og fuktighet, sammen med konsekvenser som for eksempel brannfare, flo og erosjon. Som en servicenæring vil reiselivet kunne tilpasse seg på klimavirkningene mange områder, for eksempel når det gjelder økende temperaturer på vinterdestinasjoner, der det er mulighet for å investere i utstyr som lager snø. Det kan naturligvis bli spørsmål om hvor bærekraftige slike tilpasningstiltak er i et lenger perspektiv, men kan bli sett på som en kortvarig løsning. En større utfordring hva gjelder tilpasning er derimot turistens tilpasningsevne, som er avhengig av den subjektive risikoppfatningen.

2.8.2 Studier om konsekvenser for sektoren

I IPCC's 4. rapport (2007) "Climate Change, Impacts, Adaption and Vulnerability" blir det fastslått at nesten alle områder i Europa vil bli negativt påvirket av fremtidige klimaendringer. Disse påvirkninger vil skape utfordringer for mange næringer, deriblant reiselivsnæringen. I Nord-Europa vil klimaendringene ha forskjellige utfall, der noen områder vil komme bedre ut av kommende klimaendringer i følge IPCC. IPCC omtaler reiselivsnæringen som en økonomisk sektor som i det siste har vært gjenstand for omfattende forskning med hensikt å forstå følsomhet for klimaendringer. Økonomisk utsatthet blir spesielt omtalt med hensyn til eksisterende ønsker og forventninger i kundemassen, dvs. turisten som avgjør hvor han vil reise på grunnlag av forventninger til å reise enten til varme plasser eller snøfylte landskap. IPCC mener imidlertid at sektorens påvirkning av klimaendringer fortsatt er et område som det finnes for lite forskning på.

Michael Hall (2007) påpeker i rapporten "Climate Change Adaptation and Mitigation in the Tourism Sector: Frameworks, Tools and Practices" problemet med et mangelfullt kunnskapsnivå om reiseliv og klimaforandringer. Den forskningen som finnes på dette området gjelder i stor grad konsekvenser i utviklingsland og små øystater. Hall ser en økende mengde forskning på reiseliv og klimaforandringer i det siste, men en betraktelig mindre del som tar opp klimatilpasning. I følge Hall har reiselivssektoren fått sin anerkjennelse i IPCC 4. rapport, samtidig som han etterlyser mer forskning og analyse innenfor det han omtaler som den globale kritiske sektoren. Videre mener Hall at reiselivssektoren er et komplekst område; for det første pga utsatthet av både direkte og indirekte påvirkninger som dessuten vil variere regionalt. For det andre fordi reiselivsnæringen er særlig utsatt for vekselvirkningene mellom klimaforhold, andre miljøfaktorer og samfunnsmessige forhold. Det lar seg vanskelig gjøre å isolere påvirkninger på reiselivsaktiviteter som følge av klimaforandringer fra andre påvirkninger på sektoren, som for eksempel fra samfunnsendringer. Om disse forhold finnes det lite dokumentert kunnskap, og det er et påtrengende behov for å utvikle kunnskapen.

I debatten omkring reiseliv og klima blir det ofte pekt på den såkalt "push-pull"-teorien, som tilsier at klimaendringer kan både ha en "push-effekt" ("dårligere" vær på hjemstedet kan føre til økte feriereiser "ut" fra hjemstedet) og en "pull-effekt" ("bedre vær" på hjemstedet kan ha den motsatte effekten, altså at ferien i større grad blir i nærheten av egen bolig) (WTO, 2003). Overført til norske forhold kan man ut fra en slik teori tenke seg at "dårligere" vær i de tradisjonelle markedene for norske ferierende (Sør-Europa kan oppleves for varm) og for kunder til det norske markedet (Alpene kan bli mindre attraktive som ferieområde om både vinteren – pga dårligere snøforhold – og sommeren, pga høy temperatur), så kan Norge samlet sett oppleve en økning i reiselivsaktiviteten samlet sett; både ved at vi får flere utenlandske turister og ved at nordmenn i større grad ferierer hjemme. Det er gjort enkelte modellstudier som antyder en global omfordeling av turiststrømmene ut fra en slik teori (se for eksempel Hamilton mfl, 2005). Det er imidlertid få studier som underbygger at en slik teori faktisk vil slå til (Gössling og Hall, 2006). De få studiene som er gjort kan til og med tyde på det motsatte (UNWTO, 2008). For eksempel viste det seg at etter hetebølgene i Europa de siste årene så gikk antall feriereiser ned, ikke opp (og da "ut av" hetebølgen) slik man kanskje kunne forventet. Den økningen som Norge har opplevd enkelte steder, bl.a. knyttet til vinterturisme, skiller seg så langt lite fra den trenden som har vært så langt. En mulig tolkning er at utviklingen innen reiselivet så langt styres av andre faktorer enn klimaendringer. En annen tolkning er at sammenhengen mellom klimatiske forhold og ferievaner er mer komplisert enn det "push-pull" teorien skulle tilsi.

Norske studier

Norges forskningsråd (NFR) har siden 1990 hatt fire *reiselivsforskningsprogrammer* – hvorav ett fortsatt pågår. Programperiodene har vært 1990-1993, 1994-1997 og 1998-2002. Det nåværende nasjonale reiselivsforskningsprogrammet har en programperiode mellom 2008-

2012. Disse reiselivsforskningsprogrammene har i den senere tid tatt opp flere tema som er av interesse i en klimasammenheng, som bærekraftig turismeutvikling, Lokal Agenda 21 og reiseliv, miljøbevisst reiseliv på Svalbard, og rollen lokal/regional matkultur har i reiselivsnæringen.

Det finnes en omfattende forskning som drøfter reiselivets avhengighet av klimafaktorer, men bare i begrenset grad studier som drøfter spesifikt spørsmålet om klimaendringer. En artikkel skrevet av Flognfeldt (2001). "Long-term positive adjustments to seasonality: consequences of summer tourism in the Jotunheimen area, Norway" er et eksempel på dette. Artikkelen drøfter reiselivets sesongavhengighet, ikke klimaendring eller -tilpasning. Artikkelen inngår i en publikasjon med flere artikler som tar for seg hvordan reiselivet blir påvirket av sesongvariasjoner. Resultatene er rettet til forskningsmiljøer, men også som et verktøy for reiselivsdestinasjoner og turoperatører for å bedre gjøre nytte av lavsesongen. Ut i fra en casestudie fra Jotunheimen presenteres forskjellige modeller basert på inntektsfordeling gjennom året og arbeidsstyrke og innsats under året. Observasjonene kan overføres til hvordan langsiktige klimaendringer vil påvirke lokalsamfunn og deres behov for omstrukturering i forhold til klimaendringer. Resultatene i artikkelen forklarer hvordan destinasjoner og operatører kan utvikles til å bli en helårsdestinasjon gjennom å utnytte arbeidsstyrken under hele året blant annet gjennom kunnskapsoverføring og forflytting mellom ulike arbeidsplasser til ulike tider på året.

Den første studien i Norge som eksplisitt drøfter spørsmålet om klimatilpasning i reiselivet er en studie gjort av Jon Teigland ved Vestlandsforskning. Artikkelen "Hvordan vær og klima påvirker reiselivs- og rekreasjonsatferd - en internasjonal kunnskapsoversikt" (Teigland, 2002) presenterer en kunnskapsoversikt der det blir lagt vekt på å klargjøre sentrale begrep og sammenhenger og kritisk drøfte metoder som har vært brukt internasjonalt. Rapporten gir oversikt over kunnskapsstatus internasjonalt om hvordan klimaendringer påvirker reiselivet generelt. Oppsummerende konkluderes det at klimaendringer vil høyst sannsynlig påvirke nordmenns reisevaner i inn og utland, og utenlandske turistenes interesse for å besøke Norge. Effektene av klimaendringer kan bli både positive og negative for reiselivsnæringen.

O'Brien, Aandahl, Orderud. & Sæther (2003) fra CICERO har publisert artikkelen "Sårbarhetskartlegging: et utgangspunkt for klimadialog" i tidsskriftet Plan der de presenterer en analyse av klimasårbarhet på kommunenivå i Norge. Utgangspunktet for analysen er at de menneskelige, økonomiske og naturmessige ressurser varierer mellom kommuner. De har brukt et utvalg av indikatorer, aggregert kommunestatistikk og scenarier. Artikkelen har et tilpasningsperspektiv og retter seg både til landbruksnæringen og reiselivsnæringen. Konklusjonene i artikkelen oppmoder politikere, planleggere og lokalbefolkningen til å redusere sårbarheten gjennom å sette i gang tiltak på region- og kommunenivå. Disse tiltak bør forme en strategi for videre arbeid på bakgrunn av utredninger.

Jon Teigland (2003) har produsert en forskningsrelatert kunnskapsoversikt gjennom "Klimaendring og norsk reiseliv: er sommerturismen på Vestlandet klimafølsom?". Rapporten bygger på 2 case-studier fra fjorddistriktene i Indre Sogn hvor meteorologiske data og turiststatistikk belyser sammenhengene mellom klima og turisttrafikken i de viktige sommerturistområdene vestpå. For å se om resultatene har mer generell gyldighet er det også gjort en komparativ studie med fjorddistriktene på New Zealand. Rapporten peker på at klimaendringer vil høyst sannsynlig påvirke norske og utenlandske turistenes interesse for å reise i Norge i framtiden. Effektene kan bli både positive og negative for reiselivsnæringen. Den negative effekten som oftest blir framhevet er at vinterdestinasjoner som ligger i områder som er utsatt for å miste snø får store utfordringer når det gjelder å omstille seg. Det behøver imidlertid ikke bety at slike områder blir økonomisk skadelidende på lang sikt. Destinasjonen Voss er et eksempel på at sviktende snøforhold har ført til to typer omstillinger: Man har

utviklet nye tilbud om sommeren (for eksempel Ekstremспортveko) og man har flyttet vinteranlegg til mer snøsikre områder (bl.a. Myrkdalen). Samlet sett har reiselivet i Voss ikke opplevd noen form for nedgang selv om snøsesongen har blitt påvirket negativt nær Voss sentrum; tvert om har Voss opplevd en vekst de senere årene. Imidlertid kan det ligge samfunnsøkonomiske kostnader i for eksempel flytting av anlegg.

I en kunnskapsoversikt, "Climate change in Norway: analysis of economic and social impacts and adaptations", skrevet av Sygna, Eriksen, O'Brien & Næss (2004) vises det til eksisterende resultater fra flere studier, og som dessuten inkluderer forskjellige modelleringsmetoder med bakgrunn i biofysikk og økonomi. Rapporten er produsert av CICERO på oppdrag av Norges Forskningsråd. Studiene bygger på integrert systemmodellering, sårbarhetsanalyse og analoge og empiriske eller statistiske analyser, det vil si at de undersøkte studiene har brukt kvantitativ metode i tillegg til aggregert scenariotilnærming, for å påvise direkte og indirekte klimapåvirkning på forskjellige samfunnsystem. Tilnærmingen tar hensyn til både naturfaglig og samfunnsfaglige perspektiver. Denne rapporten går gjennom resultatene fra flere studier av samfunnets sårbarhet overfor klimaendringer, som ble gjennomført i Norge i tidsperioden 2000 til 2004. Disse studiene hadde som mål å utvikle et metodisk rammeverk for analyse av sårbarhet og klimaeffekter; å identifisere de sårbare økonomiske sektorer og geografiske regioner i Norge og de viktigste faktorene som fører til denne sårbarheten; å identifisere sårbarhet overfor tiltak for å redusere utslipp av klimagasser; og å analysere institusjonelle strukturer som legger til rette for eller forhindrer tilpasning til klimaendringer. Resultatene viser til at klimaendringer vil ha store lokale klimavirkninger i noen regioner i Norge. Noen av disse områdene har sårbare økosystem og er økonomisk sårbare, hvilket innebærer at noen grupper innenfor reiselivet vil være ekstra utsatt for klimaforandringer.

Aall & Høyen (2005) fra Vestlandsforskning viser i artikkelen "Tourism and Climate Change Adaption: The Norwegian Case" hvordan reiselivsnæringen i Norge tilpasser seg klimaendringer og hvordan man kan styrke tilpasningstiltak. Artikkelen inngår i en publikasjon innenfor fagområdet med samtlige sentrale forskningsartikler. Målgruppen for artikkelen er aktuelle fagmiljø, næringsliv og beslutningsmyndigheter. Artikkelen har et kvalitativt og teoretisk utgangspunkt som viser til status og litteratur på området. Utgangspunktet er å diskutere klimapåvirkning på reiselivet ut i fra tre aspekt: 1) primær påvirkning, direkte påvirkning som skyldes temperaturendringer som i sin tur påvirker turistens reisebøker; 2) sekundær påvirkning som er endringer i naturforhold som i sin tur er en følge av klimaendringer; og 3) tertiær påvirkning som kommer av endringer i politiske forhold grunnet tiltak for CO₂-utslipp. Med hensyn til status henvises det til empiriske eksempler fra den norske reiselivsnæringen. Artikkelen presenterer et utvalg lokale sårbarhetsindikatorer for å plassere næringens sårbarhet i forhold til de tre aspektene ovenfor: klimaendringer, naturlig sårbarhet, sosioøkonomisk sårbarhet (som følge av klimaendringer og politiske tiltak mot CO₂-utslipp), og institusjonell sårbarhet. Disse indikatorene vil kunne fungere som verktøy for å utvikle gode tilpasningsstrategier for klimaendring.

Cicero (2008) er presentert tidligere. Konklusjonene som trekkes er i første omgang referert til vær fenomener og dess påvirkning på naturen, i tillegg til at virkningene av klimaendringer på turistsektoren i Norden vil avhenge av turistnæringens grunnlag for å tilpasse seg klimaendringer, og dra fordel av nye muligheter som kommer. Fordi turistindustrien i noen områder er avgjørende for den lokale økonomien, kan det være behov for å undersøke tilpasningsmulighetene spesifikt i slike områder.

Stefan Gössling og Michael Hall (2006) legger i et essay som vært publisert i tidsskriftet *Climate Change* frem en rekke usikkerhetsmoment ved å forutsi hvordan turistnæringen og deres reisebøker vil bli påvirket av klimaendringer. Artikkelen fokuserer på oppbygging av klimascenarier som direkte overføres til å gi visse utslag på reiselivsnæringen, uten å ta

hensyn til samfunnsendringer, politiske beslutninger eller ikke-klima parametere (som for eksempel oppfatningen av klimarisiki). Gössling og Hall henviser til flere publikasjoner som prøver å forklare turistenes handlingsmønstre som følge av vær, klima og andre faktorer, som for eksempel reisekostnader, lengde på kystlinje, økonomisk velferd etc.²³

2.8.3 Sammendrag

Vi kan forholde oss til tre kategorier av tilpassningsprosesser; den teknologiske, ledelseshåndtering, og oppførsel. Reiselivstilbyderen oftest forholder seg til de to første, mens turistene til den siste. Turistene og reiseselskaper har muligheten til å endre atferd og reise/tilbyturen på et annet tidspunkt og til andre plasser som oppfyller deres krav i en mye høyere grad enn tilbyderen. Av større betydning for reiselivet fremover har kanskje mobiliteten. Siden transporten står for en stor del av klimaproblemet, vil det samfunnet som i stort omfang utsettes for klimaendring, trolig ha et annet mobilitetsmønster enn i dag. I det minste vil transport foregå på en annen måte. Det vil skje nødvendige tilpasninger i forhold til livsstilsendring, der turistene vil kunne bytte ut langdistanseferien mot en hjemmeferie. Tilpasning innenfor reiselivet vil antakelig også føre til endringer i kostnadsnivå og priser i forbindelse med reising til utsatte områder, som både er ekstra sårbare for klimaendringer og som ofte er plasser som samtidig er avhengig av turismen og har et høyt antall tilreisende.

2.9 Helse

2.9.1 Innledning

Levealder er betraktet som en viktig indikator på helsevelferd i en befolkning og levealderen i Norge er blant de høyeste i verden og øker fortsatt (Folkehelseinstituttet, 2009)²⁴. Imidlertid har vi i flere deler av verden sett at de klimaendringer kan skape helsemessige utfordringer for berørte befolkningsgrupper, noe som i sterk grad berører levealderindikatorer. IPCC Fjerde Hovedrapport (2007) refererer til at malaria mygg har økt sin utbredelse på grunn av temperaturøkningen flere steder på kloden. Malaria får mest oppmerksomhet internasjonalt fordi sykdommen hvert år tar livet av mellom én og tre millioner mennesker. Malariasmitte er følsom overfor klimaendring – i den betydning at en global temperaturøkning på mellom tre og fem grader vil kunne gi 50-80 nye årlige malariatilfeller. Det er antydning at malaria kan spre seg til USA, Mexico, sørøstlige Brasil, Sør- og Sentral-Europa, Tyrkia, sørlige Russland, Kina og Japan i tillegg til flere afrikanske land.

Norge har 50-60 tilfeller av malaria årlig, og en del pasienter er blitt smittet av mygg som har sugd blod fra personer som er blitt smittet i utlandet. Folkehelseinstituttet antar at en smitte er lite sannsynlig i Norge fordi den aktuelle smittebærende myggen i hovedsak ernærer seg av husdyr og i liten grad er i kontakt med mennesker. Men det er likevel sannsynlig at importerte malariatilfeller vil øke når malariautsatte områder ellers i verden øker, dels på grunn av den generelle reiseaktiviteten blant nordmenn og dels på grunn av kontakt mellom innflyttede personer til Norge og deres hjemland.

²³ Se også: Impacts of climate change on travel habits: A national assessment based on individual choices (Cicero 2005)
http://www.cicero.uio.no/publications/detail.aspx?publication_id=3816&lang=NO

²⁴ Med uttrykket "levealder" menes forventet levealder ved fødselen. Det er det antall år en person kan forvente å leve under gjeldende dødelighetsforhold og er en prognose for levealderen i befolkningen.

IPCC Fjerde Hovedrapport (2007) skisserer at både vannmangel og økt frekvens av store nedbørmengder på kort tid, fører til store helseutfordringer. Tørke og flom har store negative konsekvenser andre steder i verden og det forventes at de pågående klimaendringene vil føre til økte utfordringer på bakgrunn av økt forekomst av begge fenomener.

Helseeffekter av klimaendringer i Norge er imidlertid lite undersøkt og det finnes i dag ingen helhetlige studier om dette. Noen undersøkelser er blitt foretatt på bakgrunn av at man har registrert en økning i sykdomsforekomst eller endring i for eksempel utbredelse av skadedyr (slik som flott og borreliasmitte).

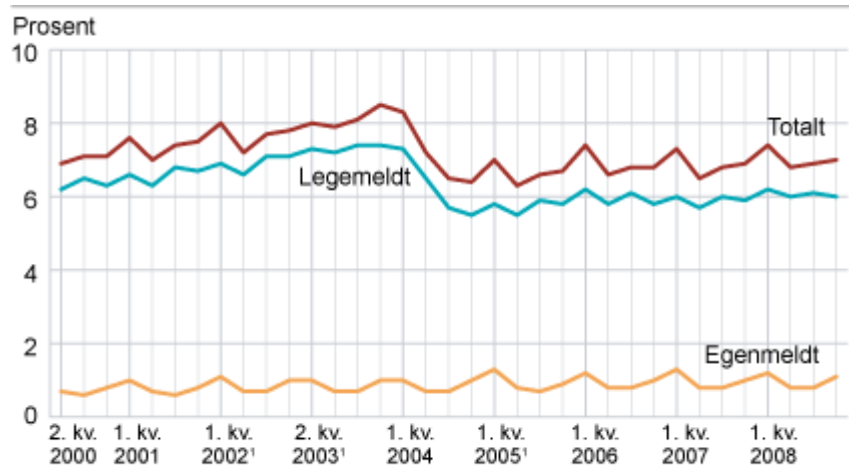
Eldre står for nær en tredel av alle innleggelser ved norske sykehus og med økt levealder og økende årskull eldre vil denne gruppen være viktige å ha et fokus på i nærmere undersøkelser om klimaendringers påvirkning av helsevelferd i Norge.

En del sykdommer øker i utbredelse her i landet. Det gjelder i hovedsak muskel- og skjelettlidelser, noen kreftformer, og psykisk betingede plager særlig blant unge. De nevnte lidelsene er i dag blant hovedårsakene til sykefravær blant arbeidstakere og uføretrygding. Sykefraværet ligger på omkring 7 prosent, målt i tapte årsverk i prosent av avtalte dagsverk (Figur 20).

I dette kapittelet skal vi se på hvilke konsekvenser klimaforandringene kan medføre for befolkningens helse. Det er i fremstillingen fokusert på de relativt få studiene som foreligger der helsemessige konsekvenser for befolkningen i Norge er skissert.

Klimaendringenes påvirkning på helse i Osloregionen er vurdert på bakgrunn av studier fra Verdens helseorganisasjon (WHO) og FNs klimapanelts siste rapport. Også Nasjonalt folkehelseinstitutt har vurdert klimaeffekter som er relevante for Norge (CIENS, 2007).

Figur 2-19 Tapte årsverk på grunn av egenmeldt og legemeldt sykefravær for arbeidstakere 16-69 år. I prosent av avtalte dagsverk. 2000-2008



¹ Tallene for 1. kvartal 2002 og 2005 og 2. kvartal 2003 er justert for påsken.

2.9.2 Studier om konsekvenser for sektoren

Mulige helseeffekter av endringer i temperatur og nedbør

Temperatur, fuktighet, endret nedbørmønster, fuktighet i jordsmonnet og økt havnivå antas å påvirke vektorbårne smittesykdommer. Både mygg, sandfluer, blodsugende snutebiller og insekter, flått, tsetseflue og svartflue antas å være følsomme overfor klimaendringer. Men smittefaren øker ikke nødvendigvis med økende temperatur. Ekstreme temperaturer vil ofte være dødelige også for smittebæreren.

En liten temperaturøkning i områder med forholdsvis kjølige områder, kan imidlertid føre til bedre forhold for smittebæreren og den smittefremkallende organismen. Det samme gjelder i prinsippet endringer i nedbør og havnivå.²⁵

Indirekte overførte sykdommer mellom mennesker forutsetter en smittefremkallende organisme, en fysisk driver, eller en såkalt biologisk vektor. Vektorbåren smitte er smitte der smitekilden ikke kan smitte direkte fra menneske til menneske eller fra dyr til dyr. Eksempler på vektorbåren smitte er for eksempel malaria – der mygg er smittebæreren, eller vektoren. Insekter regnes som viktige vektorer, men også gnagere overfører smitte, med risiko for utbrudd av epidemier. Denne typen smitte er følsom overfor klimaendringer fordi den smittefremkallende organismen og den biologiske vektoren vil trives mer eller mindre godt under ulike forhold. Smittebærere er følsomme overfor lokalklima, men også andre forhold som innvandring, transport, medisinresistens og ernæring påvirker utbredelsen av smittebærere. Det samme gjør miljøparametre som avskogning, jordbruk, vannprosjekter og urbanisering²⁶.

Borreliose, ehrlichiose og skogflåttencefalitt

Et eksempel som ofte fremheves med hensyn til helseeffekter for Norge er allerede registrert økningen av flått. Flåtten har lang vekstsesong idet den må ha 175 dager med over 5°C tillegg er flått avhengig av høy luftfuktighet. Den har vært utbredt på fra Sør-Norge til sør i Nordland langs et smalt kystbelte. Ved stigende temperaturer og økt nedbør har man registrert at vekstvilkårene for flåtten bedres. Den er en av de mest notoriske smittebærerne av infeksjonssykdommer til fe og mennesker. De mest utbredte sykdommene som overføres til mennesket er borreliose, ehrlichiose og skogflåttencefalitt (TBE). Sistnevnte kan lett forebygges med en vaksine (Ottesen, 2009).

Lindgren m. fl. (2000) har studert endringer i den nordlige grensen for flåttforekomster. De finner at det er en sammenheng mellom temperatur og utbredelse av flått. Færre dager med minimumstemperatur under minus 7 C og lengre vår og høst med minimumstemp eraturer over 5-8 C° gir økte forekomster av flått. Videre viser Lindgren og Gustafson (2001) at det er en signifikant sammenheng mellom forekomsten av (TBE) og temperaturendringer som gir gode vekstvilkår for flått.

²⁵ Prosjektet "Tilpasninger til klimaendringer i Osloregionen" er et samarbeidsprosjekt mellom Meteorologisk institutt, Norsk institutt for luftforskning, Norsk institutt for by- og regionforskning, Norges vassdrags- og energidirektorat og CICERO senter for klimaforskning. Forskerne i prosjektet har vurdert hvilke konsekvenser klimaendringer vil ha for helse, bygningsmasse, vann og avløp, og annen infrastruktur for kommuner i Osloregionen.

²⁶ Se: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/kampanjer/>

En studie av flått og borelia i USA konkluderer med at sannsynligheten for å få såkalt Lyme-sykdom (borelia) avhenger av tettheten av infiserte flått – som igjen avhenger av mengden rådyr og mus. Bestandene av rådyr og mus påvirkes igjen av tilgangen på mat for disse dyrene.

Betydelig mildere vintre, varmere somre og mer fuktig klima vil bety at livsbetingelsene for flåtten i Norge bedres betraktelig. Folkehelseinstituttet antar at flåtten vil etablere seg i de tettest befolkede områdene langs Oslofjorden og indre deler av Vestfold, Telemark og Agderfylkene, lenger innover fjordene på Vestlandet og lenger nordover i Nord-Norge. Dette kan bety flere tilfeller av Lyme-sykdommen borelia.

Folkehelseinstituttet registrerte i 2007 175 tilfeller av sykdommens andre stadium; mot 151 tilfeller året før. Pr. 20 mai 2008 er det registrert 74 tilfeller av sykdommen. Det er registrert en jevn økning i antall tilfeller de siste 5 årene (CIENS, 2007).

En forventet konsekvens av økning i denne typen sykdomsforekomster (som har vist seg vanskelig å identifisere og diagnostisere) vil være økt press på laboratorie tjenester og analysekapasitet for å kunne behandle det økende antallet smittede og gi dem adekvate helsetilbud.

Vannforurensning under flomhendelser og ekstremnedbør

Sykdomsframkallende bakterier i vann er et annet eksempel på mulige helsemessige belastninger som klimaendringene kan medføre for befolkningen i Norge. I CIENS (2007) ses det på hvordan økte nedbørmengder og flere ekstreme nedbørshendelser øker sjansene for at drikkevannskildene, matvarer og badevann blir utsatt for forurensning.

Sykdomsframkallende organismer kan overføres via drikkevann, bading eller mat, og årsaken kan være dårlig kloakkhåndtering, avløpshåndtering under ekstremregn eller andre værforhold. For eksempel kan økt temperatur forlenge sesongen eller utvide geografisk utbredelse av vannbårne sykdommer. Økt nedbør kan føre til smitte i nedbørsfelt ved at avføring fra mennesker og dyr føres med overflatevannet og siger ned i grunnvannet. Flom vil bidra til økning i vannbåren smitte. Virus kan også overføres via skalldyr og grunnvann, og indirekte kan stormer øke transporten fra avføring og vannavløp.

Tørkeperioder med lite nedbør kan også føre til helsebelastninger. Slike værforhold kan forverre personlig hygiene og føre til større press på tilgjengelige, men minkende, vannressurser.

Figur 2-20 Forventede helseeffekter ved klimaendringer i Norge

Helseeffekter av klimaendringer				
Direkte effekter				Indirekte effekter
Temperatur		Vektoroverførte sykdommer	Andre sykdommer	
Varme	Kulde			
Nordmenn sårbare pga uvant med hete, men perioder med over 35 grader antas å være sjeldne.	Mildere vintre antas å gi færre dødsfall relatert til luftveisinfeksjoner og hjerte- og karsykdommer	Lite sannsynlig at malaria vil spre seg til Norge. Skogflåtten den mest alvorlige vektor for Norge, og den antas å nå de tettest befolkede områder innover i Oslofjorden. Angrep av ikter under bading antas å øke, flere tilfeller av allergiske reaksjoner og sekundære infeksjoner.	Innslag av giftalger antas å øke. Mer diaré og forgiftninger fra muslinger. Flom og forurenset drikkevann gir infeksjoner – kolera og salmonella.	Økologisk ubalanse, tørke, flom, forurensing og katastrofer kan introdusere nye skadedyr og parasitter, og gi problemer for landbruket.

Kilde; Ciens (2007)

Lengre pollensesong ved økning i temperatur

Ved en økende middeltemperatur forventes det en lengre pollensesong i Norge. Pollenallergi er den hyppigst forekommende allergien i den norske befolkningen. Ca. 20 % av befolkningen reagerer allergisk og har behov for medisinsk behandling mot en eller flere typer pollen. Det er en sterk bekymring i fagmiljøene for den mulige økningen i antall pollenallergikere grunnet klimaendringer (Folkehelseinstituttet: www.fhi.no).

Astma forekommer nå hos ca. 20 % av barn og unge i Norge, og hos ca. 8 % av alle voksne. Det har vært en jevn økning i forekomsten av denne sykdommen de siste 40 årene

Det er langt fra alle overfølsomhetstilstander som har allergi som årsak. Hyppighet av luftveisinfeksjoner og irritasjonstilstander i luftveiene er også assosiert med dårlig inneluft, og er utbredt der det er fuktproblemer i boliger, noe man forventer en økning av på bakgrunn av forventede klimaendringer.

Mulige helseeffekter av hetebølger

I Norge har vi i dag ikke studier som viser helse effekter av hetebølger for den Norske befolkning. Imidlertid er det forventet en økning i sommertemperaturer, særlig i østlandsområdet. Erfaringer fra hetebølgen i Mellom-Europa i 2003 viser at perioder med økt sommertemperatur særlig vil berøre befolkningen i de større byene fordi tett bebyggelse gir lite avkjøling fra luft / vind.

Det er anslått en overdødelighet den sommeren på mellom 22.000 og 35.000 mennesker, og de fleste dødsfallene skjedde i Frankrike, som ble hardest rammet av hetebølgen²⁷.

Temperaturer på over + 35 grader i lengre perioder fører til store belastninger for befolkningen og særlig for eldre og uføre som er en utsatt befolkningsgruppe.

27

Schär, C. m fl. 2004. Nature, 427, 332-336.

Sigbjørn Grønås, Cicerone 2005

2.9.3 Oppsummering

Stigende temperatur og økte nedbørsmengder har et potensial til å gi helseutfordringer som i dag ikke regnes som spesielt store i Norge økt omfang. På land kan stigende temperatur og et fuktigere klima gi et bedre vekstgrunnlag for flått og vi kan komme til å se en økning i antall sykdomstilfeller av spesielt TBE.

2.10 Drikkevann og avløpshåndtering

Kvaliteten på drikkevannet er kan bli berørt i flere ledd av produksjonskjeden - fra kilde til kran - som et resultat av endrede temperatur- og nedbørsforhold. Utgangspunktet i Norge er at vi har en relativt god kvalitet på råvannet som tas inn ved vannverkene. Ved nedbør stiger fargetallene i råvannet som tas inn for behandling ved vannverkene. Farge i seg selv har ingen direkte konsekvenser for helsen, men kloring av vannet for å redusere farge kan føre til forbindelser som kan være helsemessig skadelig (Bomo m. fl.. 2008).

Vannkilder og råvannskvalitet

Ved høyere temperaturer legges forholdene til rette for fremvekst av giftige blågrønnalger. Dette er noe som først og fremst påvirker badevannskvaliteten da blågrønnalgene lett kan fjernes i vannbehandlingen på vannverkene. Samtidig vil økende nedbørsmengder innebære større avrenninger og økte fargetall i vannet. De økte fargetallene hindrer blågrønnalgens fremvekst (Folkehelseinstituttet, 2009)

NIVA har gjort en rekke studier som går på utfordringer i forbindelse med klimaendringer og vann. Tjomsland og Rohrlack (2008) ser på effektene av stigende temperatur i overflatevannet. De ser på fire norske innsjøer på Sør-Østlandet og finner at stigende temperaturer fører til et endret mønster i vannsirkulasjonen fordi vannet når sin høyeste tetthet på andre tidspunkt enn tidligere, lavere oksygenmetning om sommeren og høyere om vinteren. Når den vertikale sirkulasjonen begynner senere på høsten vil forurensning i overflatevannet være høyere enn tidligere og føre til en lavere råvannskvalitet der vanninntaket ved vannverkene ligger i overflaten (Tjomsland & Rohrlack, 2008).

En annen NIVA-studie gjort av Bomo m. fl.. (2008) peker på at krav til vannbehandling på vannverkene må endres som en følge av klimaendringer. Dette fordi kvaliteten på råvann forringes. Denne forringelsen skjer fordi mangel på stratifisering i innsjøer som følge av lengre sirkulasjonsprosesser kan øke faren for at forurenset overflatevann føres ned til inntakspunkt for drikkevannet.

Drikkevann og avløpskapasitet

Flomsituasjoner har ført til at kloakk kommer i kontakt med drikkevannskilder, hovedsaklig på grunn av manglende avløpskapasitet i nettet. Dette fører til en økende forekomst av både salmonella og giardia-smitte. Første norske tilfelle av vannboren giardia kom i Bergen i 2004. Oppblomstringen kom etter periode med mye regn og påfølgende oversvømmelse av kloakken. Samtidig førte regnet til oppbløting av beiteområder rundt vannkilden, der det beitet dyr. Bergen hadde på dette tidspunktet ikke UV renseanlegg, men dette er nå installert²⁸. Det er også registrert økt forekomst av salmonella under varmeperioder, noe som kan medvirke til at forventede klimaendringer vil forverre situasjoner med drikkevannforurensning i Norge (Folkehelseinstituttet, 2008).

²⁸ Preben Ottesen, Effekter av klimaendringer, Folkehelseinstituttet, 2008

Gjennom UV-bestråling av vannet kan parasitter som giardia og cryptosporidium fjernes. Men det er ikke mange vannverk som har installert denne typen rensesystem da det er dyrt og ressurskrevende.

Imidlertid er det også registrert problemer i forhold til innsug av kloakk og avløpsvann direkte i ledningsnettet for drikkevann²⁹. Dette skyldes at vann- og avløpsrør for en stor del ligger i samme grøft og at det foregår lekkasjer og smitte i grøftene når avløpsnettet ikke har kapasitet til å ta av for mengden med vann under intense regnskyll.

Mye av infrastrukturen innen drikkevannsforsyning og avløpshåndtering er gammel og utdatert allerede i dag (Nasjonal sårbarhet- og beredskapsrapport 2005, DSB) beregnet ut fra dagens påtrykk fra vær-relaterte hendelser samt oppblomstring av ulike typer vannbåren smitte. Med forventede klimaendringer - der nettopp nedbørshendelser og økning i middeltemperatur er viktige variabler - vil denne sektoren oppleve større utfordringer fremover i tid. Å skifte ut rør er svært kostbart og Norsk Vann gir derfor et generelt råd om å vurdere å dimensjonere opp rør på nye avløpsanlegg. Den totale økningen i kostnaden for grøfteanlegget blir ikke særlig større så stor om man velger større dimensjonering på rørene. Den positive effekten er derimot stor, et rør på 50 cm i diameter, gir femti prosent større kapasitet til å frakte vekk vann, enn et rør med en dimensjon på 40 cm (NORVAR Rapport 144,2005).

2.10.1 Oppsummering

Et varmere og våtere klima fører med seg store utfordringer for drikkevannsforsyning og avløpshåndtering. Man mangler helhetlige analyser for Norge som kan danne grunnlag for å si noe konkret om endrede føring for denne sektoren, men klimaendringene beregnes likevel til å måtte føre til strengere krav til behandling av drikkevann - fra inntak til kran – for å tilpasse sektoren til endrede klimaforhold. Særlig med tanke på samfunnets og befolkningens avhengighet av en vel fungerende vannsektor er dette av stor betydning.

2.11 Andre sektorer

2.11.1 Informasjonsteknologi

Begrepet elektronisk kommunikasjon herunder tele, IT og media og har fått stor betydning i det norske næringsliv, så vel som i de norske husholdninger. Det norske informasjonssamfunnet er karakterisert av at flere og flere tjenester tilbys over internett og at flere har tilgang til Internett. I 2008 hadde 84 prosent av den norske befolkningen tilgang til internet, IKT sektoren sysselsatte 4,7 prosent av arbeidsstokken og omkring 40 prosent av statens innkjøp foregår elektronisk (SSBe, 2009). I tillegg er det en konvergens ved at flere informasjonskanaler leveres i integrerte løsninger som for eksempel ved at internt, tv og telefoni fra en og samme fiberkabel. Ciens (2007) hevder at vår avhengighet av mobiltelefonnettet og stadig økende bruk av bredbåndstelefon, øker samfunnets sårbarhet for lange brudd i strømforsyningen. Særlig er det problematisk at dagens nødnett er avhengig av strøm og per idag kun har få timer nødstrøm.

DSB (2008) peker på at dagens nødnett samband som består av separate samband og mobilnett i politiet, brannvesenet og helsevesenet tilfredsstillende ikke dagens operative og sikkerhetsmessige krav. Justis- og politidepartementet har satt i gang utbygging av et nytt

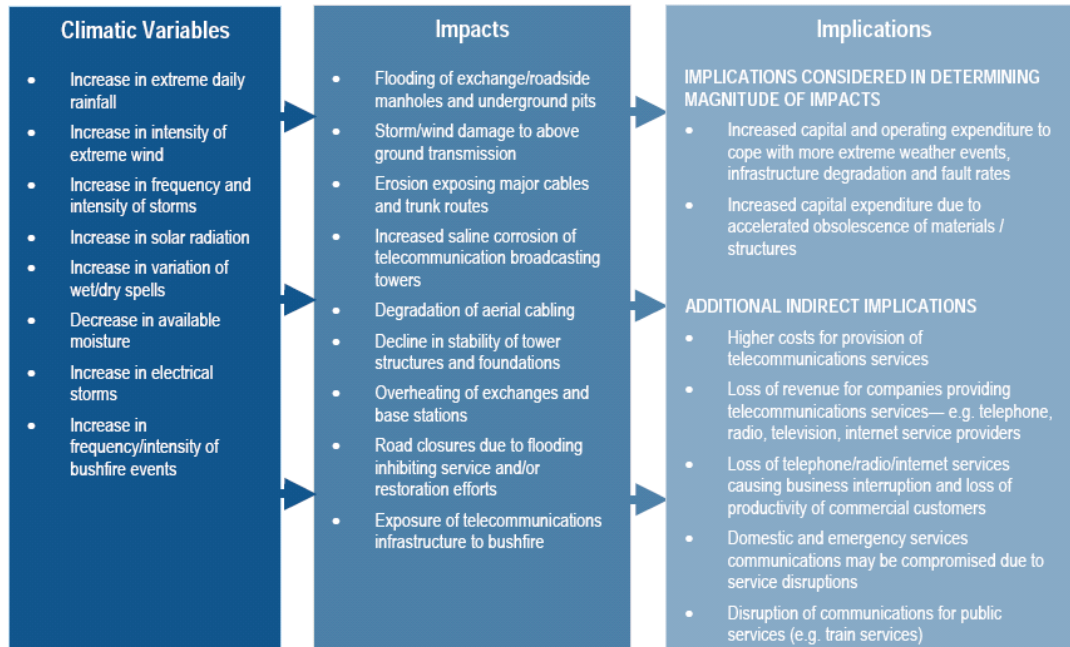
²⁹ Altså etter at vannet er ferdig renses og på vei til forbruker.

digitalt kommunikasjonsnett for nød- og beredskapssetater som er planlagt å være ferdig i 2011. På denne måten kan informasjonsteknologien være med på å redusere sårbarheten ved ekstremvær og naturskader.

I følge SOU (2007) er telekommunikasjonssektoren spesielt sårbar for ekstremvær som flom og vind som kan rive ned luftledninger, samt mangel på elektrisitet. Både fasttelefoni- og mobilnettet ble rammet av stormen Gudrun i 2005. Fasttelefoninetet var nede over flere uker i enkelte områder, mens mobilnettet var nede i timer og dager. Mobilnettet var nede på grunn av problemer med kraftforsyningen. Det svenske post- og teletilsynet finner det vanskelig å vurdere sektorens sårbarhet ettersom utviklingen i infrastruktur de siste årene har gått raskt og mye kan skje de neste ti årene. Operatørene syntes å prioritere det mobile nettet og trenden går mot færre luftledninger og mer fiberoptiske og trådløse nett som er mindre sårbare for ekstremvær. Radio- og tv-distribusjonen er ikke antatt å være like sårbar for klimaforandringer, selv om denne sektoren også er avhengig av elektrisitet.

Professor Ross Garnaut ledet på oppdrag fra statlige myndigheter i Australia, en uavhengig studie om effekter av klimaforandringer på telekommunikasjonssektoren og potensielle tiltak for å redusere sårbarheten. Garnaut (2008) ser på effekter av (menneskeskapt) klimaendring uten gjennomføring av tiltak for å redusere fremtidige utslipp. Studien ser kun på effekter for infrastrukturen og ikke på andre tilbuds- og etterspørselseffekter. Sektoren omfatter telekommunikasjon som i bredbånd, mobilnett, fasttelefoninett og teleoverføring i Australia. For å vurdere de fremtidige effektene av klimaforandringer tar Garnaut utgangspunkt i 3 scenarier for "business as usual" (U1-U3) og fire scenarier for å redusere utslipp (M1-M4). De forventede klimaforandringene i Australia er noe annerledes enn i Norge, men studien kan allikevel gi et innblikk i sektorens sårbarhet. I følge IPCC (2007a) opplever allerede Australia økt temperatur, tørke og hyppigere ekstremvær som flom, sykloner og skogbranner, og dette vil trolig forsette i tiden som kommer. viser klimavariabler, effekter og konsekvenser av klimaforandringer på IKT-sektoren. For eksempel kan økning i ekstrem vind gi skader på ledningsnettet som kan øke driftskostnadene, mens kundene kan miste forbindelsen.

Figur 2-21 Klimavariabler, effekter og konsekvenser av klimaforandringer på IKT sektoren



Kilde; Garnaut (2008)

Garnaut (2008) har vurdert og presenter risikoanalysen i en matrise for de ni ulike scenarioene i henholdsvis 2030, 2070 og 2100. Risikoen er høyest i scenarioet U3 ekstrem nedbør og flom fra 2030 og i scenarioet U1 med ekstrem tørke fra 2071. For de andre scenarioene er risikoen lav eller moderat. I U3 (varm og våt) kan store nedbørsmengder medføre skade på sendere og kabler, som gir økte kostnader i form av vedlikehold, reparasjon og brudd på forbindelsen. I dette scenarioet er det også ventet en økning i vind. Selv om kabler og antenner er bygget for å tåle relativt høye vindhastigheter, er infrastrukturen sårbar for gjenstander som kastes med vinden. U1 (varm og tørr) kan også medføre økte kostnader grunnet behovet for avkjøling av teknisk utstyr.

2.12 Sammenheng mellom klima og økonomisk aktivitet

2.12.1 Innledning

Selv om det er gjort mange studier om virkninger klimaendringer på natur og på folk og samfunn må kunnskapen om disse sammenhengene likevel betegnes som generelt dårlig. Det er betydelig usikkerhet om hvilke naturlige forandringer en bestemt endring av klimaet vil føre med seg, og det er forholdsvis lite kunnskap om hvilke økonomiske og velferdsmessige konsekvenser endringer i naturen vil få for folk og samfunn. Likevel vil tiltak for å begrense klimaendringene måtte begrunnes med referanse til konsekvensene, og det er derfor av interesse å undersøke i hvilken grad man kan etablere generelle sammenhenger mellom klima og økonomisk aktivitet.

Forsøk på å lage slike sammenhenger knytter seg til utvikling av såkalte integrerte modeller, som er globale modeller for samfunnsøkonomisk utvikling der virkninger av klimaendringer er inkludert. I disse modellene tolkes virkninger av klimaendringer som en kostnad eller en gevinst som avhenger av hvor store klimaendringene blir. Disse beregnes med referanse til et utvalg studier om de økonomiske virkningene av klimaendringer. Med bakgrunn i disse

referansestudiene, for eksempel av virkningene i ulike sektorer som landbruk eller skogbruk, beregnes den samlede kostnaden for et land eller en region. Denne uttrykkes gjerne som prosentvis endring i brutto nasjonalprodukt (BNP) ved en gitt temperaturøkning.

Den store usikkerheten om resultatene fra de studiene som ligger til grunn for disse kostnadsanslagene, samt sterkt begrenset tilgang på referansestudier, gjør at kostnadsanslagene på skadeomfanget ved klimaendringer varierer betydelig fra modell til modell. Videre er kvaliteten på anslagene ujevnt fordelt mellom verdensregioner, fordi regionene er svært ulikt representert av referansestudier. Generelt sett er Nord-Amerika, Europa og noen andre industrialiserte land forholdsvis godt dekket. Anslagene for u-land er meget svakt underbygget. De bygger gjerne på lærdom fra studier over virkninger i industrialiserte land samt noen justeringer med bakgrunn i et fåtall studier av u-land.

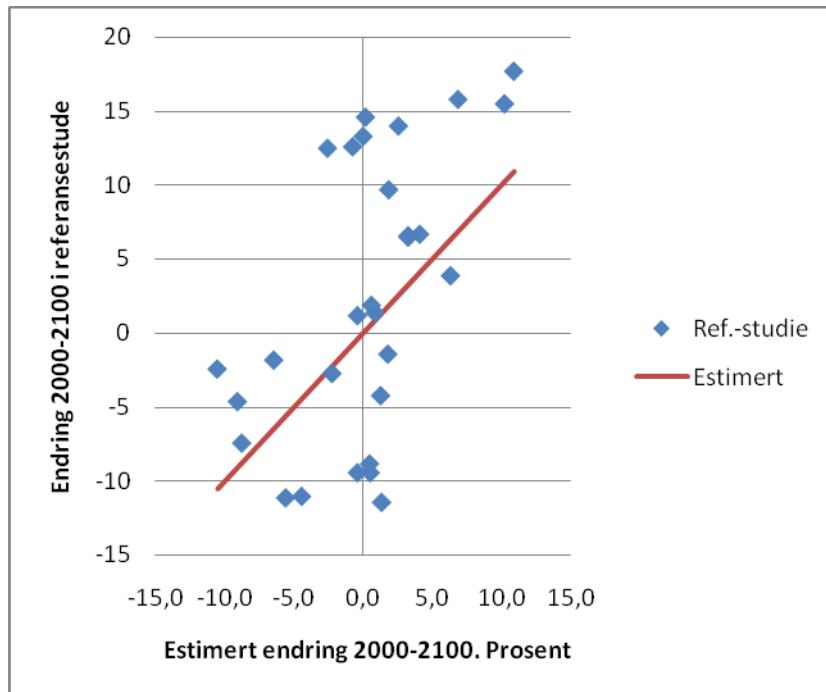
2.12.2 Studier om klima og økonomisk aktivitet

Anslag over de økonomiske virkningene av klimaendringer på verdensøkonomien fram mot 2100 varierer mellom en gevinst på om lag 0.5 prosent av global verdiskaping (global BNP) i Mendelsohn m.fl. (1998) til en reduksjon i global BNP i overkant av 2 prosent i Stern-rapporten (Stern m.fl., 2006). Anslagene varierer blant annet avhengig av hvilke virkninger som er inkludert i beregningene, i hvilken grad kostnadene er justert for tilpasning, og hvor sterk global oppvarming ventes å bli over de neste 100 år. Stern (2006) forutsetter en global oppvarming på om 3.5 – 4 °C i 2100, som er mer enn det andre studier forutsetter. Det også store variasjoner i kostnader mellom regioner. Tol (2002) har estimert kostnader for Afrika til 4.1 prosent av BNP ved 2.5 °C, mens Nordhaus og Boyer anslår 3.9 prosent. For de fleste industrialiserte land anslås kostnadene i de fleste studier mellom 0 og 1 prosent av BNP ved en global oppvarming på 2.5 °C.

Det er ikke gjort forsøk på å lage generelle sammenhenger mellom indikatorer for klimaendringer og økonomiske virkninger bare for Norge, men gjennom det EU-finansierte ADAM prosjektet inngår resultater fra studier av virkninger i Norge som "data" for å etablere slike sammenhenger for Europa (Aaheim m.fl., 2009). Til forskjell fra de fleste andre integrerte modellstudier, der virkningene kommer til uttrykk som total skade for hele økonomien, baserer den europeiske studien forsøkt å knytte aktiviteten i enkeltsektorer til endringer i såvel årlig gjennomsnittstemperatur som i årlig nedbør. Endringer i økonomisk aktivitet kan dermed beregnes med noe bredere kunnskap om klimaendringene, og virkningene for land og regioner knyttes nærmere opp mot næringsstrukturen.

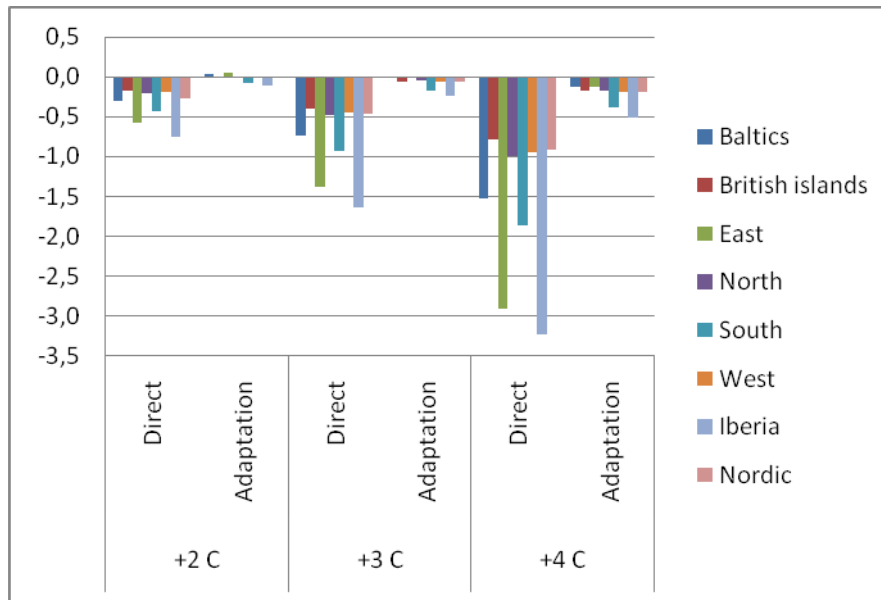
På den annen side kan man stille spørsmålsteget ved om kunnskapen er god nok til å beregne virkninger på såpass detaljert nivå. Figur 23 viser hvordan modellberegningen av sammenhengen mellom produksjon i jordbruket og virkninger av klimaendring i forhold til resultatene fra individuelle studier i alle EU land pluss Norge. Det er antatt produktiviteten reduseres med økt gjennomsnittstemperatur og øker med økt årlig nedbør. Den rette linjen representerer den beregnede virkningen, og er like stor langs den horisontale som den vertikale akse (45° vinkel). De avmerkede punktene viser modellens beregnede virkning langs den horisontale akse og referansestudiens resultater langs den vertikale. Som en ser er avvikene mellom produktivitetsendringen som anslås i referansestudiene og den beregnede produktivitetsendringen betydelig, selv om det kun er i få tilfeller at negative konsekvenser i referansestudien snus til positive konsekvenser i modellberegningen. For Norges vedkomne viser både studien og modellberegningen positiv produktivitetsendring, men modellberegningen gir mindre endring enn studien.

Figur 2-22 Modelforklart endring i landbruksproduksjon som følge av 3 graders global oppvarming i forhold til resultater i europeiske referansestudier. Aaheim m.fl. (2009)



Hensikten med modellberegningen er, utover å undersøke forklaringskraften i en generell funksjonell sammenheng, å beregne de makroøkonomiske konsekvensene av klimaendringer, gitt den kunnskapen man har om virkninger. De beregnede virkningen i Figur 23 gir uttrykk for de umiddelbare virkningene i landbruket. Modellen brukes til å anslå markedstilpasningen når alle sektorer i hele Europa opplever klimaendring. Figur 24 viser resultatet av et eksperiment, der klimaendringene skjer spontant, svarene til global temperaturstigning på henholdsvis 2 °C og 3 °C og 4 °C. De direkte konsekvensene er summen av alle virkningene beregnet ved hjelp av de estimerte modellrelasjonene. De endelige virkningene ("adaption") er endringen i BNP etter at markedet har tilpasset seg. Tallene viser resultatet av en endring som skjer "fra et år til et annet", og det er dessuten antatt at det bare er Europa som påvirkes av klimaendringer, mens resten av verden er uberørt. Det er derfor ikke de absolutte tallene som har interesse, men fortegnet og sammenlikningen mellom de ulike beregningsalterantivene og regionene.

Figur 2-23 Direkte kostnader ved økning i global middeltemperatur i Europeiske regioner med og uten tilpasning. Prosent av BNP. Aaheim m.fl (2009)



En betydelig del av kostnaden reduseres som følge av markedstilpasning. Videre gir disse beregningene en viss støtte for målet om å begrense global oppvarming til + 2 °C. Ved en så moderat klimaendringer er konsekvensene små og positive i noen regioner og negative i andre. Global temperaturøkning utover gir unisont negative økonomiske virkninger. Det er imidlertid store variasjoner mellom regioner, med størst negative konsekvenser i sørlige deler av Europa. Samtidig er det regionene i øst, som er de regionene med lavest inntekt, som drar størst nytte av markedstilpasningen. I motsetning til hva en kunne vente er de økonomiske konsekvensene i Norden negative allerede ved + 2 °C. Det er også grunn til å understreke at markedets evne til å redusere konsekvensene av klimaendringer reduseres ettersom virkningene blir sterkere: + 4 °C i stedet for +3 °C medfører en fordobling av de direkte kostnadene, mens de makroøkonomiske konsekvensene tredobles.

Referanser

- Aaheim, A, H. Amundsen, T. Dokken, T. Ericson and T. Wei (2009): *A macroeconomic assessment of impacts and adaptation of climate change in Europe*. Final deliverable A1.3b from ADAM to EC. Bussels. 48p.
- Aall, C. & Høyer, K.G. (2005) Tourism and climate change adaptation: the Norwegian case. In C.M. Hall & J. Higham (eds.) *Tourism, recreation and climate change*. London: Channel View, pp. 209–221.
- ACIA (2005). *Arctic Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press.
- Ågren, G.I., E. Bosatta, and J. Balesdent. 1996. Isotope discrimination during decomposition of organic matter: A theoretical analysis. *Soil Science Society America Journal* 60:1121 - 1126
- Alcamo, J., M. Floerke and M. Maerker, (2007): Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes. *Hydrological Sciences*, 52, 247-275. Gjengitt i IPCC (2007a)
- Avinor m.fl. (2007); Virkninger av klimaendringer for transportsektoren
En arbeidsgruppe med representater fra transportetatene og Avinor, tilgjengelig på
http://www.ntp.dep.no/2010-2019/pdf/20070627_virkninger_av_klimaendringer.pdf
- Beldring m.fl. (2006), Hydrological climate change maps of the Nordic countries based on RegClim HIRHAM and Rossby Centre RCAO regional climate model results, NVE rapport Nr 4 2006
- Bomo, A.M., Tryland, I., Tjomsland, T., Vogelsang, C. og Liltved, H. (2008). Challenges' facing the water works due to climate change. Management practices in the Nordic countries addressing these challenges. I "proceedings" fra den 6. Nordiske Drikkevannskonferansen. 2. -11. juni 2008. s 17-26.
- Brække, F.H., 2000. Norway. In Kellomäki, S., T. Karjalainen, F. Mohren and T. Lappoläinen (eds.). Expert assessments of the Likely Impacts of Climate Change on Forestry in Europe. European Forestry Institute Proceedings No.34/2000.
- Brække, F.H., 2000. Norway. In Kellomäki, S., T. Karjalainen, F. Mohren and T. Lappoläinen (eds.). Expert assessments of the Likely Impacts of Climate Change on Forestry in Europe. European Forestry Institute Proceedings No.34/2000.
- Broms, C., W. Melle and S. Kaartvedt (in press). "Oceanic distribution and life cycle of Calanus species in the Norwegian Sea and adjacent waters." *Deep Sea Research II*(available online 3 December 2008).
- Bryn, A., 2008. Recent forest limit changes in south-east Norway: Effects of climate change or regrowth after abandoned utilisation? *Norsk Geografisk Tidsskrift* 62: 251-270.
- Bryn, A., 2008. Recent forest limit changes in south-east Norway: Effects of climate change or regrowth after abandoned utilisation? *Norsk Geografisk Tidsskrift* 62: 251-270.
- Buanes, A. and J. Å. Riseth (in prep.). Tilpasning og avbøtende tiltak. NorACIA delutredning 5.
- Buanes, A., J. Å. Riseth and E. Mikkelsen (in prep.). Effekter av klimaendringer på folk og samfunn. NorACIA delutredning.
- Buanes, A., J.Å. Riseth, kommer 2009. NorACIA delutredning. Effekter av klimaendringer på folk og samfunn. Høringsutkast, april 2009.
- Cairns, D. og J. Moen, 2004. Herbivory influences tree lines. *Journal of Ecology* 92, 1019-1024. *Cell and Environment* 28: 1090-1102.
- Christensen, J.H. og O.B. Christensen, 2007: A summary of the PRUDENCE model projections of changes in European climate during this century. *Climatic Change*, 81, S7-S30.

- Cicero (2001): Virkninger av klimaendringer i Norge - Oppsummeringsrapport fra seminaret i Oslo, 30. og 31 oktober 2000
- Cicero (2003) Sosioøkonomiske virkninger av klimaendringer Metoder for å anslå virkninger på aggregert nivå med illustrasjoner fra Hordaland, arbeidsdokument
- Cicero (2008): Betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming, Nordisk Ministerråd rapport 2008.
- Ciens (2007); Tilpasninger til klimaendringer i Osloregionen, CIENS-rapport 1-2007
- Davidson, E.A., and I.A. Janssens. 2006. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. *Nature* 440:165-173.
- Drinkwater, K. F. (2006). "The regime shift of the 1920s and 1930s in the North Atlantic." *Progress in Oceanography* 68(2-4): 134-151.
- Direktorat for samfunnssikkerhet og beredskap, Nasjonal sårbarhets- og beredskapsrapport (NSBR) 2005, DSB
- EBL (2003): Kraftbalansen. Tilgjengelig fra <http://www.ebl.no/Kraftbalansen/category.php?categoryID=156&CorepublishSession=46726e00196ca857a430464a4e64d813>
- Econ (2006): Samfunn i endring – hva betyr det for naturskadeordningen?, Rapport 2006-085
- Econ (2007a); Energibærere i Norge, rapport 2007-083
- Econ (2007b); Long term power forecast – the implication of climate change, Nordic Power Quarterly Number 3 2007
- EEA (2008/04); Impacts of Europe's changing climate - 2008 indicator-based assessment, EEA Report No 4/2008, tilgjengelig på http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_4
- Eira, Nils Isak (1984): Boazobargi giela. (Reindeer management work language). Diedut 1984:1
- Eskeland, Gunnar A. and Mideksa, Torben K., (2009) Climate Change Adaptation and Residential Electricity Demand in Europe. Tilgjengelig på <http://ssrn.com/abstract=1338835>
- Finstad, A. G. (2005). Salmonid fishes in a changing climate: The winter challenge. Doctoral thesis for the degree of Philosophiae Doctor. Trondheim, Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Natural Sciences and Technology, Department of Biology.
- Finstad, A. G. and T. Forseth (2006). "Adaptation to ice-cover conditions in Atlantic salmon, *Salmo salar* L." *Evolutionary Ecology Research* 8(7): 1249-1262.
- Finstad, A. G., T. Forseth, T. F. Næsje and O. Ugedal (2005). Effekter av isdekke på vinteroverlevelse til laksunger i Altaelva. *NINA Rapport 57*. Trondheim, Norsk institutt for naturforskning.
- Flognfeldt, T. 2001. Long-term positive adjustments to seasonality: consequences of summer tourism in the Jotunheimen area, Norway. In Baum, T., Lundtorp, S. (eds) *Seasonality in Tourism*. Oxford, UK: Elsevier, 109–118.
- Folkehelseinstituttet (2009); Helsestatistikk fra folkehelseinstituttet, http://www.fhi.no/eway/default.aspx?pid=233&trg=MainArea_5661&MainArea_5661=5565:0:15,444:1:0:0::0:0&MainLeft_6039=6041:70805::1:6043:14:::0:0
- Førland, E. J. (ed.), Alfnes, E., Amundsen, H., Asvall, R. P., Benestad, R., Debernard J., Engen-Skaugen T., Hanssen-Bauer, I., Harstveit, K., Haugen, J. E., Hovelsrud, G. K., Isaksen K., Jaedicke, C., Kronholm K., Kvambekk, Å. S., LaCasce, J., Roald, L. A., Sletten, K., & Stalsberg, K. (2007). Climate change and natural disasters in Norway: An assessment of possible future changes. met.no report 6/2007.
- Førland, E.J., Roald, L.A., Tveito, O.E. & Bauer-Hanssen, I. (2000) Past and future variations in climate and runoff in Norway. DNMI Report no. 19/00

- Framstad, E., Hanssen-Bauer, I., Hofgaard, A., Kvamme, M., Ottesen, P., Toresen, R. Wright, R. Ådlandsvik, B., Løbersli, E. & Dalen, L. 2006. Effekter av klimaendringer på økosystem og biologisk mangfold. DN-utredning 2006-2.
- Fronzek, S., & Carter, T. (2007). Assessing uncertainties in climate change impacts on resource potential for Europe based on projections from RCMs and GCMs. *Climatic Change*, 81(0), 357-371.
- Fronzek, S., & Carter, T. (2007). Assessing uncertainties in climate change impacts on resource potential for Europe based on projections from RCMs and GCMs. *Climatic Change*, 81(0), 357-371.
- Gaare, E., Tømmervik, H., Bjerke, J.W. & Thannheiser, D. 2006. Overvåkning av vinterbeiter i Vest Finnmark og Karasjok: Ny beskrivelse av fastrutene. NINA Rapport 204.
- Gaasland, I. (2004). Can Warmer Climate Save the Northern Agriculture? Working Paper 16. Institute for Research in Economics and Business Administration (SNF), Bergen, 20
- Garnaut (2008); Impact of climate change on Australia's telecommunication infrastructure, Garnaut Climate change review, May 2008.
- Gössling, S. and Hall, M. 2006. Uncertainties in predicting tourist travel flows under scenarios of climate change. Editorial Essay. *Climatic Change*, 79(3-4): 163-173.
- Grace, J. 2005. Role of forest biomes in the global carbon balance, p. 19-46, In H. Griffiths and P. G. Jarvis, eds. *The carbon balance of forest biomes*. Taylor and Francis, Oxon, New York.
- Gunn, Anne og Terje Skogland, 1997. Responses of caribou and reindeer to global warming. I: W. C. Oechel, T. Callaghan, J.L. Holten, B. Maxwell, U. Molau and B. Sveinbjornsson *Global change and Arctic terrestrial ecosystems*. Ecological Studies 124. Springer-Verlag, New York, 189-200.
- Hall, Michael. (Eds.), (2008) *Key Knowledge Gaps Related to Developing Countries and Small Island States*. In: *Climate Change Adaptation and Mitigation in the Tourism Sector: Frameworks, Tools and Practices*. UNEP, University of Oxford, UNWTO, WMO: Paris, France.
- Hamilton, J.A., Maddison, D. and Richard S.J. Tolb (2005): *The Effects Of Climate Change On International Tourism*. Working paper FNU-36. Hamburg: Research unit Sustainability and Global Change, Hamburg University <http://www.fnu.zmaw.de/fileadmin/fnu-files/publication/working-papers/html1.pdf>
- Hannesson, R. (2007). "Global warming and fish migrations." *Natural Resource Modeling* 20(2): 301-319.
- Haugen, J. E. & Iversen, T. (2008). Response in extremes of daily precipitation and wind from a downscaled multi-model ensemble of anthropogenic global climate change scenarios. *Tellus*, 60A, 411-426.
- Havforskningsinstituttet (2006). Climate and fish. How does climate affect our fish resources? Focus on Marine Research No 2-2006. Bergen, Institute of Marine Research.
- Hille, J., Aall, C., Klepp, I.G. (2007): Miljøbelastninger fra norsk fritidsforbruk – en kartlegging. VFrapport 1/07. Sogndal: Vestlandforskning
- Hisdal, Hege (2009), NVE, Personlig kommunikasjon mai. 2009
- Hjermann, D. O., N. C. Stenseth and G. Ottersen (2004). "Indirect climatic forcing of the Barents Sea capelin: a cohort effect." *Marine Ecology-Progress Series* 273: 229-238.
- Hovelsrud, G. and J. West (2008). Socioeconomic consequences of climate change in fisheries: a progress report of ongoing research. Fisheries Management & Climate Change in the Northeast Atlantic and the Baltic Sea: Implications for resource management policy. Institute for Marine Research, Bergen.
- Hygen, H. O. (2008). Climatic trends in the ACTOR regions 1900-2100. met.no note 16.
- IPCC (2007). Fourth Assessment Report, Working Groups I, II and III. Available at: www.ipcc.ch

- IPCC (2007a); Intergovernmental panel of Climate Change, "fourth assessment report "Working Group II Report "Impacts, Adaptation and Vulnerability"
- Jernsletten, Nils (1994): Tradisjonell samisk fagterminologi. I: Dikka Storm, Nils Jernsletten, Bjørn Aarseth og Per Kyrre Reymert (red.) Festskrift til Ørnulv Vorren. Tromsø Museums Skrifter XXV. Tromsø Museum Universitetet i Tromsø, 234-253.
- Johansen, G. O., O. R. Godø, M. D. Skogen and T. Torkelsen (in press). "Using acoustic technology to improve the modelling of the transportation and distribution of juvenile gadoids in the Barents Sea." ICES Journal of Marine Science **66**.
- Johnsen Ø. m.fl. 2005a. Climatic adaptation in *Picea abies* progenies is affected by the maternal temperature during zygotic embryogenesis and seed maturation. – Plant,
- Johnsen Ø., Dæhlen O.G., Østreg G. & Skrøppa T. 2005b. Daylength and temperature during seed production interactively affect adaptive performance of *Picea abies*. *New Phytologist* 168: 589-596.
- Karlsen, S.R., A. Tolvanen, E. Kubin, J. Poikolainen, K.A. Høgda, B. Johansen, F. S. Danks, P. Aspholm, F. E. Wielgolaski & O. Makarova. 2008. MODIS-NDVI based mapping of the length of the growing season in northern Fennoscandia. *Int. J. Appl. Earth Observ. Geoinform*, 10: 253-266.
- Keskitalo, E. C. H. and A. A. Kulyasova (2009). "The role of governance in community adaptation to climate change." Polar Research **28**(1): 60-70.
- Kirkinen, J., A. Matrikainen, H. Holttinen, I. Savolainen, O. Auvinen and S. Syri, (2005): Impacts on the Energy Sector and Adaptation of the Electricity Network under a Changing Climate in Finland. FINADAPT, working paper 10, Finnish Environment Institute.
- Kjønaas, O.J., 2009. Endringer av karbon i skogsjord - tiltak for å forbedre dagens estimat knyttet til klimagassregnskapene. Fagnotat ved O. Janne Kjønaas, med innspill fra Gro Hysten, Holger Lange, Øystein Johnsen, Isabella Børja, Nicholas Clark, og Toril Eldhuset, Norske institutt for Skog og Landskap, februar 2009.
- Kullman, Leif (2006) Long-term geobotanical observations of climate change impacts in the Scandes of West-Central Sweden *Nordic Journal of Botany*, 24: 445-467
- Kumpula, J., Parikka, P., Nieminen, M. 2000. Occurrence of certain microfungi on reindeer pastures in northern Finland during winter 1996-97. *Rangifer* 20: 3-8.
- Lal, R. 2005. Forest soils and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management* 220:242-258.
- Landbruks- og matdepartementet, 2009. St.meld. nr. 39. (2008–2009) Klimautfordringene – landbruket en del av løsningen. Departementenes servicesenter.
- Larsen, O.M (2009); Klimaendringer og infrastruktur. Utfordringer for Avinor, Vann-01-2009. Artiklene er en redigert versjon av innlegg på seminar i regi av Norsk Vannforening, Norsk Hydrologiråd og Jernbaneverket September 2008.
- Larsson, Helen (2002). Hur påverkas fjällen av klimatförändringen ? *Boazodiehttu* 1-02 (11):6-7
- Lehner, B., G. Czisch and S. Vassolo, 2005: The impact of global change on the hydropower potential of Europe: a model-based analysis. *Energy Policy*, 33, 839-855. Gjengitt i IPCC (2007a)
- Lie, Ivar, Jan Åge Riseth og Bernt Holst (2008) Samisk reindrift i et skiftende klimabilde. Rapport 2008:8. Norut Alta, Alta.
http://www.finnmark.norut.no/norut_alta_lt/publikasjoner/rapporter/reindriffta_i_et_skiftende_klimabilde
- Linderholm H.W., Solberg B.O. & Lindholm M. 2003. Tree-ring records from central Fennoscandia: the relationship between tree growth and climate along a west-east transect. *Holocene* 13: 887-895.
- Lindgren, E., & Gustafson, R. (2001). Tick-borne encephalitis in Sweden and climate change. *Lancet*, 358, 16-18.

- Lindgren, E., Tällekliint, L., & Polfeldt, T. (2000). Impact of Climatic Change on the Northern Latitude Limit and Population Density of the Disease-Transmitting European Tick *Ixodes ricinus*. *Environmental Health Perspectives*, 108, 119-123.
- Loeng, H. and K. Drinkwater (2007). "An overview of the ecosystems of the Barents and Norwegian Seas and their response to climate variability." *Deep-Sea Research Part II-Topical Studies in Oceanography* **54**(23-26): 2478-2500.
- Lorentzen, T. (2008). "Modeling climate change and the effect on the norwegian salmon farming industry." *Natural Resource Modeling* **21**(3): 416-435.
- Lorentzen, T. and R. Hannesson (2005). Climate change and productivity in the aquaculture industry. *SNF Working Paper No. 59/05*. Bergen, SNF.
- Lyngstad, M. K. (2008). "Vi kan nok møte det, vi må jo kunne møte det" En studie av klimatilpasning i Flora kommune, med fokus på havbruksnæringen og kommunal planlegging av infrastruktur for transport. *Masteroppgave i Samfunnsgeografi*, Institutt for sosiologi og samfunnsgeografi, Universitetet i Oslo, november 2008.
- Mårell Anders, Annika Hofgaard og Kjell Danell , 2006. Nutrient dynamics of reindeer forage species along snowmelt gradients at different ecological scales. *Basic and Applied Ecology* **7** (1), 13-30.
- Medlyn, B. E., Badeck, F.-W., Pury, D. G. G. de, Barton, C. V. M., Broadmeadow, M., Ceulemans, R., Angelis, P. de, Forstreuter, M., Jach, M. E., Kellomäki, S., Laitat, E., Marek, M., Philippot, S., Rey, A., Strasse-meyer, J., Laitinen, K., Liozon, R., Portier, B., Roberntz, P., Wang, K. & Jarvis, P. G., 1999. Effects of elevated CO₂ on photosynthesis in European forest species: a meta-analysis of model parameters. *Plant Cell Envir.* **22**: 1475–1495.
- Melle, W., K. A. Mork and J. C. Holst (in prep.). "Climate, hydrography, plankton and herring of the Norwegian Sea ecosystem: a bottom-up driven system."
- Mendelsohn, R.O., W.N. Morrison, M.E. Schlesinger and N.G. Andronova (1998): "Country specific market impacts of climate change", *Climate Change* **45** (3-4), 553-569.
- Mo, B., Doorman, G., & Grinden, B. (2006). The impacts of climate change on the Nord Pool electricity market. Presented at the European Conference on Impacts of Climate Change on Renewable Energy Sources, Reykjavik, Iceland, June 5–9. Gjengitt i Cicero (2008).
- Moen, A., 1999. National Atlas of Norway: Vegetation. Norwegian Mapping Authority, Hønefoss, 200.
- Nasjonal sårbarhets- og beredskapsrapport 2005. NSBR-05. Håndtering av store hendelser og potensiell aldring i kritiske infrastrukturer . *Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap (DSB)*.
- Nærings- og handelsdepartementet (2000) St. melding 15 (1999-2000) Lønnsomme og konkurransedyktige reiselivsnæringar.
- NILF (Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning), (2008). UTSYN OVER NORSK LANDBRUK, Tilstand og utviklingstrekk 2008
- NORACIA, kommer i 2009.
- Nord (2007); Impacts of Climate Change on Renewable Energy Sources, Their role in the Nordic energy system Edited by J. Fenger Nordic Council of Ministers, Copenhagen 2007, tilgjengelig på <http://www.nordicenergy.net/section.cfm?id=1-0&path=17,49>
- Nordhaus, W.D and J. Boyer (2000): *Warming the World. Economic Models of Global Warming*. MIT Press, Cambridge, Mass.
- Nordisk Ministerråd, 2008. Betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming. Vurdering av sårbarhet og effekter av klimaendringer. TemaNord 2008:507.
- Nordisk Ministerråd. (2008). Betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming. Vurdering av sårbarhet og effekter av klimaendringer. København: Nordisk Ministerråd, TemaNord 2008:507

- Norway: analysis of economic and social impacts and adaptations. Report 2004:12. Oslo: CICERO.
- NOU (2006) "Når sikkerheten er viktigst- Beskyttelse av landets kritiske infrastrukturer og kritiske samfunnsfunksjoner" er en Innstilling fra utvalg oppnevnt ved kongelig resolusjon 29. oktober 2004. Avgitt til Justis- og politidepartementet 5. april 2006. Tilgjengelig på <http://www.regjeringen.no/Rpub/NOU/20062006/006/PDFS/NOU200620060006000DDDPDFS.pdf>
- NORVAR Rapport 144, 2005
- NVE (2009); generell informasjon om kraftproduksjon i Norge. Hentet fra www.nve.no
- O'Brien, K., Aandahl, G., Orderud, G. & Sæther, B. (2003) Sårbarhetskartlegging: et utgangspunkt for klimadiolog. Plan 5/2003:12-17.
- O'Brien, K., S. Eriksen, L. Sygna and L.O. Naess, 2006. Questioning complacency: climate change impacts, vulnerability, and adaptation in Norway. *Ambio* 35 (2): 50-56.
- O'Brien, K., G. Aandahl, G. Orderud and B. Sæther (2003) Sårbarhetskartlegging - et utgangspunkt for klimadiolog. Plan: Tidsskrift for Samfunnsplanlegging, byplan og regional utvikling, (5): pp. 12-17
- O'Brien, K., G. Aandahl, G. Orderud og B. Sæther (2003) Sårbarhetskartlegging - et utgangspunkt for klimadiolog. Plan: Tidsskrift for Samfunnsplanlegging, byplan og regional utvikling, (5): pp. 12-17
- Preben Ottesen, Effekter av klimaendringer, Folkehelseinstituttet, 2008
- Økland, B. P. Krokene og H. Lange, (2007). Klimaeffekter på granbarkbillen. *Klima* 1-2007
- Økland, B. P. Krokene og H. Lange, 2007. Klimaeffekter på granbarkbillen. *Klima* 1-2007
- Olsen, E. M., W. Melle, S. Kaartvedt, J. C. Holst and K. A. Mork (2007). "Spatially structured interactions between a migratory pelagic predator, the Norwegian spring spawning herring *Clupea harengus* L., and its zooplankton prey." *Journal of Fish Biology* **70**: 799-815.
- Oskal, A., J.M. Turi, S.D. Mathiesen og P. Burgess (editors), 2009. EALÁT Reindeer Herders' Voice. Reindeer hering, traditional knowledge and adaptation to climate change and loss of grazing land. Report number 2.2009. International Centre for Reindeer Husbandry.
- Ottersen, G. (2007). Rekrutteringssvikt hos fisken i Nordsjøen. Havets ressurser og miljø2007. M. Skogen, H. Gjøsæter, R. Toresen and Y. Robberstad. Bergen, Havforskningsinstituttet.
- Ottesen, P. S. (2009). Skogflått. Store Norske Leksikon. Hentet 28.05.09. <http://www.snl.no/skogflprosentC3prosentA5tt>
- Petorelli, N., Weladji, R.B., Holand, Ø., Mysterud A., Breie, H. & Stenseth, N.C., 2005. The relative role of winter and spring conditions: linking climate and landscapescale plant phenology to alpine reindeer body mass. *Biology Letters* 1, 24-26.
- Pruitt, William O. (1984) Snow and living things. I: Olson, R., Hastings, R. and Geddes, F. (eds.) Northern ecology and resource management: Memorial essays honouring Don Gil. The University of Alberta Press, 51-77
- Pryor, S.C., R.J. Barthelmie and E. Kjellström, 2005: Potential climate change impact on wind energy resources in northern Europe: analyses using a regional climate model. *Climate Dyn.*, 25, 815-835. Gjenngett I IPCC (2007a)
- Putkonen, J. & G. Roe, 2003. Rain-on-snow events impact soil temperatures and affect ungulate survival. *Geophysical Research Letters* 30 (4), 1188 doi:10.1029/2002GL016326.
- Regjeringen (2004); Energibruk og varmeproduksjon , tilgjengelig på <http://www.regjeringen.no/upload/kilde/oed/bro/2004/0002/ddd/pdfv/216418-kap3no.pdf>
- Riseth, Jan Åge, Hans Tømmervik, Elina Helander-Renvall, Niklas Labba, Cecilia Johansson, Eirik Malnes, Jarle W. Bjerke, Christer Jonsson, Veijo Pohjola, Lars-Erik Sarri, Audhild Schancheog Terry V. Callaghan (2008) Snow and Ice-Sami Traditional Ecological Knowledge and Science in Concert for Understanding Climate Change Effects on Reindeer Pasturing. Artikkel under review.

- Rognstad, O. og T. A. Steinset, 2008. Landbruket i Norge 2007, Jordbruk – Skogbruk – Jakt. Statistiske analyser 101. SSB
- Rognstad, O. og T. A. Steinset, 2008. Landbruket i Norge 2007, Jordbruk – Skogbruk – Jakt. Statistiske analyser 101. SSB.
- Ruong, Israel 1964. Jåhkakaska sameby (Jåhkakaska Sami village). Särtryck ur Svenska Landsmål och Svenskt Folkliv.
- Ryd, Yngve 2001. Snö – en renskötare berättar. (Snow – a reindeer manager’s narrative). Stockholm: Ordfront
- Sara, M.N., 1999. Praktisk beitebruk—tradisjonelle kunnskaper (in Norwegian). Rangifer Report 3, 93–101.
- SFT (2008/2329); Sammendrag for beslutningstakere, Bjerknessenteret for klimaforskning har på oppdrag fra SFT oversatt dette sammendraget til norsk.
- Skaugen, T.E. og O.E. Tveito, 2004. Growing-season and degree-day scenario in Norway for 2021-2050. Climate research 26:221-232.
- Skre O. m.fl. 2005. Responses of temperature changes on survival and growth in mountain birch populations. s. 87-98 i: Wielgolaski, F.E. (red.) Plant Ecology, Herbivory and Human Impact in Nordic Mountain Birch Forests. Ecological Studies, 180. Berlin: Springer-Verlag.
- Skre, O. & Nes, K. 1996. Combined effects of elevated winter temperatures and CO₂ on Norway spruce seedlings. Silva Fenn. 30: 135–143.
- Solberg B.O., Hofgaard A. Hytteborn H. 2002. Shifts in radial growth responses of coastal Picea abies induced by climatic change during the 20th century, central Norway. Ecoscience 9: 79-88
- Solberg, S. og L.S. Dalen (red.), (2007). Effekter av klimaendring på skogens helsetilstand, og aktuelle overvåkningsmetoder. Viten fra Skog og landskap 3/07
- Solberg, S. og L.S. Dalen (red.), 2007. Effekter av klimaendring på skogens helsetilstand, og aktuelle overvåkningsmetoder. Viten fra Skog og landskap 3/07.
- Solberg, S., 2007. Klimaendringer kan gi mer skogskader. Skog og landskap, Glimt 01 07.
- SOU (2007); Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter, tilgjengelig på <http://www.regeringen.se/sb/d/8704/a/89334>
- SSB (2001); Fra kjerre- til motorvei tilgjengelig på http://www.ssb.no/vis/magasinet/fire_hjul/art-2001-01-18-02.html
- SSB (2005a), Climate change and the future Nordic electricity market - Supply, demand, trade and transmission
- SSB (2005b): Klimaendringer gir lavere elektrisitetspriser og høyere forbruk i Norden, Økonomiske analyser 3/2005
- SSB (2006); Fortsatt lavt strømforbruk i husholdninger, tilgjengelig på <http://www.ssb.no/emner/01/03/10/husenergi/>
- SSB (2009a); Temaside Transport, tilgjengelig på <http://www.ssb.no/transport/>
- SSB (2009b); Temaside Energi, tilgjengelig på <http://www.ssb.no/energi/>
- SSB (2009c); Temaside Jordbruk, tilgjengelig på <http://www.ssb.no/emner/10/04/10/jordbruk/>
- SSB (2009c); Temaside Jordbruk, tilgjengelig på <http://www.ssb.no/emner/10/04/10/jordbruk/>
- SSB (2009d): Temaside Skog, tilgjengelig på <http://www.ssb.no/skog/>
- SSB (2009e): Temaside om informasjonssamfunnet, tilgjengelig på <http://www.ssb.no/ikt/>
- SSB (2009f); Temaside om helse

- SSB (1995). Norges offisielle statistikk.
- Stenevik, E. K. and S. Sundby (2007). "Impacts of climate change on commercial fish stocks in Norwegian waters." *Marine Policy* **31**(1): 19-31.
- Stern, N., S. Peters, V. Bakhishi, A. Bowen, C. Cameron, S. Catovsly, D. Crane, S. Cruickshank, S. Dietz, N. Edmondson, S.-L. Garbett, L. Hammid, G. Hoffman, D. Ingram, B. Jones, N. Patmore, h. Radcliffe. R. Sathiyarajah, M. Stock, C. Taylor, T. Vernon, H. Wanjie and D. Zenghelis (2006): *The Stern Review: The economics of Climate Change*. HM Treasury, London.
- Stiansen, J. E. (2008). Fish in the sea are affected by climate changes-now the researchers want to know how. *Northern Fisheries* 01/2008 (in "News from the Nordic fisheries cooperation", april 2008).
- Stiansen, J. E. and A. A. Filin (eds.) (2008). Joint PINRO/IMR report on the state of the Barents Sea ecosystem 2007, with expected situation and considerations for management. *IMR/PINRO Joint Report Series No. 1/2008*: 186 pp.
- Sundby, S. (2000). "Recruitment of Atlantic cod stocks in relation to temperature and advection of copepod populations." *Sarsia* **85**: 277-289.
- Sundby, S. (2006). "Klimavariasjoner, klimaendringer og virkninger på marine økosystemer." *Cicerone* 4/2006: 37-39.
- Sundby, S. and O. Nakken (2008). "Spatial shifts in spawning habitats of Arcto-Norwegian cod related to multidecadal climate oscillations and climate change." *Ices Journal of Marine Science* **65**(6): 953-962.
- Svonni, Lars G. (1983): Fjellrenskøtselns årscykel sett ur en helhetsbedømming av markbehovet och hur olika orsakskedjor styr detta behov. Umeå: SOU Report 1983: 67.
- Sygna, L., Eriksen, S., O'Brien, K. & Næss, L.O. 2004. Climate change in Norway: analysis of economic and social impacts and adaptations. Report 2004:12. Oslo: CICERO.
- Teigland, J. (2002) Hvordan vær og klima påvirker reiselivs- og rekreasjonsatferd - en internasjonal kunnskapsoversikt. Rapport 11-02, Sogndal, Vestlandsforskning.
- Teigland, J. (2003). Klimaendring og norsk reiseliv: er sommerturismen på Vestlandet klimafølsom? Rapport 6/03. Sogndal: Vestlandsforskning
- TemaNord (2008), Betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming, Vurdering av sårbarhet og effekter av klimaendringer. Cicero og COWI for Klimagruppen under Nordisk Ministerråd.
- Tilstand og utviklingstrekk 2008
- Tjomsland, T., & Rohrlack, T. (2008). Simulated effects on hydrophysics and water quality in lakes due to climate changes. NIVA Report, 5573-2008.
- Tol, R.S.J. (2002): "Estimates of the damage costs of climate change – Part II: dynamic estimates", *Environmental and Resource Economics* **21**, 135-160
- Tømmervik H. m.fl., 2004a. Vegetation Changes in the Nordic Mountain Birch Forest: the Influence of Grazing and Climate Change. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* **36**: 323–332.
- Tømmervik, H., Høgda, K.A., Riseth, J.Å., Karlsen, S.R. & Wielgolaski, F.E. 2005. Endringer i vekstsesongen i Fennoskandia og Kola i perioden 1982-2002 og betydning for reindriften. Rangifer Report 10: 89-98.
- Tømmervik, H., Johansen, B., Riseth, J.Å., Karlsen S.R, Solberg, B. & Høgda, K.A. (2009) Above ground biomass changes in the mountain birch forests and mountain heaths of Finnmarksvidda, Northern Norway, in the period 1957-2006. *Forest Ecology and Management* **257**: 244-257.
- Tømmervik, H., Riseth, JÅ, Høgda K-A, Karlsen T & Tveraa, T. (2009b) The rate of greening (NDVI-rate) in the reindeer pastures affect the carcass weights of the reindeer calves. Artikkel under arbeid.

- Tømmervik, Hans, Johansen, Bernt, Tombre, Ingunn, Thannheiser, Dieter, Høgda, Kjell-Arild, Gaare, Eldar og Wielgolaski, Frans E. 2004b. Vegetation changes in the mountain birch forests due to climate and/or grazing. *Arctic Antarctic Alpine Research*, 36: 322-331.
- Toresen, R. and O. J. Østvedt (2000). "Variation in abundance of Norwegian spring-spawning herring (*Clupea harengus*, Clupeidae) throughout the 20th century and the influence of climatic fluctuations." *Fish and Fisheries* 2000(1): 231-256.
- Torvanger, A.M., Twena, M. and Romstad, R. (2003). Climate Change Impacts on Agricultural Productivity in Norway. Draft Report, Center for International Climate and Environmental Research—Oslo (CICERO), Oslo, 34 pp.
- Torvanger, A.M., Twena, M. and Romstad, R. 2003. Climate Change Impacts on Agricultural Productivity in Norway. Draft Report, Center for International Climate and Environmental Research—Oslo (CICERO), Oslo, 34 pp.
- Tuhkanen, S. (1980): Climatic parameters and indices in plant geography. – *Acta Phytogeogr. Suecica* 67: 1-105.
- UN-ECE/FAO, (2000). Forest resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and New Zealand. UN-ECE/FAO Contribution to the Global Forest Resources Assessment 2000. United Nations. Geneva Timber and Forest Study Papers, No 17.
- UN-ECE/FAO, 2000. Forest resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and New Zealand. UN-ECE/FAO Contribution to the Global Forest Resources Assessment 2000. United Nations. Geneva Timber and Forest Study Papers, No 17.
- UNWTO (2008) *Climate Change and Tourism: Responding to Global Challenge*. Madrid, Spain.
- van Breemen N. m.fl. 1998. Impacts of elevated carbon dioxide and temperature on a boreal forest ecosystem (CLIMEX project). *Ecosystems* 1: 345-351.
- Vevatne, J. & Westskog, H. (Red.) (2007). Tilpasning til klimaendringer i Osloregionen. CIENS-rapport 1-2007.
- VF notat (2004) Institutt for kvalitetsturisme. Identifisering av eit kunnskapsfelt. Vestlandsforskning, VF notat 3/2004
- Weladji, R.B., Klein, D.R., Holand, Ø. & Mysterud, A. 2002. Comparative response of Rangifer tarandus and other northern ungulates to climatic variability. *Rangifer* 22(1): 33-50.
- Weladji, Robert B. og Øystein Holand (2003): Global climate change and reindeer: effects of winter weather on the autumn weight and growth of calves *Oecologia* 136 (2): 317-323.
- Woodward, F.I. 1987. Climate and plant distribution. Cambridge University Press.
- Wright R.F. 1998. Effect of increased CO₂ and temperature on runoff chemistry at a forested catchment in southern Norway (CLIMEX project). *Ecosystems* 1: 216-225.
- WTO (2003): *Climate Change and Tourism. Proceedings of the 1st International Conference on Climate Change and Tourism*. Djerba, Tunisia, 9-11 April 2003. www.world-tourism.org/sustainable/climate/final-report.pdf
- Zheng, D., M. Freeman, J. Bergh, I. Røsberg, P. Nilsen. (2002). Production of *Picea abies* in South-east Norway in Response to Climate Change. A Case Study Using Process-based Model Simulation with Field Validation.
- Zheng, D., M. Freeman, J. Bergh, I. Røsberg, P. Nilsen. 2002. Production of *Picea abies* in South-east Norway in Response to Climate Change. A Case Study Using Process-based Model Simulation with Field Validation.
- ACIA (2004). Konsekvenser av klimaendringer i Arktis. Sammendragsrapport, Cambridge University Press.
- ACIA (2005). Arctic Climate Impact Assessment, Cambridge University Press.

- Blom, P., T. Kvande og K. R. Lisø (2006). Moderne fasadesystemer med puss på isolasjon. Anvisning 43-2006. Oslo, Byggforsk.
- Erichsen, T. H., N. I. Bovim og J. Siem (2007). Forankring av avstivede skivekonstruksjoner av tre og trebaserte materialer Delrapport fra prosjekt 2 i FoU-programmet «Klima 2000» Prosjektrapport 2-2007. Oslo, SINTEF Byggforsk.
- Eriksen, S. E. H., C. F. Øyen, S. Kasa og A. Underthun (2007). Klimatilpasning og fuktsikring i typehussektoren. Lokalkunnskap, beslutningsprosesser, markedspåvirkning og offentlig styring. Prosjektrapport nr. 3 - 2007. Oslo, SINTEF Byggforsk.
- Geving, S., T. H. Erichsen, K. Nore og B. Time (2006). Hygrothermal conditions in wooden claddings. Project report 407-2005. Trondheim, Byggforsk.
- Groven, K. (2005). Klimasårbarhet i bustadsektoren. Lokal sårbarhetskartlegging og klimatilpassing. VF-rapport 4/06. Sogndal, Vestlandsforskning.
- Grøntoft, T. og M. Drdácý (2008). Effekter av klima og klimaendringer på den bygde kulturarven. Nedbrytningsmekanismer og sårbarhet. Oppdragsrapport 48/2008. Oslo, Norsk institutt for luftforskning (NILU).
- IPCC (2007). IPCC Fourth Assessment Report, Working Group II: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kommunal- og regionaldepartementet (2008). Ot.prp. nr. 45 (2007-2008) Om lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) (byggesaksdelen). Oslo.
- Kvande, T., K. R. Lisø og B. Time (2003). Luftede kledninger. Klimapåkjenninger, erfaringer og anbefalinger. Rapport 115-2003. Trondheim, Byggforsk.
- Kvande, T. og A. M. Waldum (2002). Erfaringar med puss som vern ved regnpåkjening. Rapport 320 - 2002. Trondheim, Byggforsk.
- Lisø, K. R. (2006). Building envelope performance assessments in harsh climates: Methods for geographically dependent design. Doctoral Thesis at NTNU, 2006:185. Trondheim, Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Engineering Science and Technology, Department of Civil and Transport Engineering.
- Lisø, K. R. (2006). "Integrated approach to risk management of future climate change impacts." Building Research and Information **34**(1): 1-10.
- Lisø, K. R. og T. Kvande (2007). Klimatilpasning av bygninger. Oslo, SINTEF Byggforsk.
- Lisø, K. R. og T. Kvande. (2009). "Norske hus tåler ikke regn." Publisert 30. mars 2009 på <http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/kampanjer/klimatilpasning-norge/bibliotek/publikasjoner/norske-hus-taler-ikke-regn-.html?id=547742>, SINTEF Byggforsk.
- Lisø, K. R., T. Kvande og J. V. Thue (2006). Learning from experience - an analysis of process induced building defects in Norway. Research in Building Physics and Building Engineering - Proceedings of the the 3rd International Building Physics Conference. Fazio, Ge, Rao og Desmarais (eds), Taylor & Francis Group, London: 425-432.
- Lisø, K. R., L. Myhre, T. Kvande, J. V. Thue og V. Nordvik (2007). "A Norwegian perspective on buildings and climate change." Building Research and Information **35**(4): 437-449.
- Meløysund, V., K. R. Lisø, H. O. Hygen, K. V. Høiset og B. Leira (2006). "Effects of wind exposure on roof snow loads." Building and Environment **42**(10): 3726-3736.
- Nordvik, V. og K. R. Lisø (2004). "A primer on the building economics of climate change." Construction Management and Economics **22**: 765-775.
- Noreng, K. (2005). Værbeskyttet bygging med Weather Protection System (WPS). Rapport 119-2005. Oslo, Byggforsk.

- Siem, J., V. Meløysund, K. R. Lisø, B. Strandholmen og O. Prestrud (2003). Snø- og vindlaster på eksisterende bygninger. Rapport 114-2003. Trondheim, Byggforsk.
- Vevatne, J. og H. Westskog (red.) (2007). Tilpasninger til klimaendringer i Osloregionen. Rapport til Klimasamarbeidet i Osloregionen. CIENS-rapport. Oslo, CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn.
- ACIA (2004). Konsekvenser av klimaendringer i Arktis. Sammendragsrapport, Cambridge University Press.
- ACIA (2005). Arctic Climate Impact Assessment, Cambridge University Press.
- Blom, P., T. Kvande og K. R. Lisø (2006). Moderne fasadesystemer med puss på isolasjon. Anvisning 43-2006. Oslo, Byggforsk.
- Erichsen, T. H., N. I. Bovim og J. Siem (2007). Forankring av avstivede skivekonstruksjoner av tre og trebaserte materialer Delrapport fra prosjekt 2 i FoU-programmet «Klima 2000» Prosjektrapport 2-2007. Oslo, SINTEF Byggforsk.
- Eriksen, S. E. H., C. F. Øyen, S. Kasa og A. Underthun (2007). Klimatilpasning og fuktsikring i typehussektoren. Lokalkunnskap, beslutningsprosesser, markedspåvirkning og offentlig styring. Prosjektrapport nr. 3 - 2007. Oslo, SINTEF Byggforsk.
- Geving, S., T. H. Erichsen, K. Nore og B. Time (2006). Hygrothermal conditions in wooden claddings. Project report 407-2005. Trondheim, Byggforsk.
- Groven, K. (2005). Klimasårbarhet i bustadsektoren. Lokal sårbarhetskartlegging og klimatilpassing. VF-rapport 4/06. Sogndal, Vestlandsforskning.
- Grøntoft, T. og M. Drdácý (2008). Effekter av klima og klimaendringer på den bygde kulturarven. Nedbrytningsmekanismer og sårbarhet. Oppdragsrapport 48/2008. Oslo, Norsk institutt for luftforskning (NILU).
- IPCC (2007). IPCC Fourth Assessment Report, Working Group II: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kommunal- og regionaldepartementet (2008). Ot.prp. nr. 45 (2007-2008) Om lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) (byggesaksdelen). Oslo.
- Kvande, T., K. R. Lisø og B. Time (2003). Luftede kledninger. Klimapåkjenninger, erfaringer og anbefalinger. Rapport 115-2003. Trondheim, Byggforsk.
- Kvande, T. og A. M. Waldum (2002). Erfaringar med puss som vern ved regnpåkjønning. Rapport 320 - 2002. Trondheim, Byggforsk.
- Lisø, K. R. (2006). Building envelope performance assessments in harsh climates: Methods for geographically dependent design. Doctoral Thesis at NTNU, 2006:185. Trondheim, Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Engineering Science and Technology, Department of Civil and Transport Engineering.
- Lisø, K. R. (2006). "Integrated approach to risk management of future climate change impacts." Building Research and Information **34**(1): 1-10.
- Lisø, K. R. og T. Kvande (2007). Klimatilpasning av bygninger. Oslo, SINTEF Byggforsk.
- Lisø, K. R. og T. Kvande. (2009). "Norske hus tåler ikke regn." Publisert 30. mars 2009 på <http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/kampanjer/klimatilpasning-norge/bibliotek/publikasjoner/norske-hus-taler-ikke-regn-.html?id=547742>, SINTEF Byggforsk.
- Lisø, K. R., T. Kvande og J. V. Thue (2006). Learning from experience - an analysis of process induced building defects in Norway. Research in Building Physics and Building Engineering - Proceedings of the the 3rd International Building Physics Conference. Fazio, Ge, Rao og Desmarais (eds), Taylor & Francis Group, London: 425-432.

- Lisø, K. R., L. Myhre, T. Kvande, J. V. Thue og V. Nordvik (2007). "A Norwegian perspective on buildings and climate change." Building Research and Information **35**(4): 437-449.
- Meløysund, V., K. R. Lisø, H. O. Hygen, K. V. Høiseth og B. Leira (2006). "Effects of wind exposure on roof snow loads." Building and Environment **42**(10): 3726-3736.
- Nordvik, V. og K. R. Lisø (2004). "A primer on the building economics of climate change." Construction Management and Economics **22**: 765-775.
- Noreng, K. (2005). Værbeskyttet bygging med Weather Protection System (WPS). Rapport 119-2005. Oslo, Byggforsk.
- Siem, J., V. Meløysund, K. R. Lisø, B. Strandholmen og O. Prestrud (2003). Snø- og vindlaster på eksisterende bygninger. Rapport 114-2003. Trondheim, Byggforsk.
- Vevatne, J. og H. Westskog (red.) (2007). Tilpasninger til klimaendringer i Osloregionen. Rapport til Klimasamarbeidet i Osloregionen. CIENS-rapport. Oslo, CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn.

3 Virkninger for folk og samfunn av naturskader

Folk og samfunn vil bli påvirket av klimaendringer utover de endringene i næringsgrunnlaget som er omtalt i kapittel 2. I dette kapitlet behandles direkte konsekvenser for samfunn og velferd av endringer i naturen i kjølvannet av klimaendringer, og som vi gjerne forbinder med naturskader. Dette er hendelser som også inntreffer i dag, slik som naturulykker med konsekvenser for folk og samfunn. Klimaendringer kan imidlertid medføre endring i hyppighet og styrke. Andre endringer i naturen medfører endring i forhold som i dag tas for gitt, som for eksempel havnivå eller artsmangfold.

Konsekvensene av naturskader går på tvers av de sektorene som er omtalt i kapittel 2. En betydelig del av de økonomiske konsekvensene er skader på realkapitalen, som bygninger og infrastruktur, men også økonomisk aktivitet kan bli skadelidende, for eksempel ved at virksomheten må stenge som følge av reparasjonsarbeider og liknende. Endringer i naturen har imidlertid konsekvenser langt utover det som kan regnes om i økonomiske kostnader. De kan føre til skade på og tap av menneskeliv, og ellers virke inn på folks egen opplevelse av velferd gjennom tapte muligheter eller økt utrygghet.

3.1 Havnivåstigning

Norges kyst er omtrent 83 281 km langt (Statkart, 2009), og de fleste nordmenn bor ved kysten. Mye av næringsvirksomheten i Norge er knyttet til havet gjennom sektorer som 1) olje- og gassvirksomheten, 2) fiskeri og oppdrettsfiske, og 3) skipsfart og skipsbygning (se tabell 1). Havet utgjør også en viktig økonomisk ressurs.

Havrelaterte Næringssektorer	Verdi		Prosent	
	2007	2008	2007	2008
Bruttonasjonalprodukt	2277111	2548322	100	100
Fiske, fangst og fiskeoppdrett	11581	9796	0,51	0,38
Utvinning av råolje og naturgass, inklusiv tjenester	500013	665390	21,96	26,11
Bygging av skip og oljeplattformer	26139	31262	1,15	1,23
Utenriks sjøfart	35918	33820	1,58	1,33
<i>Totalt</i>			<i>25,19</i>	<i>29,05</i>

Tabell 3.1. Bruttoprodukt etter havrelatert næring i basisverdi og prosent av GDP. Løpende priser. Millioner kroner (tall hentet fra www.ssb.no, 9.juni.2009)

Havnivåstigning representerer en betydelig utfordring i mange lavtliggende land og øygrupper. I havet utenfor Norge er varmeopptaket fra lufta mer effektivt enn gjennomsnittet for hele verden, noe som kan bidra ekstra til havnivåstigning her. På den annen side stiger også landet etter siste istid. Mens det globale havnivået har steget om lag 120 meter siden siste istids maksimum, for ca. 20.000 år siden, har landnivået hevet seg i Norge etter at innlandsisen trakk seg tilbake og vekten av den forsvant.

Virksomheter av klimaendringer

Landet hever seg fortsatt etter siste istid. Som vist i tabell 2.2 er den største ved indre Oslofjord og på vestkysten. Ved moderate utslipp av klimagasser kan landhevingen bli større enn den projiserte havnivåstigningen, mens havnivåstigning vil kunne registreres ved høyere utslipp. Alt i alt antas imidlertid ikke stigning i havnivå å utgjøre et stort problem for Norge. Landets topografiske og geomorfologiske trekk, med relativt bratt kystlinje og en kyststripe som er motstandsdyktige mot erosjon, gjør oss heller ikke spesielt sårbare fra naturens side.

Norske kystbyer	År 2050				År 2100			
	Landheving	Midlere havstigning			Landheving	Midlere havstigning		
		A2	A1B	B1		A2	A1B	B1
Bergen	8	23	25	23	17	73	72	60
Bodø	18	14	15	13	36	54	53	41
Fredrikstad	19	13	14	12	38	52	50	38
Kirkenes	15	16	18	16	30	60	58	46
Kristiansand	8	23	25	23	16	74	72	60
Narvik	23	8	10	8	47	43	42	30
Oslo	24	7	9	7	49	41	40	27
Sogndal	8	24	25	23	16	74	72	60
Stavanger	6	26	27	25	12	78	77	65
Svolvær	13	18	20	18	27	63	62	50
Tromsø	13	18	20	18	27	63	62	50
Trondheim	24	7	9	7	48	41	40	28
Vadsø	13	19	20	18	26	64	62	50
Ålesund	9	22	24	22	19	71	70	58

Tabell 3. 2. Beregnet middel havstigning for tre klimascenarioer. Angitt landheving (i cm) er inkludert i tall for havstigning. De tre scenariene for globale klimagassutslipp A2, A1B og B1 er basert på IPCC (2007). Tallene for landheving er fra Vestøl (2006). (Kilde: Drange et al. 2007)

Virksomheter for folk og samfunn

Økt Konsekvensene av havnivåstigning kan ikke vurderes uavhengig av muligheten for stormflo, som behandles i kapittel 2.2. Kombinasjonen av havnivåstigning og stormflo kan få økonomiske så vel som sikkerhetsmessige konsekvenser, for eksempel i form av skade på infrastruktur for fiskeri- og havbrukssektoren (Buanes *et al.*, unpubl.; Aunan og Romstad, 2008:405; Loeng, 2008:23), økte skader, sikkerhetsrisiko og økt beredskap på boreplattformer og i skipsfart og problemer i vann- og avløpssystemet.

Scenariene for havnivåstigning som ble presentert i fjerde hovedrapport fra FNs klimapanel (IPCC, 2007) tilsier at Norge ikke vil oppleve alvorlige følger av havnivåstigning før mot slutten av dette århundret. Ved sterk global oppvarming kan da endring i høyeste stormflo komme om mot 50 til 90 cm. Dette forutsetter imidlertid at man unngår en dramatisk

nedsmelting av innlandsisen på Grønland og/eller Antarktis i dette århundret (Groven *et al.*, 2008).

Bjerknessenteret (2008) har på oppdrag for Sekretariatet for klimatilpasning v/DSB, utarbeidet en rapport om framtidig havnivåstigning i norske kystkommuner. De har estimert havnivåstigning og mulig stormflonivå i 2050 og 2100 for hver enkelt kommune, korrigert for antatt landheving i samme periode (tabell 3.3). Det er knyttet stor usikkerhet til resultatene, både om framtidig havnivåstigning og om landhevingen. De siste satellittmålingene viser en økning på vel 3 mm i året (IPCC, 2007), mens det i perioden 1891 til 1990 i gjennomsnitt har vært en økning på ca. 1,4 mm i året, noe som kan tyde på en akselerasjon de siste 15 til 20 årene. Det ventes at havnivåstigningen vil tilta mot slutten av dette hundreåret. Det er et problem at mange av modellene som er brukt ikke kan forklare den havnivåstigning som faktisk er observert historisk, og det gir grunn til å tro at havnivået vil stige mer enn det modellberegninger tilseir. Denne usikkerheten er imidlertid tatt med i beregningene som ligger til grunn for dataene i Bjerknessenteret s (2008) rapport.

Norske kystbyer	År 2050				År 2100			
	Havstigning (cm)		Stormflo (cm)		Havstigning (cm)		Stormflo (cm)	
	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.
Bergen	15	30	172	187	57	90	219	252
Oslo	0	15	185	200	25	58	215	248
Stavanger	18	33	139	154	61	94	187	220
Tromsø	10	25	215	230	47	80	257	290
Trondheim	0	15	253	268	26	59	284	317

Tabell 3.3. Øvre og nedre verdier for havstigning og stormflo med alle usikkerheter (tabell hentet fra: Bjerknessenteret, 2008.)

Særlig sårbare grupper/steder, vurderinger av konsekvenser og utfordringer knyttet til tilpasning.

Plan- og bygningsloven pålegger kommunen å etablere forholdsregler mot naturskader, og gjennomføre sikringstiltak. Statens naturskadefond kan også gi støtte til sikringstiltak. Dessuten kan det søkes om bistand til sikring fra Norges Vassdrags- og Energivesen. Skade som kan knyttes til havnivåstigning kan regnes som naturskade, og det er derfor kommunene som har ansvaret for det forebyggende arbeidet. Naturlig tidevann er større i Nord-Norge enn i Sør-Norge, og i de nordligste fylkene har man tradisjonelt ikke bygd så nær sjøen som lenger sør i landet. Nordnorske kommuner kan derfor være mindre sårbare enn kommuner i sør, særlig langs kysten fra Lindesnes til svenskegrensa (Groven *et al.*, 2008).

Aunan og Romstad (2008) konkluderer at

Enkelte områder på Sør Vestlandet er imidlertid lavtliggende og består av erosjonsutsatte sedimenter. Det faktum at aktiviteter knyttet til havet og kysten som sådan er en viktig bærebjelke for en del kystbyer og tettsteder, gir grunn til å anta at havnivåstigning kan få økonomiske konsekvenser her. På Vestlandet og i Nord-Norge vil trolig deler av lavtliggende infrastruktur, som veier, broer og ferjeleier, være utsatt i forbindelse med en havnivåstigning, spesielt hvis denne sammenfaller med økt risiko og høyde av stormflo.

De potensielle økonomiske kostnadene forbundet med å bygge om og flytte infrastruktur og andre konstruksjoner i disse regionene, kan bli betydelige.

De peker på behovet for å utarbeide nye teknikker og materialer som er mer motstandsdyktige mot vann og stormskader

I Sørøst-Norge kan det oppstå problemer ved vann og avløp på grunn av økningen i havnivå. Fredrikstad er en av kommunene som har hatt mest stormfloskader. Det er anslått at stormflonivået i 2100 der kan ligge på mellom 186-217 cm over kote null på landkart, mens høyeste registrerte stormflo i Fredrikstad var 138 cm over landkartnull (Groven *et al.*, 2008).

For å minske problemer og skade i vann- og avløpssektoren må planer for overflatevannshåndtering og avløpsdimensjonering, drikkevannsforsyning osv. tilpasses havnivåstigning og stormflorisiko. Tiltak som bør vurderes er 1) å endre dimensjonering av avløpsrør, 2) endre overflatebehandling 3) sikre at overvann, avløpsvann og kloakk ikke blandes og skaper forurensning av grunn- og drikkevann, 4) sikrere lokalisering av vannpumper, 5) forbedre rutiner og beredskap for åpning av tette kuverter og andre avløpsveier (Vevatne, 2006). SFT's veileder om avløp fra 2007 anbefaler i tillegg en forbedret kartlegging og analyse av konsekvensene av klimaendringene, valg av tiltak for å hindre økt forurensning (for eksempel redusere tilrenningen ved hjelp av infiltrasjon, forsinke og dempe flomtopper, fordrøye i selve avløpssystemet, øke rør kapasiteten nedstrøms flaskehals og overløp, lage overløp med rensfunksjon og installere fordrøyingsvolum) og justering av kommunale planer og retningslinjer slik at nye utfordringer og behov reflekteres.

Flere kommuner er i ferd med å kartlegge sin klimasårbarhet innenfor prosjektet *Framtidens byer* (2009-2014). Det utarbeides nå konsekvensutredninger og handlingsplaner som skal gi detaljerte råd til kommunal planlegging og myndighetsutøvelse til å forberede seg på fremtidens klimaendringer. Planene omfatter blant annet

”avløpssystemene hvor tilbakestuvingseffekter kunne bli omfattende. Havstigning og økte regnintensitet vil både hver for seg og i kombinasjon gi en progressiv økning av overløpsutslipp fra regnvannsoverløp på fellessystemet. Økte forurensningsmengder til fjorden samt tilbakeslag i bygninger blir følgene. Omfang av dette skal avklares ved hjelp av en avløpsmodell. Aktuelle avbøtende tiltak på selve overløpene på kort (30-50 år) og lang (100 år) sikt skal også utredes. Økning i stormflo vil kunne ha konsekvenser for bygninger og kaier. Analysen skal avklare hva som blir berørt av eksisterende bebyggelse, og i tillegg være grunnlag for utarbeidelse av en strategi for høydefastsettelse for ny bebyggelse” (Trondheim kommunens handlingsplan, 2008-2014).

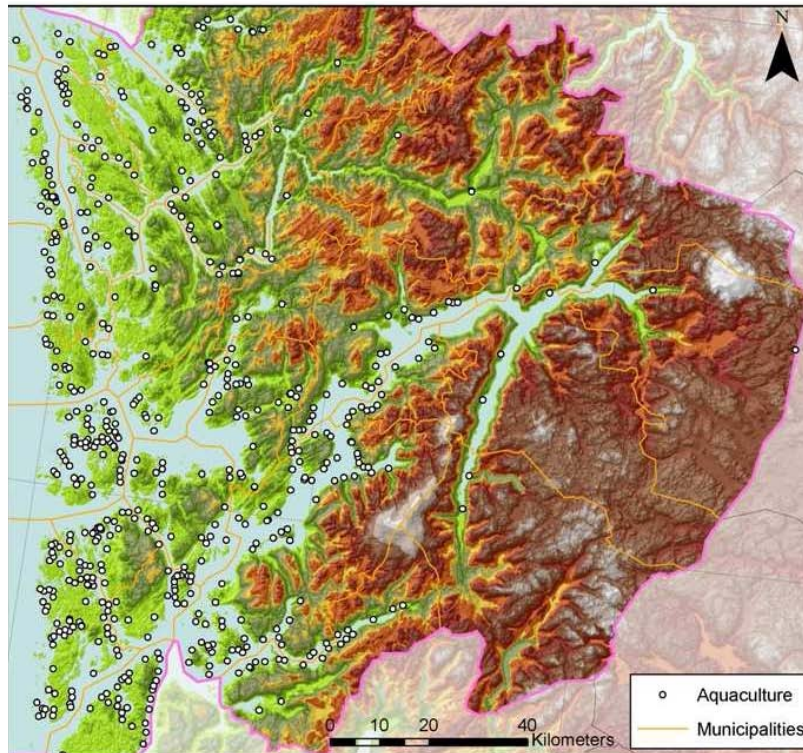
Også Stavanger/Sandnes Handlingsprogram, *Framtidens byer* (2009) nevner havnivåstigning som en utfordring, men går ikke i detalj inn på problemområder eller tiltak. I en studie av flomskader for Fredrikstad og Bergen i Lindholm *et al.* (2007) konkluderes det imidlertid med at dobbelt så mange bygninger vil flomskades etter klimaeffektene som i nåværende situasjon.

Flere kommuner har satt i gang ROS-analyser som en del av klimatilpasningsarbeidet. Kartleggingen av sårbare områder er i full gang og flomsonekart er tilgjengelige for hele Norge (www.klimatilpasning.no>kart). Kommunene arbeider med en handlingsplan som beskriver problemområder og drøfter mulige tiltak. I en rapport fra Meteorologisk institutt for Bergen (Kvamme og Reistad, 2006) presenteres det estimater for 2100 i fem kategorier. Det går fram at store deler av Bergen kommune er utsatt, noen områder med opp til 3,9 m høye bølger.

Prosjekter som MARE (Managing Adaptive responses to Changing flood risk in the North Sea region: 2009-2012, www.mareproject.eu) tar utgangspunkt i klimaendringer, urbanisering

og andre forhold som gir økt flomfare, og har som mål å komme opp med nye bærekraftige tilnærminger for håndtering av flomrisiko og avbøtende tiltak i denne sammenheng. Det vil bli utviklet en overnasjonal tilnærming til vassdragsforvaltning som tar lokale forholdsregler for flomrisiko med bakgrunn i flomdirektivets krav. Prosjektet vil også ta opp hvordan risiko for flom og beredskapsopplegg skal kommuniseres til de som er utsatt og hvordan beboere og næringsliv skal involveres. Samarbeid mellom Bergen kommune og Nansen-Bjerknessenteret står sentralt i gjennomføring av prosjektet.

Ved siden av vann- og avløpsproblematikk er også akvakultur utsatt ved havnivåstigning. Oppdrettsfisk utgjør en betydelig del av norsk eksport, og i enkelte kommuner er denne næringen meget viktig (se figur 3.4: Hordaland kommune). Mange oppdrettsanlegg flyter på vannet, men en del anlegg er festet til land. Det er særlig de landfestede anleggene som kan bli utsatt for økte kostnader i forbindelse med skade og endringer. Den største produksjonen av oppdrettsfisk finner sted i Hordaland, som kjennetegnes ved en lang kystlinje og mange små øyer, noe som gjør fylket særlig sårbart for havnivåstigning eller kombinerte effekter.



Figur 3.4. Fiskeoppdrettsanlegg i Hordaland kommune som kan bli påvirket av havnivåøkningen (kilde: Antonijevic og Lucas, upubl.: http://gomer.uib.no/website/SLR/docs/SLR_Paper.pdf)

3.1.1 Oppsummering

Norge som nasjon er trolig lite sårbar for havnivåstigning i den størrelsesorden som omtales i tilgjengelige scenarier for dette århundre (inntil 1 m). Enkelte lavtliggende områder på Sørvestlandet kan imidlertid være erosjonsutsatte. Kombinerte effekter av havnivåstigning og stormflo, økt bølgehøyde og ekstremvær gjør noen næringer og områder sårbare. Det gjelder spesielt sikkerhet i fiskeri, skipsfart og olje- og gassvirksomhet, akvakultur, infrastruktur og vann og avløp til lavtliggende byer.

På Vestlandet og i Nord-Norge vil trolig deler av lavtliggende infrastruktur, som veier, broer og ferjeleier, være utsatt i forbindelse med havnivåstigning, spesielt hvis denne sammenfaller

med økt risiko for og høyde av stormflo. De potensielle økonomiske kostnadene ved å bygge om og flytte infrastruktur og andre konstruksjoner kan bli store. Det er også knyttet kostnader til økt beredskap på boreplattformer og i skipsfart på grunn av kombinerte effekter av havnivåstigning og ekstremvær. Det er ikke funnet dokumentasjon på spesifikke tilpasningsstrategier til havnivåstigninger, eventuelt kombinert med stormflo og ekstreme vær hendelser fra sentrale myndigheter. Det forekommer ansatser til slike tilpasningsstrategier på lokalt nivå, se kap. 2.2.1 om stormflo.

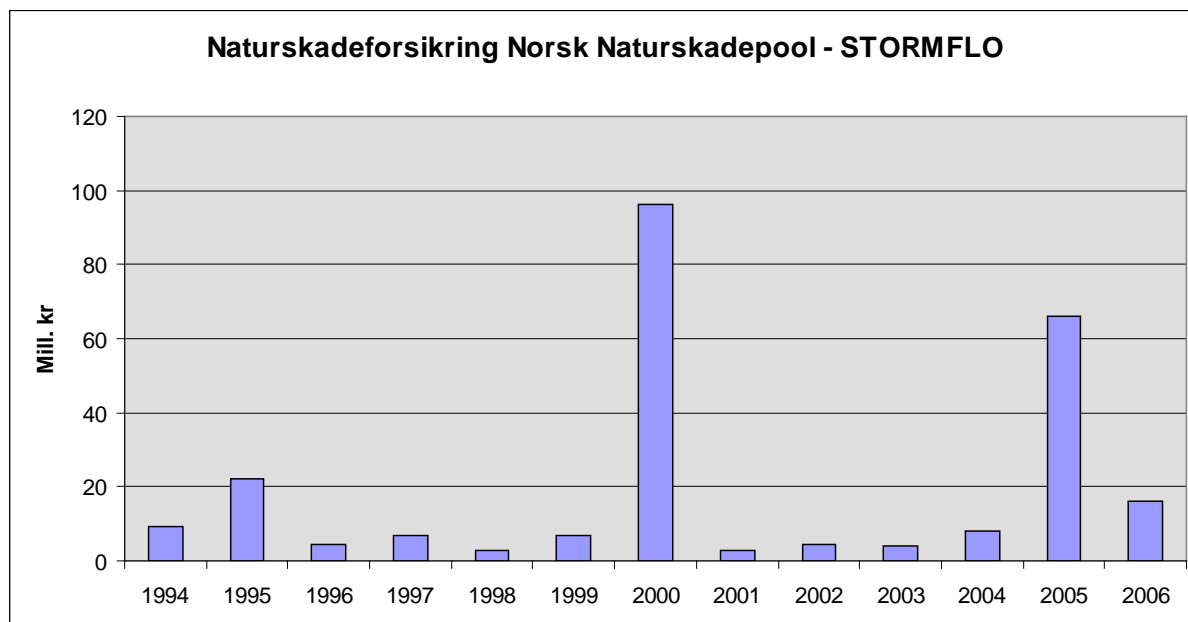
3.2 Virkninger av ekstremvær

3.2.1 Stormflo

Stormflo er ekstremt høy vannstand i sjøen, og oppstår som en kombinasjon av astronomiske / gravimetrisk faktor (springflo pga tidevannskreftene som månen og sola øver på sjøen) og meteorologiske faktorer (kraftig lavtrykk og oppstuvning av vann langs kysten pga. vind). De meteorologiske effektene dominerer særlig i Skagerakområdet og avtar nordover, der de gravimetrisk komponentene dominerer. På grunn av bratt terreng langs kysten og få lavereliggende parti, er Norge lite utsatt for stormflo sammenlignet med mange andre land. I Nederland, der store deler av landområdene ligger under havnivå, er det bygd diker med porter som lukkes for å beskytte landet mot oversvømmelse ved stormflo. Trass i at vi er relativt lite sårbare for forbigående ekstreme vannstands nivåer i Norge, er det mange historiske eksempler på at stormflo har gjort stor materiell skade og tatt menneskeliv. Høy vannstand utretter størst skade når det samtidig er grov sjø. Dette er en vanlig kombinasjon fordi fenomenet oppstår i forbindelse med sterke lavtrykk og vind, noe som gjenspeiles i navnet "stormflo". De alvorligste stormflo-episodene vi kjenner til fra Norge fant sted på 1600-tallet, da en stor del av befolkningen på fiskeværet Grip ved Kristiansund omkom under en stormflo rundt 1640 og i 1670 da uværet tok livet av 48 av 50 familier på fiskeværet Ona på Romsdalskysten. Den verste episoden i forrige århundre fant sted på Helgelandskysten i januar 1901, da 35 mennesker på fiskeværet Sansundværet ble tatt av sjøen.³⁰

Utbetalingene gjennom Norsk Naturskadepool i forbindelse med stormflo i perioden 1994-2006 går fram av diagrammet under. Det er store variasjoner fra år til år, ettersom det kan gå flere år mellom de alvorligste stormfloepisodene. I gjennomsnitt for perioden er det utbetalt vel 19 mill kr per år i naturskadeforsikring pga. stormflo, det vil si relativt beskjedne skadebeløp. Utbetalinger på nærmere 100 mill. kr i 2000, for en stor del knyttet til uværet Tora på Sørlandet og i Rogaland i oktober samme år, viser likevel at ødeleggelsespotensialet ved stormflo kan være stort.

³⁰ Kilde: Statens kartverk sjøkartverket. http://vannstand.statkart.no/stormflo.php?var=side2_6A



Figur 3.5 Naturskadeforsikrings-utbetalinger gjennom Norsk Naturskadepool i forbindelse med stormflo, 1994-2006. Mill. kr.

Statens kartverk sjø har utarbeidet ekstremvannsanalyse for tidevannstandstasjoner langs norskekysten³¹. Ekstremverdier fra disse stasjonene er brukt i flomsonekartprosjekter slik at disse også viser områder utsatt for ekstremverdier av stormflo. Bølgeeffekter og lokale vindoppstuvinger er ikke lagt til i disse vurderingene.

Virkninger av klimaendringer

Klimaendringer vil kunne påvirke de ekstreme vannstandsepisodene på to måter, gjennom generell havnivåøkning (som er omtalt i forrige del kapittel) og gjennom kraftigere stormer med sterkere lavtrykk og høyere vindstyrke i de kraftigste stormene. Det siste vil føre til at den meteorologiske effekten på havnivået forsterkes under stormfloepisoder, og kan omtales som et forverret stormfloklima. Ettersom en generell havnivåstigning vil komme i tillegg til og forsterke de negative konsekvensene av et forverret stormfloklima, må de to prosessene sees i sammenheng når en skal vurdere følger for folk og samfunn. Selv om stormfloklimaet skulle forbli uendret i framtida, vil utfordringene med et høyere havnivå først og fremst komme til uttrykk i forbindelse med stormfloepisoder. Dette betyr at mye av den litteraturen som er omtalt i kapittel 2.1 om havnivå, har relevans også for dette emnet, og derfor overlapper de to del kapitlene hverandre på noen områder.

Forskningen rundt effekter av høyere stormflo i Norge er i stor grad avgrenset til meteorologiske projeksjoner av framtidig havnivå og stormfloklima. Disse presenteres først, før vi omtaler andre arbeider som kan belyse sårbarhet for og tilpasning til alvorligere stormfloepisoder som følge av klimaendringer.

I løpet av de to siste tiårene har det blitt presentert ulike scenarier for stormflo som etterlater et uklart bilde av om vi kan vente endringer av stormfloklimaet dette hundreåret.

EU-prosjektet STOWASUS 2100, under ledelse av av Danmarks meteorologiske institutt, studerte regionale endringer i vind-, bølge- og stormfloklimaet. To modellsimuleringer ble

³¹ <http://vannstand.statkart.no/harm.php>

kjørt, en for kontrollperioden 1970-1999 og en for perioden 2060-2089, den siste med en økning av drivhusgasser i atmosfæren som tilsvarer en dobling av CO₂-konsentrasjonen (IS92a utslippsscenario). Sjøtemperatur og sjøisforhold bygde på en koplet hav/atmosfæremodell (OPYC/ECHAM4) (Reistad 2001). For stormfloklimaet konkluderte Meteorologisk institutt med at i den grad scenarioet var realistisk ville stormflosesongen bli noe lengre og de sterkeste utslagene kraftigere, særlig i den nordlige landsdelen. Middelvannstanden vil øke med 2-4 cm langs kysten pga redusert midlere lufttrykk og økning av vinder som favoriserer stormflo. Videre viste studien at ekstremene vil øke i Nord-Norge med ca 10 cm i vinterhalvåret (Hackett 2001).

Like etter at STOWASUS-resultatene ble gjort kjent, publiserte Meteorologisk institutt resultater av simuleringer utført med de samme klimamodellene i regi av RegClim, men som konkluderte med mindre dramatiske endringer for stormflo langs kysten vår (Debernard et al. 2002; Debernard and Røed 2002). Her var et ingen eller små endringer for stormflo sør i landet, men en viss økning langs kysten av Troms og Finnmark høst, vinter og vår. Forskjellen mellom resultatene fra denne studien og STOWASUS 2100 skal være at RegClim, i motsetning til STOWASUS, benyttet nedskalerte resultater (GSDIO-scenario) som inkluderer ozon og indirekte effekter av sulfatpartikler (aerosoler) som bidrar til å dempe oppvarmingen av atmosfæren. Dermed bygger RegClim-studien på forutsetninger om en betydelig mindre temperaturstigning fram mot 2050 (Debernard and Røed 2002). Forfatterne mener at forverring av bølge- og stormfloklimaet i nordområdene er et resultat som må "betraktes med en stor porsjon skepsis" fordi de globale koblede klimamodeller ikke beskriver sjøisutbredelsen på en troverdig måte (op cit.).

Kritikken mot STOWASUS-resultatene blir gjentatt i en utredning for Statens landbruksforvaltning, der LaCasce og Debernard (2007) ved Meteorologisk institutt skriver at stormfloklimaet i Norge ikke ventes å endre seg fram mot 2050. De viser til tidligere undersøkelser som antydte økt hyppighet av ekstreme stormfloepisoder i visse regioner, men omtaler disse projeksjonene som usikre.

Drange et al. (2007) legger i en artikkel i Cicerone til grunn at utsiktene til noe kraftigere stormer kan gi grunn til å estimere 10 cm høyere stormflonivå i 2100 sammenliknet med i 2000. De skriver: "(...) høyden ved framtidig stormflo vil være gitt når havnivåøkningen (...) legges til høyden for dagens stormflo, pluss kanskje 10 cm grunnet noe kraftigere stormer fra vest". Formuleringen viser at det er stor usikkerhet knyttet til anslaget. Drange et al. viser til Lowe og Gregory (2005) og Woth et al. (2006) som grunnlag for å anta at vi vil få noe kraftigere stormfloepisoder i løpet av dette hundreåret.

Debernard og Røed (2008) har på nytt analysert mulige endringer i vind-, bølge- og stormfloklimaet i havområdene som omgir Norge. Problemstillingen som reises er hvilke mulige endringer i framtidig vindhastighet, signifikant bølgehøyde og stormflore (stormflo minus effekten av astronomisk tidevann) som kan ventes i nordlige deler av Nord-Atlanteren. Kombinasjonen av klimamodeller og utslippsscenarioer er som følger: HAD SRES A2 og B2, MPI SRES B2 og Bjerknes Centre SRES A1B. Modellene er kjørt for to tidshorisonter: 1961-1990 og 2071-2100. Langs østkysten av Nordsjøen (Tyskland og Danmark) viser scenarioene en økning i de høyeste stormfloene på 8-10 %, mens det ikke er statistisk signifikante endringer for noen del av den norske kysten. Når det gjelder usikkerheten ved resultatene skriver artikkelforfatterne i en populærvitenskapelig framstilling (Røed and Debernard 2008):

"Et interessant poeng er at når vi sammenlikner to ulike scenarier fremskrevet med samme modell gir dette mindre forskjeller mellom dem enn om vi sammenlikner to like scenariene fra to ulike modeller. Dette reiser spørsmålet hvor gode dagens klimamodeller egentlig er til å beskrive dagens klima, spesielt på regionalskala. Det materialet vi har vist frem er imidlertid basert på et fåtall scenarier. Usikkerheten i resultatene er derfor store."

Empiri om sårbarhet og tilpasning

Aunan og Romstad (2008) omtaler mulige følger av havnivåstigning i Norge. De viser til at Norge neppe vil bli alvorlig påvirket av havnivåstigning. Landheving i sørøst samt topografiske og geomorfologiske trekk, som en relativt bratt kystlinje og kysttyper som er motstandsdyktige mot erosjon, taler for dette. Enkelte områder på sørvestlandet (Jæren) er lavtliggende og erosjonsutsatte. På Vestlandet og i Nord-Norge vil deler av lavtliggende infrastruktur være utsatt for havnivåstigning, særlig hvis det også blir en forverring av stormfloklimaet. Aunan og Romstad refererer her til det åtte år gamle stormfloscenarioet fra STOWASUS-2100.

Det foregår lokal tilpasning til stormflo i flere norske kommuner, uten at dette i særlig grad har blitt dokumentert i forskningsarbeider.

Bergen kommune deltar i en rekke forsknings- og utviklingsprosjekter som på ulike vis tematiserer tilpasning til klimaendringer. To av disse har relevans til havnivå/stormflo. Bergen kommune samarbeider med Bjerknessenteret for klimaforskning i et forskningsprosjekt om havnivåstigning. Bjerknessenteret utarbeider scenarier for havnivået i Bergen. Variasjoner i havnivået de siste 150 blir kartlagt, status for dagens havnivå blir gjennomgått og estimat for havstigningen for dette og neste århundre blir presentert. Gjennom kartlegging av arealer som kan være utsatt for oversvømmelse i framtida, vil kommunen utrede hvordan man skal håndtere bygging i disse områdene (Bergen kommune 2009).

NFR-prosjektet NORADAPT under ledelse av CICERO ser på hvordan klimaendringer henger sammen med endringer i sosiale og institusjonelle forhold, og hvordan disse sammenhengene påvirker sårbarhet og tilpasning til klimaendringer på kommunenivå i Norge. Som deltakerkommune i NORADAPT vil Bergen fokusere på klimatilpasning i tilknytning til de stormfloutsatte historiske områdene rundt Vågen (Bergen kommune 2009).

Endret nedre grense for bygging i sjøkanten er innført som et tiltak i Flora kommune med begrunnelse i fare for havnivåstigning og høyere stormflonivå. Kommunedelplan for Florelandet Brandsøy 2006-2018 fikk oppjustert kravet med 26 cm i forhold til tidligere planer.³²

I utredningen om virkninger av klimaendringer for transportsektoren (Avinor et al. 2007) er det gjort vurderinger av hvilke følger økt havnivå/stormflo og bølgehøyde kan få i form av driftsforstyrrelser i havner pga overskylling av moloer. Økt vannstand ved stormflo kan også gi økt strømhastighet i strømsterke sund. Erosjon og flytting av strandlinje i forbindelse med høyere vannstand nevnes også som en utfordring.

3.2.2 Oppsummering

Stormflo er ekstremt høy vannstand når vann stuves opp langs land pga uvær samtidig som det er springflo (ved ny- eller fullmåne). Historiske tilfeller av katastrofer ved stormflo kan knyttes til særlig sårbare kystsamfunn (fiskevær); i vår tid fører stormflo til moderate skader i normale år, men enkeltepisoder viser at det er stort skadepotensial ved stormflo, særlig i tett bebygde områder. Sammenliknet med mange andre land er Norge lite utsatt for stormflo pga. en bratt og lite erosjonsutsatt kyst.

Eventuell forverring av stormfloklimaet som følge av klimaendringer vil komme på toppen av de utfordringene generell havnivåstigning vil føre med seg. Tilgjengelige klimascenarier gir motstridende svar på om vi kan vente høyere stormflo pga. klimaendringer (vi ser her bort fra effekten av generell havnivåstigning). De nyeste scenarioene fra met.no/RegClim sier at det

³² <http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/kampanjer/klimatilpasning-norge/klimautfordringer-2/havniva.html?id=540004&ANNOTATIONPAGEID=544536>

ikke vil bli signifikante endringer av stormfloklimate langs noen del av norskekysten. Det understrekes at resultatene er usikre.

Enkelte igangsatte FOU-prosjekter tar opp sårbarhet for og tilpasning til økt havnivå og stormflo, men det fins generelt lite forskning om samfunnsøkonomisk sårbarhet på området. Kyststrekninger som er sårbare for havnivåstigning vil også være sårbare for stormflo. Det skjer lokal tilpasning til stormflo i flere norske kommuner, bl.a gjennom oppjustering av nedre grense for bygging nær sjøkanten.

3.2.3 Storm

Figuren under viser de årlige utbetalingene fra naturskadeforsikringen³³ gjennom Norsk Naturskadepool til dekning stormskader i perioden 1994-2006 (Groven et al. 2008). I gjennomsnitt var det årlige erstatningsbeløpet på 139 mill. kr fordelt på ca 4.000 skadetilfeller (34.000 kr per skade). Hadde statistikken blitt ført to år lenger tilbake i tid hadde bildet sett dramatisk annerledes ut, ettersom vi da hadde fått med skadene som fulgte av nyttårsorkanen som rammet kysten fra Hordaland til Nord-Trøndelag 1. januar 1992. Det året utbetalte Norsk Naturskadepool 1,29 milliarder kroner i erstatninger etter stormskader, dvs. ni ganger høyere enn snittet for perioden 1994-2006.

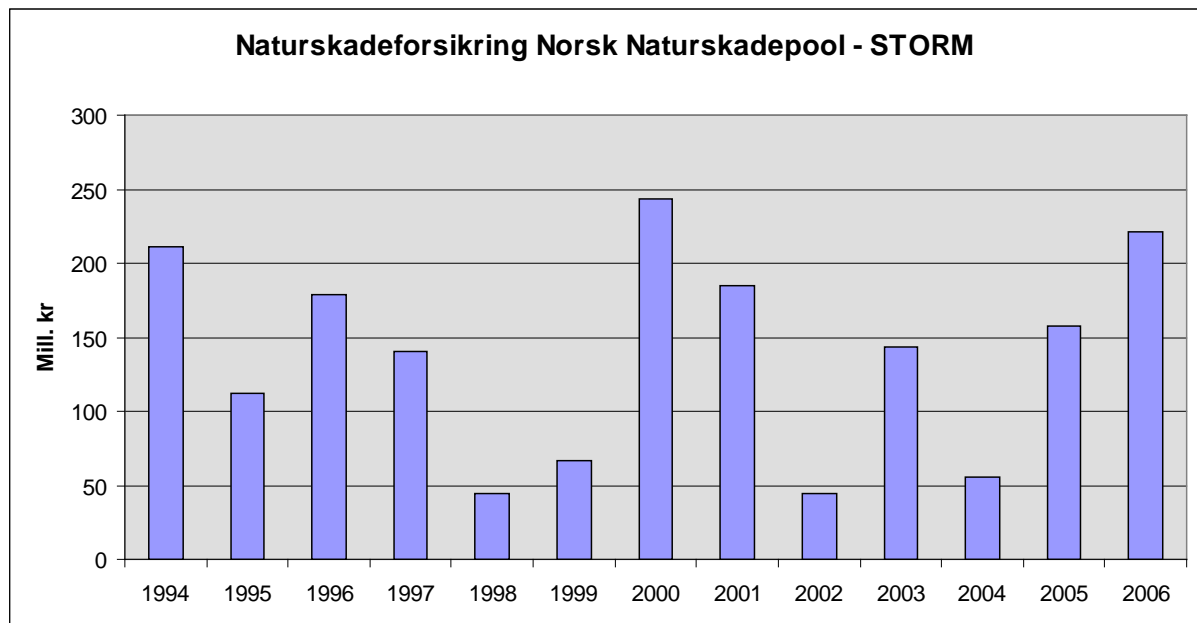


Figure 3.6 Naturskadeforsikrings-utbetalinger gjennom Norsk Naturskadepool i forbindelse med storm, 1994-2006. Mill. kr.

Stormskader har rimeligvis en ujevn geografisk fordeling. Statens naturskadefond framstiller fylkesvis statistikk over skadetakst der skadeårsakene storm og stormflo er slått sammen til én

³³ Naturskadeforsikring gjelder bygninger og andre objekter som omfattes av obligatorisk brannforsikring, og som dermed dekkes av naturskadeforsikringsloven. Objekter som ikke kan forsikres gjennom private ordninger (f.eks gårdsanlegg og private veier) dekkes av Statens naturskadefond. Skog har i senere tid blitt gjenstand for privat forsikring, men skogskader er ikke inkludert i diagrammet.

kategori. For perioden 1997-2006 var halvparten av skadebeløpet knyttet til de tre fylkene Nordland (26 %), Buskerud (13 %) og Rogaland (12 %).³⁴

Ventede endringer

I en gjennomgang av historisk stormhyppighet og tilgjengelige scenarier for endring i vindhastighet i norske kyst- og havområder (Benestad et al. 2007) viser Meteorologisk institutt at det ikke er grunnlag for å peke på klare trender for vindstyrke og stormhyppighet verken i fortid eller framtid. Det er større usikkerhet ved scenarier for vindhastighet enn for klimaparametre som temperatur og nedbør, og ulike klimamodeller gir ulike resultater: Mens enkelte scenarier viser en økning i framtidig stormaktivitet, viser andre framskrivninger en reduksjon i stormaktiviteten. En tysk studie konkluderer med at de aller kraftigste stormene vil bli hyppigere i framtida, mens andre arbeider tyder på at stormbanene vil flytte seg nordover ved global oppvarming og at slike forskyvinger vil ha mer å si for det lokale stormklimaet enn endringer i antall stormer globalt (Benestad et al. 2007). I sin oppsummering av dette temaet i samme rapport skriver Førland et al. (2007):

“Scenariene for endringer i vindforhold de neste 50-100 år gir (...) ikke noe entydig resultat, men flere undersøkelser tyder på at de aller kraftigste stormene vil bli mer hyppige i fremtiden.”

Haugen og Iversen (2008) har brukt åtte kombinerte regionale nedskaleringer og fem utslippsscenarioer i sin analyse av endringer i vindhastighet. De ulike kjøringene gjelder forskjellige tidssnitt for perioden 2020-2100, men resultatene er sammenstilt med tanke på å anslå klimaet rundt 2050. Det beregnes en mindre økning i vindhastighet: Hele fastlands-Norge ligger innenfor intervallet 0-5 % økning i vindhastighet i 10 meters høyde i vintermånedene rundt 2050 sammenlignet med kontrollperioden 1961-1990. Analysen tyder på at det blir flere tilfeller med sterk vind og at endringen i ekstremverdier er forholdsvis større enn det en finner for de mer moderate vindstyrkene som forekommer til vanlig.

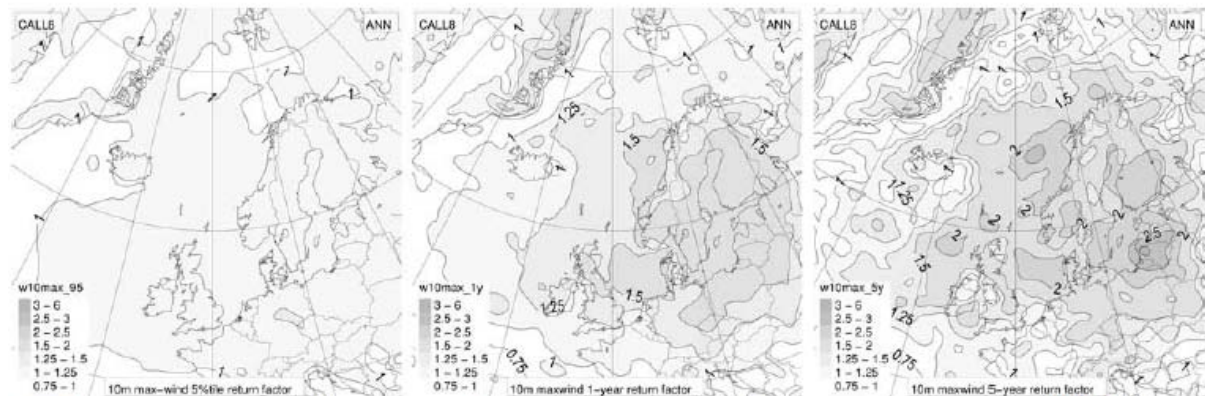


Fig. 11. As Fig. 10, but wind speed. Return factor of daily 10 m maximum wind speed data from combined analysis of the eight HIRHAM scenarios, based on adjusted data. The three maps are computed from different percentiles in the control climate; the highest 5% percentile (left), and the percentiles corresponding to 1 per year occurrence (middle) and 1 per 5-yr occurrence (right). A return factor of 2 means twice as often.

Figur 3.7

³⁴ Ettersom dette dreier seg om skader som sorterer under Statens naturskadefond, gjelder dette ikke skade på bygninger, jf. forrige fotnote. I tillegg til å si noe om hvor utsatte fylkene er for de aktuelle skadetyper, er dette også et utslag av størrelsen på fylkene.

Figur 3.7, som er hentet fra (Haugen and Iversen 2008), viser hyppigheten (return factor) av høye vindhastigheter. Faktor 2 betyr at den gitte vindhastigheten vil opptre dobbelt så ofte i 2050 som i kontrollperioden, ved faktor 1 like ofte. Kartet i midten svarer til en vindhastighet som i 1961-1990 i snitt opptrådte én gang per år, mens kartet til høyre svarer til vindhastighet som opptrer hvert femte år i gjennomsnitt. Kartet til høyre viser at femårsstormen i følge denne studien vil opptre dobbelt så ofte på indre Østlandet og langs store deler av kysten fra Vestlandet til Lofoten.

Resultatene av dette arbeidet bygger på et stort antall scenarier utviklet med mange ulike klimamodeller. Resultatene regnes derfor for å være vesentlig sikrere enn de som tidligere har blitt publisert fra RegClim, selv om resultatene avviker lite fra det som har blitt produsert fra tidligere kjøring (Haugen et al. 2008).

Empiri om sårbarhet og tilpasning

Konsekvensene ekstremvær kan ha på lokalsamfunn er belyst i en studie av sosioøkonomiske effekter av nyttårsorkanen på Nordvestlandet i 1992 (Teigland 2002). Studien var finansiert av Norges forskningsråd og ble utført av Vestlandsforskning som ledd i et prosjektsamarbeid med CICERO og SNF. Teigland har brukt offentlige registerdata som viser utviklingen før og etter orkanen i de 30 kommunene som ble hardest rammet. For å bedre kunne skille virkningene av orkanen fra andre endringsprosesser, er utviklingen sammenlignet med endringene i samme tidsrom i 30 "makkerkommuner" som ikke ble berørt av orkanen, men som ellers skal være mest mulig sammenlignbare med de 30 orkankommunene.

Studien tar for seg 20 indikatorer som viser utviklingen innenfor demografi, sysselsetting, offentlig sektor, privat sektor og visse næringer (skogbruk, reiseliv og varehandel). For de valgte indikatorene er det registrert svært få virkninger av orkanen. Påviselige effekter avgrenser seg i hovedsak til skogbruket. En viktig grunn til at orkanen ikke fikk større samfunnsøkonomiske konsekvenser til tross for betydelige samlede skadebeløp, er at de store skadene berørte en begrenset del av innbyggerne og at den robuste økonomien var i stand til å absorbere virkningene. Gode naturskadeerstatningsordninger og ekstra statlige bevilgninger gjorde sitt til at effektene av orkanen ble svært begrenset i forhold til andre endringsprosesser i kommunene.

Et formål med studien var å bruke kunnskap om historiske ekstremværfellener for bidra med større innsikt i Norges sosiale og økonomiske sårbarhet overfor klimaendringer. Teigland peker på at vurdering av framtidig sårbarhet innebærer betydelige usikkerhetsmomenter, både med hensyn til klimautviklingen (styrke og hyppighet på ekstremvær) og i hvilken retning og hvor mye det norske samfunnet vil endre seg av andre grunner enn klimaendringene. Det pekes på at det er samspillet mellom klimatiske endringer og en rekke endringsprosesser i samfunnet som vil påvirke sårbarheten i årene som kommer.

Erfaringer fra nyttårsorkanen 1992 er også utgangspunkt for en upublisert studie av tilpasningskapasitet på lokalt og regionalt nivå (Groven and Aall in prep.). Det er gjennomført en casestudie av to kommuner som ble hardt rammet av orkanen. Disse er undersøkt med hensyn på samfunnsfunksjonene kommunal byggesaksbehandling, sivil beredskap og kraftforsyning. Problemstillinger som reises er i hvilken grad orkanen førte til institusjonelle endringer og læringsprosesser, hvilke faktorer som kan forklare eventuelle endringer (eller mangel på slike) og hvilken rolle det lokale og regionale forvaltningsnivået kan spille når det gjelder å styrke samfunnets klimatilpasningskapasitet. Arbeidet bygger på en forutsetning om at prosesser i etterkant av en historisk ekstremværehendelse kan gi innsikt i betingelsene for tilpasning til klimaendringer innenfor de aktuelle institusjonelle systemene. Studien konkluderer med at orkanen i liten grad resulterte i systematiske tilpasninger til ekstrem vind. Tiltak som ble iverksatt på lokalt nivå var i stor grad av reaktiv karakter, mens det nasjonale

nivået iverksatte enkelte proaktive tiltak. Liten grad av tilpasning settes i forbindelse med tre forhold: (i) svake økonomiske insentiver, (ii) en utbredt oppfatning av orkanen som en svært sjelden hendelse (200-årsorkan) og liten fare for at klimaendringer skal utløse tilsvarende eller sterkere ekstremvær og (iii) deregulering av offentlige tjenester og kraftmarkedet.

Den samfunnsvitenskapelige delen av norsk klimaforskning har i liten grad sett på sårbarhet for og tilpasning til ekstrem vind. Av 22 samfunnsvitenskapelige prosjekter i NORKLIMAs prosjektarkiv, er det følgende som tematiserer *ekstreme værbegivenheter* og slik sett kan ha relevans til temaet vind:

Prosjektnavn	Periode	Prosjektleder	Omtale	Sentrale publikasjoner
The geography of social vulnerability, environmental hazards and climate change	2007 - 2011	Haakon Lein, NTNU Samfunnsforskning AS	Prosjektet skal tilpasse, anvende og evaluere en amerikansk modell for miljørisikoanalyse med sikte på å vurdere mulige effekter av ekstreme værbegivenheter i norske regioner.	
PLAN delprosjekt 3: Nye offentlige styringsformer og energisektorens tilpasningskapasitet til klimaendringer		Karen O'Brien, UiO (PLAN). Utøvende forskere: Per Ove Eikeland og Tor Håkon Inderberg, Fridtjof Nansens Institutt	Et av hovedmålene er å undersøke hvorvidt og hvordan endringer i energisektorens styringsformer (administrativ organisering og praksis) har påvirket kapasiteten til å tilpasse seg klimaendringer. Noen av problemstillingene: I hvilken grad og hvordan har nye styringsformer og allerede inntrufne ekstremværsituasjoner påvirket tilpasningskapasiteten? Hvordan kan den norske energisektoren forbedre sin tilpasningskapasitet til fremtidige værforhold?	(Inderberg and Eikeland 2009)
Civil protection and climate vulnerability	2007-2010	Carlo Aall, Vestlandsforskning	Prosjektet ser på sammenhenger mellom samfunnssikkerhet og klimaendringer. Studerer historiske eksempler på bruk av forebyggende tiltak for å gjøre samfunnet mindre sårbart for ekstreme	(Husabø 2008)

			værbegivenheter og vurderer behovet for institusjonelle endringer i det sivile beredskaps-systemet i lys av klimaendringer. Casestudiene ser på flom og stormflo, ikke ekstrem vind.	
--	--	--	--	--

Tabell 3.3 Pågående prosjekter om vindrelaterte værbegivenheter finansiert av NORKLIMA
Skadevirkninger av storm forbindes vanligvis med dramatiske hendelser med skade på mennesker og/eller materielle verdier. Ødeleggelsene kan være i form av skade på bygninger og annen infrastruktur, skog og avling eller de kan arte seg som driftsforstyrrelser for ulike samfunnssektorer. Vi vil her løfte fram to lite påaktede skadeområder som vanligvis ikke settes i forbindelse med storm, men som opptrer i forbindelse med sterk vind, nemlig slagregn og ising.

Slagregn opptrer ved kombinasjon av sterk vind og regn, slik at regn driver inn på bygningsfasader. Dette er en viktig årsak til fuktskade på bygninger, noe som er omtalt i kapittel 1.6 om bygninger.

Ising på konstruksjoner som kraftlinjer, skip og oljeinstallasjoner kan utrette stor skade. I Norge oppstår ising i stort omfang gjerne i forbindelse med polare lavtrykk³⁵. Dette er små, intensive lavtrykk som kan oppstå der varmt sjøvann og kald luft møtes. Det oppstår normalt 5-15 polare lavtrykk utenfor kysten av Nord-Norge hver vinter. Vinden kan variere fra stiv kuling til orkan styrke, kombinert med kraftige snø- og haglbyger. En regner med at polare lavtrykk vil bli vanligere i nordområdene når havisen får mindre utbredelse. Hyppigere forekomst av dette ekstremvær-fenomenet kombinert med økt aktivitet knyttet til petroleumsutvinning og skipstrafikk, vil gi økt sårbarhet. Prosjektet IPY-Thorpex, som var en del av det interasjonale polaråret, studerte polare lavtrykk. Etter det vi kjenner til er det så langt ikke kommet publikasjoner fra prosjektet. Prosjektet hadde deltakelse fra Meteorologisk institutt, Institutt for geofag ved Universitetet i Oslo og Bjerknessenteret for klimaforskning.³⁶

Under utarbeidelse av Nasjonal transportplan 2010-2019 ble rapporten ”Virkninger av klimaendringer for transportsektoren” laget av en tverrfaglig arbeidsgruppe (Avinor et al. 2007). Med bakgrunn i klimascenario levert av Meteorologisk institutt er det utredet konsekvenser for ulike transportformer ved endringer av seks klimaparametre, deriblant vind. Det blir lagt til grunn at vindforholdene vil endre seg lite, men at vindstyrker med ett års returperiode vil bli 50% hyppigere. Om vinteren ventes det å bli flere tilfeller av sterke stormer i sør og færre i nord, mens det om høsten vil være økning over hele landet. For vegtrafikken utledes det at noe hyppigere sterke stormer på kysten av Sør- og Vestlandet vil ha betydning for trafikksikkerhet og kan føre til at veger og bruer må stenges oftere, mens flere og sterkere kastvinder vil påvirke utsatte objekter som skilt, trær og lysmaster langs vegnettet. For jernbanen nevnes det at en bør vurdere forsterkede tiltak for å hindre vindfall av trær over spor, kontaktledning og bygninger. For sjøfart blir det pekt på at utviklingen av fartøyene i retning større overbygg på passasjerskip, økende bruk av hurtigbåter og containerskip bidrar til dårligere manøvreringsegenskaper og passasjerkomfort i sterk vind. For luftfart legges det vekt på at regulariteten på flyplassene avhenger vel så mye av

³⁵ Kilde: <http://met.no/?module=Articles;action=Article.publicShow;ID=778>

³⁶ <http://www.ipy-thorpex.no/no/om-ipy-thorpex>

vindretning som av vindstyrke, og at de tilgjengelige klimascenarioene ikke bidrar med kunnskap på dette området.

Rapporten ”Virkninger av økt stormaktivitet på økosystemer” (Direktoratet for naturforvaltning 1995) inneholder (i tillegg til vurderinger av effekter på biologisk mangfold) en omtale av hvordan friluftslivsområder med tekniske anlegg kan påvirkes av klimaendringer i form av økte skade- og opprydningskostnader. Jærstrendene nevnes som et eksempel på friluftslivsområder som er utsatte for vind- og bølgeerosjon, der reetablering eller planting av vegetasjon kan være aktuelle tiltak.

Byggforskrifter med tilhørende anvisninger og informasjonsmateriell gir innblikk i regler og veiledende prinsipper for utforming og plassering av bygninger i forhold til vind³⁷. SINTEF Byggforsk er ansvarlig for Byggforskserien³⁸, som gir anvisninger og råd til byggebransje og planleggere (tilgjengelig via abonnement). Nedenfor er det gitt eksempler på ark i Byggforskserien som er relevante i denne sammenheng:

- 311.110 Arealdisponering og vernetiltak i værharde utbyggingsområder
- 321.020 Plassering av mindre bygninger på værharde steder
- 471.043 Vindlaster på bygninger
- 520.241 Vindforankring av trehus
- 520.243 Stormsikring av lette trebygninger

Det er høstet erfaringer fra lokal tilpasning til vind i bebygde områder flere steder i landet. Dette er lærdommer fra tilpasning til dagens klima som kan komme til nytte ved tilpasning til klimaendringer. Hammerfest kommune er kanskje den kommunen i landet som har arbeidet mest systematisk med dette temaet, ut fra erfaringer med sterk vind og stor snøansamling vinterstid. Hammerfest kommune, Husbanken og til en viss grad Norsk Polarinstittutt har samarbeidet i en årrekke om tilpasning av flere byggefelt i Hammerfest (Rebbestad 2003). En del av fokuset har vært rettet mot utslippsreduksjon (lavenergihus mm), men det har vært arbeidet mye med riktig plassering og utforming av hus i forhold til vind, bl.a for å unngå opphopning av snø rundt husene, lette brøyting og skape attraktive uterom. Prinsippene som er fulgt blir forklart på på www.klimatilpasning.no.³⁹

3.2.4 Oppsummering

Storm er den naturskadetyper som utløser størst forsikringsutbetalinger i Norge, også når vi ser bort fra nyttårsorkanen i 1992, som ble omtalt som en hendelse med 200 års returperiode. Klimamodellene gir usikrere projiseringer for vind enn for temperatur og nedbør, særlig ved regionale nedskaleringer, og klimaforskningen har ikke gitt entydige svar på om vi kan vente økt eller redusert stormaktivitet i løpet av dette århundret. De nyeste vindscneariene fra RegClim (Haugen og Iversen 2008) gjør krav på å være sikrere enn tidligere, og peker i retning flere tilfeller av sterk vind (det som i normalperioden 1961-1990 var en femårsstorm, vil opptre dobbelt så hyppig i 2050 på indre Østlandet og langs store deler av kysten fra Vestlandet til Lofoten).

³⁷ Byggeregler om vindlaster:

<http://www.be.no/beweb/info/andre/bokbyggereglene/kap11konstruksjon.html#Vindlaster>

³⁸ <http://bks.byggforsk.no/Default.aspx?sectionId=2>

³⁹ <http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/kampanjer/klimatilpasning-norge/klimautfordringer-2/vind.html?id=540008&ANNOTATIONPAGEID=544590>

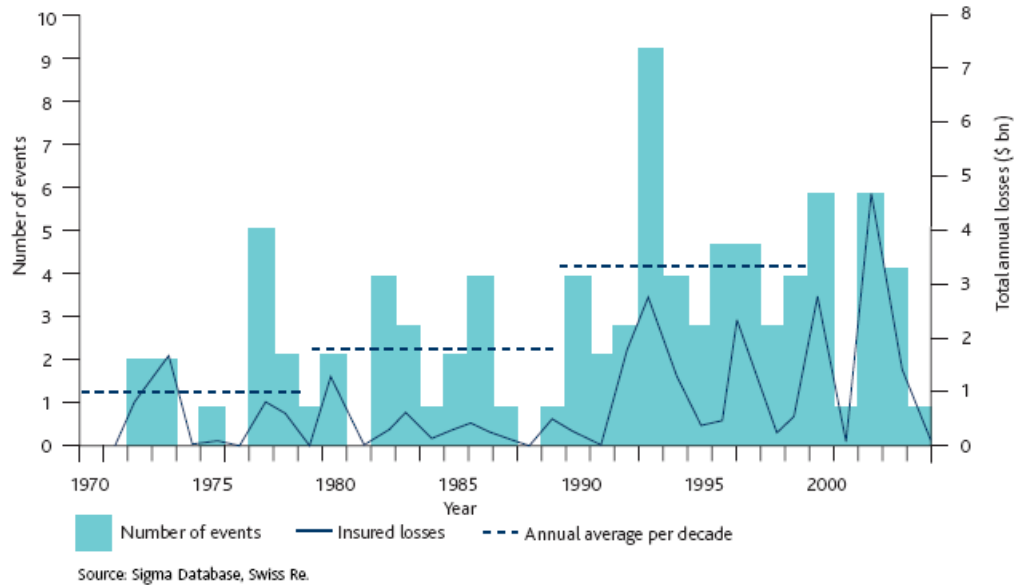
Sårbarhet for og tilpasning til ekstrem vind har vært et lite påaktet tema i samfunnsvitenskapelig klimaforskning. Studier viser at nyttårsorkanen i 1992 hadde få kortsiktige og tilnærmet ingen langsiktige sosioøkonomiske effekter på de mest berørte kommunene, og at orkanen i liten grad resulterte i systematiske tilpasninger til ekstrem vind i områder som ble hardt rammet. Gode erstatningsordninger, velstand og liten tro på at klimaendringer vil utløse tilsvarende ekstremvær, kan bidra til å forklare dette. Ising i forbindelse med polare lavtrykk og slagregn som følge av vind og regn, er begge problemer som kan forsterkes med klimaendringer og komme i tillegg til de ødeleggelsene vi normalt vil forbinde med økt stormaktivitet. Erfaringer fra tilpasning til sterk vind i utsatte lokalsamfunn kan bidra med kunnskap ved utforming av framtidige tilpasningsstrategier.

3.2.5 Flom

Nest etter storm er det flom som utgjør de største samfunnsmessige kostnadene, både i Europa og i Norge. I tidsrommet 1998-2002 ble Europa rammet av rundt 100 større flommer, som resulterte i 700 dødsfall og midlertidig forflytning av ca en halv million mennesker (EEA 2003). I perioden 1980 til 2006 stod storm- og flomskader for 77 prosent av værrelaterte økonomiske tap i Europa (CEA Insurers of Europe 2007). Sentral-Europa ble i 2002 rammet av omfattende flommer som forårsaket økonomiske tap tilsvarende knapt €7 milliarder (EEA 2008). Også i de nordiske landene er det orkaner og flom/oversvømmelser som forårsaker de største kostnadene i dag, blant annet fordi dette er naturulykker som alle de nordiske landene er eksponert for og som inntreffer relativt regelmessig (Cicero og Cowi, 2008). I nyere tid har Norge vært rammet av særlig store flommer i 1967, 1987 og 1995. Flommen på Østlandet i 1995 forårsaket 6900 skader og utbetaling av 1.8 milliarder kroner i erstatning (Roald et al 2007). Én person omkom.

Det har i løpet av de siste tiårene vært en økning i antall rapporterte alvorlige flommer globalt, noe figuren under illustrerer. Årlig antall rapporterte alvorlige flommer i USA, Europa og Japan har steget fra i gjennomsnitt drøyt 1 på 70-tallet til 4 på 90-tallet (figur fra ABI 2005).

Figure 5.4 Number of significant flood events and insured losses (2004 prices) in the US, Europe and Japan 1970-2004



Figur 3.8 Antall betydelige flomepisoter og tap dekket av forsikringsordninger i USA, Europa og Japan 1970 – 2004. 2004 priser Kilde: ABI (2005).

Vil klimaendringer øke risikoen for flom?

Selv om tallene tyder på at det har vært en økning i antall registrerte flomhendelser, er det ifølge klimaforskere usikkert om den eventuelle økningen har en direkte sammenheng med klimaendringer (se diskusjon for eksempel i EEA 2008⁴⁰, Benestad 2007, Prestrud 2003). Det er mange andre faktorer som også påvirker risikoen for flom, som for eksempel endringer i arealbruk knyttet til vannkraftutbygging og urbanisering. I tillegg kommer den naturlige variasjonen i ekstreme værhendelser som fører til flom. Slike hendelser er per definisjon sjeldne og til dels tilfeldige hendelser, noe som gjør det vanskelig å trekke sikre konklusjoner om endringer i hyppighet (se for eksempel EEA 2008, Grønås og Kvamstø 2002).

Selv om forskerne er forsiktige med å hevde at det skyldes klimaendringer, gir økning i antall flommer likevel en indikasjon på hva vi kan vente fremover dersom klimaendringer øker flomhyppigheten. Flere analyser av Norges fremtidige klima indikerer at nedbørsmengden og -intensiteten kan komme til å øke i årene som kommer (Benestad 2007, RegClim pressemelding og brosjyre 2005). Scenarier for nedbør er imidlertid noe usikre, og fremtidige ekstreme nedbørshendelser er det enda vanskeligere å si noe sikkert om (se f eks CICERO 2007). Slike hendelser er vanskelig å forutsi fordi de forårsakes av mange faktorer som mer eller mindre tilfeldig opptrer samtidig, over forholdsvis korte tidsrom (Aaheim 2003).

Cicero og COWI (2008) peker på en tendens til økende nedbør vinterstid i Norden, og aller mest langs den norske vestkysten. Antall dager per år med kraftig regn vil trolig øke, aller mest i nord. Ifølge rapporten er det imidlertid, innenfor det 2-graders scenariet rapporten bygger på, vanskelig å fastslå hvordan klimaendringer vil påvirke forekomsten av ekstreme værhendelser som flom. Men mer nedbør og økt intensitet kan øke sannsynligheten for flom. I

⁴⁰ Impacts of Europe's changing climate: 2008 indicator-based assessment. PDF tilgjengelig på http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_4.

tillegg peker rapporten på at flere mildværsperioder på vinteren kan gi flere vinterflommer, blant annet i elver som i dag har liten vannføring i vinterhalvåret.

CICERO (2007) har sett på hvordan forekomsten av naturulykker, deriblant flom, kan komme til å endres som følge av et endret klima. Ifølge disse scenarioene forventes vårflommer å avta, på grunn av flere mildværsperioder om vinteren (og dermed mindre snøsmelting). Det vil bli vanligere med sene høstflommer, i tillegg til mindre vinterflommer. På sommeren vil skadeflommer som skyldes kraftige regnskyll bli vanligere i områder med beskjeden årsnedbør og der vassdragene har dårlig kapasitet til å ta unna nedbøren. Dette gjelder innlandsområder. I tillegg forventes flere regnflommer langs kysten.

Roald et al. (2007) drøfter hvilke endringer et varmere klima kan gi for forekomsten av flom og tørke i Norge. Med bakgrunn i historiske data og scenarioer for temperaturøkning, antydes det at vi i fremtiden (2071-2100) kan komme til å oppleve en forskyvning av flomsesongene. Det kan komme til å bli mer nedbør om vinteren, og mindre om sommeren. Vårflommene vil komme tidligere. Sammen med økt temperatur kan dette føre til lengre perioder med tørke, spesielt på indre deler av Østlandet. Flomomfanget antas å øke på Vestlandet. Forskerne finner ikke en klar trend for Midt- og Nord-Norge i klimamodellene de har benyttet. Vinterflommer kan ifølge disse beregningene komme til å øke i omfang og frekvens, vårflommer vil bli vanligere i fjellområder, men mindre vanlig andre steder, sommerflommer vil reduseres, mens høstflommer er ventet å øke i de fleste områder.

Hisdal et al (2006) har studert naturlig variasjon og estimert "return levels" av flom og tørke ved hjelp av "streamflow" data for Norden for perioden 1920-2002. De har beregnet "streamflow" scenarier for 2071-2100, ved hjelp av ECHAM4/OPYC3 og HadAm3H-modellene, sammen de regionale Regional Climate Development under Global Warming (RegClim) og Rossby Centre Regional Atmosphere–Ocean (RCAO) modellene. Forskerne finner at mønsteret i slike hendelser i stor grad avhenger av hvilken tidsperiode man ser på, fordi den naturlige variasjonen er stor. Den betydelige naturlige variasjonen gjør det også vanskelig å si med sikkerhet hva vi har i vente, og de konkluderer med at det er behov for flere og forbedrede beregninger av slike ekstremhendelser før man kan si hvilken rolle menneskeskapte klimaendringer spiller. Samtidig hevder forskerne at det er mulig å indikere hvilken retning endringene går i. På indre Østlandet kan man forvente en reduksjon i flomtoppene. På Vestlandet tyder scenarioene på at flomtoppene vil øke. For Midt- og Nord-Norge gir imidlertid de to modellene HadAm3H-Rossby og ECHAM4-Rossby motsatt resultat (reduuerte vs økte flomtopper).

Hvilke områder er mest utsatt?

Som nevnt er det vanskelig å forutsi når og hvor ekstreme flomhendelser vil inntreffe. Flomrisiko påvirkes av mange faktorer utover vær og klima – som for eksempel demografisk utvikling og arealbruk. I omtalen av sårbarhet for flom nevner Cicero og Cowi (2008) at flom og oversvømmelser skjer vanligvis i nærheten av større vassdrag, eller i områder som er utsatt for springflo. Samtidig sier forskerne at dersom vi får økt nedbørsintensitet, kan det øke sjansen for at flommer oppstår i mindre vassdrag, i sideelver og bekker. Dette kan få alvorlige konsekvenser blant annet for kvaliteten på drikkevann. Forskerne omtaler også kort tilpasningstiltak. I bebygde områder kan oversvømmelser forebygges ved å ikke legge små bekker og sideelver i rør. For å sikre kvaliteten på drikkevann under flomsituasjoner, bør avløp og kloakk holdes adskilt fra ledningsnettet.

Aall et al. (2006) omtaler i sin rapport om klimasårbarhet i Nord-Norge blant annet hvilke kommuner i regionen som sannsynligvis vil være mest utsatt for flom. Basert på NVEs plan

for flomsonekartlegging, hvor de mest flomutsatte vassdragene som har størst skadepotensial er prioritert⁴¹, antar forskerne at følgende 13 kommuner kan være mest utsatt:

- Alta
- Nordreisa
- Målselv
- Grane
- Kárásjohka/Karasjok
- Vefsn
- Saltdal
- Hattfjelldal
- Hemnes
- Beiarn
- Deatnu Tana
- Guovdageaidnu/Kautokeino
- Rana
- Sør-Varanger
- Bodø

Aall et al. (2006) understreker at analysen ikke har tatt i betraktning eventuelle skadeforebyggende tiltak i kommunene, og dermed ikke hvordan slike tiltak eventuelt virker inn på sårbarheten. Forskerne tar til orde for å videreutvikle analysene for bedre å kunne vurdere den enkelte kommunes sårbarhet for klimaendringer.

Fremtidige konsekvenser av flom

Ekstreme flomhendelser kan medføre store kostnader for folk og samfunn, både i form av skade på eiendom og infrastruktur, og i form av helsemessige kostnader.

Association of British Insurers (ABI, 2005), har beregnet hva flomskader kan komme til å koste i Storbritannia i fremtiden gitt endringer i klimaet. Med bakgrunn i et scenario der CO₂-utslipp ventes å dobles⁴², samt uten tilpasning, anslår ABI at kostnader forbundet med flomhendelser i elver og på kysten kan bli 15 ganger høyere innen 2080. Ut fra et lavutslippsscenario⁴³, hevder ABI at kostnadene vil øke omtrent 4 ganger. Samtidig hevdes det i rapporten at tilpasning til klimaendringer i form av flomvern, arealbruk og planlegging rundt tilførselsområder og vannmagasiner ("catchment wide water storage schemes") kan redusere kostnadene betraktelig. Et lignende bilde tegnes av kostnader ved flom i urbane områder. Disse er vist i figuren under. Det understrekes imidlertid i rapporten fra ABI at

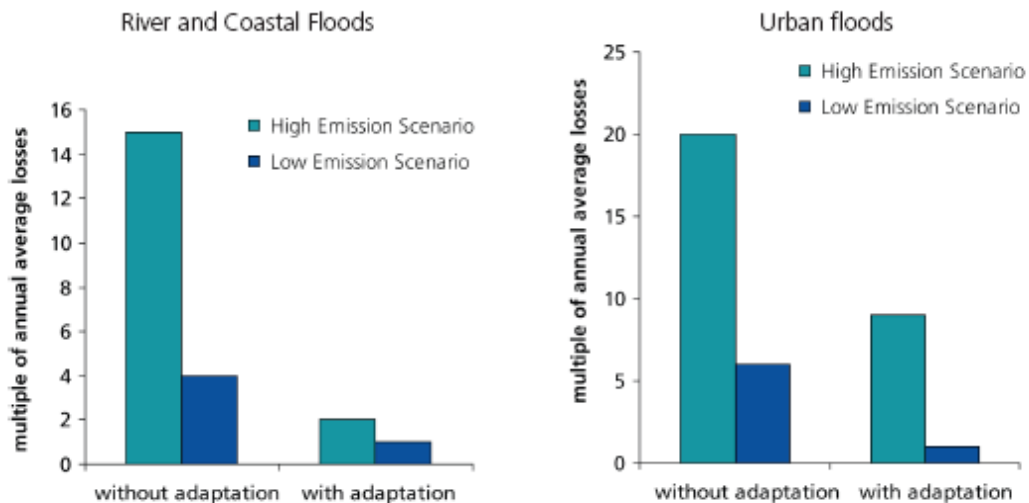
⁴¹ VFs indikator er km vassdragsstrekning som er prioritert for flomsonekartlegging.

⁴² IPCC ekvivalent: A1FI. Temperaturøkning på 3.9 grader, CO₂ konsentrasjon i atmosfæren 810 ppmv.

⁴³ IPCC ekvivalent: B1. Temperaturøkning 2 grader, CO₂-konsentrasjon i atmosfæren 525 ppmv.

dette kun er foreløpige beregninger av potensielle kostnader forbundet med klimaendringer og ekstremvær, og at det er behov for grundigere studier på området.

Graphs 3 & 4 | The Effects of Mitigation and Adaptation Measures on Economic Losses



Source: adapted from ABI (2005), 'Financial risks of climate change', based on estimates for UK around the 2080s.

Figur 3.9. Virkningen av avbøtende tiltak og tilpasningstiltak på økonomiske tap. Kilde: Figur gjengitt i CEA Insurers of Europe (2007).

Tyndall Centre for Climate Change Research (Few et al 2004) har oppsummert funn fra internasjonal litteratur som omhandler helsemessige effekter av flom, tilpasningsprosesser og politikk på flomrisikoområdet. Rapporten inneholder også en vurdering av hvilke konsekvenser klimaendringer og fremtidig flomrisiko kan få å si når det gjelder helse. Ifølge Tyndall eksisterer det få kvantitative studier av sammenhengen mellom klimaendring, flom og helseeffekter.

Rapporten nevner ikke Norge spesielt, men oppsummerer de viktigste helseeffektene ved flom. Helseeffekter av flom klassifiseres etter om de er direkte eller indirekte, samt når de oppstår (tidlig fase, under selve flommen, i slutfasen/etterkant av flommen). Direkte effekter er skader og drukning, ulike vann- og vektorbårne sykdommer, samt mentale helseproblemer som følge av traumatiske opplevelser. Indirekte effekter er helseeffekter som skyldes skade på infrastruktur (helse-, vann og sanitær), kjemisk forurensning av drikkevann og matvarer, skader på avlinger og/eller sammenbrudd i matforsyning, skade på fast eiendom, samt evakuering og relokalisering av mennesker. Rapporten inneholder ingen anslag på hvor ofte de ulike konsekvensene vil inntreffe i fremtiden. Men den konkluderer med at det er sannsynlig at klimaendringer vil intensivere flomfaren i fremtiden.

Effektene av en flom avhenger ikke bare av hvor alvorlig flommen er, men også av samfunnets kapasitet til å beskytte befolkningen mot flomfare, redusere den helsemessige risikoen, samt å sørge for grunnleggende helsetjenester. Mange av de helsemessige effektene som nevnes i Tyndall-studien utgjør nok en større fare i land som er mindre utviklede enn Norge. Aavitsland et al (1996) har studert konsekvensene av flommen på Østlandet i 1995. 7000 mennesker måtte forlate hjemmene sine, og vannforsyningen til omlag 150 000 personer

var truet. Folkehelseinstituttet drev informasjonsarbeid om helsefarene. Det ble ifølge Aavitsland et al ikke observert noen økning i antall tilfeller av flomrelaterte overførbare sykdommer blant befolkningen i de flomrammede kommunene.

Svenskene har i SOU 2007:60, *Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter*, laget et regneeksempel for hvordan flomrelaterte sykdomstilfeller kan beregnes. Det understrekes at det er vanskelig å beregne kostnader knyttet til økt smittespredning gjennom matvarer og drikkevann, og at regnestykket kun er et eksempel på hvordan en kan gå fram for å gjøre en slik beregning. Regnestykket er basert på studier av hva medisinsk behandling av relevante sykdomstilfeller koster i dag, og av dette er det antatt en snittkostnad per behandling. Det antas en økning på 10 prosent i sykdomsutbrudd. Kostnader knyttet til sykdom som følge av forurenset drikkevann anslås da til 250 millioner kroner, mens kostnader knyttet til behandling av matvarerelaterte sykdommer anslås å være mye høyere, mellom 34 og 50 milliarder.

I tillegg til helsemessige konsekvenser, omtaler SOU 2007:60 også hvilke materielle skader forårsaket av flom som forventes i Sverige som følge av klimaendringer. Det forventes en økning i antall dager med kraftig nedbør, og en økning i forekomsten av oversvømmelser tilsvarende 100-årsflommer. Slike flommer vil ramme bebyggelse og infrastruktur langs vassdrag og kyst. I tillegg vil industri og jordbruk være utsatt, drikkevannskvaliteten står i fare. Oversvømmelse av elstasjoner kan medføre strømbrudd. Det er en trend at folk bosetter seg langs kysten og langs vassdrag, og ifølge utredningen forventer man derfor at stadig flere bygninger vil befinne seg i risikozonen for en 100-årsflom. I et av regnestykkene er skader som følge av oversvømmelser i perioden 2010-2100 beregnet til mellom 60-120 milliarder kroner⁴⁴. Utredningen tar til orde for styrket innsats for forebyggende tiltak

Vi har ikke funnet studier som ser på de samfunnsøkonomiske konsekvensene av en eventuell klimapåvirkning på flomfrekvensen i Norge. Ifølge det nasjonale forskningsprosjektet Geoextreme, som i hovedsak ser på skred, er det gjort lite i Norge for å beregne kostnader knyttet til en endret situasjon når det gjelder ulike typer "geohazards", både lokalt og for landet som helhet.

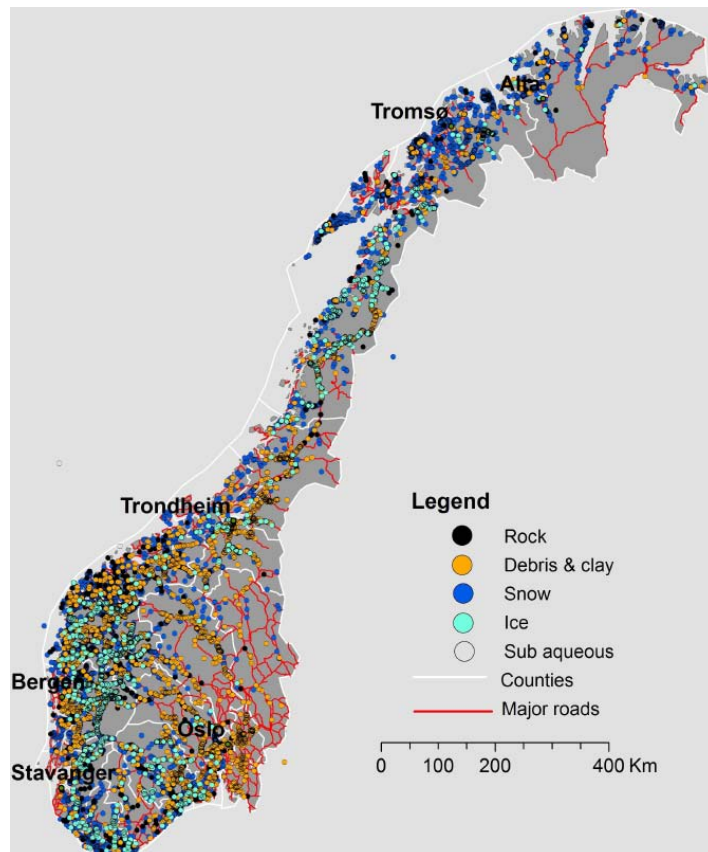
3.2.6 Skred

Store områder i Norge er utsatt for ulike typer skredhendelser. I løpet av de siste 150 er det registrert omkring 2000 dødsfall på grunn av skred i Norge. Historisk sett har de fleste dødsulykkene skyldes at folks hjem eller arbeidsplass har blitt rammet av et skred, mens trenden de siste tiårene er at de fleste dødsfallene skyldes skiløpere som blir tatt av snøskred (Jaedicke et al 2009). De virkelige store skredkatastrofene som er kjent fra Norge har vært forbundet med kvikkleireskred (Midtre Gauldal i 1345, Verdalen i 1893) og fjellskred med påfølgende flodbølger (Tjelle i 1759, Loen i 1905 og 1936, Tafjord i 1934) (Furseth 2006). Disse hendelsene medførte også enorme materielle skader. Det finnes ikke anslag over hvor store disse var, men for noen av dem er de materielle skadene også protokollført.

Været er en av de viktigste utløsningsfaktorene for skred i Norge, men det finnes kun tommelfingerregler for hvilke værelementer og hvilke terskelverdier som må overstiges før man kan regne med skred (Jaedicke 2009). For grunne jordskred i bratt terreng kan store

⁴⁴ SOU 2007:60, tabell side 16. Dette inkluderer oversvømmelse av bebyggelse langs sjøer og vassdrag, samt langs kysten. I tillegg kommer kostnader knyttet til for eksempel oversvømmelse av infrastruktur. For en detaljert gjennomgang av regnestykkene henviser vi til bilag B14 i utredningen, *Översiktlig sårbarhetsanalys för översvämning, skred, ras och erosion i bebyggd miljö i ett framtida klimat*.

nedbørsmengder eller snøsmelting føre til høyt porevannstrykk som reduserer styrken i løsmassene (Kronholm og Stalsberg 2009). For snøskred er det nedbør, temperatur og vindforhold som styrer utløsningsmekanismene (Jaedicke 2009). Kvikkleireskred forekommer ofte i forbindelse med langvarige perioder med intensiv nedbør og stor vannføring (Jaedicke og Kleven 2007). Kompleksiteten for steinsprang og fjellskred er større og til tross for at slike skred kan utløses av en rekke ulike værforhold er det nesten umulig å knytte utløsning av disse skredtypene til entydige værelementer (Jaedicke 2009 og Kronholm and Stalsberg 2009).



Figur 3.10. Registrerte skredhendelser i Norge (fra Jaedicke et al 2009)

I forbindelse med GeoExtreme prosjektet (GeoExtreme 2006, www.geoextreme.no) har det blitt etablert en database der det per 2009 er registrert omkring 33 000 stedfestede skredhendelser (Jaedicke et al 2009) (se figur 3.10). Den årlige fordelingen av ulike skredtyper viser at mens snøskred naturlig nok forekommer på vinteren opplever vi jordskred gjennom hele året, med noe hyppigere forekomster i juli og november, og steinsprang forekommer oftest i vintermånedene fra januar til april (Jaedicke et al 2009).

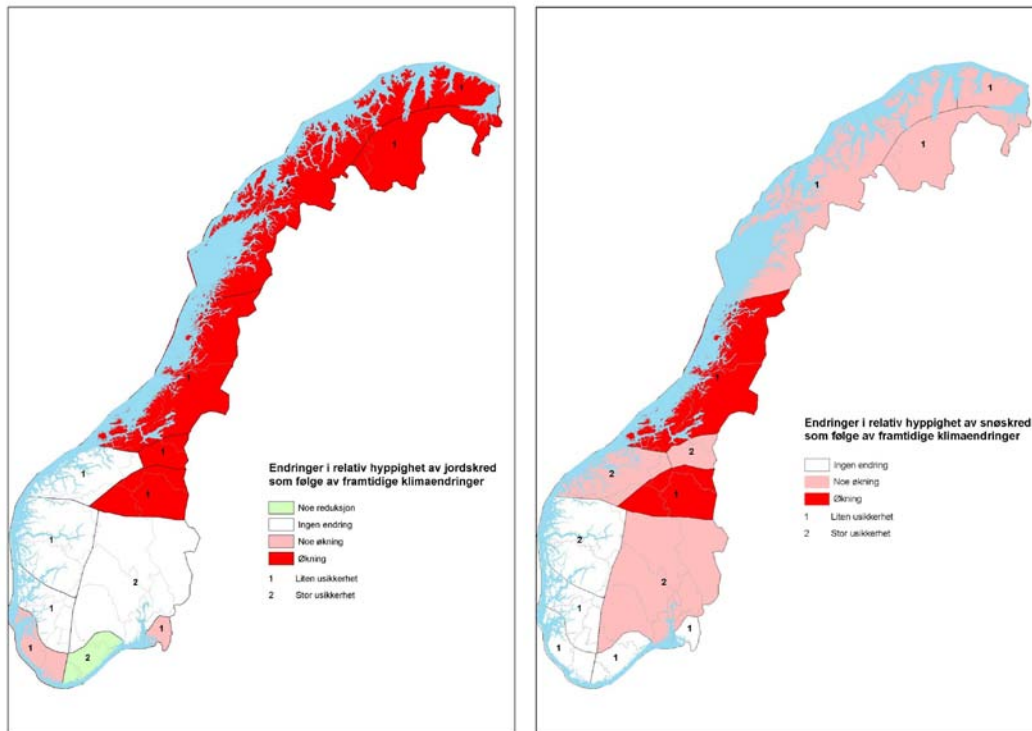
Ved å sammenholde skred fra denne databasen med klimadata har vi nå muligheten til å studere statistiske sammenhenger mellom skredhendelser og værforhold. Jaedicke et al (2008) viser at snøskred har høyest korrelasjon med værhendelser, mens steinsprang har den laveste korrelasjonen. Det samme studiet viser værforholdene som utløser skred varierer mellom ulike deler av landet. For eksempel er kortvarige perioder med intens nedbør den primære utløsningsfaktoren for snøskred i Sør-Norge, i Nordland er temperatursvingninger viktigst mens vindforholdene er avgjørende i Finnmark (Jaedicke 2009). For steinsprang har man foreløpig konkludert med at usikkerhetene er for store til å danne grunnlag for en relativt

sikker vurdering av sammenhengen mellom utløsning og værforhold (Kronholm and Stalsberg 2009).

Det knytter seg egne utfordringer til transportsektorens kostnader i forbindelse med skred. I to norske studier er nå-situasjonen for trafikkmengde og skredhyppighet studert. Tretvik og Odeck (2004) har strukturert samfunnsøkonomiske konsekvenser av vegstengninger som følge av snøskred på en slik måte at effektene kan gjøres til gjenstand for nytte-kostnadsanalyser. Analysene inkluderer ulykkeskostnader, vedlikeholdskostnader, investeringskostnader og brukerkostnader, og konkluderer bl a med at brukerkostnadene knyttet til rasstengte veier varierer sterkt fra sted til sted, som følge av varierende trafikkmengde og alternative rutevalg. Mange raspunkter ligger i grisgrendte strøk med lite trafikk, noe som medfører at de aggregerte brukerkostnadene ved vegstengning mange steder er lave. Bråthen *m fl* (2008) har beregnet de årlige brukerkostnadene som følge av rasstengte veger, og begrenser sin analyse til å omfatte de mest umiddelbare trafikantkostnadene knyttet til tids- og kjøretøykostnader ved omkjøring. Rapporten konkluderer på bakgrunn av studier av 17 rasutsatte vegstrekninger at brukerulempene forsvarer investeringer i rassikringstiltak på rundt 2 mrd kr.

Hvilke endringer kan vi forvente?

Et av målene i GeoExtreme prosjektet var å undersøke om skredrisikoen kan forventes å øke i fremtiden som følge av klimaendringer. Resultatene fra prosjektet, som ble avsluttet høsten 2008, var at svaret på dette spørsmålet er et klart ”ja” og at fremtiden allerede er her i form av endret nedbør og økt skredhyppighet (Jaedicke 2009). Generelt sett kan man forvente at en økning i ekstreme nedbørssituasjoner vil gi økt skredfare, men det er store regionale forskjeller her. Snøskredfare vil for eksempel minke i noen områder fordi snølinjen og tregrensen vil flytte seg oppover og vintersesongen vil bli kortere (Jaedicke et al 2008).



Figur 3.11. Vurderte endringer i hyppigheten av jordskred og snøskred som følge av klimaendringer (fra Kronholm og Stalsberg 2009)

Mer spesifikt har Kronholm og Stalsberg (2009) vurdert endringer i hyppigheten av jordskred og snøskred i ulike landsdeler (se figur 3.11). Resultatene viser at vi kan forvente en økning i hyppigheten av jordskred fra Trøndelag og nordover, noe økning kan også forventes sør i Østfold og i sydlige deler av Sør Vestlandet, mens på resten av vestlandet forventes ingen endring. Det er relativt liten usikkerhet knyttet til disse estimatene. På Østlandet forventes generelt ingen endring i hyppigheten av jordskred, mens på Sørlandet forventes noe reduksjon. Her er det imidlertid større usikkerhet knyttet til estimatene. For snøskred forventes det generelt noe økning i hyppigheten på Østlandet og i hele landet nord for Stad. I Midt-Norge er den forventede økningen størst, mens på Vestlandet og Sørlandet forventes ingen endring. Usikkerheten er her størst på Østlandet og i midtre nordlige deler av Vestlandet (Kronholm og Stalsberg 2009).

For steinsprang, fjellskred og kvikkleireskred har det ikke vært mulig å etablere statistiske sammenhenger mellom værhendelser og skredutløsning basert på historiske data. Det har dermed heller ikke vært mulig å gi noe estimat av endringen i hyppighet utover at vi kan forvente en generell økning grunnet en økning i ekstreme vær-situasjoner. I en særstilling står områder der det er påvist permafrost i dag som kan forventes å tine under en fremtidig klimaendring. Dette er omtalt nærmere i kapittel 2.3.2.

Konsekvenser for folk og samfunn

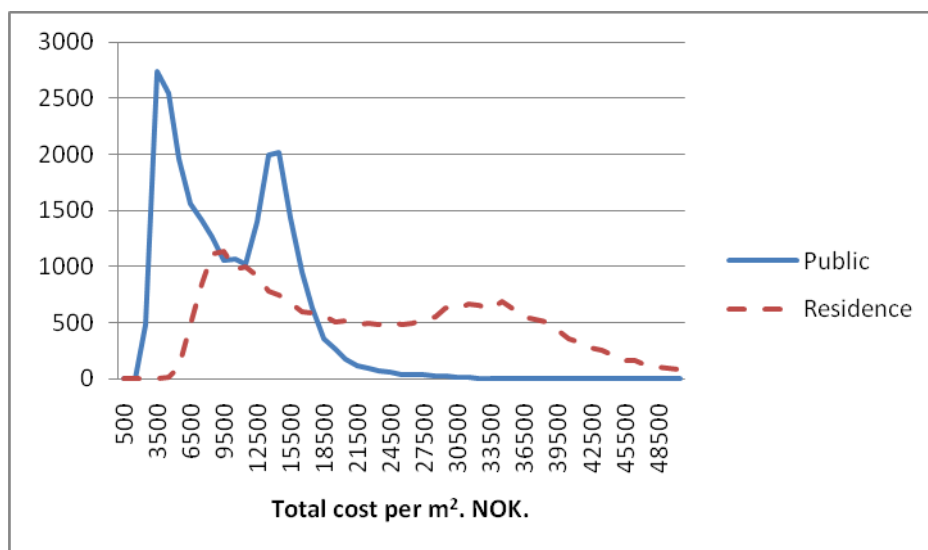
De økonomiske kostnadene ved skred har vært mindre enn kostnadene ved storm og flom i Norge, men skred er uten sammenlikning den kategorien naturulykker som har tatt flest menneskeliv. Ødeleggelsene når et skred går kan med andre ord bli dramatiske for dem som rammes, selv om det vanligvis er ganske få det gjelder. Dette illustrerer den store usikkerheten omkring faresoner og vanskelighetene med å predikere skredhendelser.

Med utgangspunkt i kart over faresoner på den ene side, og kartlegging av økonomiske verdier som befinner innenfor faresonene på den andre, forsøkte man i GeoExtreme-prosjektet å anslå risikoen for økonomiske skader og skade på menneskeliv ved skred i utvalgte områder i Norge (Aaheim et al., 2009). Til tross for at man har god og detaljert kunnskap om hva det vil koste å erstatte verdier dersom de blir fullstendig ødelagt, er det stor usikkerhet omkring anslag over mulige kostnader ved skred. For det første kan kartleggingen over verdier innen faresoner bare gi en svak antydning om skade på mennesker, eller på transportmidler og annet mobilt materiell. For det andre vil ikke det som treffes nødvendigvis bli totalt ødelagt. For det tredje trede utgjør verdien av skade bare en del av kostnadene ved skred. I tillegg kommer kostnader ved redningsaksjoner, opprydding og eventuelle tap av inntekter ved at aktivitetene innenfor rammede områder vil måtte avbrytes i kortere eller lengre tid.

Disse kostnadsfaktorene vet man lite om, og de avhenger sterkt av hvilken type skred man snakker om, hvor det går og når det går. Det ble brukt en sveitsisk studie (Heinimann, 1999) til å anslå sannsynlighetsfordelingen for hvor stor andel av en bolig som vil bli ødelagt ved ulike typer skred. Både byggematerialer og byggeskikk varierer mellom Norge og Sveits og generelt kan vi forvente en høyere sårbarhet for norske bygninger fordi sveitserne bygger sine hus i mur og har større tradisjon for å konstruere hus på en slik måte at eventuelle skred gjør mindre skade. Det ble tatt høyde for forskjellene i bygningsmaterialer (stort sett ble Heinimann's sårbarhetsfaktorer for trebygninger brukt), men vi må likevel regne med at usikkerhetene blir svært store her.

Risikoprofilen for ulike kategorier av verdier (boliger, vei, andre bygg osv) er i Aaheim et al. (2009) simulert med utgangspunkt i anslag på verdi, og i ulike forutsetninger om hvordan andelen som skades fordeler seg, samt hvordan andre kostnader (som redningsaksjoner og avbrudd) fordeler seg. Den samlede risikoprofilen for boliger og offentlige bygninger, gitt at det går et skred, er vist i figur 3.12. Den vertikale aksene viser hvor mange av i alt 25 000 trekninger som ligger innenfor hvert intervall.

Det er selvfølgelig stor usikkerhet rundt anslaget av slike fordelinger, men de viser et viktig trekk, nemlig at de ikke alltid er symmetriske sannsynlighetsfordelinger med ett enkelt toppunkt. Dette henger sammen med at fordelingen for de samlede kostnadene er et resultat av flere, i dette tilfellet to, underliggende sannsynlighetsfordelinger. De totale kostnadene vil da ha en tendens til å klumpe seg rundt de to utfallene som forekommer hyppigst i hver av dem. "Gjennomsnitts-ulykken" er den som "nesten aldri skjer" i følge figur 3.12.



Figur 3.12. Simulert hyppighetsfordeling for samlet skade på offentlige bygninger og boliger ved skred. Midt-Norge.

I slike tilfeller er det vanskelig å finne gode indikatorer som ivaretar hensynet både til forventet nivå på skade og på spredning, slik man gjerne bruker for symmetriske fordelinger, som for eksempel normalfordelinger. Det gjør det spesielt utfordrende å tilpasse seg denne formen for risiko. Blant annet kan det være vanskelig å sammenveie hensynet til noen relativt få men likevel betydelige enkelthendelser med mange små hendelser av mindre betydning. Men selv ved tradisjonelle måter å representere risikoen på, kan kostnadene ved skred bli betydelige. I følge Aaheim et al. (2009) utgjør den forventede kostnaden ved skred opp til 40 prosent av den samlede kapitalverdien i særlig skredutsatte områder. Det er derfor viktig å skaffe seg bedre forståelse av den økonomiske risikoen ved naturulykker ved utforming av tilpasningsstrategier.

Som en del av prosjektet GeoExtreme ble det også gjort beregninger av risikoen som skred representerer ovenfor både materielle verdier og menneskeliv innenfor avgrensede områder i Norge (Romstad et al. 2009). Beregningene er kun gjort for dagens klima, da man foreløpig ikke har kvantifisert effekten av klimaendringer på skredfare. Analysen omfatter et utvalg av områder som til sammen illustrerer de viktigste skredprosessene i Norge, nemlig Tromsdalen (snø, stein, løsmasse), Hjelledalen (snø, stein, løsmasse), Otta (stein, løsmasse) og Romerike (kvikkleire, grunne utglidninger). Det er estimert at i disse områdene bor det drøyt 7000 mennesker innenfor skredutsatte soner, med de fleste på Romerike (ca 5200) og i Tromsø (ca 1200). I tillegg til fysisk skredfare og menneskelig og materiell eksponering, tar risikoberegningene også hensyn til sårbarheten til eksponerte objekter.

Resultatene tyder på at den økonomiske risikoen summert over alle områder og skredtyper tilsvarer et gjennomsnittlig årlig tap på om lag 5 millioner kroner. Dette inkluderer tap knyttet til strukturelle skader på alle typer bygninger, tap av innbo i boliger, samt skader og opprydding knyttet til vei. I følge beregningene finner vi det største forventede tapet i Tromsø. De tre andre områdene kommer relativt likt ut. Snøskred er beregnet til å representere den største økonomiske risikoen, etterfulgt av løsmasseskred og deretter grunne utglidninger i kvikkleireområder, mens kvikkleireskred og steinsprang gir de laveste forventede tapene. Kostnadene knyttet til skred på vei er nærmest ubetydelige i forhold til skader på bygninger, men tap i forbindelse med stengning av vei er ikke tatt med.

Også for menneskeliv tilsier resultatene at de høyeste forventede tapene er i Tromsdalen. Deretter følger Hjelledalen, Otta og Romerike. Snøskred dominerer resultatene enda mer enn

for materielle skader, og etterfølges av løsmasseskred, steinsprang og kvikkleireskred. Det er kun personer i boligbygg som er tatt med i disse beregningene. Totalt for alle områder og skredprosesser tyder resultatene på at man kan forvente i gjennomsnitt ett dødsfall per to til tre år.

Generelt er prognoser for transportsektorens kostnader som følge av klimaendringer i liten grad kvantifisert. Et problematisk moment her er at prognosene for klimaendringene blir sikrere når tidshorizonten blir lengre og det geografiske nivået større, mens transportprognosene blir desto mer usikre over tid.

En case-studie av godstrafikken på Riksveg 15 gjennom Hjelledalen (Askildsen, foreløpig upublisert) beregner en fordobling av direkte ekstrakostnader for godstransportbransjen i denne spesifikke transportkorridoren frem mot år 2050, dersom hyppigheten av skredrelaterte vegstengninger forblir uendret. Kronholm og Stalsberg (2009) har beregnet endringer i skredfrekvenser for 13 regioner i Norge, der Hjelledalen ligger i et område hvor man forventer liten eller ingen endring i skredfrekvens (dog med høy grad av usikkerhet). Endringer i transportrelaterte kostnader vil da kun utgjøres av endring i trafikkmengde.

Tilpasningsstrategier.

Tilpasning til skredhendelser kan foregå på mange måter og på flere plan. Så vel NSB som Veivesenet gjør et betydelig arbeid for å kartlegge og forebygge skredfare. Veivesenet har igangsatt et større prosjekt for å utrede konsekvenser av klimaendringer, og mulig tilpasningstiltak. Generelt kan tilpasning til skred skje enten ved å forebygge skade eller ved å bedre informasjonen.

I noen tilfeller kan man forebygge skred ved å bolte fjellpartier. Vanligvis kan man imidlertid ikke basere tilpasning på å unngå skred, men snarere treffe tiltak for å forebygge skade. Snøskred kan i noen tilfeller utløses kontrollert og dermed unngå at det befinner seg noen i området. Dette gjøres i dag på særlig risikoutsatte veistreknninger når snømassene når et kritisk nivå.

Så vel snøskred, som jordskred og steinsprang kan ”stoppes” ved å bygge mur, voll eller legge netting i skred-kanten, og således fungere som beskyttelse for folk, hus og vei. I allerede utbygde områder kan slike forebyggende tiltak være den eneste mulige måten å unngå materielle skader på. Skade på mennesker kan imidlertid begrenses ved god informasjon, både når det gjelder overvåking av skedfaren og om hvordan man skal forholde seg når skredfaren blir særlig stor, som for eksempel ved gode evalueringsplaner og -muligheter. Kartlegging og informasjon inngår derfor som en viktig del av tilpasningsstrategier. Kartlegging er ressurskrevende, og det er mangelfull kunnskap om faresoner i Norge i dag. Utfordringene med å oppdatere faresoner i henhold til forventede klimaendringer er spesielt store, noe arbeidet i GeoExtreme (2006) har bekreftet.

Mens tilpasning i allerede utbygde områder i hovedsak går ut på å forebygge skade i tilfelle skred, vil en tilpasningsstrategi for ikke utbygde områder i første rekke måtte inneholde planer for hvor en skal tillate og hvor en skal unngå utbygging. Aaheim et al. (2009) understreker at en effektiv samfunnsøkonomisk utnyttelse av arealer tilsier at utbygging bare bør tillates dersom risikoen for skred er mindre enn den verdien utbygging har utover verdien av det beste alternativet. For å kunne vurdere dette må man:

- foreta en fullstendig risikovurdering
- avklare hvor stor risiko man kan akseptere
- avklare hva det beste alternativet er

Det knytter seg betydelige utfordringer til hvert av disse punktene, som må regnes som høyst uavklarte i dag: Mangelfull kunnskap om faresoner gjør det vanskelig å foreta risikovurderinger, det finnes ingen samfunnsmessig norm for tålbart risiko, og vurdering av nest-beste alternativ avhenger av hvem som foretar vurderingen. Alt i alt tilsier dette at tilpasningen til de skredhendelsene som skjer i dag allerede er ineffektiv og medfører ekstra samfunnsøkonomiske kostnader. Disse vil øke selv uten klimaendringer dersom det ikke bringes klarhet i de tre faktorene som er nevnt ovenfor, ettersom nye områder blir bygget ut med uklare retningslinjer. Klimaendringer vil bidra til ytterligere samfunnsøkonomiske tap.

3.2.7 Tørke

Det finnes ingen omforent definisjon av tørke. FNs Klimapanel har definert det som

The phenomenon that exists when precipitation is significantly below normal recorded levels, causing serious hydrological imbalances that often adversely affect land resources and production systems.⁴⁵

Van Lanen et al (2007) definerer tørke som en vedvarende og regionalt vidstrakt hendelse hvor tilgangen på vann faller under et gjennomsnitt. Noen legger også til definisjonen at det er noen som etterspør vannet.

Tørke kan kategoriseres i ulike grupper. *Hydrologisk tørke* inntreffer når vannstanden i innsjøer, elver og reservoarer faller under et gjennomsnitt. *Meteorologisk tørke* betegner en forlenget periode med nedbør under gjennomsnittet. I tillegg snakkes det om *landbrukstørke* (for lite vann for ulike typer avlinger).

Tørke kan inntreffe både om vinteren og om sommeren. I Norge kan tørkeperioder oppstå enten som følge av lite nedbør kombinert med høy evaporasjon (sommertørke), eller som et resultat av at nedbør lagres som snø (vintertørke) (Roald et al 2007).

Mens tørke tradisjonelt har vært ansett å være et problem som først og fremst rammer utviklingsland, har erkjennelsen av at tørke også rammer industriland vokst fram de senere årene. Europa har blitt rammet av flere alvorlige tørkeperioder i nyere tid. I 2003 ble store deler av Europa rammet av en langvarig hetebølge, som forårsaket skade for rundt 12 milliarder Euro og som bidro til at 30 000 mennesker døde (EurAqua 2004). Forskningen rundt klimaendringer har også bidratt til å sette søkelys på hva vi kan forvente fremover når det gjelder tørke.

I 4th Assessment Report, Summary for policymakers fra IPCC omtales utviklingen i temperatur på kloden. Ifølge temperaturregistreringer for de siste 150 år, var årene 1995-2006 blant de aller varmeste årene registrert⁴⁶. Ifølge IPCC har det blitt vanligere med varme dager, og hetebølger inntreffer oftere.

⁴⁵ Glossary of Terms used in the IPCC Fourth Assessment Report, WG2.
<http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/ar4-wg2.pdf>

⁴⁶ Climate Change 2007: Synthesis report. Summary for policymakers. Tilgjengelig på:
http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf

Hisdal et al. (2001) har sett nærmere på om “streamflow” tørke har blitt mer vanlig eller mer ekstrem i Europa. Det vises til at mange forskere hevder at ekstreme tørkeperioder vil komme til å bli eller allerede har blitt mer vanlig. Ved å studere historiske data for fire ulike perioder⁴⁷ i tidsrommet 1911-1995, har Hisdal et al undersøkt om det finnes noen trender når det gjelder tørke. Tørke er definert som perioder der “streamflow” er under en viss terskel. Hisdal et al finner ikke i sitt datamateriale at tørkeperioder har blitt mer vanlig eller mer ekstreme generelt. Imidlertid er det enkelte regionale forskjeller. Forskerne finner tendenser til økt tørke i Spania, østlige deler av Øst-Europa og i deler av Storbritannia, mens de finner tendenser til redusert tørke i store deler av sentral-Europa og i vestlige deler av Øst-Europa. For Norge finner forskerne at økt nedbør har redusert innslaget av tørke på Vestlandet. Hvorvidt disse tendensene er et resultat av menneskeskapt klimaendringer, naturlige variasjoner eller en kombinasjon av de to, må det imidlertid forskes mer på. Studien viser også at en analyse av tidsserier i stor grad påvirkes av hvilke år man velger å se på, fordi våte / tørre år har en tendens til å opptre gruppevis (dvs flere våte eller tørre år på rad). Analyser basert på 30-års tidsserier kan føre til at man trekker feil konklusjoner for mer langsiktige trender. Hisdal et al finner ingen sikre trender for hele perioden 1911-1995.

Hvilken rolle spiller klimaendringene?

Det finnes mange studier av klimaendring og tørke, men de fleste forskere er enige om at det er vanskelig si noe sikkert om hvilken effekt klimaendringer vil ha på tørke, fordi det er vanskelig å isolere effekten av klimaendringer fra andre påvirkningsfaktorer. For eksempel er den naturlige variasjonen i klimaet over tid stor.

Forskningsprogrammet RegClim har, basert på resultater fra globale modeller fra Max Planckinstituttet og Hadleysenteret i Storbritannia, kommet frem til at Norge i fremtiden (2071-2100) kan komme til å oppleve økt sommertørke på Østlandet og Sørlandet, sammenlignet med perioden 1961-1990. Sommernedbøren på Østlandet og Sørlandet kan komme til å reduseres med opp til 15 prosent (RegClim 2005). RegClims beregninger er basert på IPCCs B2 scenario, det vil si et scenario som tar utgangspunkt i et lavt utslipp av drivhusgasser. De globale beregningene er gjort med modeller med lavere følsomhet enn gjennomsnittet for slike beregninger. (RegClim pressemelding september 2005).

Lehner et al. (2001) har i studien *European droughts today and in the future* analysert i hvilke av Europas elver med tilførselsområder (“river basins”) en kan forvente flere tilfeller av tørke som følge av klimaendringer. I studien har de blant annet sett på Skandinavia. Analysen tyder på at Skandinavia kan komme til å oppleve en forskyvning i nedbørssesongen, ved at måneden med lavest gjennomsnittlig nedbør inntreffer 1-2 måneder tidligere på året. Dette betyr fortsatt tørkeperioder på vinteren. Kyststrøkene på Vestlandet kan imidlertid, ifølge denne analysen, rundt 2070 komme til å oppleve en forskyvning av den mest nedbørfattige måneden fra januar/februar til juni/juli eller oktober, slik figuren under viser.

⁴⁷ 1962-1990, 1962-1995, 1930-1995 og 1911-1995.

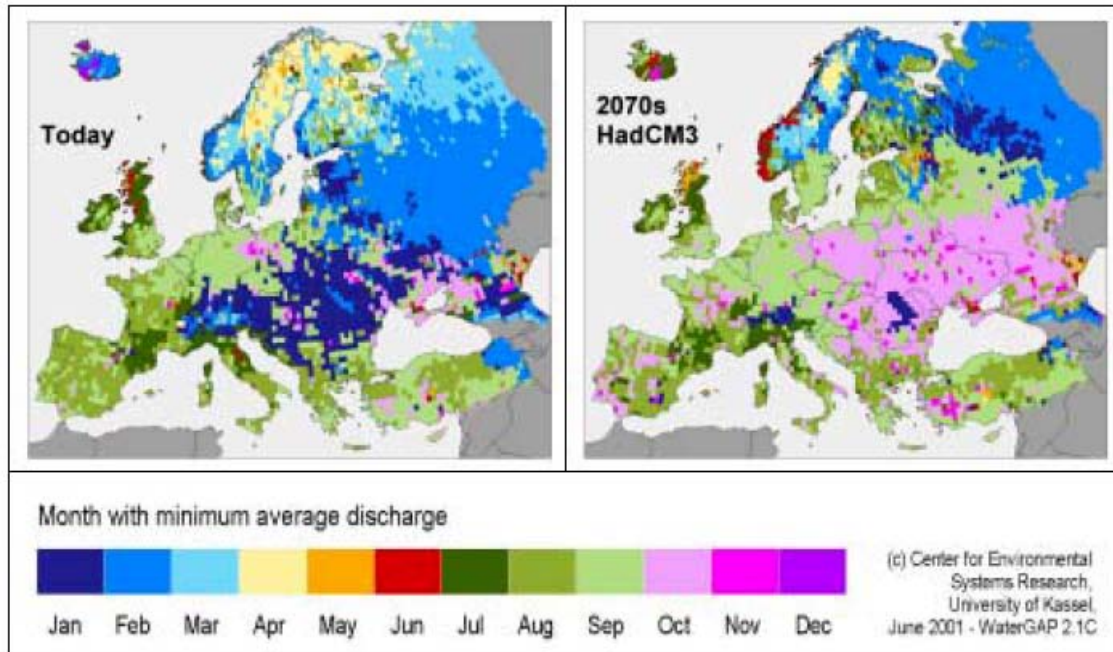


Figure 7.8: Month with minimum average discharge. Comparison of results calculated with WaterGAP 2.1 for today's climate (1961-90) and for the 2070s (HadCM3 climate model and Baseline-A water use scenario).

Figur 3.13. Måneder med minimum gjennomsnittlig avrenning. Sammenlikning mellom resultater beregning med WaterGAP 2.1 for dagens klima (1961 – 1990) og for perioden 2070 – 2080 med HadCM3 klimamodell og basisalternativ A for framtidig vannforbruk

Disse beregningene er imidlertid forbundet med stor usikkerhet. Resultatene for Skandinavia er heller ikke entydige mellom de ulike scenarioene. Lehner et al. har hatt som grunnlag. Beregninger i scenarioene ECHAM4⁴⁸ og HadCM3⁴⁹ konkluderer til og med i motsatt retning for Skandinavia i 2020. Forskerne peker på usikkerheten som preger globale beregninger for fremtidig tørke. Dette er kompliserte prosesser hvor også andre faktorer som blant annet urbanisering virker inn.

Roald et al. (2007, artikkel og foredrag) drøfter hvilke endringer et varmere klima kan få for forekomsten av flom og tørke i Norge. Studien tar utgangspunkt i klimamodellene ECHAM4 (med SRES B2 som utslippsscenario) fra MaxPlanck-instituttet, og Hadley Am3H (med SRES A2 og B2 som utslippsscenario) fra British Met. Office. De to modellene produserer ulike resultater når det gjelder beregninger av regional atmosfærisk sirkulasjon over Norge. Økt avrenning om vinteren vil sannsynligvis redusere intensiteten på vintertørke. Tidligere snøsmelting og varmere sommere med mindre nedbør, kan komme til å forårsake mer intense tørkeperioder om sommeren. Forskerne mener også å se ut fra historiske data at sommertørke har blitt mer intens på Østlandet enn tidligere. For resten av landet finner de ingen klare

⁴⁸ The ECHAM4/OPYC3 model from the Max-Planck Institute for Meteorology (Hamburg, Germany) with transient greenhouse gas and sulphate aerosol integration and greenhouse gas forcing according to the IPCC-IS92a scenario (Röckner et al., 1996, 1999).

⁴⁹ The HadCM3 model from the Hadley Centre for Climate Prediction and Research (Bracknell, U.K.) with transient all-anthropogenic forcing integration (HC3AA) and greenhouse gas forcing similar to the IPCC-IS92a scenario (Gordon et al., 1999).

mønstre. Når det gjelder scenarier for fremtiden (2071-2100), mener forskerne at lengden på sommertørke kan komme til å øke på Østlandet, mens den vil reduseres i Nord-Norge.

Hisdal et al (2006) sett på naturlig variasjon i flomtrender og tørkeperioder. Hisdal et al finner at varigheten på tørkeperioder i sørøst har blitt lengre i perioden 1920 til 2002. I dag ser man også at vårflommene kommer tidligere, og dette får konsekvenser for sommertørke. Når klimaet kan bli varmere og sommersesongen blir lengre, og mange scenarier i tillegg spår mindre nedbør sommerstid, vil sørøstlige deler av Norge sannsynligvis komme til å oppleve lengre perioder med tørke om sommeren. Hvorvidt dette er et resultat av menneskeskapt klimaendring, eller om det er et uttrykk for naturlig klimavariasjon, er imidlertid usikkert, ifølge Hisdal et al.

Fremtidige konsekvenser av tørke

Tørke kan forårsake store kostnader for samfunnet. EurAqua⁵⁰, et europeisk nettverk av forskningsinstitusjoner på vannområdet, tar i rapporten *Towards a European Drought Policy* fra 2004 for seg tørke og konsekvensene for samfunnet. Ifølge EurAqua finnes det ingen etablert metodologi for å beregne de økonomiske, sosiale og miljømessige kostnader av tørke. Rapporten omtaler konsekvensene av hetebølgen som rammet Europa i 2003.

Hetebølgen førte blant annet til store tap for jordbruket, og 650 000 hektar skog brant ned, noe som vil ha konsekvenser for energiproduksjon basert på biomasse i mange år. Spania opplevde at turismen sviktet, landet mottok 800 000 færre turister. Transport på flere europeiske elver ble innskrenket, noe som førte til store tap for de berørte havnene. Flere varme- og kjernekraftverk ble stengt på grunn av mangel på kjølevann, samt pga restriksjoner for utslipp av oppvarmet vann. Vannkraftproduksjonen ble redusert, blant annet i Norge. Det ble innført restriksjoner på vannforsyningen rundt om i Europa. I tillegg bidro hetebølgen til mer enn 30 000 dødsfall.

Cicero og Cowi (2008) omtaler hvilke konsekvenser tørke kan komme til å få for Norge. De største temperaturøkningene er ventet å opptre i sørøst-Norge, hvor også vanntilgangen legger begrensninger for trevekst. Tørke kan føre til at arter som krever høyere temperatur, ekspanderer på bekostning av gran. Videre er tørkerammede trær er mer utsatt for angrep fra skadedyr. På 1970-tallet ødela granbarkebiller 4 millioner kubikkmeter med grantrær, noe som tilsvarer omtrent halvparten av normal årlig hugst i Norge i dag. Tørrere vær kan også få konsekvenser for jordbruksavlinger. Et varmere klima kan bidra til å forlenge vekstsesongen, men lengre perioder med tørke øker også faren for soppangrep på avlinger. I tillegg kan tørkeperioder komme til å øke forekomsten av setningsskader på bygg.

Et varmere og tørrere klima kan også øke faren for skogbrann, blant annet fordi det såkalte markvannsunderskuddet øker. Vi har imidlertid ikke funnet studier som indikerer hvor store volumer dette kan dreie seg om i Norge.

3.3 Utfordringer knyttet til tilpasning til naturulykker

Som vi har vært inne på i kapittel 1 kan endringer i ekstremvær få stor betydning for sektorer som bolig og bygg, transport og vann og avløp. I følge FNs klimapanel er det faktisk endringer i hyppigheter og intensiteten i ekstreme værhendelser som vil ha mest negativ effekt for mennesker og dyr. Problemet er at det er stor usikkerhet knyttet til fremtidig hyppighet og omfang av ekstremvær. Økt urbanisering har ført til at konsentrasjonene av

⁵⁰

http://www.euraqua.org/download/18.4a4d22a41128e56161b800015566/Drought_brochure_992kb.pdf

mennesker, bygninger og andre objekter som kan bli skadet gjør at skadeomfanget blir større når en ulykke skjer. I dette kapitlet skal vi se på hvilke utfordringer knyttet til økende frekvens av ekstremvær.

3.3.1 Empiri om naturulykker og kostnader

FNs klimapanel (IPCC) slo fast i sin hovedrapport fra 2007 at verden må forberede seg på mer ekstremvær. Det er svært trolig ("very likely") at ekstrem varme og ekstrem nedbør vil forekomme oftere. Flom, stormflo og erosjon ventes å øke i Europa.

Evnen til å tilpasse seg klimaendringene vil avhenge av sosioøkonomiske og miljømessige forutsetninger, samt tilgjengelige kunnskap og teknologi. Mennesker og dyr har tilpasset seg endringer i klima og ekstremvær som flom, tørke og storm i all tid, og enkelte tiltak er allerede iverksatt, men det er fortsatt lite kunnskap om kostnader og tiltak som skal til for å tilpasse seg endringene (IPCC, 2007b).

Endringer i hyppigheter og intensiteten i ekstreme værhendelser er det som vil ha størst negativ effekt for mennesker og dyr (IPCC, 2007b). Selv land med stor tilpasningskapasitet kan være sårbare for ekstremvær slik vi så under den ekstreme varmen i Europa 2003 og ved Katarina i 2005. Norge har foreslått at FNs klimapanel (IPCC) skal lage en spesialrapport om håndtering av ekstreme klimahendelser. Våren møttes eksperter fra hele verden i Oslo for å starte arbeidet med rapporten. Rapporten vil styrke bevisstheten om de dramatiske konsekvensene av global oppvarming, men viktigst av alt skal den være en guide for hvordan vi kan komme i gang med praktiske tiltak i land som er sårbare for klimaendringene. Etter planen legges rapporten frem i 2010 (SFT, 2009).

Studiene av de enkelte sektorene, som er behandlet i kapittel 1, viser at for flere av dem, som for eksempel transport og vann og avløp, er det spesielt den potensielle økning i ekstremvær og naturskader som byr på den største utfordringen. For eksempel anslår Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) at 100.000 nordmenn bor i områder der det er fare for kvikkleireskred (Innbjør, 2008). Det er ikke usannsynlig at klimaendringen således også vil øke de fremtidige erstatningssaker.

Prestrud (2006) peker på at selv om det er bred enighet om at skadeomfanget av værrelaterte naturkatastrofer har økt kraftig i verden, er det ikke enighet om årsakene. Den rådende oppfatning har vært at det først og fremst er endringer i sosioøkonomiske og demografiske variabler som kan forklare økningen, og bare i mindre grad endringer i ekstreme værhendelser. Samfunnet eksponeres i økende grad for værrelaterte tap som følge av befolkningsvekst og økt urbanisering i utsatte og sårbare områder, en generell verdi- og velstandsøkning og økt avhengighet av strømforsyning. Andre studier tyder på at også endringer i klima kan ha betydning.

Selv om det også har vært en økning i skadeutbetalinger i Norge, har disse ikke økt like raskt som i resten av verden. I følge Prestrud (2006) har det ikke vært noen entydig økning i sterk vind i de senere år, som er den faktoren som erfaringsmessig gjør mest skade. Norge er fra naturens side antatt å være ganske robust mot klimaendringer, og vant med å takle dårlig vær. Muligens har ikke Norge hatt tilsvarende endringer i de sosioøkonomiske og demografiske faktorene som har hatt stor betydning for skadeomfanget andre steder. Alternativt kan det skyldes tilfeldigheter, befolkningstettheten eller at konsentrasjonen av materielle verdier har økt betydelig i området rundt Oslofjorden de siste tiårene. Rammes dette området av tilsvarende stormer som en har sett i Danmark og Sverige, er det sannsynlig at de økonomiske tapene vil bli betydelige (Prestrud, 2006).

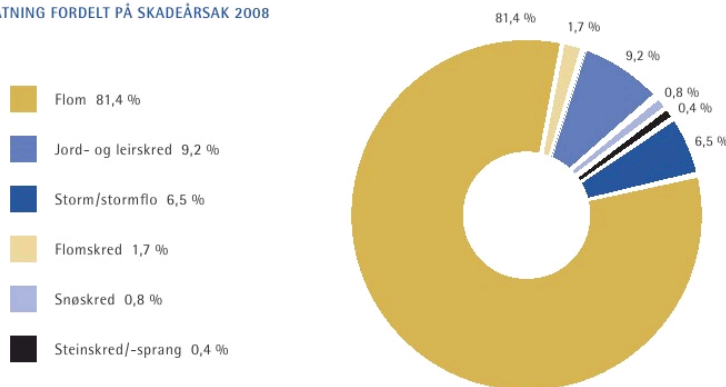
Allerede i 2001 initierte Gjensidige prosjekt for å studere klimaendringenes påvirkning på forsikringsbransjen og i 2008 fikk selskapet innfridd støtte for et 4-års EU

samarbeidsprosjekt.⁵¹ Forbundet for britiske forsikringsselskaper har advart om at forsikringskravene kan bli tre ganger så store innen midten av dette århundret. Britene forventer størst økning i erstatning etter bygningsskader (ACIA, 2005).

Vi har tidligere vært inne på at Norge har en todelt erstatningsordning ved naturskader på gjenstander, og hvem som erstatter skaden er avhengig av om gjenstanden kan forsikres eller ikke. Naturskade defineres i lovens forstand som skade på gjenstander som direkte skyldes skred, storm, flom, stormflo, jordskjelv eller vulkanutbrudd. I henhold til *naturskadeforsikringsloven* (Lov 1989-06-16 nr. 70) blir alle bygninger og løsøre som forsikres mot brannskader i private forsikringer, automatisk også forsikret mot naturskade. Ordningen administreres av *Norsk Naturskadepool* hvor alle skadeforsikringsselskaper i Norge er medlemmer. Naturskadeforsikringsloven omfatter ikke motorvogn, småbåter, skip og en del andre objekter. Erstatningen for disse avhenger av din ordinære forsikringsdekning. På et seminar om klimaendringer pekes det på at bare 10 prosent økning i nedbør vil kunne øke skadeutbetalingene med 40 prosent (Forskning, 2007).

Erstatning på verdier som ikke kan brannforsikres (for eksempel veier og dyrket mark), dekkes gjennom Statens naturskadefond i henhold til Lov om sikring mot og erstatning for naturskader (Lov 1994-03-25 nr. 07). Loven dekker kun skade som følge av naturskader og dekker ikke skade som direkte skyldes lyn, frost eller tørke, nedbør eller isgang. Det samme gjelder skade som skyldes angrep av insekter, dyr, bakterier, sopp eller liknende (Cicero, 2007). Statens naturskadeordning omfatter styret og ankenemnda for Statens naturskadefond som er forvaltningsorganer direkte underlagt Landbruks- og matdepartementet (LMD). Statens naturskadefond inn til nylig også hatt ansvaret for sikring mot naturskader.

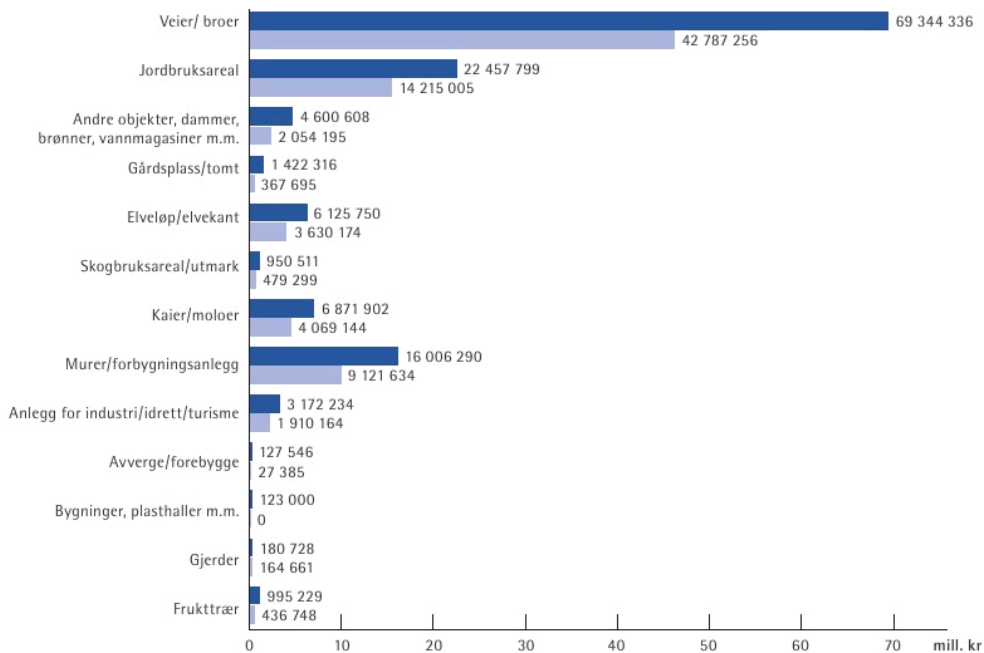
ERSTATNING FORDELT PÅ SKADEÅRSÅK 2008



Figur 3.14 Erstatning fordelt på skadeårsak. 2008 (Naturskadefondets årsrapport 2008)

De statelige naturskadeerstatningene finansieres med årlige bevilgninger over statsbudsjettet. Orkanen på Nordvestlandet i 1992 og storflommen på Østlandet i 1995 utløste til sammen 405 millioner kroner i erstatninger fra Naturskadefondet. I henhold til Naturskadefondets årsrapport for 2008 ble 757 erstatningssaker, inkludert 19 klagesaker, behandlet i 2008. Totalt ble det tilkjent erstatning for nær 80 mill kroner og vel 81 prosent av erstatningsutbetalingene skyldes flomskader (Figur). Veier, broer og jordbruksareal utgjør de største skadeobjektene (Figur 253.15).

⁵¹ For mer informasjon se, <http://www.gjensidige.com/web/Forsiden/Samfunnsansvar/B%C3%A6rekraft/Tar+klima+p%C3%A5+alvor>



Figur 3.15 Erstatning fordelt på skadeobjekt. 2008 (lyseblå; skadetakst, mørkeblå; erstatning) (Naturskedefondets årsrapport 2008)

3.3.2 Naturskadeordningen og tilpasning til klimaendringer

Econ (2006) har gjennomført studien *Samfunn i endring – hva betyr det for naturskadeordningen*. Studien ser på utviklingen 30 år tilbake og 30 år frem i tid for endringer i levekår, næringsgrunnlag og andre forhold som påvirker befolkningens sårbarhet for naturulykker. I følge Econ (2006) er urbaniseringen antakelig den enkeltfaktor som bidrar sterkest til å øke sårbarheten for naturskader, spesielt for flom og skredulykker, hovedsakelig fordi konsentrasjonene av mennesker, bygninger og andre objekter som kan bli skadet gjør at skadeomfanget blir større når en ulykke skjer. Videre har endringer i næringsstruktur, utvikling av infrastruktur og økt velstand endret vår sårbarhet for naturskader.

Klimaendringer er ikke behandlet særskilt i rapporten, men klimaendringer kan få betydning for risiko og omfang av naturskader. For eksempel hevder Econ (2006) at vi er blitt flinkere til å sikre oss, men at klimaendringer er kanskje den største utfordringen for arbeidet med sikring mot naturskader framover ettersom endringene kan gjøre at både omfang og hyppighet av ulike naturskader kan endres vesentlig over relativt kort tid dersom de mest pessimistiske spådommene slår til. Dette gjør det vanskelig å planlegge sikringstiltak framover. I følge Econ (2006) er fordelen med den norske ordningen, til sammenligning med land uten offentlig ordning, er at den sannsynligvis legger til rette for en mer effektiv håndtering av skader ved store hendelser og at den gir bedre incentiver til kollektiv sikring. En av ulempene er at ordningen i mindre grad ansvarliggjør den enkelte og således svekker incentiver til individuell sikring.

Frøland et al. (2007) har på oppdrag fra av Statens landbruksforvaltning (SLF) sett på utviklingen av naturulykker i Norge som følge av klimaendringer. Utredningen ser på hvilke klima- og værforhold vi ut i fra dagens kunnskap kan forvente i Norge om 30-50 år. Utredningen bygger på forskningsresultater fra en rekke fagmiljøer, herunder foreløpige

resultater fra forskningsprogrammet GeoExtreme.⁵² Prosjeksjonene for klimautviklingen er hovedsakelig basert på en simulering fra Max-Planck-instituttet med IPCCs utslippsscenario IS92a. Denne simuleringen er dynamisk nedskalert i RegClim for en kontrollperiode 1980-2000 og en scenarioperiode 2030-2050.

Frøland et al. (2007) hevder at hvis man ser isolert på endringer i naturhendelser og risiko for naturskader, er det en trend mot økt samfunnsmessig sårbarhet overfor naturhendelser, men man kan ikke si noe om hvilket utfall disse hendelsene vil få. Mange hendelser er såpass sjeldne at sikringstiltak eller tilpasning til disse ikke finner sted, noe som kan føre til at skadene blir desto større når naturhendelsen faktisk inntreffer. En stor hendelse i et område med lite infrastruktur og bebyggelse kan få små effekter, mens en liten hendelse i et område med mye infrastruktur og bebyggelse kan få store konsekvenser (Frøland et al. 2007). Satsing, på sikring, god arealplanlegging og god byggeskikk er alle viktige elementer for å begrense skader fra naturhendelser (Frøland et al. 2007). NVEs flomsonekart (www.nve.no), Skrednett (www.skrednett.no) og risikoanalyser eksempler på planleggingsverktøy som kan brukes i arbeidet med tilpasning.

Resultater fra GeoExtreme-prosjektet og fra det EU-finansierte ADAM prosjektet (Aaheim et al., 2009b) tyder på at institusjonelle barrierer kan legge betydelige hindringer i veien for en god og effektiv tilpasning til endringer i hyppigheten av naturulykker. Dette kommer i tillegg til de nevnte problemene som knytter seg til kollektive forsikringsordninger, som den norske naturskadeordningen, der individer som utsetter seg for risiko ikke nødvendigvis blir stilt til ansvar dersom de lar være å ta tilstrekkelige forhåndsregler. De institusjonelle barrierene knytter seg til at tilpasningstiltak gjerne er offentlige goder, som innebærer at mange nyter godt av at de samfunnsmessig sett mest effektive tiltakene gjennomføres. Individuelt initierte tiltak vil bli lite effektive, og uten samfunnets medvirkning vil det bli satt i verk for få tiltak. Det finnes også eksempler på at tiltak gjennomføres for å beskytte den som initierer tiltaket, for eksempel flomvern, men at risikoen for flomskade med det øker for andre (Næss et al., 2005).

En annen kilde til institusjonelle barrierer er at tilpasning til naturulykker som flom, stormflo og skred innebærer arealbruksforvaltning, som kan være forbundet med interessekonflikter. Det setter store krav til beslutningsmyndighetene, ikke bare når det gjelder dens integritet, men også kunnskapen. Som nevnt i seksjonen om skred, er kartlegging av risiko svært ressurskrevende. Ansvar for arealforvaltningen er lagt til kommunene, som har begrensede ressurser. Dermed oppstår det uklarhet om når og i hvilket omfang kartlegging kan kreves i forkant av utbyggingsvedtak. Avveining mellom utbygging i utsatte områder og utbygging i alternative, sikre områder vil også fortone seg forskjellig fra utbyggers ståsted og kommunes ståsted, og for kommune og stat. Strengt tatt trenger en derfor tydelige retningslinjer for ansvar i tilfelle skade. Naturskadeordningen gjør imidlertid dette ansvaret utydelig. Det er heller ikke full klarhet om hvilke krav sentrale myndigheter stiller overfor utbygger og kommune i lys av risikoen for naturulykker, eller hvilke virkemidler de har for å gjennomføre eventuelle målsettinger.

Konsekvensene av disse institusjonelle barrierene er behandlet i en omfattende litteratur, både i Norge og internasjonalt. Aaheim og Mestl (2007) diskuterer noen hovedresultater fra denne litteraturen, som i korthet kan oppsummeres til at aktører i liten grad forholder seg til

⁵² GeoExtreme (www.geoextreme.no) er et fire-års prosjekt finansiert av Norges Forskningsråd (NFR) om geohazards, klimaendringer og ekstremværs-hendelser. Prosjektet utføres av International Centre for Geohazards (ICG) ved partner-organisasjonene Norges Geotekniske Institutt (NGI) og Norges Geologiske Undersøkelse (NGU), Bjerknes-Senteret for Klimaforskning (BCCR), Senter for Internasjonal Klima og Miljøforskning (CICERO), og Meteorologisk institutt (met.no).

kunnskap, at tiltak gjennomføres tilfeldig, ofte med liten skadeforebyggende virkning, og at kjent risiko tilsynelatene ignorerer. Pollak (1998) hevder at for å kunne forstå disse tilsynelatende uforståelige trekkene, så må man gå inn i de enkelte beslutningsprosessene, og avdekke svakheter i hvordan ulike beslutningsnivå samhandler. Klimaendringer vil bidra til å øke den samfunnsmessige gevinsten av å finne fram til gode beslutningsrutiner for tilpasning til en økende risiko for naturulykker.

3.3.3 Referanser 3.1

- Antonijevic, V. og Lucas, A.E. (upubl.) Vulnerability to sea-level rise in Hordaland, Norway. http://gomer.uib.no/website/SLR/docs/SLR_Paper.pdf
- Aunan, Kristin and Bård Romstad, 2008. Strong coasts, vulnerable communities: Potential implications of accelerated sea-level rise for Norway. *Journal of Coastal Research*, 24 (2): pp. 403–409.
- Bjerknessenteret (2008) Fremtidig havnivåstigning i norske kystkommuner. http://www.dsb.no/File.asp?File=PDF/2008/Rapport_Havnivastigning.pdf
- Bjerknessenteret (2008) Havnivåstigning. Estimer av fremtidig havnivåstigning i norske kystkommuner. http://www.dsb.no/File.asp?File=PDF/2008/Rapport_Havnivastigning.pdf
- Buanes, A. og Riseth, J.Å. (upubl.) Tilpasning og avbøtende tiltak. NORACIA Delutredning 5. Utkast 4.mai 2009
- Buanes, A., Riseth, J.Å. og Mikkelsen, E. (upubl.) Effekter av klimaendringer på folk og samfunn. NORACIA Delutredning 2. Høringsutkast april 2009
- Drange, H., Marzeion, B., Nesje, A. and Sorteberg, A. 2007. Opptil én meter havstigning langs Norskekysten innen år 2100. *Cicerone* 2/2007: 29-31
- Groven, K., Leivestad, H.H., Aall, C., Selstad, T., Høydal, Ø.A., Nilsen, A.S. og Serigstad, S. (2008) Naturskade i kommunene. Sluttrapport fra prosjekt for KS. Vestlandsforskningsrapport nr. 4:2008
- IPCC, 2007. Climate change 2007: The physical science basis, <http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>
- Kvamme, D. og Reistad, M. (2006) Bølger og vannstand i Bergen Kommune. Met.no rapport, https://www.bergen.kommune.no/bk/multimedia/archive/00019/Vurdering_av_ekstrem_19064a.pdf
- Lindholm, O., Nie, L. og Bjerkholt, J. (2007) Klimaeffektens betydning for oppstuvninger og forensningsutslipp fra avløpssystemer i byer. UMB rapport 16/2007. ISSN 1503 – 9196, 79s.
- Loeng, H. (2008) Klimaendringer i Barentshavet – konsekvenser av økte CO² nivåer i atmosfæren og havet. Rapportserie Norsk Polarinstitut, 126
- Mareproject (2009-2012) www.mareproject.eu. Poster: http://cms.dordrecht.nl/Dordrecht/up/ZoqjpaIG_poster_MARE.pdf
- SFT veileder 2317/2007: Klimatilpasninger – Veiledning om mulige tiltak i avløpsanlegg
- Statkart (2009) <http://www.statkart.no/>, accessed 9.06.2009
- Stavanger/Sandnes Handlingsprogram, Framtidens byer – Et program for lavere energibruk og mindre klimautslipp, Stavanger og Sandnes kommuner (15.01.09) http://www.regjeringen.no/upload/MD/Kampanje/klimatilpasning/Bilder/Framtidens%20byer/Stvg%20og%20Sandnes_handlingsplanmars09.pdf
- Trondheim kommunens handlingsplan (2008-2014): http://www.regjeringen.no/upload/MD/Kampanje/klimatilpasning/Bilder/Framtidens%20byer/Tr.heim_handlingsprogram.pdf
- Vevatne, J (2006) Kan vi forvente varige klimaendringer og hvilke konsekvenser vil det få for vannforsyning og avløp?, NORVAR-dagene, Sandnes, 2006

3.3.4 Referanser (3.2.)

- Aunan, K. and B. Romstad (2008). "Strong coasts, vulnerable communities: Potential implications of accelerated sea-level rise for Norway." *Journal of Coastal Research* 24(2): 403-409.
- Avinor, Jernbaneverket, Kystverket and Statens vegvesen (2007). Nasjonal transportplan 2010-2019: Virkninger av klimaendringer for transportsektoren. *Arbeidsdokument*. Oslo, Sekretariatet for Nasjonal transportplan, Statens vegvesen Vegdirektoratet: 61.
- Bergen kommune (2009). Framtidens Byer - Tilpasning til klimaendringer. Handlingsplan 09.01.09.

- Debernard, J., O. Saetra and L. P. Roed (2002). "Future wind, wave and storm surge climate in the northern North Atlantic." Climate Research **23**(1): 39-49.
- Debernard, J. B. and L. P. Roed (2008). "Future wind, wave and storm surge climate in the Northern Seas: a revisit." Tellus Series a-Dynamic Meteorology and Oceanography **60**(3): 427-438.
- Debernard, J. B. and L. P. Røed (2002). "Mer bølger og stormflo i Barentshavet, små endringer i Nordsjøen." Cicerone (RegClim) **2002**(1): 22-24.
- Drange, H., B. Marzeion, A. Nesje and A. Sorteberg (2007). "Opptil én meter havstigning langs Norskekysten innen år 2100." Cicerone(2): 29-31.
- Hackett, B. (2001). "Sterkere stormflo i vente." Cicerone **6/2001**: 14-15.
- LaCasce, J. and J. Debernard (2007). Vil det bli økt hyppighet av springflo kombinert med sterk vind, s.k. stormflo? Utviklingen av naturulykker som følge av klimaendringer: Utredning på oppdrag fra Statens landbruksforvaltning. E. J. Førland and H. Amundsen. Oslo, CICERO Senter for klimaforskning: 31-32.
- Lowe, J. A. and J. M. Gregory (2005). "The effects of climate change on storm surges around the United Kingdom." Philosophical Transactions of the Royal Society a-Mathematical Physical and Engineering Sciences **363**(1831): 1313-1328.
- Reistad, M. (2001). "Global oppvarming kan gi høyere bølger." Cicerone **2001**(5): 8-9.
- Røed, L. P. and J. B. Debernard (2008). "Små endringer i bølger og stormflo." KLIMA Norsk magasin for klimaforskning 2-08: 39-41.
- Woth, K., R. Weisse and H. von Storch (2006). "Climate change and North Sea storm surge extremes: an ensemble study of storm surge extremes expected in a changed climate projected by four different regional climate models." Ocean Dynamics **56**(1): 3-15.

3.3.5 Referanser (3.2.2)

- Avinor, Jernbaneverket, Kystverket and Statens vegvesen (2007). Nasjonal transportplan 2010-2019: Virkninger av klimaendringer for transportsektoren. Arbeidsdokument. Oslo, Sekretariatet for Nasjonal transportplan, Statens vegvesen Vegdirektoratet: 61.
- Benestad, R., K. Harstveit and E. J. Førland (2007). Kan vi forvente hyppigere tilløp til vind av storm styrke, dvs. mer enn 20,8 m/s? Utviklingen av naturulykker som følge av klimaendringer: Utredning på oppdrag fra Statens landbruksforvaltning. E. J. Førland and H. Amundsen. Oslo, CICERO Senter for klimaforskning: 28-30.
- Direktoratet for naturforvaltning (1995). Virkninger av økt stormaktivitet på økosystemer. DN-rapport 1995-5. Trondheim.
- Førland, E. J., H. Amundsen and G. K. Hovelsrud (2007). Utviklingen av naturulykker som følge av klimaendringer: Utredning på oppdrag fra Statens Landbruksforvaltning. Report. Oslo, CICERO Senter for klimaforskning.
- Groven, K., H. H. Leivestad, C. Aall, T. Selstad, Ø. A. Høydal, A. S. Nilsen and S. Serigstad (2008). Naturskade i kommunene. Sluttrapport fra prosjekt for KS. Vestlandsforskning-rapport nr. 4/2008. Sogndal, Vestlandsforskning.
- Groven, K. and C. Aall (in prep.). "Natural disasters and adaptation: Experience from the New Years Eve storm of 1992 in Norway and local adaptive capacity to climate change."
- Haugen, J. E. and T. Iversen (2008). "Response in extremes of daily precipitation and wind from a downscaled multi-model ensemble of anthropogenic global climate change scenarios." Tellus Series a-Dynamic Meteorology and Oceanography **60**(3): 411-426.
- Haugen, J. E., M. Køltzow and T. Iversen (2008). "Mer ekstrem nedbør og vind i Norge." KLIMA Norsk magasin for klimaforskning 2-08.

- Husabø, I. A. (2008). Exit War, Enter Climate? Institutional change and the introduction of climate adaptation in Norway's public system of civil protection. WNRI Report. Sogndal, Western Norway Research Institute.
- Inderberg, T. H. and P. O. Eikeland (2009). Limits to adaptation: analysing institutional constraints. Adapting to Climate Change. W. N. Adger, I. Lorenzoni and K. O'Brien, Cambridge.
- Rebbestad, L. R. (2003). "Go'vær og uvær - Husbankens arbeid med klimatilpasning." Plan. Tidsskrift for samfunnsplanlegging, byplan og regional utvikling 5/2003: 28-29.
- Teigland, J. (2002). Sosioøkonomiske effekter av ekstremt vær i Norge - en studie av effekter i tid og rom av nyttårsorkanen 1992. VF-rapport 7/2002. Sogndal, Vestlandsforskning.

3.3.6 Referanser (3.2.3)

- Association of British Insurers. 2005. *Financial Risks of Climate Change*. Summary report. Tilgjengelig på http://www.abi.org.uk/Display/File/Child/552/Financial_Risks_of_Climate_Change.pdf
- Aaheim, A. 2003. *Sosio-økonomiske virkninger av klimaendringer*. CICERO Working Paper 2003:05. Tilgjengelig på <http://www.cicero.uio.no/media/2503.pdf>.
- Aall, C., Groven, K., Sataøen, H. L. 2006. *Regional klimasårbarhetsanalyse for Nord-Norge*. Vestlandsforskning, rapport 4/06. Tilgjengelig på <http://www.vestforsk.no/www/show.do?page=12&articleid=1175>.
- Aavitsland, P, Iversen BG, Krogh T, Fonahn W, Lystad A (1996). *Infections during the 1995 flood in Ostlandet. Prevention and incidence*. Tidsskr Nor Laegeforen. 1996 Jun 30;116(17):2038-43. Avdeling for bakteriologi, Statens institutt for folkehelse, Oslo.
- Benestad, R. 2007. *Ny metode bekrefter mer ekstremnedbør*. Artikkel i Klima 4/2007. Tilgjengelig på <http://www.cicero.uio.no/klima/07/4/klima07-04.pdf>.
- CEA Insurers of Europe (2007). *Reducing the Social and Economic Impact of Climate Change and Natural Catastrophes*. Tilgjengelig på <http://www.cea.eu/uploads/DocumentsLibrary/documents/Climate%20Change%20report%20final.pdf>
- Cicero 2007. *Utvikling av naturulykker som følge av klimaendringer*. Tilgjengelig på <http://www.cicero.uio.no/media/5158.pdf>.
- Cicero og COWI. 2008. *Betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming*. TemaNord 2008:507. Tilgjengelig på <http://www.cicero.uio.no/media/6168.pdf>.
- European Environment Agency 2008. *Impacts of Europe's changing climate: 2008 indicator-based assessment*. Tilgjengelig på http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_4.
- European Environment Agency 2003. *Mapping the impacts of recent natural disasters and technological accidents in Europe*. Environmental issue report no. 35, 2003. Tilgjengelig på http://www.eea.europa.eu/publications/environmental_issue_report_2004_35.
- Few, R., Ahern, M., Matthies, F., Kovats, S. (2004). *Floods, health and climate change – A strategic review*. Tyndall Centre for Climate Change Research. Tilgjengelig på http://www.tyndall.ac.uk/publications/working_papers/wp63.pdf
- Geoextreme. Prosjektbeskrivelse på <http://www.geoextreme.no/>
- Grønås, S., Kvamstø, N.G. 2002. *Mer ekstremt vær*. I Cicerone nr 5 2002. Tilgjengelig på <http://www.cicero.uio.no/cicerone/02/5/cicerone02-05.pdf#page=25>.

- Hisdal, H., Roald L. A., Beldring, S. 2006. *Past and future changes in flood and drought in the Nordic countries.* i *Climate Variability and Change—Hydrological Impacts* (Proceedings of the Fifth FRIEND World Conference held at Havana, Cuba, November 2006), IAHS Publ. 308, 2006.
- Prestrud, P. 2003. *Blir været mer ekstremt?* Kommentar. Cicerone 5-2003. Tilgjengelig på <http://www.cicero.uio.no/fulltext/index.aspx?id=2400>.
- RegClim. 2005. Pressemelding 14. september 2005. Tilgjengelig på <http://regclim.met.no/>, under Presse og media.
- RegClim. 2005. *Norges klima om 100 år. Usikkerheter og risiko.* Brosjyre. Tilgjengelig på <http://regclim.met.no/>, under Presse og media.
- Roald, L.A., Hisdal, H., Beldring, S. (2007), *Floods and droughts in a changing climate in Norway* i Proceedings of the third international conference on climate and water (2007). Tilgjengelig på <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=73290&lan=en>.
- SOU 2007:60, *Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter.* Tilgjengelig på <http://www.sweden.gov.se/sb/d/8704/a/89334>.

3.3.7 Referanser (3.2.4)

- Aaheim, A., B. Romstad and H. Sælen: Assessment of Risks to Adapt to Climate Change: The Case of Land-Slides (2009), submitted to *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*
- Furseth, A., (2006). *Skredulykker i Norge.* Tun Forlag, Oslo, Norway, 207 pp.
- Heinimann, H.R. (1999): *Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren – Fallbeispiele und Daten.* Umwelt-Materialien nr. 107/II. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).
- Jaedicke, C., (2009). Økt skredfare kan avverges. *Klima (NORKLIMA)*, 2009 (1): pp.30-31.
- Jaedicke, Christian, A. Solheim, L.H. Blikra, K. Stalsberg, A. Sorteberg, H.A. Aaheim, K. Kronholm, D. Vikhamar-Schuler, K. Isaksen, K. Sletten, K. Kristensen, I. Barstad, C. Melchiorre, O.A. Hoydal and H.E.S. Mestl, (2008). Spatial and temporal variations of Norwegian geohazards in a changing climate, the GeoExtreme Project. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 8 (4): pp. (893-904).
- Jaedicke, C., K. Lied and K. Kronholm, (2009). Integrated database for rapid mass movements in Norway. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9, 469-479, 2009
- GeoExtreme, (2006). The 'GeoExtreme' Project, Status Report Jan. 2005-Sept. 2006, Project no.164885/S30 of the Research Council of Norway – RCN.
- Kronholm, Kalle and K. Stalsberg, (2009). Klimaendringer gir endringer i skredhyppigheten. *Klima (NORKLIMA)*, 2009 (3): pp.34-36.
- Romstad, B., Sælen, H. and Kelman, I. (2009). A model for multi-hazard risk analysis in Norway. Forthcoming.

3.3.8 Referanser 3.2.5

- Bråthen, S. m fl (2008): Samfunnsøkonomisk verdi av rassikring. Noen beregninger knyttet til verdi av å unngå stengte veier. Rapport 0801. Molde: Møreforskning
- CICERO og COWI. 2008. Betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming. TemaNord 2008:507. Tilgjengelig på <http://www.cicero.uio.no/media/6168.pdf>.
- EurAqua 2004. Towards a European Drought Policy. Tilgjengelig på http://www.euraqua.org/download/18.4a4d22a41128e56161b800015566/Drought_brochure_992kb.pdf
- Hisdal, H., Stahl, K., Tallaksen, L., Demuth, S. 2001. Have streamflow droughts in Europe become more severe or frequent? *Int. J. Climatol.* 21:317-333 (2001). Tilgjengelig på

- <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/78504254/PDFSTART?CRETRY=1&SRETRY=0>
- Hisdal, H., Roald L. A., Beldring, S. 2006. Past and future changes in flood and drought in the Nordic countries. i *Climate Variability and Change—Hydrological Impacts* (Proceedings of the Fifth FRIEND World Conference held at Havana, Cuba, November 2006), IAHS Publ. 308, 2006.
- IPCC 2007. Glossary of Terms used in the IPCC Fourth Assessment Report, WG2. <http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/ar4-wg2.pdf>
- IPCC 2007. Climate Change 2007: Synthesis report. Summary for policymakers. Tilgjengelig på http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf
- Kronholm, K. og K. Stalsberg (2009): Klimaendringer gir endringer i skredhyppigheten. Tidsskriftet Klima nr 3/2009:34-36. Oslo: Cicero senter for klimaforskning
- Lehner, B., Döll, P. 2001. Europe's droughts today and in the future. Eurowasser Kassel World Water Series Report 5. Tilgjengelig på http://www.usf.uni-kassel.de/usf/archiv/dokumente/kwws/5/ew_7_droughts_low.pdf
- RegClim. 2005. Pressemelding 14. september 2005. Tilgjengelig på <http://regclim.met.no/>, under Presse og media.
- RegClim. 2005. Norges klima om 100 år. Usikkerheter og risiko. Brosjyre. Tilgjengelig på <http://regclim.met.no/>, under Presse og media.
- Roald, L.A., Hisdal, H., Beldring, S. 2007. Floods and droughts in a changing climate in Norway i Heinonen, M (red). Proceedings of the third international conference on climate and water. Helsinki: Finnish Environment Institute: SYKE. Tilgjengelig på <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=73290&lan=en>
- Roald, L.A., Hisdal, H., Beldring, S. 2007. Floods and droughts in a changing climate in Norway. Foredrag, tilgjengelig på http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=74509#291.1.Slide_1
- Tretvik, T. og J. Odeck (2004): The Challenges of Avalanches: Can their Impacts be Benefit-Cost Analysed? Paper presentert på AET European Transport Conference
- Van Lanen, H.A.J., Tallaksen, L.M., Rees, G. 2007. Droughts and climate change. Annex II i Commission staff working document impact assessment (SEC(2007) 993), Accompanying document to Communication Addressing the challenge of water scarcity and droughts in the European Union (COM(2007) 414), Commission of the European Communities, Brussels. Belgium. Tilgjengelig på http://www.geo.uio.no/edc/downloads/droughts_and_climate_change_2007.pdf

3.3.9 Referanser (3.3)

- ACIA (2005); Klimaendringer påvirker bygninger og farbarhet, tilgjengelig på http://acia.cicero.uio.no/acia_faktaark_5_klimaendringer_paavirker_bygninger_farbarhet.html
- Frøland, H. Amundsen og G. Hovelsrud (2007); Utviklingen av naturulykker som følge av klimaendringer, CICERO Rapport 2007:03, Oslo
- Næss, L.O, G. Bang, S.Eriksen and J. Vevatne (2005): "Institutional adaptation to climate change. Flood responses at the municipal level in Norway", *Global Environmental Change* [15], 125-138
- Econ (2006): Samfunn i endring – hva betyr det for naturskadeordningen?, Rapport 2006-085
- Pollak, R.A. (1998): "Imagined risks and cost-benefit analysis", *The American Economic Review* [88] (2), 376-380.
- Prestrud, Pål (2006); Artikkel "Uvær og forsikringer" i Cicerone 02-2006.
- SFT (2009); Artikkel "Spesialrapport om ekstreme klimahendelser", 23.03.09 , tilgjengelig på <http://www.sft.no/artikkel/43577.aspx>

Aaheim, A. and H. Mestl (2007): *The management of natural hazards risks under climate change* 18 month deliverable A2.3b from ADAM to EC. Brussels. 32p.

Aaheim, A., B. Romstad and H. Sælen (2009a): *Assessment of Risks to Adapt to Climate Change: The Case of Land-Slides* (2009), submitted to *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*

Aaheim, A. S Aakre, S. Kasa, D. Rübhelke, B. Romstad and H. Sælen (2009b): *The management of natural hazards risks under climate change* Final deliverable A2.3b from ADAM to EC. Brussels. 36p.

4 Andre konsekvenser for velferd og levekår

Dette kapitlet behandler konsekvenser av klimaendringer som ikke har lett målbare virkninger for folk og samfunn. Vanskelighetene med å måle disse konsekvensene skyldes at velferd og levekår påvirkes av andre faktorer enn de som lar seg måle. Samtidig oppleves slike mer naturgitte forhold som en del av våre omgivelser som det ikke har vært registrert store endringer i, som for eksempel Golfstrømmen eller dyre- og plantelivet i Norge. Det er derfor vanskelig å si noe om *hvor* avhengige vi er av slike mer fundamentale forhold, og hvilke konsekvenser endringer vil få. Uvissheten om konsekvensene gjør det imidlertid viktig å kartlegge og forstå hvilke endringer man kan stå overfor, og måten man velger å forholde seg til denne uvissheten på vil stå helt sentralt både i utforming av tilpasningsstrategier og i avveiningen mellom tilpasning og begrensning av den globale oppvarmingen.

4.1 Biologisk mangfold

UNCBD (United Nations Convention on Biodiversity) definerer biologisk mangfold som variasjonen i alle typer levende organismer og av de økologiske systemene de er en del av. Variasjonen innen bestemte arter og mellom arter, samt arts mangfoldet i økosystemer utgjør sammen biodiversiteten. Det biologiske mangfoldet er sterkt truet av klimaendringene (IPCC, 2007), og dette kan få store konsekvenser også for oss mennesker. I tillegg til at artene har en egenverdi, er mange av dem svært viktige for oss – de representerer en ressurs vi er avhengige av, for eksempel gjennom produksjon av mat, medisiner og materialer. Bevaring av biologisk mangfold sikrer også genetiske ressurser for fremtidig bruk. Biodiversiteten bidrar dessuten til å regulere klima, til rensing av vann, bekjempe sykdommer og har dessuten en viktig kulturell rolle (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Why does it matter, 2007).

Endringer i det biologiske mangfoldet kan få store globale konsekvenser. FN's Klimapanel peker på at flere hundre millioner mennesker kan bli tvunget til å forlate sine hjem ved endringer i økosystemer, på grunn av tørke, ekstremvær, flom, sult og økt spredning av sykdommer. FN antar at det i 2050 vil være 150 millioner klimaflyktninger i forhold til dagens 25 millioner. Det antas at det er 22 millioner på flukt fra krig og konflikter. Allerede i dag er det altså flere som flykter fra miljøødeleggelser enn fra krig (IPCC, 2007).

I Norge er betydningen av det biologiske mangfoldet kanskje mest synlig gjennom de verdiene de representerer som ressurser i økonomisk virksomhet i jordbruket, skogsbruket eller fiskeriene. Dessuten er det særlig viktig i reindrift, der det har stor betydning både økonomisk og kulturelt. Men det biologiske mangfoldet er også noe man gjerne tar for gitt, og ikke registrerer betydningen av før en ser store endringer. I den sammenheng er det viktig å peke på hvilken betydning det har for friluftsliv og turisme, og at det har stor helsemessig betydning. Større diversitet øker den naturlige motstandskraften mot sykdommer, og mikroorganismer påvirker menneskets helse gjennom drikkevannet. Selv om mennesket på mange måter er avhengig av et rikt biologisk mangfold, så er det vanskelig å anslå den økonomiske verdien av det biologiske mangfoldet. I likhet med andre miljøforhold vil imidlertid økende knapphet på biologisk mangfold også kunne framtvinge fordelingsmekanismer som innebærer verdsetting i økonomiske termer når det ikke lengre kan betraktes som et fritt gode (Nature, 2009).

4.1.1 Mulige konsekvenser av klimaendringer.

FNs klimapanel antar at 20-30 prosent av artene i verden står i fare for å dø ut som en følge av klimaendringene (Fischlin *et al.*, 2007). Også i Norge vil merke konsekvensene. For flere av de artene som er vurdert så langt øker sannsynligheten for å bli utslettet med om lag 10 prosent ved hver 1°C økning i den globale gjennomsnittets temperatur (CBD, 2008). Stern-rapporten viser hvordan økosystemer og biologisk mangfold påvirkes ved temperaturøkning mellom +1°C til +5 °C. Ved +2°C er 15-40% av artene utrydningstruet. Blant disse finner vi arktiske arter som caribou og isbjørn. Ved +4°C antas det at halvparten av den arktiske tundraen kan forsvinne.

Selv om det er mange årsaker til endringer i det biologisk mangfoldet, som habitatendringer, invasjon av fremmede arter, rovdrift og forurensing, antar Millennium Ecosystem Assessment (2005) at klimaet vil bli den viktigste årsaken til tap i biologisk mangfold mot slutten av dette århundret. Klimaendringene forventes å tilta i årene som kommer, i form av stigende temperatur, endringer i tilgang på vann, i utbredelsen av is og i økende havnivå. Alle disse endringene vil virke inn på livsbetingelsene for både dyr og planter.

Rapportene fra ACIA (2005) og FNs klimapanel (IPCC rapporten, 2007) viser at klimaendringene først vil bli synlig i Arktis, og at det også er der de største endringene vil finne sted i framtida. Endringen i gjennomsnittstemperaturen i Arktis antas å bli om lag dobbelt så stor som det globale gjennomsnittet. NoU (2004:28) om Lov om bevaring av natur, landskap og biologisk mangfold, viser til Norges forskningsråd (2002) som beskriver scenarier for mulige konsekvenser for biologisk mangfold av klimaendringer i Norge. Her konkluderes det med at nordlige, lavproduktive og artsfattige systemer er spesielt sårbare, og en rekke miljømessige stressfaktorer vil kunne påvirke både mangfoldet og mer grunnleggende økosystemfunksjoner. Blant klimafaktorene er det temperaturøkning og endrede nedbørforhold vil bidra mest til endringer i norsk flora og fauna de nærmeste tiårene. Nybø *et al.* (2009) peker dessuten på at økosystemer er sårbare også for hyppigheten av kortsiktige endringer. Korte varmeperioder på vinteren kan for eksempel gi store frostskafer på planter.

Sett under ett er det grunn til å tro at global oppvarming vil bidra til økt artsmangfoldet i Norge. Blant annet vil en rekke nye arter kunne etablere seg når større områder blir snøfrie om vinteren. Løvskog, som trives bedre i mildere klima, vil kunne spre seg og bringe med seg nye planteslag og nye arter av insekter og fugler. På den annen side vil arealet for typiske høyfjellsarter av planter og dyr skrumpe inn, og arter som er karakteristiske for høyfjellet, som fjellrev (*Alopex lagopus*), snøugle (*Nyctea scandiaca*) og snøspurv (*Plectrophenax nivalis*) kan komme til å forsvinne fra fastlands-Norge. Lyngheiene kan bli erstattet av skog med tilhørende faunaendringer, spesielt blant insekter og småfugl. Endringer i marin flora og fauna kan også ventes, for eksempel ved hyppigere forekomst av "nye" giftalger. Marin bunnfauna vil kunne få innslag av nye bunndyrsarter som følge av økt overflatetemperatur. Varmekjær fisk vil opptre hyppigere langs kysten, og "norske" arter vil kunne utkonkurreres av nye innvandrede eller introduserte arter (NoU, 2004:28).

Direktoratet for Naturforvaltning (2007) presenterer i sin rapport "Klimaendringer – tilpasning og tiltak i naturforvaltningen" en rekke forslag for tiltak hvordan biologisk mangfold kan bevares i Norge. Det konkluderes med at tilpasning til klimaendringer vil bli nødvendig innenfor alle sektorer som har ansvar for natur og ressursforvaltning; som forvaltning av vannressurser, jordbruk, skogbruk, fiskeri, infrastruktur, reiseliv, friluftsliv og vilt- og fiskeforvaltning, men beskriver bare generelt hvilke konsekvensene endringer i biologisk mangfold har for folk og samfunn. Det understrekes at tilpasning i stor grad må baseres på erfaringer og virkemidler som finnes i naturforvaltningen i dag, men at man må fokusere sterkere på de utfordringene som knytter seg til klimaendringer. Dette vil innebære

en artsforvaltning som sikter mot sterke bestander med bred genetisk variasjon, gode overvåkings- og kartleggingssystemer og en styrkning av plan- og arealforvaltningen generelt, og på alle forvaltningsnivå, fra sentralt til lokalt.

4.1.2 Andre årsaker til variasjon i biodiversitet

Rapporten fra Direktoratet for Naturforvaltning understreker også betydningen av å holde andre faktorer som virker inn på økosystemer, som petroleumsvirksomhet, fiskeriaktiviteter og utslipp av miljøgifter, innenfor bærekraftige rammer. I den sammenheng blir det helt avgjørende å forstå hvordan ulike faktorer virker sammen. Det bør derfor utarbeides helhetlige, økosystembaserte forvaltningsplaner som inkluderer forventede effekter av klimaendringer. I denne forbindelse er det svært viktig å forstå naturlige svingninger i og mellom artene. Arter går naturlig gjennom perioder med økning og reduksjon i bestanden, samtidig som sammensetningen i et natursystem kan endres i løpet av tiden. Drivkreftene bak disse endringene er naturlige, men kommer trolig til å bli påvirket av klimaendringer. For eksempel viser flere studier at vekstraten for fiskearter, tiden det tar før de begynner å reproducere og rekruttering avhenger av temperatur (ACIA 2005; Drinkwater, 2006, IMR, 2006). Dette virker inn på naturlige svingninger i bestanden.

Men også menneskelige aktivitet, som uttak, forurensing og introduksjon av fremmede arter, har stor betydning. Dette er særlig tydelig i fiskeriene, der uttak sammen med naturlige svingninger har ført til at 65 prosent av artene som det har blitt fisket på er utryddet siden 1950-tallet. I følge Miljøverndepartementet (2007) kan dette resultere i mer enn 90 % reduksjon i fangstene over få år. Høy beskatning og redusert alderssammensetning i så vel fiskebestander som i bestanden av andre arter kan ha forsterket de naturlige svingningene de siste tiårene. Videre vil svingninger i en art få følger for andre arter, og for hele økosystemer. Blant annet kan en få framvekst av skadelige arter, som er ikke bare en trussel for naturlige økosystemer og ville planter og dyr, men ha helsekonsekvenser for mennesker, husdyr og nyttevekster. Det finnes mange eksempler på slike "domino effekter". Sykdomsorganismer som følger med ved innførsel av dyr, planter, varer og transportmateriell er en kontinuerlig utfordring som må håndteres. (Miljøverndepartementet, 2007).

Det biologiske mangfoldet er altså sårbart. Sammen med andre inngrep og naturlige variasjoner kan klimaendringer legge ytterligere press på det, og true enkeltarter eller hele økosystemer. Ved vurdering av effektene på det biologiske mangfold av klimaendringer er det viktig å se alle disse faktorene i sammenheng. I denne seksjonen skal vi forsøke å avgrense oss til klimarelaterte endringer i det biologiske mangfoldet, og konsentrere oss om de konsekvensene det har for folk og samfunn. Endringer som skyldes andre faktorer enn klimaet, eller ikke har noen påviselig relevans for folk og samfunn, er derfor utelatt.

4.1.3 Hvilke endringer kan påregnes dersom klimaendringene blir som forventet?

Mange og komplekse sammenhenger som er avgjørende for det biologiske mangfoldet gjør det svært vanskelig å predikere endringer i økosystemer og det biologiske mangfoldet med utgangspunkt i bestemte scenarier for klimaendringer. Det er således vanskelig å si noe om konsekvensene for samfunnet eller for utvalgte sektorer også. Noen endringer kommer dessuten til å skje langsomt og gradvis. Dette kan gi tid for så vel økosystemer som mennesker og samfunn til å tilpasse seg uten dramatiske konsekvenser. Men i noen tilfeller kan arter og systemer nå terskelverdier som fører til hurtige og omfattende systemendringer på kort tid, og med betydelige konsekvenser. Selv om det går an å vise at arter er gjenstand for slike terskelverdier, er det vanligvis svært vanskelig å forutsi hvor disse grensene går. På grunn av de mange faktorene som bestemmer utbredelsen av arter knytter det seg ytterligere

usikkerhet til når terskelen vil bli nådd. FN's Klimapanel 4. rapport (Fischlin *et al.*, 2007) peker på at usikkerhet om kritiske grenseverdier, om ikke-lineære responser og om tidsrommet mellom impuls og effekt i økosystemer i seg selv truer det biologiske mangfoldet, og kan bidra til hurtige og omfattende systemendringer.

Virkninger av klimaendringer på biomangfold kan imidlertid registreres allerede. På grunn av økt vanntemperatur har halvparten av havisen i Barentshavet forsvunnet de siste ti årene, og ført til en reduksjon i mengden av dyreplankton. Dette har resultert i en reduksjon i bestandene av lodde, ungsild og kolmule, som igjen har fått konsekvenser for bestanden av sjøfugler. Utviklingen i Barentshavet går mye fortere enn tidligere forventet og vil trolig få konsekvenser for uttaket av fisk (Loeng, 2008).

Kombinasjonen av forholdsvis store klimaendringer og betydelig sårbarhet gjør at de aller største endringene i Norge ventes å skje i nord, som på Svalbard og i Barentshavet. Generelt vil det bli mindre områder tilgjengelig for arter som i dag lever på fjellet og i kulturlandskap, mens de artene som lever i havet vil bli fortrent nordover. Arter som trekker over store områder kan også bli berørt i stor grad. Over 80 prosent av trekkfugl artene kan bli rammet (Buanes *et al.*, 2009). Jordsmonnet vil bli påvirket gradvis av kombinerte effekter av endret temperatur, nedbør, CO₂-innhold i lufta og vind. Endringer i havstrømmer, ismelting og økt nedbør vil påvirke saltkonsentrasjonen i bakken med konsekvenser for livet i havet, og parasitter og virus vil få endrete levekår og endre potensialet for sykdom (Buanes *et al.*, 2009).

4.1.4 Konsekvenser for folk og samfunn og mulig tilpasning

Denne seksjonen omtaler hvordan velferd og levekår kan bli påvirket av endringer i det biologiske mangfoldet i kjølvannet av en generell økning i temperatur, nedbør og ekstremværsituasjoner. Mens tilpasning til de endringene som er omtalt i kapittel 1 og 2 i stor grad vil være styrt av økonomiske motiver, og således kan kontrolleres ved hjelp av økonomiske insentiver, vil tilpasningen til de virkningene som omtales i denne seksjonen ofte måtte forvaltes ved hjelp av mer direkte virkemidler. En god forståelse av hvordan klimatiske forhold virker inn på det biologiske mangfoldet og hvilke konsekvenser det har for folk og samfunn er derfor av avgjørende betydning for en god tilpasning. Ved utforming av tilpasningsstrategier knyttet til endringer i biologisk mangfold er det imidlertid på sin plass å nevne at det biologiske mangfoldet kan være minst like truet av klimatiltak som settes i verk for å begrense klimaendringer, som av klimaendringene selv. Naturtyper som lauvskog, kystmyr og viktige ferskvannslokaliteter i lavlandet kan være truet ved dersom en setter i gang omfattende produksjon av bioenergi, skogplanting for å øke binding av CO₂ i skog eller intensivering av vannkraftproduksjon. Det er også eksempler på at kystmyrer vurderes som aktuelle områder for vindmølleparker (Nybø *et al.*, 2009).

Naturforvaltning og jordbruk

I utgangpunktet antas det at klimaendringer i Norge vil føre til større dyrkbare områder for enkelte arter, og økt produktivitet. Samtidig viser ACIA rapporten (2005) til at den samme temperaturutviklingen kan medføre et nytt og forsterket sykdomspress. For å dra nytte av denne effekten er det derfor nødvendig å opprettholde mangfoldet i matplantene. Mangfoldet sikrer tilpasning til forskjellig klima og jordbrukssystemer, og gir motstand mot forskjellige sykdommer og skadedyr. Mangfold av arter gir også et mangfold av smaker, og kan være viktig i markedsføringen av jordbruksprodukter. Avling og frøseleksjon kan imidlertid bare fungere så lenge den genetiske frøbasen opprettholdes. Bevaring av biologisk mangfold henger derfor nøye sammen med opprettholdelsen av et bærekraftig jordbruk, og er en forutsetning for å drive et lokalt og behovstilpasset landbruk (Utviklingsfondet, 2009). Mangfoldet kan imidlertid bli truet av et moderne, industrialisert jordbruk, som forutsetter

omfattende inngrep i naturen, genetisk ensretting og intensiv bruk av plantemidler og kunstgjødsel. Jordbruket kan dermed bli særlig sårbart for klimaendringer, i det ensretting av produksjonen bidrar til å begrense mulighetene for å tilpasse seg (Utviklingsfondet, 2009, Ulsrud *et al.*, 2008).

Blant mulige konsekvenser av klimarelaterte endringer for jordbruket grunnet endringer i biomangfoldet kan nevnes:

Nye arter: Endringen i temperatur kan gi nye muligheter og bruk av nye arter i jordbruket i Norge, men en økning i frekvens av ekstremvær som forventes for de Norske breddegrader kan gi store skader på økosystemer og land- og skogbruksområder. Også kortvarige varmeperioder på vinteren kan forårsake en økt frekvens av fryse- og tineperioder og medføre betydelige frostskaider på vegetasjon. Dette kan også være økonomisk kostbart for jord- og skogbruket. Økt skadeomfang på etablert vegetasjon kan imidlertid gi økt rom for etablering av andre og fremmede arter, som kan ha store økonomiske konsekvenser i form av tap av avling, beiteområder og skog (Why does it matter?, 2007; Nybø *et al.*, 2009).

Artene er tilpasset årsrytme: Selv om klimascenarier projiserer en økt vekstsesong i nord er plantematerialet i utgangspunktet tilpasset en nordlig årsrytme i daglengde og temperatur som kan gjøre det vanskelig for plantene å utnytte forlengelsen i vekstsesongen. Det antas at en fremskutt vekststart om våren likevel kan ha positiv betydning for jordbruket i Nord-Norge. Videre vil en forlenget vekstsesong i noen grad kunne åpne for introduksjon av nye arter og/eller sorter av kulturplanter. I prinsippet vil det da også være mulig å velge andre og mer høytproduserende eller kvalitativt mer verdifulle plantemateriale enn i dag. Forlenget vekstsesong vil også kunne gi større valgfrihet med hensyn til arter og sorter av potet, grønnsaker og hagebær i landsdelen (Eilertsen og Samuelsen, 2003).

Utfordringene ved endret klima ligger blant annet i å finne frem til, eller i å få foredlet frem, plantemateriale som er så daglengdenøytralt at det er i stand til å utnytte en lengre vekstsesong. For flerårige vekster er det viktig at veksten ikke avsluttes tidlig på høsten når daglengden blir mindre enn 20-22 timer. Samtidig må plantematerialet gi sikker overvintring under skiftende vinterforhold, også i vanskelige år. Et begrenset frømarked i nord gjør det lite trolig med et kommersielt foredlingsarbeid tilpasset dyrkningsforholdene i nord. Utfordringene ligger dessuten i sterkere press fra skadedyr og skadesopp i plantedyrkingen. De eventuelle fordelene økologisk planteproduksjon i nord i dag, med mindre behov for syntetiske plantevermidler, kan derfor bli svekket på grunn av økte temperaturer og økt nedbør og luftfuktighet (Eilertsen og Samuelsen, 2003).

Pollinerende insekter: Biesmeijer *et al* (2006) antyder at en parallell nedgang i pollinerende insekter (som for eksempel bier) og insektpollinerte planter i Storbritannia og Nederland kan ha sammenheng med klimaendringer. NINA rapporterer (kilde ukjent: omtalt i Aftenposten 2008) at Norge har mistet 14 ville biarter. De antar at gjengroing av åpne marker, gjødsling av jordbruksarealer og arealinngrep ved bygging av veier og hus er de viktigste årsakene. Det kan ikke utelukkes at klimaendringer vil bidra ytterligere til nedgangen. Slike endringer vil ha svært store konsekvenser for frukt- og honningindustrien i Norge.

De økonomiske konsekvenser av fremmede arter på jordbruket kan være betydelige: Bioforsk har etter oppdrag fra DN utarbeidet en rapport (ref. i MD, 2007) som viser de samfunnsøkonomiske kostnadene ved utilsiktet innførsel av de fremmede skadegjørerne potettørråte (*Phytophthora infestans*) og Amerikansk blomstertrips (*Frankliniella occidentalis*). Rapporten viser at de årlige kostnadene ved potettørråte, inkludert både avlingstap og kostnader til bekjempelse og veiledning, utgjør mellom 55 og 65 millioner kroner. Når det gjelder Amerikansk blomstertrips ligger de årlige samfunnsøkonomiske

kostnadene på mellom 436 og 582 millioner kroner ved et beregnet avlingstap på 30-40 prosent.

Naturforvaltning og skogbruk

Det er ventet at den produktive skogen i Norge vil øke betydelig som følge av klimaendringer. Truslene av klimaendringene i skogbruk og skogsdrift knytter seg første rekke til økningen av ekstremvær og økt nedbør som forventes å føre til økt stormfall (Nordisk Ministerråd, 2008), samt til en mulig økning i sopp- og insektangrep.

Selv om temperaturøkning vil medføre økt utbredelse, representerer høyere temperatur også den største trusselen mot skog og skogbruk. Det henger sammen med at varmeperioder om vinteren reduserer trærnes hardighet og toleranse for påfølgende frost. Dermed kan det bli mer frostskafer (Solberg & Dalen, 2007). Som omtalt i kapittel 1 kan klimaendringer medføre direkte tap i skogbruket på grunn av sommertørke og vinter- og vårfrost. I tillegg kommer tre typer skader som knytter seg til det endringer i det biologiske mangfoldet (Solberg og Dalen, 2007):

- Soppskader på røttene (råtesopper) og i stammeved, i og med at de fleste sopparter trives godt i et varmt og fuktig klima.
- Insektskader som kan forventes å bli mer vanlig lengre nord. De kan deles i tre grupper:
 - Naturlig forekommende arter som har hatt utbrudd i Norge tidligere
 - Arter med sørlig utbredelse i Norge, som har gjort skade i våre naboland men ikke i Norge, og som kan spre seg nordover
 - Skadegjørere som kan etablere seg i Norge gjennom handel med skogsprodukter
- Stormfelling og snøskader, så vel som følge av økt frekvens av ekstremvær og av svakere rotfeste på grunn av soppskader.

Stormfelling kan forårsake store skader, men utgjør ingen stor risiko for det biologiske mangfoldet i skog. Den genetiske variasjonen i skogen er såpass stor at sannsynligheten for en økologisk kollaps er svært liten (Brække, 2000). Arts sammensetningen i skogene er dessuten drevet av så vel klima som skogsdriftstrategier. Tørkestressede trær er imidlertid utsatt for angrep av insekter og råtesopper, og kan svekke rotfeste til trær såpass at de er mer utsatt mot vindfelling. Vindfelling i sin tur kan igjen utløse barkbilleangrep, siden barkbillene formerer seg i vindfall. Omfanget av insektskader og soppangrep kan øke som en følge av direkte klimaskader. Slike skader kan også øke som en følge av at sopp og insekter blir mer aktive i et varmere og fuktigere klima (Økland *et al.*, 2007).

Råte- og soppskader: Et tørrere sommerklima i Sørøst-Norge kan øke frekvensen av rotråte og honningsopp; dels ved økning i tørkeskader på røtter, dels ved utglisning av kronene, som gir lavere forsvarsevne. Økt omfang av vinterskader kan øke omfanget av knopp- og greintørkeangrep på furu. Lengre og varmere vekstsesong vil gi mange sopper bedre mulighet til å skade skog. Et varmere klima vil føre til raskere vekst og dermed en løsere ved. Dette letter utbredelse i stammeveden av rotkjuke og andre vedboende sopper. Indirekte vil soppenes mulighet til å angripe våre skogstrær også avhenge av trærnes motstandsevne, som kan endres i et endret klima. Større svingninger i værforholdene, særlig om høst og vår, vil øke sjansen for misforhold i herding av treet. Dette letter modningsbetingete skader ved uventet frost, og gir angripende sopper bedre muligheter for å trenge inn i plantevevet og utvikle sykdom. Det er ventet at forholdene for de opprinnelige sopparter i Norge blir bedre

ved klimaendringer fordi soppenes vekstsesong blir lengre og varmere. Med et varmere klima må vi imidlertid også regne med et større påtrykk fra utenlandske arter som vandrer nordover og inn i Norge. Flere sørlige sopparter vil kunne angripe skogstrær og trevirke i større grad enn nå (Solberg og Dalen, 2007).

Det er ikke bare levende trær som utsettes for soppangrep. Ferskt trevirke som lagres angripes lett av vedboende sopper. Det er særlig fargeskadesopper som angriper, men også råtesopper kan redusere trevirkets holdbarhet. Dette har ført til problemer med å beholde kvaliteten på tømmer som hogges og lagres i skogen i sommerhalvåret. I stabilt vinterklima har vi i Norge ikke hatt problemer med soppangrep på nyhugd trevirke hittil. Med et mildere klima og kortere vinterperioder kan vinterlagret tømmer som furu og gran også bli angrepet. Innvandring av fremmede treslag representerer også en risiko ved at treslagets opprinnelige sykdommer følger med. Et eksempel er douglaskreftsoppen (*Phacidium coniferarum*), som angriper både douglas og furu i Norge. En særlig risiko ligger i den økte faren for overføring av farlige fremmede sopparter fra andre kontinenter. Historiske beretninger viser hvilke store uforutsette skader slike overføringer har forårsaket. Eksempler er kastanjekreftsoppen, weymouthfurerustsoppen og almesykesoppen. Den sistnevnte utgjør stadig en trussel mot Norges almeforekomster. Til tross for at import til Europa av tømmer fra angrepne områder har vært forbudt i mange år, utgjør spredning av sopper innført med tømmer likevel en risiko. Et varmere klima vil i tillegg øke risikoen for spredning av skadegjørere til områder lenger nord i Europa (Solberg og Dalen, 2007).

De økonomiske konsekvenser av soppskader kommer klart til uttrykk når slutthogster foretas og tømmeret skal kvalitetsvurderes. Stubbeundersøkelser har vist at ca. 27% av trærne har en eller annen form for misfarging nederst i rotstokken (rotråte, såråte), noe som gir betydelig nedslag i sagtømmerets pris og tømmerkvalitet kan gå ned fra prima til sekunda eller vrak (Solberg og Dalen, 2007).

Insektskader kan få alvorlige konsekvenser for skogbruket. Det er ikke bare artenes utbredelse som påvirkes av klimaendringer, men også individenes utviklingshastighet. Arter som i dag bruker et år på å utvikle seg fra egg til voksen kan ved varmere somrene rekke å gjennomføre to generasjoner per år. Dermed får vi to angrepsperioder per år, en tidlig på sommeren, slik som i dag, og en ny periode i august/september (Solberg og Dalen, 2007). Granbarkebillen er et av de få insektene i Norge som kan drepe trær i stort antall, noe som gjør den til en nøkkelart både økonomisk og økologisk. Hyppigere stormer og tørkeperioder vil kunne gi hyppigere og kortere barkebilleutbrudd. Risikoen for nye barkebilleutbrudd avgjøres i stor grad av kombinasjonen av store vindfelling og mengden av svekkede trær som er tilgjengelige i det billepopluasjonen øker. Hyppigheten av store vindfelling og hvor effektivt de vindfelte trærne ryddes ut av skogen før billene rekke å formere seg i dem bestemmer risikoen for nye barkebilleutbrudd (Økland *et al.*, 2007). I tillegg ser noen trær, som gran, ut til å være mindre motstandsdyktig mot angrep senere på sommeren (Solberg og Dalen, 2007).

Et annet eksempel på insektskader er økt forekomst av lauvmakk i Finnmark. Denne kan påvirke både skogsbruk og samisk kultur og næring. De løvspisende larver av to sommerfuglarter, fjellbjørkemåler og liten høstmåler, forårsaker normalt skader på løvskog. Eggene av begge arter dør kun ved minst 35C kuldegrader, og klimaendringene er trolig årsaken til at begge artene utbreder seg (Jepsen *et al.*, 2008). Den lille høstmåleren har en syklus som vanligvis henger 1-2 år etter den av fjellbjørkemåler, og klimaendringene har ført til det som trolig er den største endringen Nord-Norge har sett i et økosystem i moderne tid. Utbrudd med fjellbjørkemåler og den lille høstmåleren et par år etterpå har resultert i store ødeleggelser av flere tusen kvadratkilometer skog i Øst-Finnmark i mange år på rad. Bjørkeskogens fremtid står dermed i Finnmark i fare: Skogen er død over store områder, og

det tar minst 30-50 år før den er tilbake igjen. Det finnes imidlertid eksempler fra Finland på at skogen ikke klarer å komme tilbake igjen, på grunn av store flokker med beitende reinsdyr. I områdene der var bjørkeskog på 1960-tallet er det nå bare nakne fjellvidder.

Skogbruksmyndighetene prioriterer hogst av skadd skog som et tiltak mot lauvmakken (Arvola, J. og Norum, F., 2009). Konsekvensen med lauvmakkangrepene er vidtrekkende: Når skogen dør vil skogens evne til å holde på fuktighet reduseres, samtidig med at klimaet endres. Dette fører til at flora og fauna endres, bl.a. ved at gress erstatter tidligere lyngvegetasjon. Dette reduserer biomassens evne til å ta opp CO₂, og områdene endres dermed fra å være et sluk til å bli en kilde til CO₂-utslipp. Når skogen forsvinner har det også konsekvenser for lokale snøforhold, og både i dyrelivet og i plantelivet forsvinner arter og nye arter kommer til.

Norut IT (2006) peker imidlertid på at mens lauvmakken går ganske hardt utover bjørkeskogen, kan resultatet være positivt og gi flere arter og mer variasjon i vegetasjonen. Undersøkelsene til Norut viser at arter som blåbær, krekling og skrubber forsvinner for en viss periode, og at det vokser fram næringsrikt gress som smyle, som gir god beitemark for både rein og husdyr. Satelittovervåkning frem til 2009 over aktuelle områdene kan gi en bedre oversikt over hvordan vegetasjonen endrer seg over tid og avdekke hvordan det biologiske mangfoldet i Finnmarks-naturen endrer seg som følge av lauvmakkangrep (NORUT IT, 2006).

Reindrift og samisk kultur

Studier av vegetasjonsendringene på Finnmarksvidda det siste halve århundret (Tømmervik *et al.*, 2009) dokumenterer en betydelig økning i biomasse for trær, busker, karplanter og mose gjennom hele perioden. Denne ekspansjon av planter som det ikke beites på har ført til at vinterbeitet er bli mindre tilgjengelig. Samtidig er reinlav er spesielt sårbart for klimaendringer. Konsekvensene for reindriften av at lavet trekker seg nordover og finnes i stadig mindre områder er store. Gjengroing av åpne heisamfunn samt heving av skog- og tregrense vil føre til at både sommerbeite- og vinterbeiteområder i subalpine og lavalpine områder, som f.eks. Finnmarksvidda krymper inn. Tilgjengeligheten på beiteområder kan også bli påvirket av tilising og tettere pakking av snøen rundt trær og busker (ACIA, 2005).

Ekspansjon av bjørkeskogen kan føre til at rein trekker seg ut av skogen og på den måte øke presset på områder med åpen hei og furuskog fordi disse områdene tas i bruk stadig tidligere på vinteren. I vinterbeiteområder kan sterk reinbeiting og tråkk i barmarkssesongen fjerne betydelige deler av lavdekket, og bidra til områder dekket av busker, kratt og skog ekspandere. Dette det har skjedd på Finnmarksvidda det siste halve århundret (Tømmervik *et al.*, 2009). For reinbeitedistrikter med vinterbeiter på kysten, vil en stigning i temperatur og nedbør om vinteren gi mindre snødekke og føre til en større andel grøntplanter og mindre lav i vegetasjonen. I og med at grøntbeitesesongen ved en stigning i temperaturen vil utvide seg i begge retninger, kan dette gi bedre vinterbeiter på kysten (Lie *et al.*, 2008).

Disse effektene, som må regnes som de viktigste, vil også få indirekte konsekvenser i form av økt insektforstyrrelse (Weladji, 2003) og økt risiko for parasitter og andre sykdommer (SOU, 2007:60). Klimaendringene kommer i tillegg til andre problemer og utfordringer reindriften stilles overfor. Tilpasningsbehovet er derfor betydelig i årene som kommer.

Fiskeri, oppdrett og jakt, koraler

Endringene i havet kan bli store, og få betydelige konsekvenser for folk og samfunn. Ressursene i havet er viktig for bosetting, samfunnsliv og næringsaktivitet i hele Norge, og særlig i nord. Fordi en god del av næringsgrunnlaget i området er relatert til Barentshavet, vil klimaendringer med konsekvenser for det biologiske mangfoldet i Barentshavet også kunne få

følger for næringer og samfunnsliv. West og Hovelsrud (2008) understreker fiskerienes brede samfunnsmessige betydning, både som kilde til sysselsetting, inntekt, og verdiskaping, men også som et viktig element i kystkulturen. Virkninger av klimaendringer må vurderes i et helhetlig perspektiv, og sees i sammenheng med endring i artssammensetningen i havet, samfunnsstruktur, økonomi, kultur, teknologi og fiskeriforvaltning (Loeng, 2008). Blant de kritiske faktorene som knytter seg til biodiversitet kan nevnes korallrevene, endring i havisen, samhandlingen mellom arter, den umiddelbare virkningen av økt havtemperatur, som algevekst, samt artenes egen tilpasningsevne. Dessuten knytter det seg betydelig risiko til introduksjon av fremmede arter gjennom akvakulturen.

Korallrev representerer svært diverse biologiske økosystemer, og er hjem for omtrent en fjerdedel av alle marine arter. De svært viktige for verdens primærproduksjon og er viktige så vel i fiskerisektoren som for turisme. Organismer i korallrev er også svært i medisinsk forskning og for å bekjempe alvorlige sykdommer. Den økonomiske verdien av revene har vært anslått til 30 milliarder USD. Mens korallrev kanskje blir assosiert mest med tropiske områder så finnes det også korallrev i kaldere farvann ved Norskekysten. Blant disse er Røstrevet verdens største kjente kaldtvanns korallrev.

Ved siden av overfisking, forurensning og andre menneskelig aktiviteter blir revene påvirket av klimaendringene gjennom forsuring som skyldes økning i havets overflatetemperatur (Buddemeier *et al.*, 2004; Conserving Cold-Water Corals, 2008). De nærmeste 10-100 år ventes moderate endringer i pH i Barentshavet men det er imidlertid uvisst om disse endringer vil ha betydelige effekter i særlig grad (Loeng, 2008). Det blir imidlertid anslått at med mindre vi gjør noe med det så kan 60 % av verdens revene bli ødelagt i de neste 30 år (Conserving Cold-Water Corals, 2008). En studie av Oliver og Palumbi (2009) har vist at mange koraller kan tilpasse seg høyere temperaturer og bli mer tolerant mot økt forsuring av havet. IPCC (2007) konkluderer imidlertid med at jordens overflatetemperatur trolig vil øke med 2 til 4.5 C ved 2100. Dette kan være en for raskt for at korallene skal tilpasse seg, men ved hjelp av andre tilpasningsstrategier, inkludert naturlig seleksjon for varme tolerante symbionter, kan de klare seg mot slutten av 2100.

Havis. Med den stadige reduksjonen i havis forventes at den nordligere isgrense å trekke seg tilbake. Dermed forflytter den biologiske produksjonen ved iskanten seg. Denne utgjør et viktig bidrag til bunnsamfunnene i Barentshavet (West og Hovelsrud, 2008:4). Barentshavet kan være isfritt om vinteren ved allerede i 2010. Det vil føre til en reduksjon i artsmangfoldet i issamfunnene, hvor de artene som er avhengig av flerårsis vil bli sterkest rammet i første omgang. Under et varmere klima kan flere arter av dyreplankton få en mer nordlig utbredelse enn før. Det er imidlertid svært vanskelig å si noe om hvordan mengden av dyreplankton vil utvikle seg under endrete klimaforhold, da dette er nært knyttet til endringer i næringsforhold og predatortrykk (Loeng, 2008).

Samhandling mellom arter. Respons på klimaendringer for en art kan også bli modifisert av andre arter, noe som gjør det vanskeligere å forutsi hvordan hver enkelt art vil endre sin utbredelse under endrede klimatiske forhold, men forskyvinger i bestander kan ha økonomiske konsekvenser for fiskere som må lengre ut på havet og kan dermed få transportproblemer til de tradisjonelle fiskemottak stasjoner. Endringer og reduksjon av utbredelsesområde, samt nedgang i bestandsstørrelse, vil sannsynligvis påvirke isavhengige arter som ringsel, storkobbe, grønlandssel og klappmyss (som delvis er av økonomisk betydning for Norge) i nær framtid (Loeng, 2008).

Økt temperatur i havet forventes å medføre utvidelse av leveområdet for flere fiskearter, herunder kommersielt viktige arter som torsk og sild. Noen av disse forskyvningene vil skje trinnsvis og avhengig av om og når nye gyteplasser lenger nord eller øst tas i bruk (Loeng, 2008). Det forventes at bestanden av varmvannsarter vil øke og nye arter kan komme inn,

særlig i Nordsjøen (Stenevik og Sundby, 2007). Også i de Norske fjordsystemer er det blitt rapportert innvandring av flere fremmede arter som kan ha store konsekvenser for noen av de fastboende fiskeslag, som allerede er under sterkt press fra fiskeriene (Miljøjournalen, 2007).

Algeoppblomstring er en mulig konsekvens av havtemperatursøkning i de nordlige farvann (ACIA, 2005). Dette utgjør et problem for oppdrettsnæringen. Selv om havtemperatursøkningen kan gi en raskere vekst hos fiskene, og økt solinnstråling sikrer en større mattilgang til fiskene så kan økningen i algebiomasse kan ha negative konsekvenser for fiskeoppdrett i Norge (ACIA, 2005). Giftige eller skadelige alger utgjør både en økonomisk og helsemessig risiko, og utbredelse av algene kan bety store økonomiske tap for Norge, som er verdens største produsent av oppdrettslaks. I Norge har giftige alger medført fiskedød og store tap for oppdrettsnæringen, og konsum av giftige skjell har ført til forgiftning og i noen få tilfeller død hos mennesker (NIVA, 2005). Havforskningsinstituttet mener imidlertid at selv om den giftige algen *Chattonella* nå kan ha fått fotfeste i Skagerrak og i fremtiden kan spre nordover så har erfaringer fra British Columbia i Canada og deler av Irland, hvor alger er en årlig utfordring, vist at det er mulig for oppdretterne å leve med endringene. Det finnes allerede utviklet og utprøvd teknologi som gjør at en trygt kan produsere fisk i algeutsatte områder. I andre deler av verden unngår en effektivt algeproblemet ved å flytte anleggene til områder uten alger, eller å utstyre oppdrettsanleggene med skjørt som hindrer algene å komme inn i anlegget, samtidig som en pumper opp vann fra dypet som gir fisken friskt vann. I nesten 15 år er det forsket på anlegg som kan senkes ned under algebeltet (Havforskningsinstituttet, 2001). Bellona (2009) går enda lengre og mener at algene også kan være med på å gi oss fremtidige energi- og miljøløsninger. Dyrking av alger er i dag en milliardindustri, og alger brukes som utgangspunkt for en rekke viktige tilsetninger i matvarer og industrielle produkter; de kan i tillegg brukes til produksjon av biodiesel (Bellona, 2009).

Artene tilpasser seg i ulik grad. Mens torsken er stor nok til å kunne utvide sitt beiteområde nordover og fortsatt ha sine gytefelt langs Nord-Norge, har lodda trolig ikke større rekkevidde nordover i fra de gyteplassene de har i dag (Loeng, 2008). Det er imidlertid stor usikkerhet knyttet til endringer i artssammensetning og andre prosesser i det bentske samfunnet som følge av klimaendringer, og om boreale arter raskt vil kunne kolonisere Barentshavet; “marine biologists point out that warming of the Arctic sea waters may not necessarily lead to an increase in the northern extent of commercially important northern fish stocks, since biophysical and human management interactions and feedbacks in Arctic marine ecosystems are complex, and still relatively difficult to project over long time periods.” (West & Hovelsrud 2008:4)

Introduksjon av fremmede arter. Fremmede arter har hatt stor betydning for utviklingen av akvakulturnæringen i Europa og bruken av fremmede arter i akvakultur har vært en av de viktigste kildene til fremmede arter i norske og europeiske farvann. Klimaendringer gjør at disse fremmede arter sprer seg, og mens noen nye arter gir nye muligheter til akvakulturnæringen (som oppdrett av Nordamerikansk hummer eller fangst og oppdrett av Kongekrabben i Nord) utgjør andre fremmede arter en trussel. Lakseparasitten Gyrodactylus som kom til landet for 30 år siden i norske vassdrag fører til årlige samfunnsøkonomiske tap i størrelsesorden 200-250 millioner kroner. Dette tapet skyldes i første rekke det tapte laksefisket i de infiserte elvene, tapt sjøfiske i de tilliggende fjordområdene, samt bortfall av til dels vesenlige økonomiske ringvirkninger av laksefisket i elv og sjø. Det er foretatt en beregning av de totale kostnader med bekjempelse av lakseparasitten fra norsk vassdrag som viser at det vil ta mellom 12 og 18 år og koste mellom 340 og 400 millioner kroner å bekjempe parasitten (MD, 2007).

For å kunne skille mellom naturlige svingninger, direkte effekter av klimaendringer og indirekte effekter via endringer i det biologisk mangfoldet, og medfølgende effekter på

økosystemet, kreves et samarbeid innenfor fagområdene oseanografi, sjøis, meteorologi og biologi. Selv om de globale klimamodellene i stor grad er entydige i sine forutsigelser, er det viktig å huske at regionale forskjeller vil kunne være store. Økosystemet i Barentshavet har tilpasset seg de store naturlige klimavariasjonene vi så langt har hatt, og derfor synes å tåle en god del før det blir dramatiske konsekvenser. Faren for at klimaendringer skal føre til større forandringer vil sannsynligvis øke dersom annen menneskeskapt påvirkning av økosystemet også er stor. Med tanke på hvilke konsekvenser endringer i økosystemet kan få for samfunn og næringsutvikling kreves det i tillegg at også samfunnsvitenskapelige fagområder kobles sterkere inn i den videre forskningen. Utfordringen blir å legge til rette for at forvaltningsstrategier kan tilpasses raske endringer i økosystemene dersom slike endringer inntreffer, og at de tar hensyn til lokale samfunnsmessige forhold (Loeng, 2008).

Kulturarv

Insektskader kan også ventes på andre, kanskje uventede områder: Forskningsprosjektet "Insect pests and climate change – The *Attagenus smirnovi* project" finansiert av det Nordiske Kulturfondet ser på spredningsendringer av *Attagenus smirnovi* billen som følge av klimaendringene i de Nordiske land. Dette insektet er et kjent skadeinsekt i museer som lever av biologisk materiale som fjær, papir, skinn og ull, og opp til nå lever hovedsakelig innendørs i de Nordiske land. Nåværende temperaturer hindrer spredning utendørs men klimaendringene kan imidlertid føre til at billen kan spre seg utendørs om sommeren i Norden, som kan øke fare for en økt angrep av billen på kulturarv. (*Attagenus smirnovi* prosjektet; <http://smirnovi.natmus.dk/index.html>).

Ferskvannsmiljø og drikkevann

I Norge forsynes 85 prosent av befolkningen med drikkevann fra overflatevannkilder. Endringer i det biologiske mangfoldet på grunn av klimaendringer kan påvirke drikkevannskvaliteten, blant annet ved økning i sykdomsfremkallende bakterier. Man kan få økt forekomst av virus, parasitter og muggsopp, som kan vokse i drikkevannssystemet. I tillegg kan økt temperatur og endringer i næringsinnholdet i vannkilder om sommeren øke risikoen for oppblomstring av giftproduserende blågrønnalger, og gi levelige forhold for eventuelle nye arter i drikkevannskildene. De siste årene har man om sensommeren sett en oppblomstring av koliforme bakterier i flere vannkilder i Østlandsregionen. Gjennom sommeren 2007 ble det registrert flere tilfeller der drikkevannskilder basert på grunnvann var blitt forurenset med tarmbakterier etter kraftige nedbørepisoder (Liltved, 2005; Bomo *et al.*, 2007).

Økningen i mangfold av bakterier, virus og parasitter i ferskvann og dermed drikkevannssystemer kan skje på grunn av en økning i kraftig nedbør og avrenning. Dette kan øke risikoen for at sykdomsfremkallende mikroorganismer blir tilført drikkevannskildene. Disse smittestoffene kan stamme fra avføring fra tamme eller ville dyr og fugler, samt fra lekkasjer eller overløp i kloakksystemer. Noen av disse mikroorganismene kan forårsake akutt sykdom og smittespredning via drikkevann selv i lave konsentrasjoner. Om høst og vinter kan store innsjøer dessuten bli mindre sikre som hygieniske barrierer på grunn av senere eller manglende islegging som kan medføre lengre sirkulasjonsperioder. Økt tilførsel av mikroorganismer i perioder uten lagdeling (pga. økt avrenning om vinteren) er ekstra uheldig. Ekstremvær øker på den måte risikoen for biologisk forurensning av drikkevannet ved distribusjon. I hvilken grad den mikrobiologiske vannkvaliteten vil forverres under slike værforhold avhenger av mengden forurensningskilder i vannkilde og tilsigsområde (Bomo *et al.*, 2007).

Beskyttelse av drikkevannskildene og restriksjoner i nedbørsfeltet er derfor viktige tiltak for å begrense forurensningen. For grunnvann er evnen til å holde mikroorganismer tilbake i

grunnen sterkt avhengig av ulike klima- og grunnvannsforhold, som fort kan endres ved ekstremvær. Mer flom kan øke den mikroorganiske og biologiske forurensning i og ved brønner, mens kraftig nedbør kan gi rask økning i fargetall og total organisk karbon i overflatevann. Dette kan påvirke den mikrobiologiske drikkevannskvaliteten gjennom redusert effekten av desinfeksjonstrinnet (Kistemann *et al.*, 2002). Økt mengde og sammensetning av naturlig organisk materiale, samt økt temperatur, vil kunne påvirke begroingen på ledningsnettet (Hem, 2008).

Utfordringene vannverkene står overfor for å motvirke disse mulige konsekvensene er hovedsakelig å oppgradere vannbehandlingen. Kostnadene for det enkelte vannverk vil blant annet avhenge av mikrobiologisk vannkvalitet i kilden og nedbørsfelt, grad av forverring av kilden og antall barrierer som vannforsyningssystemet allerede har. Det vil være behov for lokalt tilpassede løsninger.

4.1.5 Oppsummering

Det er nærmest umulig å si noe konkret om når og hvordan økosystemer og det biologiske mangfoldet skal endre seg som følge av klimaendringene, og hvordan det kommer til å påvirke samfunnet eller utvalgte sektorer. Det henger sammen med stor usikkerhet på mange nivåer, som de globale og regionale klimascenarioene, tilpasningsevnen til plante og dyrelivet og mikroorganismer, ufullstendig kunnskap om hvordan alle organismer i et økosystem er knyttet sammen, og ikke minst usikkerheten om hvordan ulike faktorer samvirker, forsterker eller avdemper hverandre. Effektene av endringer i biodiversitet på samfunnet er dermed svært uforutsigbare.

Det er grunn til å anta at endringer i det biologiske mangfoldet kan få store helsemessige og økonomiske og kulturelle konsekvenser for folk og samfunn generelt og enkelte næringer om områder spesielt. Det knytter seg utfordringer til økning i sykdomsfremkallende organismer i drikkevannet og insektskader. Insekt- og soppskader kan bli en utfordring i skog- og jordbruket, hvor et varmere klima og fremmede arter kan gi store økonomiske skader på planter og trær. Virkninger av klimaendringer påvirkes også menneskets bruk av naturen. Et eksempel er reduksjon i pollinerende insekter på grunn av gjødsling og arealinngrep, som gjør bio-mangfoldet mer sårbart. Gjengroing og forbuskning og økt insektforstyrrelse utgjør et problem for reinsdyr særlig på innland vinterbeitene, mens økningen i grøntbeitesesongen ved en stigning i temperaturen vil utvide seg i begge retninger, kan dette gi bedre vinterbeiter på kysten.

Fiskerinæringen kan bli påvirket først og fremst ved at mange kommersielt viktige fiskearter beverger seg nordover. Varmvannsarter kan også bli mer vanlige i norske farvann. Endringene i korallrev og havis kan føre til store endringer i artssammensetningen i havet. Mens nye arter byr på nye muligheter i fiskeriet og akvakultur, kan de også ta med nye sykdommer som utgjør en risiko for de nåværende arter som er viktige i disse næringene.

4.2 Permafrost, is og bre

4.2.1 Permafrost

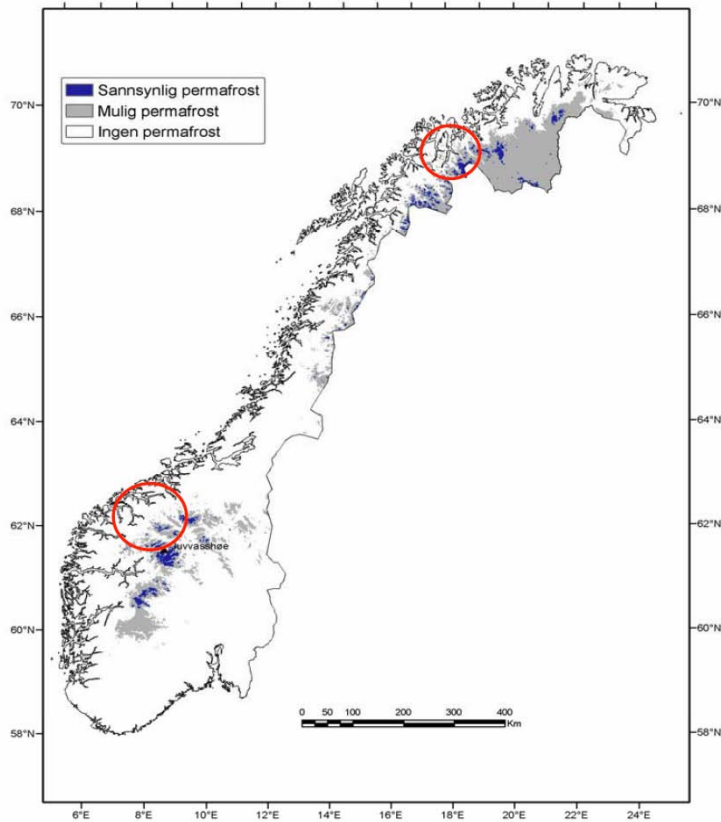
Permafrost beskriver en tilstand der bakken er kontinuerlig frossen i mer en to år (Harris et al 2008). Permafrosten kan ta ulike form, som frossent grunnfjell, løsmasser av ulike typer glasiale og fluviale avsetninger og jord, og som steinbreer – steinurer med en frossen iskje. Permafrosten bestemmer de geotekniske og hydrologiske forholdene i bakken der den inntreffer. Der grunnen består av løsmasser danner permafrosten is, såkalt jorbunnsis. I skråninger med løst fjell og løsmasser vil dermed permafrosten virke stabiliserende, og bidra til at skråningene kan ha en brattere helningsvinkel enn de ellers ville hatt. Normalt kreves en årsmiddeltemperatur på -4°C for at permafrost skal inntreffe, men også forhold som vindretning, vindhastighet, snømengder og grunnforhold spiller inn.

I Norge er det permafrost i store deler av våre fjellområder. I Sør-Norge er det i innlandsfjellene permafrost ned til rundt 1400-1500 meter over havet, noen steder ned til 1000 meter over havet, mens på Vestlandet må man opp i 1600-1800 meters høyde for å finne permafrost. I Finnmark har det tidligere vært anslått at permafrosten finnes ned til 600 meter over havet, men nyere forskning har vist at det er vanlig med permafrost ned til 350-400 meter over havet (Farbrot et al. 2008). Permafrost i fjellområder kalles *alpin permafrost*. På Svalbard er det permafrost alle steder som ikke er permanent dekket av is, og denne formen for permafrost kalles *arktisk permafrost*. Arktisk permafrost finnes også enkelte steder i Finnmark.

Det er det ikke gjennomført noen omfattende kartlegging i Norge av fjellområder med permafrost, og det finnes få tidsserier for temperaturutvikling i permafrostområder slik at det er mulig å si noe om utviklingen over tid i permafrostforholdene. Det er imidlertid gjort lokale kartlegginger av permafrost en rekke steder: Juvasshøe i Jotunheimen (Isaksen et al 2007a), Gaissafjellene i Finnmark (Farbrot et al. 2008 og Isaksen et al. 2008), og Rendalssølen i Hedmark (Heggem et al. 2005). Ezelmüller og kollegaer (1998) har også utviklet en GIS-basert modell for beregning av hvilke fjellområder i Norge en kan forvente å finne permafrost.

På Juvasshøe i Jotunheimen og på Jansonhaugen i Svalbard har det vært forsket på permafrost over siden henholdsvis 1999 og 1998, og det har derfor vært mulig å si noe om temperaturutvikling over tid. På Juvasshøe har Isaksen (2006) funnet at temperaturen i de øverste 10-20 meterne i bakken øker med 0,3-4 grader pr tiår. På Jansonhaugen har temperaturen i de øverste permafrostlagene av bakken økt med 0,7 grader i snitt tiåret de siste to-tre tiårene, og temperaturøkningen har aksellerert i det siste tiåret, spesielt i årene 2005 og 2006 (Isaksen 2007a).

NGU opprettet en permafrostdatabase i 2009 (<http://www.ngu.no/kart/permafrost>), men denne har ingen oppføringer i Sør-Norge. I Troms er det initiert et forskningsprosjekt for å kartlegge permafrostområder hvor tining kan få konsekvenser for infrastruktur og bebyggelse kalt "Fjellskred i Troms."



Figur 4.1 Kart som viser utbredelse av permfrost i Norge
Kilde: Isaksen 2006

Hvilke endringer kan påregnes dersom klimaendringene blir som forventet?

Gjennom forskningen på Jansonhaugen på Svalbard er det påvist en sterk korrelasjon mellom lufttemperaturøkning og økning i permafrosttemperaturen (Isaksen et al 2007b). Også forskning utført andre steder i Europa viser denne sammenhengen (Harris et al 2008, Käab et al. 2008). En økning av temperaturen i Norge vil derfor føre til at grensen for alpin permfrost vil forskyves i høyden, og at permafrost i de nedre deler av utbredelsesområde vil tine. Effektene av endring i andre klimaelementer som nedbør og vind på utbredelse av permafrost er ikke kjent. Tining av permafrost vil kunne føre til destabilisering av skråninger hvor det finnes løsmasser, steinurer og løse fjellpartier (Käab et al. 2008).

Særlig sårbare grupper/steder, og utfordringer knyttet til tilpasning. - Vurdering av konsekvenser for folk og samfunn

Konsekvensen av tinende permafrost for samfunnet i Norge er først og fremst knyttet til stabiliteten til løsmasser og løse fjellpartier i skråninger. Løse fjellpartier der en utglidning kan ha katastrofale konsekvenser er identifisert flere steder i Møre og Romsdal og i Troms, men koblingen til tining av permafrost er fremdeles ikke godt dokumentert. Et område i Norge hvor det er påvist både permafrost og fare for utglidning er Nordnesfjellet i Troms. Her er det en rekke ustabile fjellpartier som beveger seg opptil 3 cm i året. Utglidninger av fjellmasser vil her kunne føre til en flodbølge som kan ramme bebyggelsen langs Lyngenfjorden, i tillegg til at E6 går rett under de utsatte skråningene. Temperaturmålinger indikerer at permafrostgrensen i dette området ligger på 700-800 meter over havet (Isaksen 2006). NGU skriver at det kan være en sammenheng mellom tine- og fryseprosesser og

bevegelsene som er registrert, men denne sammenhengen er enda ikke dokumentert (Blikra et al 2009). NGU har gjennomført en kartlegging av området (Blikra et al 2009), og anbefaler at det etableres et overvåkings- og varslingsystem for Nordnesfjellet. Dette har nå NVE bevilget støtte til.

Utglidning av løsmasser og fjellpartier som følge av tining av permafrost har som tilfellet Nordnesfjellet viser potensiale for katastrofer når fjellskredene treffer sjø og skaper flodbølge. Flere områder med fare for utglidning av fjellpartier er identifisert i både Sør-Norge og Nord-Norge. Problematikken rundt løsmasseskred, steinsprang og fjellskred er nærmere behandlet i kapittel 2.2.d

Forskningsprosjekt:

- **Permafrost Observatory Project: A Contribution to the Thermal State of Permafrost in Norway and Svalbard (TSP Norway).** Prosjekt under det internasjonale polaråret (IPY). Ledes av UNIS
- **Fjellskred i Troms.** Samarbeid mellom kommunene Lyngen, Storfjord, Gáivuona/Kåfjord, Tromsø og Kvæfjord, med Lyngen som prosjektleder. NGU har ansvaret for den skredfaglige biten. Prosjektet samarbeider også med Fylkesmannen i Troms og Statens landbruksforvaltning
- **Permafrost and Climate in Europe PACE** (avsluttet). EU prosjekt, Universitetet I Oslo deltok.
- **PACE21** (avsluttet). EU prosjekt, Universitetet I Oslo deltok.

4.2.2 Oppsummering

Det har ikke vært forsket på permafrost i Norge over lengre tid, så det er lite kunnskap om både utbredelse av permafrost i norske fjellområder og hvordan permafrosten utvikler seg. Forskning på Svalbard og enkelte lokaliteter på fastlandet viser at permafrosten på de aktuelle stedene tiner, og at den vil tine raskere som følge av klimaendringer. Permafrost som tiner kan føre til destabilisering av fjellpartier og skråninger i fjellet, som igjen kan føre til fremtidige fjellskred. Slike fjellskred kan få katastrofale følger om de går i havet slik at det dannes flodbølger. Flere lokaliteter med denne problematikken er identifisert i Norge.

4.3 Tilpasning og sårbarhet for klimaendringer for samisk kultur og næringsvirksomhet

Urfolksgrupper i nordområdene som er involvert i tradisjonelle naturressursbaserte aktiviteter som reindrift, fangst og fiske vil være særlig eksponert for klimaendringer, da klimaendringer virker direkte inn på ressursgrunnlaget for disse aktivitetene. Hovedtyngden av tradisjonell samisk næringsvirksomhet finner sted i de tre nordligste fylkene, og det er også her en vil oppleve de største og raskeste klimaendringene (ACIA 2005). IPCC (2007) fastslår at klimaendringene vil ha særlig store negative konsekvenser for urbefolkningene i Arktis, og at klimaendringene utfordrer urbefolkningens tradisjonelle høye tilpasningskapasitet. Indre Finnmark, som er hovedtyngdepunktet for samisk kultur og næringsvirksomhet, er også det sted i Norge hvor som sannsynligvis får den største økningen i temperatur i Norge, opp mot 11⁰ C i vintertemperaturen frem mot år 2100 (NorACIA RCM, Førland et al. 2009). Samtidig har samene også gjennom sin tradisjonelle praksis hatt stor fleksibilitet til å tilpasse seg svingninger i naturgitte forhold, deriblant klimaendringer. Denne tradisjonelle kunnskapen om tilpasning til omskiftelige vær- og ressursforhold er en viktig ressurs for å kunne tilpasse seg klimaendringene (Tyler et al. 2007, Huntington et al. 2005, Nuttall et al. 2005, Turner et al. 2003). Samtidig opplever urfolkene rundt i hele Arktis raskere og mer dyptgripende endringer på andre områder enn tidligere, med økende grad av press på utvinning av olje, gass og mineraler, nedbygging av beitearealer, inn- og utvandring og globalisering av næringsvirksomhet for å nevne noe (Tyler et al. 2007, Nuttall et al. 2005). Urbefolkningens sårbarhet er derfor også bestemt av hvordan klimaendringene virker sammen med andre miljø- og samfunnsmessige endringer (Ford et al. 2008, Tyler et al. 2007, Nuttall et al. 2005, Turner et al. 2003,). I følge sametingspresident Egil Olli (2009) opplever samene at forutsetningene for livsgrunnlaget nå endres av både klimaendringer og ekspansjonen av olje-, gass- og gruvevirksomhet. Det er gjort få studier i Norge som har sett på hvordan denne samvirkningen av klimaendringer og samfunnsmessige endringer påvirker på samene, men gjennom prosjektet EALÁT vil dette kunnskapshullet bli forsøkt tettet. Funn i EALÁT (Oskal et al. 2009) viser at reindriftsamer observerer klimaendringer, og dette har allerede konsekvenser for reindriftnæringen. Samtidig opplever de et press på beiteområdene fra infrastrukturbygging, olje- og gassinstallasjoner og gruvedrift (Oskal. A., 2009).

4.3.1 Reindrift

I følge Statistisk sentralbyrå var rundt 2800 personer i Norge tilknyttet reindrift i 2007. Over 70% av disse hadde bosted i Finnmark og nærmere 13% hadde bosted i Troms og Nordland (www.ssb.no). Antall rein i vårflokk 2006/2007 var om lag 240 000 for hele landet, med litt over 70% av dyrene i Finnmark og rundt 10% av dyrene i Troms og Nordland til sammen.

Kjøtt er det kommersielle hovedproduktet til samisk reindrift i Norge (Tyler, NORACIA, 2007). Produksjon og utøvernes inntekt varierer imidlertid sterkt fra år til år. I perioden 1994 – 2003 var den totale årlige produksjonen av kjøtt mellom 1200 – 2700 tonn. Den totale salgsværdien på dette varierte mellom 7 – 17 millioner US \$. Den årlige inntekten til utøverne varierte mellom 11000 – 23000 US \$ i perioden 2000 – 2004.

Reindrifforvaltningen (2009) skriver at beiteområdene er selve grunnressursen for reindriften. Reinens spesielle levesett, med ulike krav til beite i ulike sesonger, gjør reindriften til en arealavhengig næring. I dag utøves det reindrift på et landområde på drøyt 146.000 km², fordelt over 139 av landets kommuner fra Hedmark i sør til Finnmark i nord, samt i Nord-Gudbrandsdalen, Valdres og Nord-Østerdalen. Dette arealet tilsvarer ca. 45 % av

Norges landareal, hvorav mesteparten (over 90 %) ligger innenfor det som reindriftsloven betegner som det ”samiske reinbeiteområdet”.

Rein lever året rundt på utmarksbeite, hvor den er prisgitt uforutsigbare værforhold og store variasjoner i tilgang og kvalitet av beitet både mellom sesonger og mellom år. Viktigheten av været kan bli illustrert ved en reindriftseiers beskrivelse: ”Reindriften er antakelig den arbeidsplassen hvor det snakkes mest om været. Når reindriftssamen snakker om været, snakker han om de konsekvensene som været vil gi, samtidig som han sammenfaller været med reinen” (Nils Henrik Sara i Oskal m.fl., 2009). Et annet eksempel illustreres av lingvist Eira om viktigheten av snø for reindriften (NORACIA, 2007). Snø er den viktigste faktoren for overlevelse i vinterbeiteområdene. Dette kommer tydelig frem når man ser på det samiske språket og dets vokabular om snø. Snøtermene forteller hvor viktig snøen er for samene, spesielt for reindriftssamene. Det finnes flere hundre ord på samisk som karakteriserer de forskjellige snøtypene. Begrepene samisk, rein og snø hører tett sammen. Mange av de samiske snøbegrepene definerer meget spesifikt hvordan snøen/snøkonsistensen er, og begrepene hører til reindriften fagspråk. Reindriften beskriver ofte snøen med utgangspunkt i hvilken tilgjengelighet til beite den gir reinen. Hvis du viser en snøprofil til en reindriftsame kan han med sikkerhet peke ut og forklare de forskjellige snøtypene som finnes i snøpakka.

I følge Reindriftforvaltningen (2009) består et reindriftsår av åtte årstider med ulike behov for beiter. Innenfor hver av disse årsavsnittene varierer beitetilbudet som følge av klimatiske faktorer, lokalitet og årstidsvariasjoner. Gjennom de mest krevende periodene av året har reinen et stramt energibudsjett, som skal forsyne reinen med energi til aktiviteter som beiting, gåing og løping i tillegg til de grunnleggende livsprosessene. Simlene skal i tillegg ha energi til å die kalven og oppfostring gjennom sommer og høst. Reinens er tilpasset et skiftende miljø ved at beiteopptak og levevis veksler med variasjonene i plantedekket gjennom året. Variasjonene i beiteopptak er knyttet til sesongmessig appetittregulering, fettlagring og reinens evne til å utnytte ulike typer fôr. Variasjonene i levevis er knyttet til reinens trekk mellom ulike beiteområder, både i form av regionale trekk mellom sesongbeiter og lokale trekk innenfor samme beiteområde. På tross av sin tilpasning til et skiftende miljø er reinen likevel sårbar for miljøforandringer som for eksempel fysiske inngrep og forstyrrende menneskelig aktivitet.

Kvaliteten og tilgjengeligheten av beitet påvirkes naturlig av berggrunn, klima og topografi (Reindriftforvaltningen, 2009). I områder med kalkrike bergarter er det gode forhold for sommerbeiting. Grunnfjell og spesielt sure bergarter gir gode vekstbetingelser for lav og dermed gode vinterbeiter. Områdene hvor det drives reindrift preges av vestlige luftstrømmer, som gir økende nedbørsmengder fra kysten og inn mot fjordbotnene og grensefjellene, for deretter å avta sterkt mot øst. Nedbørsmengden avtar også nordover. Temperaturvariasjoner mellom sommer og vinter er langt lavere ved kysten enn i innlandet. Et gunstig klima betyr mye for planteveksten gjennom våren og sommeren. Vinterstid påvirkes lavbeitene av ulik fordeling av snøen gjennom beitesesongen. Klimatisk sett har kystområder oftest de beste sommerbeitene, mens kontinentale områder oftest har de beste vinterbeitene. Viktige unntak finnes i ytre kystområder og på øyer, hvor snøen ikke legger seg om vinteren. Regionale forskjeller i lokalt klima, topografi og beite kan medføre at reinflokker har ulikt utgangspunkt for produksjon mellom områder, og mellom ulike år innefor samme beiteområde. Mens forholdene på sommerbeitene har størst påvirkning på reinens kroppsvekt ved slaktning, er faktorer som snømengde og snøens tilstand med på å definere betingelsene for flokkens rekruttering. Dersom det er lite snø på vinterbeitene betyr dette at beitevekstene som utnyttes er lettere tilgjengelig for reinen. Dersom det er islag i snøen og/eller ned mot bakken er tilgjengeligheten til beitevekster vanskeligere for reinen. Store, vindpakkede snømengder og/eller islag i snødekket kan også helt eller delvis ”låse” mattilgangen for reinen vinterstid.

Hvordan snøforholdene skaper ulik tilgjengelighet til beiter i ulike vegetasjonstyper og terrengformasjoner definerer langt på vei hvilke lokaliteter som benyttes som beite. Med økende snømengde og/eller økende grad av ising innen et driftsår får rabbevegetasjon og lavheier en økende viktighet som vinterbeiter. På vinterbeiter utnyttes imidlertid også en rekke andre vegetasjonstyper så fremt snøforholdene tillater det. Nedbør og temperaturforhold påvirker også driftsforholdene i sommerhalvåret. Temperatur og nedbør påvirker plantenes vekstforhold, men også forekomst av insekter som er en betydelig stressfaktor for reinen. I sesonger med høy sommertemperatur har reinen også et betydelig varmestress. Kalde og fuktige sommere er i næringen stort sett anerkjent som gode betingelser for reinens sommerbeite. Nedbørsmengde og vekstsesongens lengde i barmarksperioden er også vesentlig for lavens veksthastighet som danner grunnlaget for tilveksten på vinterbeitene. Reinens tilgang til beitevekster i kvantitet og kvalitet er et samlet resultat av eksisterende beitetrykk som følge av reintallkonsentrasjonen og påvirkning av klimatiske faktorer som for eksempel snøforhold, sommernedbør og temperatur. Ved et høyt beitepress på vinterbeitene og vanskelige klimaforhold blir de negative forsterket av hverandre gjennom at samlet beitetilbud er redusert. Vanskelige klimaforhold gjør graving etter beitevekster energikrevende og medfører at tilgjengelige arealer hvor snøen er slik at reinen kommer ned til beitevekstene begrenses. Ved vanskelige snøforhold i mengde, pakking og ising, øker reineierens avhengighet til lavheier med gunstigere snøforhold. Da er det viktig at tilbudet av beitevekster på disse beitene har tilstrekkelig kvalitet, mengde og dekningsgrad til å kunne forsyne reinflokkene.

I følge reineier Turi (NORACIA, 2007) er tradisjonell reindrift basert på bruk av forskjellige sesongbeiter for å utnytte beitene best mulig. Det er en avgjørende tilpasning som gjør det mulig å få til en næring på de skrinne utmarksbeitene som ingen andre kan utnytte. Han tar også opp et annet forhold som er viktig i denne sammenhengen, nemlig det enkelte dyrs atferd og hvordan det virker inn på bruken av de tilgjengelige beiteområder. En hovedregel er at ungdyr er mer sky enn eldre dyr, og derfor er mindre effektive i utnyttelsen av beitene. Likeledes er også hannedyret mindre sky enn hunndyr, og ut fra det er de generelt mer effektive i beiteutnyttelsen enn hunndyr. Voksne bukker er også i stand til å utnytte områder som ungdyr og simler unngår på grunn av annen aktivitet og forstyrrelser i områder. Hos reinsdyr er det altså slik at alder og kjønn bestemmer svært mye når det gjelder atferden hos det enkelte dyr. Det er altså muligheter for å manipulere den generelle atferden i flokken. Man kan i prinsippet altså lage seg den flokksammensetning man ønsker for å tilpasse flokken til de spesielle forholdene man opererer i. Beiteområdenes beskaffenhet legger rammene for hva slags reindrift som er mulig å etablere i et bestemt område, og således også de rammene mennesket kan operere og manipulere innenfor. I et område som mangler den type beiter som bukker prefererer, vil det være vanskelig å drive med mye bukk. På samme måte vil det være vanskelig å utnytte beitene effektivt med bare simler hvis den type områder som simler trives i er minimumsfaktoren. Det generelle bildet er at reinbeiteområdene er sammensatt av forskjellige typer beiter som ikke kan utnyttes optimalt uten en differensiert kjønns- og aldersstruktur i reinflokkene. Tradisjonelt har reindriftsfolkene utnyttet sine beiteområder gjennom å drive med flokker som har en bortimot 50-50 fordeling mellom kjønnene, og en spredt aldersfordeling på dyrene. Det er likevel slik at beiteområdenes beskaffenhet vil kunne endres slik at man kanskje ikke kan utnytte dem optimalt med den tradisjonelle strukturen i flokken, selv om beitene i seg selv ikke har gjennomgått endringer. Beitenes beskaffenhet spiller likevel en avgjørende rolle i hvordan man faktisk kan tilpasse seg endringer. Det er derfor viktig å bruke så langt som mulig de erfaringer man har i de forskjellige delene av reindriften.

4.3.2 Erfaring fra lokale kontekster

Lokal kunnskap om reinsdyr og reindrift vil være viktig for forstå de effekter klimaendringer kan få og mulige tilpasninger for å tilpasse seg. Et aspekt Turi (NORACIA, 2007) tar frem er reinens indre kalender, som har svært mange faste poster. I Sapmi har nesten hver uke i året eget navn som viser til noe som har med endringer i naturen å gjøre. Blant disse har de fleste tilknytning til reinsdyr og reindrift. Når det gjelder årstidene, altså utviklingen sett i et litt lengre perspektiv, så vil man se at det tidligere nevnte "spredning-samling" mønsteret hos reinsdyr blir veldig synlig. Da ser man at reinene har noenlunde regulære perioder (over uker) som kan benevnes som typiske spredningstider, og likeledes perioder som kan kalles for typiske samlingstider. Disse tidene er ganske fastlagt, men kan endre seg i tid i begge retninger, og fra år til år. Og likeledes kan de være forskjellige fra sted til sted. Enkelte perioder i reinens kalender er mer fastlagde enn andre. Eksempelvis er brunstid og kalvingstid ganske faste poster rent tidsmessig. Men også disse kan forskyves litt begge veier fra år til år, og fra sted til sted. Og nettopp disse, som i utgangspunktet er de mest fastlagte poster, er oppdaget i den senere tid at det er mulig å manipulere. Men da bare en vei i forhold til det opprinnelige, nemlig å forsinke dem i tid. Det oppdaget man i Sapmi når strukturen innad i flokkene ble endret fra at man før brukte storbuk i avlen, mens man nå har hovedsakelig 1,5 års bukker som besørger avlen. Generelt sett er kalvingstidspunktet i områdene forsinket med 1-2 uker, med de fordeler og bakdeler det innebærer. Med en så innholdsrik kalender som den reinen følger, er det mange ting som kan endre seg hvis man får store klimaendringer. Det er stor fare for store endringer kan medføre komplikasjoner når man har å gjøre med et slikt finstemt system som det denne kalenderen indikerer. Noen av de eventuelle negative virkningene kan man kanskje bøte på med forskjellige hjelpemidler, som for eksempel med gjerder, foring, osv. Man må likevel være klar over at når det gjelder tiltak av mer langsiktig karakter, det vil si tiltak som går over uker, så vil det være begrenset hva reindriften selv kan make å gjøre for møte de forskjellige utfordringene. I følge Turi er store og raske klimaendringer er helt klart en alvorlig trussel mot reindriften i så måte.

I følge Tyler (NORACIA, 2007) er det gjort lite studier på innvirkningen av klima på vekst, overlevelse og ytelse på rein. Det er noen studier som viser at milde, fuktige vintre er negativt for reinen, og det er andre studier som viser det motsatte. Alle disse studiene er gjort på forskjellige steder, og gir forskjellige resultat. Antakeligvis er effektene av klimaendringer på rein varierende fra region til region, eller sted til sted. Tylers data fra Svalbard-rein viser komplekse sammenhenger. Effektene av variasjon i vintervær opererer sammen med andre økologiske effekter. Data viser at overlevelse av vinterkalver er sterkt påvirket av størrelsen på flokken, mens på samme tid er simlas forplantningsdyktighet. Hvis det skal forklare variasjon i flokkens størrelse fra år til år, må det tas hensyn til disse to uavhengige faktorene sammen. Det er grunnen til at ved tilnærming til spørsmålet om effekten av klimavariasjon på rein, trengs masse kunnskap. Tyler nevner videre samsvar mellom kalver som overlever første måneder og den totale produksjonen. For å forklare variasjon i produksjon i en reinflokk, må en fokusere på spørsmålet; "hvordan og til hvilken utstrekning kan klimavariasjon påvirke forplantningsdyktigheten til simla og kalvens overlevelse. Det ser ut til at det er en effekt mellom klima, NAO og kroppsvekten til kalver på 10 mnd. Det er også et svakt forhold mellom NAO og kroppsvekten på dyrene om vinteren. Endelig ser det ut til å være små effekter av tidlig utvikling og voksen kroppsstørrelse. På samme måte er det et forhold mellom gjennomsnittstørrelsen på et dyr som er voksen og antallet kalver simla produserer gjennom livet. Han hevder funnene er merkverdige, da forvaltningen harr brukt mye tid på å overbevise reineiere at større simler produserer mer kalver. Dette er ikke tilfelle ut ifra deres funn.

Reindriftnforvaltningen (2009) skriver at som helårsbrukere av store beiteressurser i nordlige områder vil reindriftnæringen kunne bli til dels sterkt berørt av klimaendringer. De skriver at

klimaendringer vil kunne få betydning for tilgang, kvalitet og kvantitet av beite, men også for blant annet insektstress, områdebruk, flytteveier, flyttetidspunkter og andre driftsforhold. Klimaendringer kan også medføre økt konkurranse om reindriftsarealene fra andre næringer. Hvorvidt endringene er mest positive eller mest negative for reindriften, vil variere mellom områder, avhengig av regionale og lokale forhold, samt når og hvordan området brukes av reindriften. Sammenhengene er komplekse og vil være vanskelige å forutsi. De viser til at kompleksiteten framgår tydelig av den forskningen som så langt er gjennomført på effekten av klimaendringer på nordlige hjortedyr (Weladji m.fl., 2002). Dersom for eksempel vinterklimaet i de kontinentale vinterbeiteområdene i Norge blir mildere og mer ustabil, kan faren for nedising og låsing av beiten øke. I 1997 førte slik låsing av vinterbeitene i Finnmark til store reintap. Videre kan en dreining mot fuktigere værtyper bidra til å redusere vinterbeite kvaliteten ved at omfanget av fuktighetskrevende arter øker på bekostning av lavdominerte vegetasjonstyper (lavheier). Økt nedbør kan på den andre siden gi økt næringstilgang og dermed også økt tilvekst for lav, forutsatt at laven ikke blir utkonkurrert av andre arter. En økning i gjennomsnittstemperaturen og mer fuktige værtyper på vår og høst kan bidra positivt i sommerbeiteområdene gjennom forlenget vekstsesong (tidligere vår, seinere høst) og økt vekst på grøntbeitet (bedre beite kvalitet). Dersom varmere og mer fuktige somrer samtidig fører til mer insekter, kan disse derimot påføre reinen økt stress og tap av vekst. Dette vil til en viss grad kunne oppveies dersom det også blir mer vind. En 2-4 ukers forlengelse av vekstsesongen i nordområdene (perioden 1982-2002) er nylig blitt dokumentert (Tømmervik m.fl., 2005), og da i hovedsak utover høsten. Den samme undersøkelsen påviste vegetasjonsendringer, med utvidelse av skogsområder og overgang til mer fuktighetskrevende arter på bekostning av blant annet lav. De siste resultatene fra overvåkningsprogrammet for lavbeiter kan på den andre siden tyde på økt gjenvekst i lavbeitet på grunn av mer sommernedbør (Gaare, 2006).

Direktoratet for naturforvaltning skriver i sin utredning om effekter av klimaendringer på økosystemer og biologisk mangfold (Framstad m.fl., 2006) at endringer i snødekket vil gi endringer i beitemønstre for villrein på lokal skala, spesielt om vinteren og dels om våren (Heggberget et al. 2002). Mer storskala endringer i fordelingen av snødekket kan føre til at villreinen endrer bruken over større områder, f.eks. at vinterbeitet foregår på andre deler av Hardangervidda eller i Dovreområdet enn i dag. Lokalt kan endring i snødekket føre til endringer i utnyttelse av viktige beiteplanter og dermed i dominansen mellom ulike plantegrupper. Videre økologiske konsekvenser av dette, f.eks. for fjelløkosystemenes funksjon, er imidlertid uklare. Men også menneskers aktivitetsmønster kan endre seg som følge av klimaendringene, ikke minst som følge av endringer i skogens utbredelse og snødekket, noe som igjen kan ha effekter på de økosystemer som blir berørt. Både endringer i snødekket og andre klimarelaterte endringer vil trolig føre til at tilgangen på lav som vinterbeite for rein vil bli forskjøvet og redusert. Dermed vil reinens leveområder og næringstilgang om vinteren bli redusert. Dette vil ha konsekvenser for bytteetere som lever av rein, og kan ha konsekvenser for næringstilgang og livsmuligheter for jerv og fjellrev som har åtsler av rein som viktig vinternæring. Endringer i fuktighetsklima og vekstsesongens lengde vil føre til økt mengde moser i skogbunnen og lav på trestammer. Vanlige storvokste mosearter vil øke på bekostning av små, mer sjeldne arter. Økt fuktighet (endret markfuktighet) som følge av endringer i snødekke og sommernedbør, vil kunne gi ytterligere økt dominans av moser og gras i tidligere lavdominerte skogområder, noe som er av særlig betydning i vinterbeiteområder for reinsdyr. Reinsdyr på Svalbard lever i stor grad av ulike karplanter, men vinterstid også av lav dersom det finnes. Lav ødelegges til en viss grad gjennom beiting og tramp. En positiv effekt av høyere nedbør som forventes med klimaendringer, er derfor at både intakt og fragmentert lav vokser raskere ved jevnlig nedbør (Cooper et al. 2001). Bedre vekst av laven ved høyere nedbør kan således motvirke at beiting og tramp ødelegger lavsamfunn. I vintre med mye nedbør, episoder med regn og nedising av

beitene er det påvist økt dødelighet av spesielt unge og gamle dyr, mens det ikke er noen klar effekt av sommerklimaet på bestandene (Solberg et al. 2001). Studier viser også at klimaresponser kan være synkronisert mellom populasjoner, noe som betyr at endringer vil kunne skje over store områder (Post & Forchhammer 2002; Aanes et al. 2003).

I et høringsutkast fra april 2009 til NorACIA delutredning om effekter av klimaendringer på folk og samfunn skriver Buanes m.fl. (kommer i 2009) om reindrifta som en spesielt naturavhengig næring siden den er basert på at reinen går på naturlig beite året rundt. Klimaendringene påvirker beiteforholdene til alle årstider, samt framkommeligheten i terrenget, og kan også føre til skjerpede arealbrukskonflikter ettersom da andre også forventes å endre sin arealbruk som følge av klimaendringene. Klimascenariene tyder på *tidligere vår*, 2-4 uker innen 2100. Dette kan føre til høyere kalvevekter (Petorelli et al., 2005, Tømmervik et al. 2009b, Lie et al. 2008). Klimascenariene peker også i retning av *kortere sesong med snødekke og reduserte snømengder*. Dette har også beite- og driftsmessige konsekvenser for *barmarkssesongen* da topografiske forskenknninger akkumulerer store snømengder om vinteren som smelter ut på seinsommeren og gir også en jevn tilførsel av vann og næring til plantesamfunnene nedenfor. Reinen følger våren i beitet og snøleiene er blant de viktigste sommerbeiteområdene for beite (Svonni 1983, Rekdal 2001, Mårell et al. 2006). Reduserte snøleier betyr lavere beitekvalitet og sannsynligvis også kapasitet. I tillegg vil reduserte snøfonner bety både reduserte muligheter til å unnsnippe insekter (Svonni 1983) og redusert potensial som kalvemerksområder.

Klimascenariene tyder også på *varmere somre*. De positive effektene av tidligere vår kan i noen grad oppveies av dette da det vil kunne øke insektplagen og dermed ha betydning for kalvenes overlevelse og kondisjon (Weladji, 2003), og også bety reduserte slaktevekter (Gunn og Skogland 1997), og videre kunne få betydelige økonomiske konsekvenser (SOU 2007:60). De verste insektsforholdene forventes å oppstå ved økt varme og fukt, og begge deler er i samsvar med klimascenariene. Reduksjon i omfanget av høyfjellsbeiter og snøleier kan forverre effekten av insektproblemen ytterligere (SOU 2007:60). I tillegg til insektplagene må det også forventes økt forekomst av kjente parasitter, og også økt risiko for nye parasitter og sykdommer (op. cit.).

Økt temperatur i barmarkssesongen betyr også forventinger om økt planteproduksjon (Tømmervik et al. 2004b, 2005). Den svenske klimasårbarhetsutredningen angir at planteproduksjonen kan øke med 20 til 40 prosent, og at vekstsesongen kan komme til å utvide seg med 2-3 måneder mot slutten av århundret (SOU 2007:60, se også Figur 1-8). Forlenget vekstsesong kan både gjøre reindrifta bedre i stand til å tåle vanskelige vintre og gi høyere tilvekst og produksjon med større potensielt slakteuttak.

Økt biomasse betyr ikke uten videre økt biomasse i form av tilgjengelige beiteplanter. Klimaendringene vil også berøre ulike planter på ulik måte, da utbredelsen av planter og vegetasjonstyper i stor grad er kontrollert av klimaet (Tuhkanen 1980, Woodward 1987, Moen 1999). De klimaendringer som er påvist og vil komme, vil gi seg utslag i at enkelte arter rykker inn i nye områder, ofte på bekostning av arter som har vært tilpasset et annet klima.

Analyser av historiske vegetasjonsdata for Skandinavia (Kullman, 2006) og simulerte vekstforsøk i Abisko-området (Larsson, 2002), samt analyser av vegetasjonsutviklinga på Finnmarksvidda (Tømmervik et al. 2009) gir sterke indikasjoner på at skog og tregrensa⁵³ kan bli hevet, gjengroing og forbuskning av den lavalpine sonen, mens dvergbjørk kan bli dominerende i den mellomalpine sonen. Det kan bli dannet særlige blandinger av skogs- og

⁵³ Med skogrensa menes øvre grense for sammenhengende skog. Med tregrensa øvre grense for trær over en viss høyde. Dvs. tregrensa ligger høyere i terrenget enn skogrensa.

fjellplanter som vil få negativ innvirkning på viktige beiteområder. Dynamikken mellom reinbeiting og tre/skogsgrense er imidlertid ulik for barmarksbeiteområder og vinterbeiteområder. I barmarksområder bidrar reinbeitingen til å holde landskapet åpent ved å begrense tilveksten av både busker og småtrær (Cairns og Moen 2004).

Klimaendringene forventes å ville få stor innvirkning på *vinterbeiteforholdene*. Kombinasjonen av våt mark ved første varige snø og påfølgende kulde, og dermed dannelse av is i botnsjiktet, og i verste fall is som kapsler inn lav og andre beiteplanter, har "alltid" vært fryktet av reindriftssamene. Dette er blant annet omtalt av samenes første forfatter Johan Turi for nesten hundre år siden (1966[1910]). I tråd med dette fins det også en rik samisk terminologi for slike tilstander (Ruong 1964, Jernsletten 1994, Eira 1994, Ryd 2001, Magga 2006). I tillegg til forholdene i begynnelsen av vinteren, er også episoder med mer ustabile temperaturer midtvinters, også i kontinentale områder, en klimaendring som kan gi effekter med låsing av beiter og dermed skape kritiske beitesituasjoner. Problemer oppstår når mildvær eller "regn på snø" varer i opptil flere dager, og regn og/eller smeltevann pipler gjennom snøpakken og flyter utover marka og fryser til is, og kanskje også kapsler inn vegetasjonen når temperaturen igjen synker under frysepunktet (Putkonen og Roe 2003). I tillegg til beite- og driftsmessige problemer vil også nedising av vegetasjonen nærmest marka kunne bidra til dannelse av mugg og andre mikroorganismer som er giftige for rein (Kumpala m. fl. 2000), spesielt er reinkalver utsatt (Riseth et al. 2009).

Ustabil førjulsvinter kan også gi flere driftsmessige problemer fordi elver og vann ikke fryser skikkelig til, og bl.a. skape problemer for høstflyttingen tilbake til vinterbeiteområdene. Mildere ettervintre kan også føre til driftsmessige problemer da snødekket og is på elver og vann ikke holder under vårflyttingen, det kan bli behov for alternative transportmetoder, bl.a. lastebil.

Den svenske klimasårbarhetsutredningen (SOU 2007:60) refererer også til *tynnere snødekke*, spesielt i kystområder. Betydningen av snødekket kan illustreres godt av utviklinga på Finnmarksvidda etter 1990. Både reintall og biomassen av lav gikk nedover gjennom hele 1990-tallet, samtidig som både Kautokeino og Karasjok hadde mer enn gjennomsnittlig snødekke. Dette medførte at reinen måtte beite på de vindblåste rabbene på de åpne heiene. Etter 2000 har det vært parallell vekst i reintallet og lavbiomasse. Dette forklares av gunstige vintre med lite snø da reinen har kunnet beite lavere på rabbene enn normalt og ellers på myrer der den ikke kommer til med større snødekke (Gaare et al. 2006, Tømmervik et al. 2009). Tidligere vår og lengre høst betyr også kortere sesong med snødekke, opptil 2 måneder i kontinentale områder mot slutten av århundret. Dette kan muligens i noen grad kompensere for mer usikre vinterbeiter i kontinentale områder. Studier av vegetasjonsendringene på Finnmarksvidda det siste halve århundret (Tømmervik et al. 2009) dokumenterer betydelig økning i biomasse for trær, busker, karplanter og mose gjennom hele perioden. Vegetasjonsendringene på Finnmarksvidda har både direkte og indirekte virkninger. Ekspansjonen av trær og busker og ikke-beiteplanter betyr permanente endringer i vegetasjonens sammensetning. Indirekte betyr ekspansjonen av spesielt trær, men også busker, reduksjon av vinterbeitets tilgjengelighet. Vinden vil ha en tendens til å pakke snøen mer rundt trær og busker og danne mer kompakte snøtyper, f.eks. *ceavvi* (nordsamisk; hardpakka eller kompakt snø, fokksnø, se Jernsletten, 1994), og gjøre reinbeitet stadig mindre tilgjengelig i løpet av vinteren (Svonni 1983, Pruitt 1984). Tett skog vil gjøre graving av beitegroper stadig tyngre og vil derfor kreve at reinen trekker ut i mer åpent landskap (Sara, 1999). Mer tett skog forsterker derfor behovet for slikt trekk ut av skogen. Problemet blir at ekspansjon av bjørkeskogen kan øke presset på områder med åpen hei og furuskog i og med at det vil være behov for å ta disse områdene i bruk stadig tidligere på vinteren. I vinterbeiteområder kan sterk reinbeiting og tråkk i barmarkssesongen, som fjerner betydelige deler av lavdekket, være en av de faktorene som bidrar til ekspansjon av busker, kratt og

skog, slik det har skjedd på Finnmarksvidda det siste halve århundret (Tømmervik et al. 2009).

Simuleringer av potensiell ekspansjonen av skog på Finnmarksvidda som følge av en 1° C økning i midlere julitemperatur, tilsier omfattende virkninger, da det meste av det ikke-skogkledte arealet av Finnmarksvidda ligger mellom nåværende tregrense og nåværende skoggrense. Simulering indikerer en betydelig økning av skogsarealet (Karlsen et al. 2008). Konsekvensen av endringene kan bli en betydelig reduksjon av lavbeitekapasiteten på Finnmarksvidda.

Dersom vintertemperaturen stiger, vil sonen med mye veksling omkring null grader flytte seg innover i landet og trolig i større grad ramme reindriften i Sverige enn i Norge. I de fleste indre distrikter i de sørlige reinbeiteområdene har man alternative beiteområder langs en øst-vest-akse, eller i form av høyere liggende og lavere liggende områder, og vil derfor oftest kunne finne alternative beiteområder dersom et område blir rammet av ising. Færrest alternativ og høyest tetthet har man langs svenskegrensen i Sør-Trøndelag og Hedmark, og dette tradisjonelt kontinentale området vil trolig bli mest rammet av isingsproblemer dersom vintertemperaturen stiger i de sørlige reinbeiteområdene. For reinbeitedistrikter med vinterbeiter på kysten, vil en stigning i temperatur og nedbør om vinteren gi mindre snødekke og føre til at vegetasjonen endrer seg i retning større andel grøntplanter og mindre lav. I og med at grøntbeitesesongen ved en stigning i temperaturen vil utvide seg i begge retninger, kan dette gi bedre vinterbeiter på kysten (Lie et al. 2008).

Framtidige beiteforhold om vinteren ser ut til å avhenge av den samla virkningen av i hovedsak kortere og mer snøfattige vintre, økt frekvens av tine-fryse-sykluser, og høyere skoggrense/tregrense og gjengroing av lavalpine områder med reduksjon av lavrike plantesamfunn. Den første effekten er positiv, mens begge de to andre er negative effekter. Den første effekten er et resultat av temperaturøkning, den andre tendensen er en effekt av at kystpåvirket klima brer seg inn over i hovedsak kontinentale områder, mens den siste i hovedsak er en økologisk virkning av høyere gjennomsnittstemperatur. De to første effektene vil være variable, mens den tredje vil potensielt tilta jevnt med økende temperatur, men i praksis være meget avhengig av lokal topografi og økologi.

Kortere og mer snøfattige vintre vil generelt bidra til å øke overlevelsen om vinteren. En kan regne med at dette vil øke beitekapasiteten i kystvendt reindrift en del, og generelt redusere sårbarheten for vinteren i Nord-Trøndelag, Nordland og Sør- og Midt-Troms. I de mer kontinentale områdene i sør og nord vil det i noen grad kunne modifisere de andre to negative effektene. *Økt frekvens av tine-fryse-sykluser* gjelder kontinentalt pregede områder. I de mest oseaniske områdene betyr økt temperatur kortere og mer snøfattige vintre. Tine-fryse-syklene er alvorlige fordi de gjør tidligere sikre vinterbeiter mer usikre. Det er vanskelig å forutse hvilken av disse to effektene som vil slå sterkest ut i de kontinentale områdene. Gjennomgang av Reindriftsforvaltningens arkivmateriale tyder på at de største utslagene av vanskelige vinterforhold får man når vanskelige vintre følges av sein og vanskelig vår. (Lie m fl. 2008).

Forhøyet skoggrense/tregrense og gjengroing av lavalpine områder med reduksjon av lavrike plantesamfunn betyr permanente endringer og reduksjon i vinterbeitekapasiteten. Utslagene vil være sterkest der vinterbeitene ligger i subalpine og lavalpine områder. De mest kontinentale og de mer boreale vil bli minst påvirket.

4.3.3 Konsekvenser for annen samisk næringsvirksomhet

Også andre tradisjonelle samiske næringsaktiviteter som fiskeri, landbruk, jakt og bærplukking berøres av klimaendringer. Spesielt sjøsamene har tradisjonelt levd av ulike kombinasjoner av disse aktivitetene, og i følge ordføreren i den samiske kommunen Nesseby/Unjárga (NRK 02.06.2009) opplever innbyggerne nå at klimaendringene endrer forutsetningene for tradisjonell utmarksbruk. Et dramatisk eksempel er lauvmakkangrepene (forårsaket av liten- og stor fjellbjørkemåler *Epirrita autumnata* og *Operophtera brumata*) som har lagt store deler av bjørkeskogen i Øst-Finnmark død. Lauvmakken overlever ikke vinteren hvis det er mer enn -36 grader kaldt i mer enn 3 dager. Varmere vintertemperaturer er dermed en medvirkende årsak til lauvmakkangrep (Hagen et al. 2007). I Nesseby får bjørkeskogdøden konsekvenser for dyrelivet og dermed også jakt og annen utmarksbruk.

Det finnes ingen litteratur som sier noe om hvordan spesifikt sjøsamiske samfunn og aktiviteter vil berøres av klimaendringer, men prosjektet "Community Adaptation and Vulnerability in the Arctic Region" (CAVIAR), som blant annet har Nesseby som et av sine studieområder, vil bidra til mer kunnskap på dette området. Foreløpige resultater fra CAVIAR-prosjektet viser at sjøsamiske fiskere observerer nye arter (Amunsen et al. 2008), og i følge havforskere vil klimaendringene gjennom en økning av havtemperaturen føre til en endring sammensetning og distribusjon av fiskeslag (Drinkwater 2005, Loeng 2008). Samtidig opplever sjøsamiske fiskere at grunnlaget for å drive med fiske som del av en levevei blir stadig mindre grunnet endrede rammebetingelser (Sametinget 2004). Dette skyldes at kvotepolitikken favoriserer heltidsfiskere og store fartøy, mens sjøsamene tradisjonelt har kombinert fiske med andre aktiviteter. Slik det er dokumentert at tilfellet er for andre nordnorske kystsamfunn (West og Hovelsrud 2008, Keskitalo 2008, Keskitalo og Kulyasova 2009), vil sosioøkonomiske endringer og ulike lokale forhold som flåte- og mottaksstruktur bidra til at klimaendringer virker ulikt på ulike lokalsamfunn. Dette er det rimelig å anta at også er tilfelle for sjøsamiske lokalsamfunn. For å sikre samenes rett til å drive sine kulturbærende næringsaktiviteter er det derfor nødvendig at rammebetingelsene for næringsutøvelsen er tilstrekkelige gode. Dette blir også viktig for å redusere samenes sårbarhet for klimaendringer.

NorACIAs delutredning 4 (Buanes et al in prep) vil også ta for seg urfolks sårbarhet til klimaendringer.

4.3.4 Oppsummering

Samer i Norge som er involvert i tradisjonelle naturressursbaserte næringsaktiviteter opplever at klimaendringene endrer grunnlaget for deres virksomhet. Å kunne holde på med tradisjonelle kulturbærende næringsaktiviteter er en vesentlig og anerkjent rettighet for urfolk, som Norge er pliktig å ivareta for gjennom ratifiseringen av ILO traktat nr 169. Det er derfor først og fremst gjennom innvirkning på naturressursgrunnlaget for samenes næringsaktivitet at klimaendringene kan skape sårbarhet. Klimaendringene vil ha store konsekvenser for reindriften, men hvordan klimaendringer virker på andre former for tradisjonelle samiske næringsaktiviteter er ikke godt dokumentert.

4.3.5 Referanser 4.1

- ACIA (2005) Arctic Climate Impact Assessment (ACIA). Cambridge University Press, 1042p.
- Aftenposten (2008) Bier er stukket for godt. Lastet ned 23.06.2009 fra <http://www.aftenposten.no/fakta/innsikt/article2631985.ece>
- Arvola, J. og Norum, F. (2009) Ber folk hogge mer skog. NRK Nordnytt, 13.5.2009, http://www.nrk.no/nyheter/distrikt/troms_og_finnmark/1.6606816
- Bellona (2009) Faktaark Alger. <http://www.bellona.no/factsheets/Alger>
- Biesmeijer, J.C., Roberts, S.P.M., Reemer, M., Ohlemüller, R., Edwards, M., Peeters, T., Schaffers, A.P., Potts, S.G., Kleukers, R., Thomas, C.D., Settele, J. & Kunin, E.W. (2006) Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands. *Science* 313:351-354.
- Bomo, A.M., Tryland, I. og Liltved, H. (2007) Vil rent vann også være rent i fremtiden? Effekter av ekstremvær på drikkevannskvalitet. *Vann*. Nr 2. 42. årgang. s 143-151.
- Brække, F.H. (2000) In: Kellomäki, S., T. Karjalainen, F. Mohren and T. Lappolainen (eds.). Expert assessments of the Likely Impacts of Climate Change on Forestry in Europe. European Forestry Institute Proceedings No.34/2000.
- Buanes, A., Riseth, J.Å. og Mikkelsen, E. (2009) Effekter av klimaendringer på folk og samfunn. NORACIA Delutredning 2. Høringsutkast april 2009
- Buddemeier, R.W., Kleypas, J.A. og Aronson, R.B. (2004) Coral reefs and global climate change. Potential contributions of climate change to stresses on coral reefecosystems. Rapport Pew Center on Global Climate Change, 56s.
- CBD (2008) Draft findings of the first meeting of the second ad hoc technical expert group on biodiversity and climate change on the impacts of climate change on biodiversity including ways and means to project impacts. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 22 May 2008.
- Conserving Cold-Water Corals: Norway Leads the Way (2008); accessed online at http://www.populationeducation.org/docs/earthmatters/case_study-conserving_cold_water_corals.pdf on 27th May, 2009.
- Direktoratet for Naturforvaltning (2007) Klimaendringer – tilpasninger og tiltak i naturforvaltningen. Rapport 2007-2.
- Drinkwater, K.F. (2006) The regime shift of the 1920s and 1930s in the North Atlantic. *Progress in Oceanography* 68 (2006) 134–151.
- Fischlin, A., Midgley, G.F. , Price, J.T. , Leemans, R. , Gopal, B. , Turley, C. , Rounsevell, M.D.A., Dube, O.P., Tarazona, J. og Velichko, A.A. (2007) Ecosystems, their properties, goods, and services. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 211-272.
- Førland, E.J., Hanssen-Bauer, I., Haugen, J.E., Benestad, R. and Aadlandsvik, B. (2008). NORACIAs klimascenarier for norsk Arktis. Met.no report no. 09/08 Climate.
- Havforskningsinstituttet (2001) Algeoppblomstring og muligheter for fiskeoppdrett. http://www.imr.no/aktuelt/nyhetsarkiv/2001/mars/algeoppblomstring_og_muligheter_for_fiskeoppdrett
- Hem, L. (2008). Modeller for vurdering av vannkilden som hygienisk barriere. *Vann*. Nr 1. 19-34.
- IMR, 2006. Climate and fish: how does climate affect our fish resources? Focus on Marine Research: 02 -2006. Institute of Marine Research/ Havforskningsinstituttet. Accessed online at: http://www.imr.no/english/data/page/6334/Climate_and_fish.pdf

- IPCC (2007) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jepsen, J.U., Hagen, S.B., Ims, R.A. og Yoccoz, N.G. (2008) Climate change and outbreaks of the geometrids *Operophtera brumata* and *Epirrita autumnata* in subarctic birch forest: evidence of a recent outbreak range expansion. *Journal of Animal Ecology*, 77(2): 257-264.
- Kistemann, T., Classen, T., Koch, C., Dangendorf, F., Fischeder, R., Gebel, J., Vacata, V. og Exner, M. (2002). Microbial load of drinking water reservoir tributaries during extreme rainfall and runoff. *Applied and Environmental Microbiology*. 68. 2188-2197
- Lie, I., Riseth, J.Å., og Holst, B. (2008) Samisk reindrift i et skiftende klimabilde. Rapport 2008:8. Norut Alta, Alta.
- Liltved, H. (2005). Endringer i fargetall og TOC i norske drikkevannskilder. Foredrag på kurset "Drikkevannsforskning 2000-2005". Tekna Kursdager ved NTNU i Trondheim 6.-7. januar 2005. Publisert i *Drikkevannsforskning 2000-2005* (red. Krogh T.), s. 77-92, ISBN 82-91341-87-7.
- Loeng, H. (2008) Klimaendringer i Barentshavet – konsekvenser av økte CO₂ nivåer i atmosfæren og havet. Rapportserie Norsk Polarinstitutt, 126.
- MD (2007) Tverrsektoriell nasjonal strategi og tiltak mot fremmede skadelige arter. Miljøverndepartementet. ISBN 978-82-457-0408-2
- Miljøjournalen (2007) Dramatiske endringer i Norske fjorder. Nedlastet 23.06.2009 fra <http://naturvern.imaker.no/cgi-bin/naturvern/imaker?id=108763>
- Millennium Ecosystem Assessment (2005) *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Nature value (2009) editorial, *Nature* 457(12):764.
- NIVA (2005). Planktonalger som ressurs og problem i fiskeoppdrett og skjellnæring
- Nordisk Ministerråd (2008) - (i NORACIA deltutredning 4)
- Norges forskningsråd (2002) Rikets miljøtilstand 2030 – et fremtidsbilde.
- Norum, F. Klima skyld i bjørkedød? NRK Nordnytt, 16.05.2008, http://www.nrk.no/nyheter/distrikt/troms_og_finnmark/1.5803861
- NORUT IT (2006) Årsberetning 2006. <http://www.norut.no/content/download/2707995/5545439/file/%C3%85rsberetning2006.pdf>
- NOU (2004:28) Lov om bevaring av natur, landskap og biologisk mangfold.
- Nybø, S., Strann, K.-B., Bjerke, J.W., Tømmervik, H., Hagen, D. og Hofgaard, A. (2009) Tilpasninger til klimaendringer i Nord-Norge og på Svalbard. Vurdering av vernebehovet og terrestriske økosystemers evne til å binde karbon. – NINA rapport 436. 43s. + vedlegg.
- Økland, B., Krokene, P. og Lange, H. (2007) Klimaeffekter på granbarkbillen. *Klima* 1-2007
- Oliver, T.A. og Palumbi, S.R. (2009) Distributions of stress-resistant coral symbionts match environmental patterns at local but not regional scales. *Mar Ecol Prog Ser* 378:93-103
- Solberg, S. og Dalen, L.S. (2007) Effekter av klimaendring på skogens helsetilstand, og aktuelle overvåkningsmetoder. *Viten fra Skog og landskap* 3/07: 42 s.
- SOU (2007) Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter. Klimat- och sårbarhetsutredningen, Statens offentliga utredningar, Miljödepartementet, SOU 2007:60.
- Stenevik, E.K. og Sundby, S. (2007) Impacts on commercial fish stocks in Norwegian waters. *Marine Policy* 31: 19-31.

- Stern, N. (2007) The economics of climate change – Part II: Impacts of climate change on growth and development.
- Tømmervik, H., Johansen, B., Riseth, J.Å., Karlsen S.R, Solberg, B. & Høgda, K.A. (2009) Above ground biomass changes in the mountain birch forests and mountain heaths of Finnmarksvidda, Northern Norway, in the period 1957-2006. *Forest Ecology and Management* 257: 244-257.
- Ulsrud, K., Sygna, L. og O'Brien, K. (2008) More than rain – Identifying Sustainable Pathways for Climate Adaptation and Poverty Reduction. The Development Fund /Utviklingsfondet, 68p.
- Utviklingsfondet, Biologisk mangfold, (uten årstall). Retrieved 26.05.2009 from Utviklingsfondet website on <http://www.utviklingsfondet.no/>
- Vevatne, J. (2006) Kan vi forvente varige klimaendringer og hvilke konsekvenser vil det få for vannforsyning og avløp? NORVAR-dagene, Sandnes, 2006
- West, J., og Hovelsrud, G.K. (2008) Climate change in Northern Norway. Toward an understanding of socio-economic vulnerability of natural resource- dependent sectors and communities. CICERO report 2008:4.
- Why does it matter? (2007) nedlastet 19.05.2009 fra the Convention on Biological Diversity website at <http://www.cbd.int/climate/why.shtml>

4.3.6 Referanser 4.2:

- Blikra, L. H, I. Henderson og T. Nordvik, (2009). Faren for fjellskred fra Nordnesfjellet i Lyngenfjorden, Troms. NGU rapport 028.2009.
- NORACIA (2009). Climate development in North Norway and the Svalbard region during 1900–2100. NorACIA-rapport. Polarinstituttets rapportserie
- Christiansen H. (2007) Permafrost Observatory Project: A Contribution to the Thermal State of Permafrost in Norway and Svalbard, TSP NORWAY. *Eos Trans. AGU* 88(52), Fall Meet. Suppl., Abstract C21A-005.
- Etzelmüller, B., Berthling, I. & Sollid, J.L. (1998) The distribution of permafrost in southern Norway – a GIS approach: In Proceedings of the 7th International Conference on Permafrost, Yellowknife, Canada, 23-27 June. *Nordicana* 57, 251-258
- Harris C., L. U. Arenson, H. H. Christiansen, B. Etzelmüller, R. Frauenfelder, S. Gruber, W. Haeberli, C Hauck, M. Hölzle, O. Humlum, K. Isaksen, A. Kääb, M. A. Kern-Lütschg, M., N. Matsuoka J. B. Murton, J.Nötzli, M. Phillips, N. Ross, M. Seppälä, S. M. Springman, D. Vonder Mühl.(2008): Permafrost and climate in Europe: Monitoring and modelling thermal, geomorphological and geotechnical responses. *Earth-Science Reviews* 92 (2009) 117–171
- Isaksen K, Vonder Mühl D, Gubler H, Kohl T, Sollid JL. (2000) Ground surface temperature reconstruction based on data from a deep borehole in permafrost at Janssonhaugen, Svalbard. *Annals of Glaciology* 31: 287-294.
- Isaksen, K. 2006. Endring i permafrost. I Utvikling i naturulykker som følge av klimaendringer. CICERO rapport
- Isaksen, K., J. L. Sollid, P. Holmlund, and C.Harris 2007a. Recent warming of mountain permafrost in Svalbard and Scandinavia, *J. Geophys. Res.*, 112, F02S04, doi:10.1029/2006JF000522.
- Isaksen, K., R. E. Benestad, C. Harris, and J. L. Sollid 2007b. Recent extreme nearsurface permafrost temperatures on Svalbard in relation to future climate scenarios, *Geophys. Res. Lett.*, 34,
- Kääb, A. (2008). Remote sensing of permafrost-related problems and hazards. *Permafrost and Periglacial Processes*. 19(2), 107-136

4.3.7 Referanser (4.2.2)

- Andreassen, L. M. H. Elverhøy, B. Kjølmoen M. Jackson, R. Engeset(2007) Long terms observations of glaciers in Norway in Darkening Peaks – Glacier retreat, Science and Society. B. Orlove, E. Wiegandt and Brian H. Luckman (eds). University of California Press, Berkley.
- Andreassen, L. M. Hallgeir Elvehøy og Bjarne Kjølmoen (2006) Store endringer i Norges isbreer. *CICERONE 2-2006*
- Lappégard, G , Stein Beldring and Lars A. Roald, Torill Engen-Skaugen and Eirik J. Førland. (2006) Projection of future streamflow in glaciated and non-glaciated catchments in Norway. NVE
- Roald, L.A., Skaugen, T.E., Beldring, S., Wæringstad,T., Engeset, R. and Førland, E.J. (2002) Scenarios of annual and seasonal runoff for Norway based on climate scenarios for 2030-49. NVE-report
- Nesje A., J. Bakke, Ø. Lie og S. O. Dahl(2002) Dramatisk for norske isbreer i framtiden. Hentet fra <http://www.bjerknes.uib.no/pages.asp?id=519&kat=2&lang=1#> , 24.02.2006.
- Førland, Eirik; Grete K. Hovelsrud og Helene Amundsen. 2007. Utviklingen av naturulykker som følge av klimaendringer. Utredning på oppdrag fra Statens Landbruksforvaltning
- European Environment Agency (2008) Impacts of Europe's changing climate -2008 indicator-based assessment. Joint EEA-RJC-WHO report
- Østrem, G., Dale Selvig, K. og Tandberg, K. (1988). Atlas over breer i Sør-Norge (Atlas of glaciers in south Norway). Meddelelse nr. 61 fra Hydrologisk avdeling 1988, Norges vassdrags- og energiverk, Vassdragsdirektoratet. 248 s

Forskningsprosjekter (4.2.2)

- Climate predictability 0-100 years. NVE og met.no. Finansiert av EBL kompetanse.
GLIMS.

4.3.8 Referanser 4.3

- ACIA. 2005. Arctic Climate Impact Assessment (ACIA). Cambridge University Press, New York
- Amundsen, H., G. K. Hovelsrud, J. J. West, S. Rybråten. 2008. CAVIAR in Northern Norway. Conference presentation at the 6th International Congress of Arctic Social Sciences (ICASS VI), August 22-26. 2008. Nuuk, Greenland.
- Bryn, A., 2008. Recent forest limit changes in south-east Norway: Effects of climate change or regrowth after abandoned utilisation? Norsk Geografisk Tidsskrift 62: 251-270.
- Brække, F.H., 2000. Norway. In Kellomäki, S., T. Karjalainen, F. Mohren and T. Lappolainen (eds.). Expert assessments of the Likely Impacts of Climate Change on Forestry in Europe. European Forestry Institute Proceedings No.34/2000.
- Buanes, A., J.Å. Riseth, kommer 2009. NorACIA delutredning. Effekter av klimaendringer på folk og samfunn. Høringsutkast, april 2009.
- Cairns, D. og J. Moen, 2004. Herbivory influences tree lines. Journal of Ecology 92, 1019-1024.
- Eira, Nils Isak (1984): Boazobargi giela. (Reindeer management work language). Diedut 1984:1
- Drinkwater, K. F. 2005. "The response of Atlantic cod (*Gadus morhua*) to future climate change." ICES Journal of Marine Science 62: 1327e1337
- Ford, J. D., B. Smit, and J. Wandel. 2006. Vulnerability to climate change in the Arctic: A case study from Arctic Bay, Canada, Global Environmental Change, Volume 16, Issue 2, May 2006, Pages 145-160

- Førland E. J. (ed), R. E. Benestad, F. Flatøy, I. Hanssen-Bauer, J. E. Haugen, K. Isaksen, A. Sorteberg, B. Ådlandsvik. Climate development in North Norway and the Svalbard region during 1900–2100. Temarapport for NorACIA, Polarinstituttets rapportserie 128.
- Framstad, E., Hanssen-Bauer, I., Hofgaard, A., Kvamme, M., Ottesen, P., Toresen, R. Wright, R. Ådlandsvik, B., Løbersli, E. & Dalen, L. 2006. Effekter av klimaendringer på økosystem og biologisk mangfold. DN-utredning 2006-2.
- Fronzek, S., & Carter, T. (2007). Assessing uncertainties in climate change impacts on resource potential for Europe based on projections from RCMs and GCMs. *Climatic Change*, 81(0), 357-371.
- Gunn, Anne og Terje Skogland, 1997. Responses of caribou and reindeer to global warming. I: W. C. Oechel, T. Callaghan, J.L. Holten, B. Maxwell, U. Molau and B. Sveinbjornsson *Global change and Arctic terrestrial ecosystems*. Ecological Studies 124. Springer-Verlag, New York, 189-200.
- Gaasland, I. 2004. Can Warmer Climate Save the Northern Agriculture? Working Paper 16. Institute for Research in Economics and Business Administration (SNF), Bergen, 20
- Gaare, E., Tømmervik, H., Bjerke, J.W. & Thannheiser, D. 2006. Overvåkning av vinterbeiter i Vest Finnmark og Karasjok: Ny beskrivelse av fastrutene. NINA Rapport 204.
- Hagen, S.B., Jepsen, J.U., Ims, R.A., Yoccoz, N.G. (2007). Shifting altitudinal distribution of outbreak zones of winter moth (*Operophtera brumata*) in sub-arctic birch forest: A response to recent climate warming? *Ecography* 30. pp 299-307
- Huntington, J. et al. 2005. The Changing Arctic: Indigenous Perspectives. Arctic Climate Impact Assessment Scientific report, pp 65-95. Oxford University Press, New York
- Jernsletten, Nils (1994): Tradisjonell samisk fagterminologi. I: Dikka Storm, Nils Jernsletten, Bjørn Aarseth og Per Kyrre Reymert (red.) Festskrift til Ørnulv Vorren. Tromsø Museums Skrifter XXV. Tromsø Museum Universitetet i Tromsø, 234-253.
- Johnsen Ø. et al. 2005a. Climatic adaptation in *Picea abies* progenies is affected by the maternal temperature during zygotic embryogenesis and seed maturation. – *Plant, Cell and Environment* 28: 1090-1102.
- Johnsen Ø., Dæhlen O.G., Østreng G. & Skrøppa T. 2005b. Daylength and temperature during seed production interactively affect adaptive performance of *Picea abies*. *New Phytologist* 168: 589-596.
- Karlsen, S.R., A. Tolvanen, E. Kubin, J. Poikolainen, K.A. Høgda, B. Johansen, F. S. Danks, P. Aspholm, F. E. Wielgolaski & O. Makarova. 2008. MODIS-NDVI based mapping of the length of the growing season in northern Fennoscandia. *Int. J. Appl. Earth Observ. Geoinform*, 10: 253-266.
- Keskitalo, C. E. 2008. Governance in vulnerability assessment: the role of globalising decision-making networks in determining local vulnerability and adaptive capacity. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 14. pp 185–201
- Kullman, Leif (2006) Long-term geobotanical observations of climate change impacts in the Scandes of West-Central Sweden *Nordic Journal of Botany*, 24: 445-467
- Kumpula, J., Parikka, P., Nieminen, M. 2000. Occurrence of certain microfungi on reindeer pastures in northern Finland during winter 1996-97. *Rangifer* 20: 3-8.
- Landbruks- og matdepartementet, 2009. St.meld. nr. 39. (2008–2009) Klimautfordringene – landbruket en del av løsningen. Departementenes servicesenter.
- Larsson, Helen (2002). Hur påverkas fjällen av klimatförändringen ? *Boazodiehttu* 1-02 (11):6-7
- Lie, Ivar, Jan Åge Riseth og Bernt Holst (2008) Samisk reindrift i et skiftende klimabilde. Rapport 2008:8. Norut Alta, Alta.
http://www.finnmark.norut.no/norut_alta/lt/publikasjoner/rapporter/reindrifta_i_et_skiftende_klimabilde

- Linderholm H.W., Solberg B.O. & Lindholm M. 2003. Tree-ring records from central Fennoscandia: the relationship between tree growth and climate along a west-east transect. *Holocene* 13: 887-895.
- Loeng, Harald (red.) 2008 Klimaendringer i Barentshavet. Konsekvenser av økte CO₂-nivåer i atmosfæren og havet, Rapportserie nr. 126, juni 2008, Norsk Polarinstitutt, Tromsø
- Medlyn, B. E., Badeck, F.-W., Pury, D. G. G. de, Barton, C. V. M., Broadmeadow, M., Ceulemans, R., Angelis, P. de, Forstreuter, M., Jach, M. E., Kellomäki, S., Laitat, E., Marek, M., Philippot, S., Rey, A., Strasse-meyer, J., Laitinen, K., Liozon, R., Portier, B., Roberntz, P., Wang, K. & Jarvis, P. G., 1999. Effects of elevated CO₂ on photosynthesis in European forest species: a meta-analysis of model parameters. *Plant Cell Envir.* 22: 1475–1495.
- Moen, A., 1999. National Atlas of Norway: Vegetation. Norwegian Mapping Authority, Hønefoss, 200.
- Mårell Anders, Annika Hofgaard og Kjell Danell, 2006. Nutrient dynamics of reindeer forage species along snowmelt gradients at different ecological scales. *Basic and Applied Ecology* 7 (1), 13-30.
- NILF (Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning), 2008. UTSYN OVER NORSK LANDBRUK
- Tilstand og utviklingstrekk 2008
- NORACIA, kommer i 2009.
- Nordisk Ministerråd, 2008. Betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming. Vurdering av sårbarhet og effekter av klimaendringer. TemaNord 2008:507.
- NRK P2. 2009. "Verdt å vite" 02.06.2009, kl 2230
- Nuttal, M. F. Berkes, B. Forbes, G. Kofinas, T. Vlassova, G. Wenzel. 2005. Hunting, Herding, Fishing and Gathering: Indigenous Peoples and Renewable Resource Use in the Arctic. Arctic Climate Impact Assessment Scientific Report, pp. 649-690. Oxford University Press, New York
- O'Brien, K., G. Aandahl, G. Orderud og B. Sæther (2003) Sårbarhetskartlegging - et utgangspunkt for klimadiolog. Plan: Tidsskrift for Samfunnsplanlegging, byplan og regional utvikling, (5): pp. 12-17
- O'Brien, K., S. Eriksen, L. Sygna and L.O. Naess, 2006. Questioning complacency: climate change impacts, vulnerability, and adaptation in Norway. *Ambio* 35 (2): 50-56.
- Oskal, A., J.M. Turi, S.D. Mathiesen og P. Burgess (editors), 2009. EALÁT Reindeer Herders' Voice. Reindeer hering, traditional knowledge and adaptation to climate change and loss of grazing land. Report number 2.2009. International Centre for Reindeer Husbandry.
- Petorelli, N., Weladji, R.B., Holand, Ø., Mysterud A., Breie, H. & Stenseth, N.C., 2005. The relative role of winter and spring conditions: linking climate and landscape scale plant phenology to alpine reindeer body mass. *Biology Letters* 1, 24-26.
- Pruitt, William O. (1984) Snow and living things. I: Olson, R., Hastings, R. and Geddes, F. (eds.) Northern ecology and resource management: Memorial essays honouring Don Gil. The University of Alberta Press, 51-77
- Putkonen, J. & G. Roe, 2003. Rain-on-snow events impact soil temperatures and affect ungulate survival. *Geophysical Research Letters* 30 (4), 1188 doi:10.1029/2002GL016326.
- Riseth, Jan Åge, Hans Tømmervik, Elina Helander-Renvall, Niklas Labba, Cecilia Johansson, Eirik Malnes, Jarle W. Bjerke, Christer Jonsson, Veijo Pohjola, Lars-Erik Sarri, Audhild Schancheog Terry V. Callaghan (2008) Snow and Ice-Sami Traditional Ecological Knowledge and Science in Concert for Understanding Climate Change Effects on Reindeer Pasturing. Artikkel under review.
- Rognstad, O. og T. A. Steinset, 2008. Landbruket i Norge 2007, Jordbruk – Skogbruk – Jakt. Statistiske analyser 101. SSB.
- Ruong, Israel 1964. Jåhkakaska sameby (Jåhkakaska Sami village). Särtryck ur Svenska Landsmål och Svenskt Folkliiv.

- Ryd, Yngve 2001. Snö – en renskötare berättar. (Snow – a reindeer manager's narrative). Stockholm: Ordfront
- Sara, M.N., 1999. Praktisk beitebruk—tradisjonelle kunnskaper (in Norwegian). Rangifer Report 3, 93–101.
- Skaugen, T.E. og O.E. Tveito, 2004. Growing-season and degree-day scenario in Norway for 2021-2050. *Climate research* 26:221-232.
- Skre, O. & Nes, K. 1996. Combined effects of elevated winter temperatures and CO₂ on Norway spruce seedlings. *Silva Fenn.* 30: 135–143.
- Skre O. et al. 2005. Responses of temperature changes on survival and growth in mountain birch populations. s. 87-98 i: Wielgolaski, F.E. (red.) *Plant Ecology, Herbivory and Human Impact in Nordic Mountain Birch Forests*. Ecological Studies, 180. Berlin: Springer-Verlag.
- Solberg B.O., Hofgaard A. Hytteborn H. 2002. Shifts in radial growth responses of coastal *Picea abies* induced by climatic change during the 20th century, central Norway. *Ecoscience* 9: 79-88
- Solberg, S., 2007. Klimaendringer kan gi mer skogskader. *Skog og landskap*, Glimt 01 07.
- Solberg, S. og L.S. Dalen (red.), 2007. Effekter av klimaendring på skogens helsetilstand, og aktuelle overvåkningsmetoder. *Viten fra Skog og landskap* 3/07.
- SOU 2007:60. Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter. Klimat och sårbarhetsutredningen. Statens offentliga utredningar. Stockholm. Miljödepartementet. Bilaga B27.
- SSB (2009c); Temaside Jordbruk, tilgjengelig på <http://www.ssb.no/emner/10/04/10/jordbruk/>
- Svonni, Lars G. (1983): Fjellrenskötselns årscykel sett ur en helhetsbedømming av markbehovet och hur olika orsaksfaktorer styr detta behov. Umeå: SOU Report 1983: 67.
- Torvanger, A.M., Twena, M. and Romstad, R. 2003. Climate Change Impacts on Agricultural Productivity in Norway. Draft Report, Center for International Climate and Environmental Research—Oslo (CICERO), Oslo, 34 pp.
- Tuhkanen, S. (1980): Climatic parameters and indices in plant geography. – *Acta Phytogeogr. Suecica* 67: 1-105.
- Turner, B.L., R.E. Kasperson, P.A. Matson, J.J. McCarthy, R.W. Corell, L. Christensen, N. Eckley, J. X. Kasperson, A. Luers, M.L. Martello, C. Polsky, A. Pulsipher and A. Schiller. 2003. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(14): 8074-8079.
- Tyler, N.J.C., J.M. Turi, M.A. Sundset, K. Strøm Bull, M.N. Sara, E. Reinert, N. Oskal, C. Nellemann, J.J. McCarthy, S.D. Mathiesen, M.L. Martello, O.H. Magga, G. K. Hovelsrud, I. Hanssen-Bauer, N.I. Eira, I.M.G. Eira, R.W. Corell. 2007. Saami reindeer pastoralism under climate change: Applying a generalized framework for vulnerability studies to a sub-arctic social-ecological system. *Global Environmental Change*. 17(2) 191-206.
- Tømmervik H. et al., 2004a. Vegetation Changes in the Nordic Mountain Birch Forest: the Influence of Grazing and Climate Change. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 36: 323–332.
- Tømmervik, Hans, Johansen, Bernt, Tombre, Ingunn, Thannheiser, Dieter, Høgda, Kjell-Arild, Gaare, Eldar og Wielgolaski, Frans E. 2004b. Vegetation changes in the mountain birch forests due to climate and/or grazing. *Arctic Antarctic Alpine Research*, 36: 322-331.
- Tømmervik, H., Høgda, K.A., Riseth, J.Å., Karlsen, S.R. & Wielgolaski, F.E. 2005. Endringer i vekstsesongen i Fennoskandia og Kola i perioden 1982-2002 og betydning for reindriften. *Rangifer Report* 10: 89-98.
- Tømmervik, H., Johansen, B., Riseth, J.Å., Karlsen S.R, Solberg, B. & Høgda, K.A. (2009) Above ground biomass changes in the mountain birch forests and mountain heaths of Finnmarksvidda, Northern Norway, in the period 1957-2006. *Forest Ecology and Management* 257: 244-257.

- Tømmervik, H., Riseth, JÅ, Høgda K-A, Karlsen T & Tveraa, T. (2009b) The rate of greening (NDVI-rate) in the reindeer pastures affect the carcass weights of the reindeer calves. Artikkel under arbeid.
- UN-ECE/FAO, 2000. Forest resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and New Zealand. UN-ECE/FAO Contribution to the Global Forest Resources Assessment 2000. United Nations. Geneva Timber and Forest Study Papers, No 17.
- van Breemen N. et al. 1998. Impacts of elevated carbon dioxide and temperature on a boreal forest ecosystem (CLIMEX project). *Ecosystems* 1: 345-351.
- Weladji, R.B., Klein, D.R., Holand, Ø. & Mysterud, A. 2002. Comparative response of Rangifer tarandus and other northern ungulates to climatic variability. *Rangifer* 22(1): 33-50.
- Weladji, Robert B. og Øystein Holand (2003): Global climate change and reindeer: effects of winter weather on the autumn weight and growth of calves *Oecologia* 136 (2): 317-323.
- West og Hovelsrud. 2008: Climate change in Northern Norway. Toward an understanding of socio-economic vulnerability of natural resource- dependent sectors and communities, CICERO Report 2008:04
- Woodward, F.I. 1987. *Climate and plant distribution*. Cambridge University Press.
- Wright R.F. 1998. Effect of increased CO₂ and temperature on runoff chemistry at a forested catchment in southern Norway (CLIMEX project). *Ecosystems* 1: 216-225.
- Zheng, D., M. Freeman, J. Bergh, I. Røsberg, P. Nilsen. 2002. Production of Picea abies in South-east Norway in Response to Climate Change. A Case Study Using Process-based Model Simulation with Field Validation.
- Økland, B. P. Krokene og H. Lange, 2007. Klimaeffekter på granbarkbillen. *Klima* 1-2007

5 Tilpasningsmuligheter og sårbarhet

De to foregående kapitlene omtaler kunnskapsstatus for hvordan klimaendringer kan påvirke natur og samfunn i Norge. Hvilken betydning virkningene av klimaendringer vil få avhenger av i hvilken grad det er mulig, og hvor godt samfunnet greier å tilpasse seg. Dette kapitlet oppsummerer kunnskapsstatus om sannsynlige tilpasningsprosesser og forutsetninger for god tilpasning, samt om metoder for å beskrive klimasårbarhet. Vi har avgrenset oss til hovedsakelig å omtale norsk forskning.

Tilpasning til klimaendringer vil foregå i mange sammenhenger og på mange samfunnsnivå. Det er hensiktsmessig å skille mellom individuelle aktører, lokalsamfunn nasjonalt nivå. På de ulike nivåene vurderes virkningene fra forskjellige synsvinkler med tanke på å iverksette ulike virkemidler, avhengig av hvilke som er tilgjengelige på de ulike nivåene. Tilpasningsstrategier kan derfor ikke utvikles uavhengig av hvem strategien er ment for. Det samme gjelder sårbarhetsanalyser, som rettes mot det samfunnsnivået sårbarhet skal beskrives for.

Det meste av både norsk og internasjonal forskning om klimatilpasning og sårbarhet orienterer seg omkring forholdet mellom individer og lokalsamfunn. Individuelle aktører tilpasser seg på grunnlag av egne vurderinger. Disse kan være påvirket av tilpasningsstrategier på høyere samfunnsnivå, for eksempel gjennom kommunal eller statlig regulering, men vil også skje uavhengig av slike strategier, det vil si autonomt. Vi starter dette kapitlet med en nærmere omtale av skillet mellom autonom og planlagt tilpasning, og hvilke samfunnsmessige konsekvenser det har. Dernest omtales hvilke typer målsettinger og roller ulike samfunnsmessige nivåene har når det gjelder tilpasning. Dette danner bakgrunn for omtalen av mer konkrete studier om tilpasningsstrategier og sårbarhet.

Evnen til å tilpasse seg er en viktig del i beskrivelsen av sårbarhet. Det går derfor ikke noe klart skille mellom tilpasningsstudier og sårbarhetsanalyser. Vi diskuterer først metodiske perspektiver som har å gjøre med styringsnivå, og da særlig det lokale (kommunale) styringsnivået. Så omtales analyseverktøy som i prinsippet er uavhengig av styringsnivå, som indikatorer for sårbarhet og risikoanalyse. Vi avslutter med et kapittel om hvordan samfunnsendringer kan gjøre samfunnet mer eller mindre eksponert for klimapåvirkning. Dette undertreker betydningen av å analysere klimasårbarhet i lys av generelle samfunnsendringer.

5.1 Autonom og planlagt tilpasning

5.1.1 Innledning

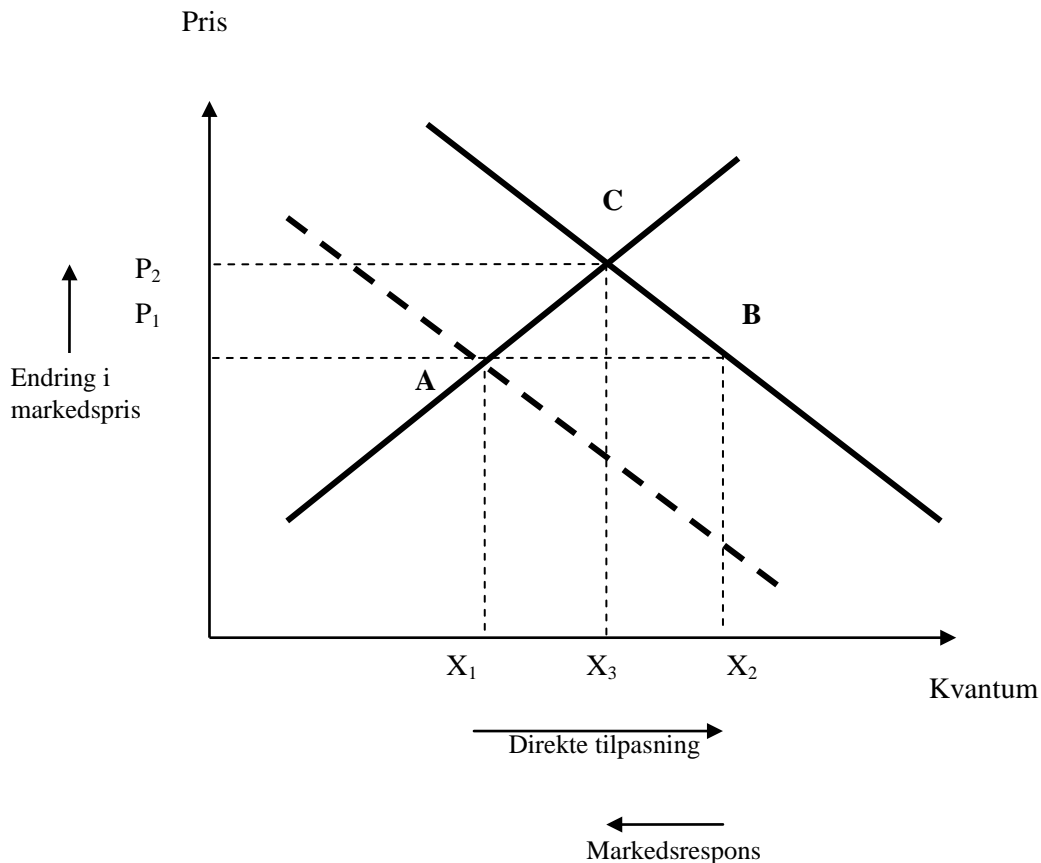
Over de siste ti til femten år har det vært en voksende erkjennelse av at klimapolitikk ikke bare handler om å begrense utslipp for å unngå klimaendringer, men at en vesentlig del av klimapolitikken også vil måtte handle om å tilpasse seg de klimaendringene som vi ikke kan unngå uansett hvor mye utslippene reduseres. Noe av tilpasningen vil "gå av seg selv", uten behov for noen form for offentlig strategi. Andre ganger er det nødvendig med en offentlig politikk på tilpasning, for eksempel når tilpasningstiltak berører mange aktører med ulike interesser. Det offentliges rolle vil være å legge forholdene til rette for private aktører slik at de tilpasser seg mest mulig hensiktsmessig, eller at de går aktivt inn og iverksetter tiltak i offentlig regi. Den autonome tilpasningen vil imidlertid kunne få samfunnsmessige konsekvenser ved at mange responderer på klimaendringene. Konsekvensene av den autonome tilpasningen kan i stor grad belyses ved markedsanalyser. Når det er grunn til å tro at markedsmekanismene kan få uheldige samfunnsmessige konsekvenser, må imidlertid det offentlige ta en rolle og planlegge tilpasning.

5.1.2 Autonom tilpasning

Mye av tilpasningen vil skje autonomt som en direkte respons blant private aktører på at klimaet endres. I jordbruket kan mer nedbør føre til at bøndene justerer bruken av gjødsel, og i byene kan det føre til at flere bruker kollektivtransport og færre baserer seg på egentransport. Det første er et eksempel på en type endring i produksjonsteknologi, ved at sammensetningen av innsatsfaktorer som skal til for å produsere en enhet jordbruksvare endres direkte som følge av klimaendringer. Det andre er et uttrykk for at klimaet virker direkte inn på preferansemønsteret i samfunnet. I de fleste studier av tilpasning betegnes denne typen direkte respons blant individuelle aktører på klimaendringer bare som tilpasning.

For å anslå de samfunnsmessige konsekvensene av denne direkte responsen må man imidlertid også ta hensyn til de påfølgende endringene i markedet for varer og tjenester. Endringer i produksjonsteknologi eller i preferansemønsteret i samfunnet innebærer skift i tilbudet av og etterspørselen etter varer og tjenester, som igjen får konsekvenser for både priser og omsatte kvanta av varer og tjenester. Aaheim og Aasen (2008) kaller disse markedsrelaterte endringene indirekte tilpasning.

Figur 4.1 illustrerer hvordan autonom tilpasning til klimaendringer kan deles inn i en direkte og en indirekte tilpasning. Markedsklarering uten klimaendringer er i punktet **A** der prisen er P_1 og omsatt kvantum X_1 for en vare hvis etterspørsel er følsomt for klima, for eksempel klimaanlegg. Et varmere klima innebærer et positivt skift i etterspørselen etter klimaanlegg, og den øker til X_2 (punkt **B**), slik at kostnaden ved den direkte tilpasningen til økt temperatur blir P_2 ($X_2 - X_1$). Produsentene kan imidlertid ikke produsere så mye til denne prisen, derfor øker prisen, og resulterer i at etterspørselen faller til X_3 (punkt **C**), der prisen er P_2 .



Figur 5.1 Direkte tilpasning og markedsrespons

Så langt tyder analyser på at summen av autonom tilpasning og markedseffekter vil moderere de økonomiske virkningene av klimendringer i betydelig grad. Resultatene fra studien om virkninger og tilpasning til klimaendringer i Europa (Aaheim m. fl., 2009a) som er gjengitt i kapittel 2.11 gir en reduksjon i kostnadene ved klimaendringer på mellom 80 og 90 prosent av de opprinnelige virkningene. Graden av autonom tilpasning varierer noe mellom regioner og provinser, og henger i stor grad sammen med endringer i relative priser mellom europeiske regioner og resten av verden.

5.1.3 Planlagt tilpasning

I den grad markedsaktører fanger opp signaler om endringer i klimaet og tilpasser sin adferd deretter, og hvis markedene samtidig fungerer perfekt, er det unødvendig med offentlige inngrep eller en egen offentlig tilpasningsstrategi. Tilpasningen kunne i sin helhet betraktes som en autonom prosess, der det offentliges rolle begrenset seg til å forsyne markedsaktørene med den til enhver tid beste tilgjengelige informasjon om framtidige klimaendringer. Dette er en utfordring i seg selv, men de offentlige oppgavene strekker seg i virkeligheten langt utover dette. De vil måtte spille en viktig rolle både når det gjelder hvordan tilpasning skal organiseres og i de tilfellene det er nødvendig med offentlige investeringer som et ledd i tilpasningen til klimaendringer. Dette kalles gjerne planlagt tilpasning (Aaheim m.fl., 2008). Planlagt tilpasning kan begrunnes med tre politiske og forvaltningsmessige motiver som er forholdsvis godt dekket i studier av offentlig politikk generelt, men er foreløpig lite behandlet i tilknytning til tilpasning til klimaendringer. De tre motivene er offentlige goder, transaksjonskostnader og mobilitet.

Offentlige goder

Mange tilpasningstiltak kan ansees å være offentlige goder, det vil si goder som mange har nytte av dersom de blir iverksatt. Dersom ansvaret for å iverksette et offentlige gode blir overlatt til private aktører, vil det generelt investeres for lite i slike tiltak, fordi en privat aktør vil vurdere kostnaden mot den gevinsten han selv får uten hensyn til gevinsten andre får. Dette er grunnen til at tilpasning til mulige virkninger av klimaendringer på infrastruktur, for eksempel, vil være et offentlig anliggende. Også rene beskyttelsestiltak, for eksempel mot ekstremhendelser som flom og skred, vil ofte måtte bli et offentlig ansvar, fordi det vil være uhensiktsmessig og kostbart for hver og en å lage sitt eget forsvarsverk.

Iverksetting av fysiske tilpasningstiltak vil av naturlige grunner måtte bygge på forventninger om hvilke klimaendringer som måtte komme, og er derfor gjenstand for svært stor usikkerhet. Selv om alle kan være enige om at den gevinsten tiltakene skal gi i form av reduserte skader må stå i forhold til det tiltakene koster, så gjør usikkerheten det sannsynlig at det vil være betydelig uenighet om hvor stor denne gevinsten er. Dette er en særlig utfordring når det gjelder tiltak mot ekstremhendelser, delvis fordi skadene kan bli ekstreme for noen få, og fordi en normalt har lite erfaring å bygge på for å fastslå sannsynligheten for hendelser. Palm (1995) peker på at vurdering av slike sannsynligheter er sterkt avhengig av om man har opplevd en hendelse selv eller ikke. De som har opplevd ekstremhendelser vurderer stort sett sannsynligheten for at det skal skje som langt større enn de som ikke har opplevd det. Det gir kimen til interessemotsetninger om hva en offentlig tilpasningsstrategi skal inneholde. Disse motsetningene kan i noen grad motvirkes gjennom informasjon, både om risiko og om tolkning av tilgjengelig data. Informasjon er derfor et viktig offentlig gode i denne sammenheng.

Transaksjonskostnader

Flere har pekt på de betydelige transaksjonskostnader som kan knytte seg til tilpasning. Transaksjonskostnader er i prinsippet kostnader som påløper for å få i stand en handel, eller en avtale, mellom kjøper og selger. Offentlige goder er gjerne assosiert med store

transaksjonskostnader, fordi politiske hensyn gjør at den løsningen som har lavest kostnad kan være vanskelig eller umulig å gjennomføre. Interessesmotsetninger på grunn av ulike vurderinger av skadepotensialet, slik som i eksemplet ovenfor, bidrar ytterligere til transaksjonskostnadene.

I Norge, som i de fleste andre land i Europa, dekkes naturskader gjennom kollektive ordninger. I Norge blir naturskader dekket gjennom brannforsikring, og staten har et eget naturskadefond for naturskader som ikke kan dekkes gjennom private forsikringer. Bakgrunnen for dette er hensynet til at de som bor og virker på steder som kan bli utsatt for naturskade ikke skal belastes ekstra ved å måtte betale en egen naturskadeforsikring, blant annet fordi denne kan bli svært dyr. Ulempen er at man dermed mister noe av motivet for å tilpasse seg etter forholdene, for økonomiske skader blir likevel dekket i tilfelle noe skulle skje. De samfunnsøkonomiske kostnadene ved mer ekstremvær og påfølgende naturulykker kan bli vesentlig dyrere dersom motivasjonen for enkeltaktører forblir borte på grunn av gunstige kompensasjonsordninger. Se også kapittel 3 (sett inn referanse når rapporten er sammenstilt)

Mobilitet

Tilpasningskostnader knyttet til manglende mobilitet oppstår dersom virkningene av klimaendringene kommer relativt brått på, slik at de som rammes ikke får tid til å omstille seg uten vesentlige ekstrakostnader. Dette kan dreie seg om lokalsamfunn der nærings- og infrastruktur baserer seg på en naturressurs som blir påvirket av klimaendringer, slik at forutsetningene for de investeringene som er gjort ikke lengre er til stede. Et eksempel kan være vintersportssteder med forholdsvis kort snøsesong. De kan overleve en, kanskje to dårlige vintre. Men kommer det tre eller fire på rad, vil hele samfunnet kunne bli rammet. Kostnadene knytter seg ikke da bare til tap av inntekter, men også til fallende verdier på kapitalen, som hoteller, skianlegg og butikker. Behovet for arbeidskraft daler, og innebærer kostnader for dem som mister jobben, enten i form av flyttekostnader eller som lokal arbeidsledighet.

5.1.4 Oppsummering

Figur gir en illustrasjon på klassifiseringen av tilpasningstiltak med henvisning til konkrete tiltak i ulike sektorer. For hver sektor nevnes noen mulige virkninger av klimaendringer, og tilhørende tilpasningstiltak. Dernest følger en inndeling i hvilke markedsaktører som vil gjennomføre tiltakene. I de tilfellene der det er konsumenter eller produsenter vil vi kunne kalle det autonom tilpasning. De aller fleste tilfellene der det offentlige tar ansvar for tilpasningen vil vi kunne kalle planlagt tilpasning. Tabellen antyder også mulige indirekte tilpasning som følge av markedseffekter.

CICERO Report 2009:04
**Konsekvenser av klimaendringer,
 tilpasning og sårbarhet i Norge**

Sektor	Virkning av klimaendr.	Tilpasningstiltak	Direkte tilpasning			Autonom indirekte
			Konsument	Produsent	Offentlig	
1) Jordbruk	a) Tørke	i) Velge avlinger som tåler tørke bedre		X		Økt pris på tørkeresistente arter
	b) Drenering av næringsstoffer	i) Økt gjødsling		X		Høyere pris på gjødsel
		ii) Informasjon om gjødselbruk for særlig utsatte			X	
2) Transport	a) Økt nedbør	i) Mer privatbilbruk	X			
		ii) Økt offentlig transportkapasitet			X	
3) Turisme	a) Høyere temperatur i varme land	i) Endring av destinasjon	X			Lokal arbeidsledighet i varme land
	b) Dårlige skiforhold ved skisportsteder	ii) Endre attraksjons-tilbudet			X	
4) Electricity	a) Mer nedbør	i) Øke produksjonskapasitet		X		Lavere pris på elektrisitet
	b) Høyere temperatur	ii) Redusert energiettersp.	X			Lavere pris på elektrisitet
5) Helse	a) Varme-bølger	i) Økt etterspørsel etter helsetjenester	X			Høyere pris på helsetjenester
	b) Smittsomme sykdommer	ii) Vaksinerings-program			X	
		iii) Økt kapasitet i helsesektor		X	X	Økte lønninger i helsesektor
6) Bygg- og anlegg	a) Skred	i) Bygge skredvoller			X	Økt etterspørsel til reparasjoner
		ii) Etablere evakueringsplaner			X	
		iii) Alternative transportruter				X

Tabell 5.1 Eksempler på virkninger og tilpasningstiltak (Kilde: Aaheim og Aasen, 2008)

5.2 Nasjonale hensyn og styringsmuligheter

5.2.1 Innledning

Det er grunn til å tro at det blir store regionale og lokale forskjeller i virkningene av klimaendringer. Dette tilsier at tilpasningsstrategier i stor grad tilordnes lokale forhold i nært samarbeid med lokale interesser og at lokale myndigheter spiller en viktig rolle i tilpasningsarbeidet. For eksempel trenger ikke hele Norge å sikres mot leirras, men man må konsentrere seg om områder der leirras er et aktuelt scenario.

Likevel kan man ha overordnede nasjonale målsettinger om klimatilpasning. Kombinasjonen av slike overordnede hensyn og nødvendigheten av det lokale engasjementet krever at målsettingene er tydelig formulert, og at ansvaret for gjennomføring av tiltak er klart fordelt mellom ulike beslutningsnivå. I dette avsnittet diskuteres kort bakgrunnsstudier som berører ansvarsfordeling og rollefordeling mellom ulike samfunnsnivå. Disse spørsmålene er i liten grad berørt i forbindelse med tilpasning til klimaendringer. Det tas opp her fordi også generell kunnskap kan utnyttes i klimasammenheng

5.2.2 Målsettinger og virkemidler

Sentrale myndigheter

Norske myndigheter har så langt ikke formulert klare overordnede målsettinger for tilpasning til klimaendringer i Norge. Likevel er det mulig å definere relevansen av noen generelle styringsmål for klimatilpasning. Disse knytter seg blant annet til målet om å bruke samfunnets ressurser mest mulig effektivt, eller å sikre at nytten av de midlene som brukes til offentlige tiltak fordeler seg noenlunde likt på befolkningen, eller en geografisk balansert fordeling av midler. Den store lokale variasjonen både i graden av og i formen for de klimaendringene som forventes i Norge gir grunn til å tro at sentrale myndigheter står overfor store utfordringer hvis man skal nå mål om effektiv ressursbruk og rettferdig fordeling av offentlige midler. Et gjennomgående trekk i studiene som omtales i seksjon 4.4 og 4.5 er at tilpasningstiltak gjerne iverksettes som umiddelbar reaksjon på enkelthendelser, og at man på lokalt nivå har uklare retningslinjer fra sentralt hold om kriterier for tilpasningstiltak. Samtidig forventes det på lokalt hold at tiltak finansieres av det offentlige. Dette gir signaler om lite effektiv bruk av offentlige midler, og tilsier en gjennomgang av hvilke implikasjoner overordnede nasjonale hensyn har i arbeidet med klimatilpasning, samt en diskusjon av tilgjengelige virkemidler.

Sentrale myndigheter har virkemidler tilgjengelig som kan brukes, og brukes i noen grad, i denne sammenheng. De kan skaffe seg et bilde over omfanget av utsatthet for norske kommuner gjennom utredningsarbeid som utføres på lokalt nivå. Dette kan gjøres gjennom pålegg, for eksempel gjennom ny plan- og bygningslov, eller i det nye lovforslaget om lokal beredskapsplikt (Ot.prp. 61 08/09). Gjennom pålegget om gjennomføring av ROS-analyse i alle norske kommuner bygges det en lokal kunnskapsdatabase. En fordel med pålegg er at det tvinger kommunene til å gjennomføre analysearbeid som er kostnadskreven og som kan framtvinge politisk vanskelige valg på lokalt nivå.

Sentrale myndigheter kan også overvåke lokal aktivitet gjennom regionale myndigheter. Både direktorater og tilsyn har regionale avdelinger som ansvarlige for forvaltning av lovverket innenfor sektorer som er berørt av klimaendringer. I tillegg har sentrale myndigheter innsikt i lokale forhold gjennom fylkesmyndighetene (Amundsen m.fl. 2008).

I mange sammenhenger vil sentrale myndigheter måtte bidra til å dekke kostnader ved tiltak. Stor variasjon mellom kommuner gjør imidlertid at de lokale myndighetene vil måtte stå for selve gjennomføringen (Oates, 1972). Dette kan føre til at kostnadene overrapporteres fra kommunalt hold (Inman & Fitts, 1990). Usikkerhet rundt anslag for framtidige virkninger

bidrar ytterligere til at vurderinger på kommunalt hold kan avvike fra dem som gjøres på sentralt hold. For å nå kostnadseffektive løsninger må sentrale myndigheter derfor finne passende insentiver for korrekt rapportering.

En kompliserende faktor er om spørsmålet om midlene som overføres skal være øremerkede eller ikke. Dersom de ikke er øremerkede har kommunen insentiver for å bruke midlene på andre områder. For det første hersker det som sagt stor usikkerhet rundt risikobildet og for det andre har kommunen all mulighet til å presse sentrale myndigheter dersom en hendelse skulle finne sted. Grunnen til det er at naturkatastrofer truer innbyggernes sikkerhet og dette kan vanskelig overses av sentrale myndigheter. Dermed kan kommunen presse sentrale myndigheter til å kjøpe den fri (Inman, 2003).

Lokale myndigheter

Lokale (kommunale) myndigheter skal både forvalte statens overordnede målsettinger og gjennomføre sine egne mål for lokalsamfunnet. De egne målene omfatter så vel egeninteressene til befolkning og virksomhet i lokalsamfunnet, men består også i å løse fellesoppgaver som det kan være knyttet interessekonflikter til. Også på lokalt nivå kan overordnede hensyn som effektiv ressursbruk og rettferdighet regnes som generelle målsettinger, dog først og fremst innenfor kommunen.

Regulering av egne arealer framstår som en av de viktigste forvaltningsmessige oppgavene for kommunene i forbindelse med tilpasning til klimaendringer. Som forvalter av plan- og bygningsloven kan kommunen regulere på grunnlag av de lokale forutsetningene, for eksempel om det skal bygges i områder som kan være utsatte for flom eller skred. Dette forutsetter imidlertid at kommunen er godt informert om så vel risikoen som de forvaltningsmessige utfordringene.

. Stor usikkerhet omkring framtidige effekter av klimaendringer gjør det vanskeligere å regulere med tanke på tilpasning, og gjøre det vanskelig å treffe upopulære tiltak. Politikere velges med fire års mellomrom, og studier tyder på at velgere stemmer retrospektivt (Nannestad & Paldam, 1994). Det kan føre til at kortsiktige, private interesser får tyngre vekt en langsiktige klimahensyn i reguleringsarbeidet.

Fylkesmyndigheter

I mange tilfeller vil lokale tiltak ha effekter i nabokommuner (Mueller 2003; Oates 2006). Dette gjelder, for eksempel, ved flom i vassdrag som renner igjennom flere kommuner. Slike tiltak kan ha både positive og negative konsekvenser for nabokommunen. Uansett vil ikke den samlede ressursbruken til tiltaket som gjennomføres i en kommune stå i forhold til gevinstene for alle kommuner, og derfor bli en kilde til ineffektiv ressursbruk.

Slike såkalte spilloreffekter taler for en sentralisert produksjon av tiltak (Inman & Rubinfeld 1997). Fylketskommunene vil kunne spille en viktig rolle for å samordne tiltak mellom kommuner. Det mer regionale overblikket kan bidra til mindre spillover og økt kostnadseffektivitet.

En undersøkelse gjort av NIBR og CICERO i 2007 peker på at kommunene har mer kontakt med fylkesmyndighetene enn sentrale myndigheter når det gjelder arbeid med tilpasning til klimaendringer. Dette skyldes sannsynligvis at fylkesmennes miljøvernavdeling er delegert myndighet til å gjennomføre nasjonal miljøpolitikk. Her ligger det mange tilsyns- og kontrolloppgaver for fylket på områder hvor kommunen ofte er den utførende også innenfor arbeidet med klimatilpasning.

Se ny rapport om fylkesmannens ansvar i klimaarbeidet fra DSB. Lurt å ta med? Maja

<http://www.dsb.no/en/Ansvarsomrader/Regional-og-kommunal-beredskap/Aktuelt-Regional-og-kommunal-beredskap/Krumtapp-i-klimaarbeidet/>

5.2.3 Oppsummering

Oppgavene for offentlige myndigheter i arbeidet med tilpasning til klimaendringer fortoner seg svært forskjellig avhengig av hvilket nivå man ser på. Både målsettinger og virkemidler er forskjellige for lokale myndigheter, fylkesmyndigheter og sentrale myndigheter. For å nå overordnede samfunnsmessige mål, som effektiv bruk av samfunnets ressurser og rettferdighet er det nødvendig med tydelige målsettinger og en klar rollefordeling mellom de ulike forvaltningsnivåene. Dette understrekes av at lokale myndigheter i mange sammenhenger må stå for gjennomføringen av tilpasningstiltak, mens det stilles forventninger om at det er de sentrale myndighetene som skal finansiere dem.

5.3 Lokalsamfunns sårbarhet

5.3.1 Innledning

Det er ikke bare på globalt nivå at klimaendringene rammer ulikt (IPCC 2001, 2007). Også på nasjonalt nivå har klimaendringene ulike konsekvenser i forskjellige regioner og lokalsamfunn. Hva som gjør et lokalsamfunn særlig utsatt for klimaendringer kan ha å gjøre med eksponering for værrelaterte naturhendelser og økosystemendringer på den ene siden og sosiale, økonomiske, demografiske og politiske forhold på den andre. Sårbarheten til hvert enkelt lokalsamfunn vil derfor variere ut i fra sammensetningen av disse faktorene, og å skulle rangere lokalsamfunn etter sårbarhet til klimaendringer er derfor en meget krevende oppgave.

Vi vil her omtale kunnskapsstatus når det gjelder å forstå og analysere klimasårbarheten i ulike lokalsamfunn, noe som omfatter å beskrive både størrelsen på sårbarheten lokalt og variasjonen mellom ulike lokalsamfunn. Det er det siste som er vanligst, altså å gjøre relative vurderinger, mens det er det første som trolig er mest vesentlig å få avdekket – i alle fall for lokalsamfunnet. Med ”lokal” mener man gjerne et lavere geografisk nivå enn kommune. I denne sammenhengen vil vi imidlertid ta utgangspunkt i kommunenivået i og med at det for de fleste tilfeller vil være svært vanskelig, og trolig ikke helt meningsfylt, å prøve å gå lavere ned i geografisk oppløsning enn kommunenivå for å beskrive klimasårbarhet. I mange tilfeller må vi også klare oss med et høyere nivå, regionalt, noe vi også vil inkludere i denne sammenhengen.

5.3.2 Studier som omhandler lokalsamfunnets sårbarhet

Det lokale forvaltningsnivået er brakt direkte inn i arbeidet med globale miljøproblemer gjennom kapittel 28 i FN's handlingsplan for en bærekraftig utvikling – *Agenda 21* – som fikk sin offisielle tilslutning under FN konferansen om miljø og utvikling i Rio de Janeiro i 1992. Lokal Agenda 21 har ved flere anledninger blitt pekt på som en av de få positive resultatene som har kommet ut av Agenda 21 (Lafferty mfl 2002). Det andre overordnede initiativet som kom ut fra Rio-konferansen var *Klimakonvensjonen*. Selv om denne ikke adresserer det lokale forvaltningsnivået, har kommuner internasjonalt vist et økende engasjement innen klimapolitikken (Adger mfl 2002, Groven og Aall 2002, Young 1998). I mange tilfeller er også kommunenes klimaarbeid koblet nært til arbeidet med Lokal Agenda 21 (Groven mfl 1999, Lindseth 2003).

IPCC beskriver i sin fjerde hovedrapport en rekke eksempler på klimatilpasning. Den overveiende delen av de eksemplene som blir presentert er ”lokale”. Dette betyr selvsagt ikke at nasjonal politikk, for eksempel i form av avgifter og lovendringer er viktig. I mange tilfeller vil dette være en nødvendig forutsetning for lokale tiltak. Poenget her er at klimatilpasning, trolig i enda større grad enn utslippsreduksjoner, må iverksettes i en spesifikk

lokal sammenheng som innebærer fysiske tiltak, reguleringer eller andre typer tiltak som finner sted i et gitt lokalsamfunn. I en gjennomgang av erfaringer fra klimatilpassingstiltak blir følgende påpekt (Working Group II Report "Impacts, Adaptation and Vulnerability": s 111)⁵⁴: One of the most striking conclusions was the importance of local institutions and social capital...”

Det har pågått og pågår en lang rekke slike prosjekter som berører spørsmålet om lokal klimasårbarhet og klimatilpasning, se tabellen under. Et sentralt forskningsprogram som har finansiert mange av disse prosjektene er NORKLIMA, men det er også en rekke andre prosjekter av relevans her.

Prosjekter finansiert av NORKLIMA	Andre relevante prosjekter
PLAN - Responding to Climate Change: The Potentials of and Limits to Adaptation in Norway, ved Universitetet i Oslo The role of values in adaptation to climate change: A Q-Methodology Approach as an integration tool for the PLAN project, ved Universitetet i Oslo CIRCLE - Climate Change, Community Response and Multilevel Governance, ved Vestlandsforskning og CICERO CARAVAN - Climate change: A Regional Assessment of Vulnerability and Adaptive capacity for the Nordic countries Community Adaptation and Vulnerability in Norway: NORDADAPT, ved CICERO, Vestlandsforskning, Østlandsforskning og met.no The geography of social vulnerability, environmental hazards and climate change, ved NTNU Samfunnsforskning as Adapting to climate change through land use planning and nature management: Obligations, rights, and risks, ved Universitetet i Oslo From Climate Knowledge to Local Adaptation - How can we strengthen the adaptation capacity of local government?, ved NIBR ⁵⁵	Tverrinstitusjonsprogramet om klimatilpassing mellom CICERO, ProSus og Vestlandsforskning (2000-2002) Det strategiske instituttprogrammet "Regionale og lokale samfunnmessige effekter av og tilpasning til klimaendringer" ved NIBR, 2003-08 En nasjonal spørreundersøkelse om kommunenes klimaarbeid gjennomført av NIBR og CICERO i 2007 Utredning om utviklingen av naturulykker som følge av klimaendringer: Utredning på oppdrag fra Statens Landbruksforvaltning ved CICERO i 2007 Ulike landsomfattende undersøkelser om klimasårbarhet og klimatilpasning gjennomført av DSB (2007, 2008) Delutredninger om lokal klimasårbarhet gjennomført av CICERO, Samisk Høyskole og Vestlandsforskning som del av Nor-ACIA utredningen 2006-2009 "KS naturskadeprosjektet" gjennomført av Vestlandsforskning, Universitetet i Stavanger, Østlandsforskning og NGI for KS forskning 2007-2008 Tverrinstitusjonsprogrammet "Klimatilpasning til ekstremvær i norske kommuner" gjennomført av NIVA, NILU, NIKU, Bioforsk, NINA, NIBR og CICERO.

Tabell 5.2 Avsluttede og pågående forskningsprosjekt med tema lokal klimatilpasning og klimasårbarhet

Under har vi tatt en utskrift av prosjektkatalogen⁵⁶ som Norges forskningsråd har laget for NORKLIMA. Her er all informasjon lagt ut på engelsk, derfor engelsk språkform under (Tekstboks 1).

⁵⁴ <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter1.pdf>

⁵⁵ Prosjektet er ikke startet i skrivende stund, og har fått beskjed av forskningsrådet om å komme med en revidert søknad. Det er derfor ikke tilgjengelig informasjon om prosjektet.

⁵⁶

<http://www.forskningsradet.no/servlet/Satellite?c=Page&cid=1226993599906&pagename=norklimaprosent2FHovedsidemal>

Tekstboks 1 Utdrag fra NORKLIMAs prosjektkatalog

PLAN - Responding to Climate Change: The Potentials of and Limits to Adaptation in Norway

PLAN is a coordinated, social science-based research project that analyzes the potentials of and limits to adaptation as a response to climate change in Norway. This four-year project will provide an empirical and theoretical understanding of adaptation as a social process, with an emphasis on its potential to reduce negative impacts and realize the potential benefits of climate change. It will also contribute to a relatively new discourse on the societal limits to adaptation as an effective response to climate change.

The PLAN project considers how Norway's potentially high capacity to adapt to climate change through infrastructural, technological, institutional and behavioural changes differs across communities that are embedded in different and dynamic biophysical and social contexts. It emphasizes the ways that competing interests, objectives and priorities, differing values, unequal power relations, and policy planning processes constrain or facilitate adaptation at national, individual, and community levels. The PLAN project will also develop a web-based interactive geographic information system (GIS) that integrates information on climate change impacts, vulnerability and adaptive capacity to enable actors and agents in Norway to assess the implications of climate change for their own communities, and plan for a well-adapted future. The PLAN project will address three key research questions: 1) How do social processes influence the capacity to adapt to climate change? 2) What are the limits to adaptation as a response to changing climate conditions? And 3) What are the implications of these limits for human security? The first question has not been extensively analyzed from the perspective of developed countries like Norway, while research on the latter two questions has been largely missing from intellectual and popular discourses on climate change.

The role of values in adaptation to climate change: A Q-Methodology Approach as an integration tool for the PLAN project

The project builds upon the PLAN collaboration with the Tyndall Centre to involve them more directly in the implementation of a method for measuring key values among Norwegian actors and stakeholders. The collaboration is linked to the sub-project on "Assessing the Limits to Adaptation and Consequences for Human Security" which involves development of a framework for evaluating the role of values in adaptation. It will support a six-month visit by Dr. Johanna Wolf to assist PLAN in implementation of a Q-methodology that will rigorously assess values and their implications for adaptation.

*CARAVAN - Climate change: A Regional Assessment of Vulnerability and Adaptive capacity for the Nordic countries*⁵⁷

The main aim of CARAVAN is to undertake a comparison of approaches for estimating regional vulnerability to climate change in the Nordic region. Vulnerability is a function of exposure to climate change, sensitivity to its effects and adaptive capacity for coping with the effects. These elements are being examined in the project, with indicators being developed in collaboration with regional stakeholders for future periods out to 2050. The indicators will then be combined in various ways to describe vulnerability. Indices of vulnerability will be computed at municipality scale and mapped across the Nordic region. This is a pilot project, with initial efforts directed towards a Nordic-wide analysis of the agricultural sector.

However, since the work is closely related to ongoing or proposed studies of vulnerability in individual partner countries, CARAVAN may also be able to draw on experiences from those projects to refine and extend the analysis.

CIRCLE - Climate Change, Community Response and Multilevel Governance

⁵⁷ Ikkje omtalt i NORKLIMA sin prosjektkatalog men her:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=296314&lan=EN>

The aim of this project is to build a Nordic network for research on local climate adaptation and mitigation in the context of multilevel governance. By organizing a series of workshops for researchers and stakeholders, it will create a foundation for making creative links among the increasing number of ongoing research projects on climate adaptation in the Nordic countries. Furthermore, by placing the climate adaptation research into a context of sustainable development, it will explicitly link the analysis of adaptation to the issues of mitigation. The theoretical context of multilevel governance will create a potential analysing the links between local, national, and international climate policy.

Community Adaptation and Vulnerability in Norway: NORADAPT

There is general agreement that the impacts of climate change combined with changes in social and economic conditions are likely to pose significant challenges locally. NORADAPT focuses on how projected changes in climate interact with changes in socio-economic and institutional conditions, and how these interactions shape vulnerability and adaptation at the local level in Norway. The specific interacting natural, socio-economic and political conditions to which municipalities in Norway are sensitive have not been comprehensively documented, either for separate municipalities or in comparison with other municipalities. Moreover, neither the adaptive strategies employed to deal with changing conditions in municipalities, nor their effectiveness, have been assessed. The conditions that might facilitate or constrain the adaptive capacity and resilience of municipalities in the face of ongoing and interacting climate and socio-economic changes have yet to be identified. Although substantial information has been gathered about local knowledge with respect to climate change, it has yet to be integrated systematically with scientific knowledge. Finally, research on vulnerability and adaptation is not well connected to decision-making or policy development at any level. NORADAPT will further develop an indicator-based model for climate change vulnerability assessments using a limited number of municipalities as test sites. The model will be made applicable at the local level for different categories of local vulnerability profiles by involving both local and national stakeholders and undertaking a thorough scientific evaluation. We will also address the critical question of uncertainty when conducting local-scale vulnerability assessments and to what extent it is possible to develop adaptation strategies based on local climate change vulnerability assessments. Lastly, we will address the fundamental question of the role of municipal government in climate change adaptation.

The geography of social vulnerability, environmental hazards and climate change.

The study set out to modify, apply and evaluate a model for environmental risk assessment, here termed 'The vulnerability of a place model', as a means for studying the potential impact of future extreme climatic events in Norwegian regions. The model, developed and used in an American context, obviously need to be modified in two ways. Firstly, core concepts - especially the term vulnerability - need to be given relevant meaning in a Norwegian context. Secondly, the model, which has been developed for assessing present vulnerabilities to environmental hazards in general, must be developed so as to incorporate assessment of future environmental risks due to climate change as well as future patterns of vulnerabilities. The ultimate goal of the project will be to assess whether such a modified model can be used for assessing the potential regional impacts of future extreme climatic events. This will include both an assessment of data needs, present data availabilities, as well as potential usefulness for long term planning and local disasters preparedness.

I det videre vil vi omtale mer detaljert relevante funn fra enkelte av de prosjektene som er omtalt over og vist i tabellen. Det er som vi har vist over et stort antall forskningsprosjekt og analyser av sårbarhet for klimaendringer på ulike nivå i Norge. Denne rapporten vil her kun kort gjennomgå de studiene som identifiserer faktorer som skaper lokal sårbarhet og som representerer ulike tilnærminger til analyse av lokal sårbarhet.

Kunnskapsstatus i Norge

Flere surveyer har forsøkt å belyse status i kommunenes areid med å analysere den lokale klimasårbarheten og utvikle strategier for klimatilpasning. En landsomfattende undersøkelse gjennomført av DSB i 2007 viser at klimatilpassing står på dagsorden i norske kommuner og hos regionale myndigheter, men at mange kommuner ikke har formalisert arbeidet med klimautfordringene (DSB, 2007). Det var bare i overkant av 10 prosent av norske kommuner som oppga å ha utarbeidet en helhetlig tilpasningsstrategi våren 2007. Flere (42 prosent) oppgir å ha vurdert hvor sårbare de er i forhold til klimaendringene. Cirka 20 prosent av kommunene og cirka 40 prosent av fylkeskommunene og fylkesmennene oppgir at det er utarbeidet risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS-analyser) knyttet til konsekvenser av klimaendringer. 45 prosent av kommunene oppgir at de har tatt høyde for klimaendringene i det lokale planarbeidet, men bare 9 prosent av kommunene har gjort dette i stor grad. En annen landsomfattende undersøkelse fra 2007 antyder at omtrent 20 prosent av landets kommuner har definert ROS-analysen inn i kommuneplanen, mens 30 prosent har vedtatt en slik analyse, eller har den oppe til revisjon. Drøye 20 prosent er i ferd med å utarbeide ROS-analyse, mens en tilsvarende andel oppgir at de ikke har påbegynt slike analyser ennå (Berglund, 2008).

O'Brien m.fl. (2003, 2004) og Hovelsrud og West (2008) har studert sårbarhet i forhold til en kommunes grad av avhengighet av naturressursbaserte næringer og disse næringenes sårbarhet for klimaendringer. Her forsøkte man å veie sammen grad av klimapåvirkning med antatt sårbarhet overfor klimapåvirkning, for på den måten å få fram hvordan den samlede klimasårbarheten kan variere regionalt – med kommuner som enhet. En typisk metodikk her er å utvikle tre typer kart: Ett kart som viser regional variasjon i klimapåvirkning (for eksempel redusert snødybde), ett kart som viser samfunnsmessige forhold (for eksempel andel per kommune innen reiseliv) og så et kart som viser klimasårbarheten ved å kombinere de to foregående kartene (da får man for eksempel frem hvor faren for tap av snø og andelen sysselsatt lokalt innen reiseliv er størst).

Den samme tilnærmingen som omtalt over er valgt i det strategiske instituttprogrammet ”Regionale og lokale effekter av og tilpasninger til klimaendringer” ved NIBR der man gjorde regionale sårbarhetsstudier i et område som omfatter dalførene Østerdalen og Rendalen (Kleven, 2005). Her forsøkte NIBR å utvikle en tilnærming som består i å vurdere i hvilken grad et gitt system – i dette tilfellet en region – er i stand til å tåle skade. Eller omvendt: hvor sårbart dette systemet er for permanente eller fluktuerende påvirkninger forårsaket av klimaendringer. Denne typen sårbarhetsstudier bygger i følge Kleven (2005) på faglige tradisjoner og metoder som benyttes i studier av fenomener som fattigdom, matvaresikkerhet, epidemier og sosial trygghet. Fokus i denne typen studier er altså ikke de direkte effektene av klimaendringene, men ulike systemers evne og kapasitet til håndtere effektene, dvs. å møte, tåle og tilpasse seg nye forhold og vilkår, negative som positive.

Førland m.fl. (2007) har studert utviklingen av naturulykker som følge av klimaendringer på regionalt nivå i Norge. Aall og Norland (2005) foreslår indikatorer for det de kaller *institusjonell*-, *naturlig*- og *samfunnsmessig* sårbarhet, altså å favne flere dimensjoner av sårbarhet for klimaendringer. Groven og kollegaer (2006) har tatt utgangspunkt i Aall og Norlands indikatorer og anvendt disse i en studie av nordnorske kommuners klimasårbarhet. Her kom man fram til en forsøksvis rangering av kommuner, men rapporten understreker at det ikke er rangeringen i seg selv som er viktig her – men å illustrere at det i prinsippet er mulig å gjøre en slik rangering. Imidlertid, skal en slik rangering være meningsfull, peker rapporten på at det først må skaffes til veie et bedre datagrunnlag – og da særlig indikatorer som beskriver den samfunnsmessige sårbarheten. På det som under er betegnet som naturlig sårbarhet er det særlig data som beskriver mulige økosystemeffekter som er svakt utviklet.

		Naturlig sårbarhet (5 av 10 foreslåtte indikatorer som faktisk ble tallfestet)	
		Lav	Høy
Samfunnsmessig sårbarhet (4 av 5 foreslåtte indikatorer som faktisk ble tallfestet)	Lav	31prosent	16prosent
	Høy	27prosent	26prosent

Tabell 3.3 Fordelingen av kommuner i de tre nordligste fylkene i ulike sårbarhets kategorier (basert på Groven mfl, 2006)

Næss og kollegaer (2006) har studert hvordan sårbarhetsanalyser kan brukes i beslutningsprosesser på kommunenivå, mens Keskitalo og Kulyasova (2009) har sett på hvordan sårbarhet og tilpasning til kystfiskeriene i Finnmark er avhengig av beslutningsprosesser på nasjonalt og globalt nivå.

Noen omforent definisjon for hva som gjør norske lokalsamfunn sårbare for klimaendringer er det vanskelig å trekke ut av litteraturfeltet, og det er derfor heller ikke mulig å peke på noen spesielt utsatte lokalsamfunn på bakgrunn av de nevnte studiene. Men i det følgende vil de faktorer som påvirker lokal sårbarhet som er identifisert, samt de tilnæringer som har blitt brukt for å analysere dette kort bli presentert

O'Brien og kollegaer (2003, 2004) brukte en indikatorbasert tilnærming for å studere klimasårbarheten og tilpasningskapasiteten til landbruk og skiturisme i norske kommuner (også referert til i kap 1.1). De fant at kommuner der landbruket kunne få negative konsekvenser av klimaendringer, samtidig som de hadde en høy grad av sysselsetting og verdiskapning fra landbruket var sårbare for klimaendringer. Forfatterne påpeker at det er svakheter med en slik *top-down* utvelgelse av indikatorer som skal ha gyldighet for hele landet, og anbefaler at de brukes som utgangspunkt for regionale og lokale analyser. Aall og Norland (2005) foreslår en to-steps modell med indikatorer for de tre sårbarhetskategoriene *Naturlig sårbarhet*, *samfunnsøkonomisk sårbarhet* og *institusjonell sårbarhet*. Disse indikatorene lages med utgangspunkt i aggregert statistikk på nasjonalt nivå som så skal suppleres med lokalt utvalgte indikatorer. Groven m.fl. (2006) tok utgangspunkt i Aalls og Norlands tre kategorier for sårbarhetsindikatorer i sin studie av sårbarheten til klimaendringer til nordnorske kommuner. Med naturlig sårbarhet menes samfunnets sårbarhet for ulike typer værutiløste naturhendelser, slik som flom, skred, steinsprang og økosystemendringer. Indikatorer for denne type sårbarhet ble blant annet basert på antall registrerte flom- og skredhendelser i kommunen. Indikator for samfunnsøkonomisk sårbarhet ble blant annet konstruert på bakgrunn av andel sysselsatte i naturressursbaserte næringer. Indikatorer for institusjonell sårbarhet ble blant annet laget på bakgrunn av om kommunen hadde gjennomført ROS-analyser og ellers hadde laget planer for håndtering av klima- og værrelaterte hendelser. Indikatorene de kom frem til ble så brukt til å rangere nordnorske kommuner etter hvordan de scoret på de tre indikatorene.

West og Hovelsrud (2008) sammenstilte andel sysselsetting i ulike naturressursbaserte sektorer med verdiskapningen i disse sektorene i Nord-Norge for å si noe om den sosio-økonomiske sårbarheten for klimaendringer. Både Næss og kollegaer (2006) og West og Hovelsrud (2008) finner at sårbarheten og tilpasningsevne er avhengig av skala. Norge som land fremstår ikke nødvendigvis som sårbart for klimaendringer gitt en sammenstilling av de utvalgte indikatorene, samtidig som en kommune kan være sårbar ut i fra de samme indikatorene. West og Hovelsrud poengterer også at hvilke indikatorer som velges ut, samt de enheter eller sektorer som det fokuseres på, vil avgjøre hvorvidt en kommune eller annen enhet er fremtrer som sårbar. West og Hovelsrud finner også at endringer i andre sosiale-,

økonomiske- og kulturelle faktorer må studeres og de konkluderer med at sårbarhet må vurderes ut fra en samlet vurdering av hvordan klimaendringer virker på- og sammen med disse andre faktorene.

Felles for samtlige av studiene som er referert her er at de konkluderer med at *top-down* indikatorbaserte sårbarhetsanalyser ikke gir et fullstendig bilde av den lokale sårbarheten, men at de kan tjene som utgangspunkt for mer detaljerte lokale analyser som må gjennomføres i samarbeid med lokale aktører. Flere pågående forskningsprosjekter har dette som utgangspunkt:

- ACTOR ser på klimasårbarhet i turistnæringen i Nord-Norge, med casestudier i Vesterålen, Troms og Longyearbyen
- CAVIAR i Norge ser på lokalsamfunnets sårbarhet og tilpasningsevne til miljø- og samfunnsmessige endringer i lokalsamfunn i Nesseby (Finnmark), Kjøllefjord (Finnmark), Hammerfest (Finnmark) og Vestvågøy (Nordland).
- NORADAPT ser på kommunenes evne til å analysere sårbarhet til klimaendringer og å utvikle tilpasningsstrategier i Stavanger, Bergen, Fredrikstad, Voss, Flora, Høylandet, Hammerfest og Nesseby
- Prosjektet "Tilpasning til ekstremvær i norske kommuner" (Klima SIP) har sett på tilpasning til klimaendringer i kommunene i forhold til biodiversitet, vann- og avløp og kulturminner.
- DAMOCLES prosjektet studerer sårbarheten og tilpasningsevne til kystfiskere i Finnmark
- PLAN-prosjektet ser på grenser for tilpasning til klimaendringer på ulike nivå og i flere sektorer i hele Norge.

En annen fellesnevner for flere av disse prosjektene er at de benytter klimascenarier nedskalert til lokalt nivå for en rekke klima- og klima-avledede parametre (Engen-Skaugen m.fl. 2009). NorACIA Temagruppe 4 kommer med en rapport som er spesifikt orientert mot lokale forhold i Nord Norge.

5.3.3 Oppsummering

Det er ikke gjennomført helhetlige studier i Norge som kan brukes til å identifisere lokalsamfunn som er særlig sårbare for konsekvensene av klimaendringer på en tilfredsstillende måte. Studiene som er gjennomført identifiserer imidlertid både indikatorer og faktorer som kan brukes til å analysere lokal sårbarhet, samt tilnæringer for å gjennomføre sårbarhetsanalyser. En rekke pågående forskningsprosjekter tar dette som et utgangspunkt og vil kunne gi bedre kunnskap om lokal sårbarhet for klimaendringer. Disse vil gi bredere og bedre innsikt i sårbarheten for klimaendringer i Norge, ved at ulike analyser vektlegger forskjellige forhold. Sårbarhetsindikatorer, for eksempel, gir svært ulike resultater avhengig av om man bruker statistiske metoder eller lokalbasert kunnskap. Det er derfor viktig å bruke analysene til det formålet de er laget for.

5.4 Lokale forutsetninger og barrierer for tilpasning

5.4.1 Innledning

IPCC oppsummerer i delrapport 4⁵⁸ følgende faktorer som begrenser implementeringen av og effektiviteten av tilpasningstiltak: fysiske og økologiske, finansielle, teknologiske, faktorer som gjelder informasjon, forståelse ("cognitive") og atferd, politiske, sosiale og kulturelle faktorer. Dette er vide kategorier av hindringer, men IPCC peker på at særlig lokale forutsetninger og barrierer eller hindringer for tilpasning vil være med på å bestemme den lokale tilpasningskapasiteten. Samtidig peker IPCC på at det ikke nødvendigvis er slik at høy tilpasningskapasitet automatisk vil føre til vellykket tilpasning. Mange samfunn har høy kapasitet for tilpasning, men fortsetter å være sårbare for klimaendringer, variabilitet og ekstremvær.

5.4.2 Studier om lokale forutsetninger og barrierer for tilpasning

International kunnskapsstatus

I studier som er gjort av lokal klimapolitikk internasjonalt er det særlig tre kategorier hindringer som framheves som sentrale (Collier 1997, Teigland og Aall 2002, Coenen og Menvelde 2002):

- Manglende statlig avklaring av hva som er kommunenes rolle i klimapolitikken
- Manglende ressurser til iverksetting av effektive tiltak
- Sterke lokale konflikter knyttet til aktuelle klimatiltak.

Næss m.fl. (2005) viser til internasjonal litteratur når de peker på at institusjonelle faktorer er avgjørende for tilpasning. Institusjoner påvirker den sosiale fordelingen av sårbarhet, i tillegg bestemmer de forvaltningen av klimasensitive sider ved samfunnet og dermed tilpasningskapasiteten. *Institusjonell tilpasningskapasitet* er et nøkkelbegrep i mange studier. Institusjoner forstås da som regel som både formelle og uformelle strukturer, og er dermed et videre begrep enn formelle organisasjoner og politisk-administrative prosesser (Aall 2003). Vi kan videre skille mellom hindringer og tilpasningskapasitet som knytter seg til ulike nivå: nasjonalt, kommunalt, lokalt (bedrifter, andre aktører) og enkeltindivider.

Pågående forskning i Norge

Det er gjennomført få studier i Norge med hovedformål å undersøke barrierer og forutsetninger for lokal klimatilpasning. Kunnskapen om lokale barrierer og forutsetninger for tilpasning kommer i stor grad fra sårbarhetsanalyser. I hovedsak er det kommuner som har vært gjenstand for slike studier. Dessuten er det gjennomført flere spørreundersøkelser om klimatilpasning i norske kommuner, som har relevante funn for spørsmålet om forutsetninger og barrierer. Vi har bare funnet et par undersøkelser som gjelder sårbarhet og klimatilpasning i bedrifter. Vi har ikke funnet analyser som omfatter individuell sårbarhet og tilpasningskapasitet, men det er gjennomført spørreundersøkelser i befolkningen som gir noe materiale når det gjelder holdninger til klimaendringer og -tilpasning.

Forskning omkring lokale lokal tilpasning til klimaendringer foregår i hovedsak innenfor NORKLIMA, som er forskningsrådets hovedprogram for klimaforskning. Programmet skal bidra til ny kunnskap om klimasystemet, klimaendringer, effekter av klimaendringer på natur og samfunn og kunnskap for utvikling av tilpasningsstrategier.

⁵⁸ "Adaptation and mitigation options and responses, and the inter-relationship with sustainable development at global and regional levels", IPCC (2007)

Ett av de fem delmålene i programmet er å øke kunnskapen om hvordan klimaendringer påvirker samfunnsmessige forhold og hva som styrker tilpasningsevne. Forskning under dette delmålet representerer NORKLIMAs ”yngste” forskningsfelt. Omfanget av slik forskning var meget lav ved oppstarten av NORKLIMA fordi det ikke var sentralt i de tidligere programmene. Aktiviteten har økt betydelig de siste årene. Som følge av spesifikke utlysninger har forskningen så langt hovedvekt på konsekvenser av klimaendringer for samferdselssektoren og energisektoren, men det er også startet sektorovergripende prosjekter om lokal tilpasning til klimaendringer, konsekvenser av og tilpasninger til ekstremvær. Et stort prosjekter kommet godt i gang innenfor lokale tilpasninger; *NORDADAPT* (Community Adaptation and Vulnerability in Norway) som skal bidra til at kommuner blir bedre i stand til å kartlegge sårbarhet og planlegge tilpasningstiltak til klimaendringer. Cicero leder prosjektet, som blir gjennomført i samarbeid med Vestlandsforskning, Met.no og Østlandsforskning.

Et annet relevant NORKLIMA-prosjekt er *PLAN* (Responding to Climate Change: The Potentials of and Limits to Adaptation in Norway), et tverrfaglig samfunnsvitenskapelig forskningsprosjekt som analyserer mulighetene og begrensingene for tilpasning til klimaendring i Norge. Det femårige prosjektet (2007-2011) er et samarbeid mellom en rekke institusjoner og ledes fra det samfunnsvitenskapelige fakultetet ved Universitetet i Oslo. Prosjektet vil bidra med empirisk og teoretisk kunnskap om samfunnsmessige klimatilpasninger, med vekt på mulighetene for å redusere negative konsekvenser og realisere mulige positive effekter av klimaendring. Ved hjelp av seks delprosjekter vil *PLAN* se på hvordan klimaendringer påvirker oss mennesker og samfunn, og hva vi kan gjøre for å tilpasse oss endringene.

I 2008 ble det startet flere nye prosjekter innenfor NORKLIMA, og porteføljen blir ytterligere styrket i 2009 som følge av svært god respons på utlysningen ”Klimaendringer og samfunn” i november 2008. Av 20 søknader ble seks innvilget, er ” From Climate Knowledge to Local Adaptation - How can we strengthen the adaptation capacity of local government?” (Norsk institutt for by- og regionforskning) særlig relevant i forhold til lokale forutsetninger og barrierer for klimatilpasning:

Klimaforskningsutvalget (2006) peker i Nasjonal handlingsplan for klimaforskning på behov for forskning på implementering av teknologiske løsninger. I særlig grad gjelder dette en bedre forståelse av politiske og samfunnsmessige barrierer og effektive incentiver for teknologisk innovasjon og å ta i bruk eksisterende teknologi. Når det gjelder konsekvenser av klimaendringer, peker utvalget på behov for mer samfunnsvitenskapelig forskning.

I det videre vil vi omtale nærmere resultater fra følgende større forsknings- og utredningsprosjektene:

- Et tverrinstitusjonsprogram om klimatilpasning (2000-2002)
- Nasjonal spørreundersøkelse om kommunenes klimaarbeid gjennomført av NIBR og CICERO i 2007
- Ulike landsomfattende undersøkelser om klimasårbarhet og klimatilpasning gjennomført av DSB (2007, 2008)
- Nor-ACIA utredningen 2006-2009
- ”KS naturskadeprosjektet” gjennomført for KS forskning 2007-2008
- Følgeevaluering av nettverkene Livskraftige kommuner og Grønne energikommuner 2007-2009

- I tillegg vil vi omtale noen enkeltstående studier med utspring i ulike forskningsprosjekter (som NORADAPT, PLAN mfl) eller forskningsmiljøer (som Universitetet i Oslo, CICERO mfl).

Kartlegging av arbeidet med tilpasning i kommunene

CICERO, tidligere ProSus og Vestlandsforskning har hatt et strategisk tverrinstitusjonsinstituttprogram som omfattet utvikling av et teoretisk rammeverk for å analysere institusjonelle forhold som vil henholdsvis hemme og styrke arbeidet med klimatilpasning. Som del av programmet gjennomførte Aall og Groven (2003) en analyse av hvordan fire institusjonelle system kan bidra i arbeidet med å tilpasse samfunnet til klimaendringer. Rapporten gjennomgår status for arbeidet med klimatilpasninger innenfor beredskap, forsikring, kommuneplanlegging og miljøvernforvaltning, og drøfter institusjonelle betingelser og institusjonelle barrierer for å øke innsatsen i arbeidet med klimatilpasning. De viktigste institusjonelle elementene i forhold til spørsmålet om klimatilpasning og lokale institusjonelle prosesser er i følge rapporten:

- Vektlegging av planlegging
- Anvendelse av føre-var-prinsippet
- Anvendelse av risikostyring
- Gjennomføring av systematiske konsekvensutredninger
- Bruk av ulike teknikker for medvirkning

To mål framstår som sentrale for å opprettholde og videreutvikle klimatilpasningsarbeidet lokalt til et visst minimum: En tilstrekkelig lokal klimapolitisk *kompetanse*, og en tilstrekkelig *statlig oppfølging* av kommunal klimaplanlegging. Rapporten peker på flere barrierer for arbeidet med klimatilpasning:

- utviklingen med svakere kommunal økonomi til ”frie” oppgaver, og behovet for lovgrunnlag som pålegger kommunene å gjennomføre denne typen virksomhet
- svake kommunale virkemidler (først og fremst juridiske og økonomiske) til å følge opp relevant planlegging som en hindring i arbeidet med klimatilpasning
- bortfall av kommunal miljøkompetanse, delvis som følge av svakere kommunal økonomi som en hindring for å opprettholde det lokale handlingsrommet
- Manglende horisontal integrering av klimapolitiske hensyn i statlig sektorpolitikk som en hindring for kommunal tilpasningspolitikk.
- at varierende politisk interesse for å engasjere seg lokalt i klimapolitikk

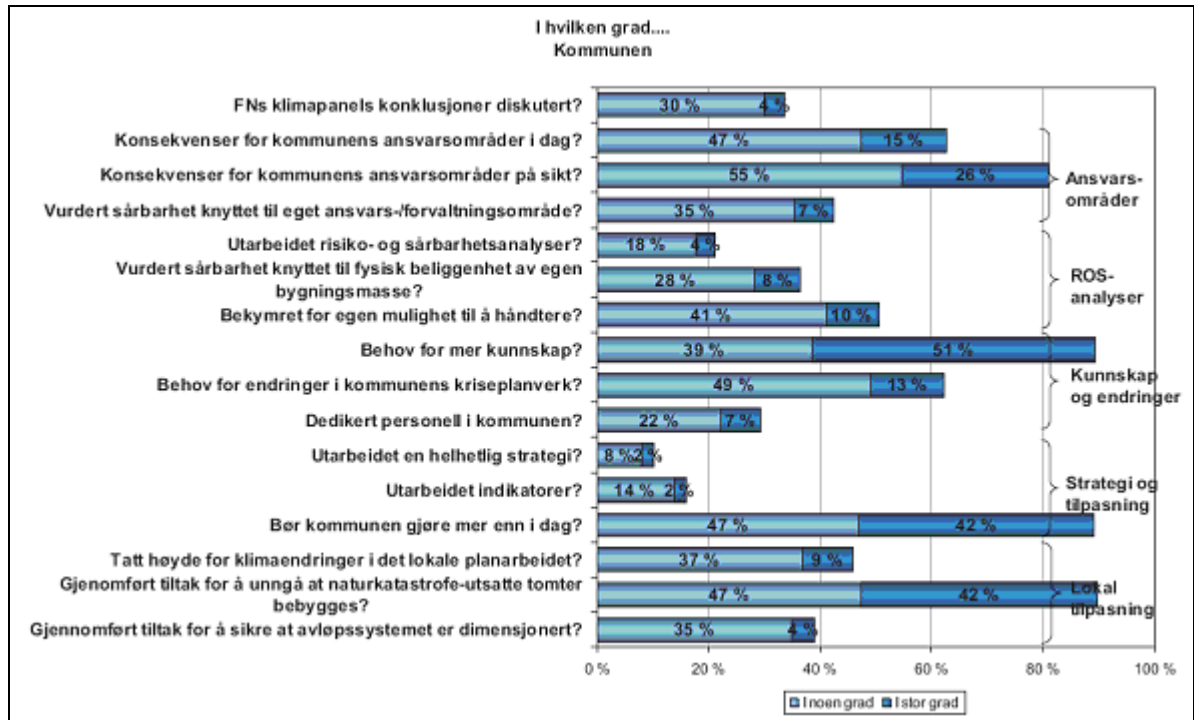
Vevatne m.fl. (2007) bygger på intervjuer i fire kommuner og to fylker i Oslofjordregionen. Rapporten konkluderer med at de vesentligste hindringer for et godt tilpasningsarbeid er mangel på kunnskap og kompetanse om klimaendringer, og evnen eller muligheten til å kunne koble erfaring fra tidligere hendelser til framtidige tilpasningsutfordringer. De tror at dette er en viktigere hindring enn mangel på penger og ressurser til å drive aktivt arbeid med tilpasninger til klimaendringer. Samtidig viser forfatterne at det er åpenbart at det er begrensede ressurser i kommunene til å tilegne seg nødvendig klimakunnskap og å planlegge gode tilpasningstiltak og å gjennomføre disse. Mangel på oppdatert forskningsbasert kunnskap framsto som en barriere. Kommunene ga uttrykk for behov for mer kunnskap både om klimaendringene, mulige lokale effekter og aktuelle tilpasningsstrategier. Flere av kommunene ser et klart behov for en oppdatering av den informasjonen som finnes (for eksempel flomsonekartene) i forhold til et endret klima. Kommunene generelt kjente til

informasjonen som finnes om flomsonekart og skreddatakart i den grad flom og skred var et problem for kommunen. De hadde også i en del tilfeller gjort separate utredninger på flom og skredfare. Det var imidlertid gjennomgående at de ikke hadde brukt informasjonen som finnes på www.senorge.no. Hovedårsaken til dette var at kommunene/saksbehandlerne ikke hadde kjennskap til at denne informasjonen var tilgjengelig. En annen barriere går på samspillet mellom stat og kommuner. Kommunene etterlyste klare forvaltningsprinsipper fra statlig hold, og flere savnet større statlig engasjement, bedre samordning og retningslinjer. Det ble også framhevet at det er behov for et bedre samarbeid med statlige etater.

NIBR gjennomførte i samarbeid med CICERO en landsomfattende spørreundersøkelse våren 2007 for å kartlegge hva som er gjort i kommunene for å redusere utslippene av klimagasser og foreta tilpasninger til klimaendringer, og å finne forklaringer på varierende utbredelse av slike tiltak (Berglund og Nergaard 2008). Forfatterne antyder at noe av forklaringen på at klimatiltak ikke ser ut til å ha høy prioritet er at *kommunenes rolle* i den nasjonale klimapolitikken er vag, samtidig som kommunene peker på *manglende ressurser*. Andre relevante funn at *den politiske viljen* ikke framstår som noen hindring. Så mye som 9 av 10 ordførere svarer at de i stor eller i noen grad er bekymret for fremtidige klimaendringer (n=215), og Nesten 9 av 10 ordførere mener dessuten at kommunene bør gjøre mer, i stor eller noen grad, for å starte en langsiktig tilpasning til klimaendringene. Til tross for denne politiske viljen er ordførerne er ikke beredt til å ta verken et politisk eller økonomisk hovedansvar i arbeidet med klimatilpasninger. På spørsmål til ordførerne om hvor det politiske hovedansvaret for klimatilpasninger bør ligge, svarer hele 70 prosent at ansvaret først og fremst bør ligge hos staten, mens 25 prosent mener at også internasjonale organer (FN) bør ha et slikt ansvar. I forhold til det økonomiske hovedansvaret peker svarene fra ordførerne entydig i retning av staten; 98 prosent mener at staten skal ha dette ansvaret (n=215). Forfatterne stusser over disse funnene, og spesielt at det er en større andel av ordførerne som mener staten bør ha det politiske hovedansvaret for klimatilpasninger enn for reduksjon av klimagassutslipp. De gjør imidlertid ikke forsøk på å forklare funnene. Vi tolker her dette funnet i retning *uklar kommunal rolle*.

Gjennomgående ble det funnet lite *forpliktende samarbeid* i arbeidet med klimatiltak, både med andre kommuner, lokal forvaltning, frivillige organisasjoner, næringslivsorganisasjoner og lokal industri. For klimatilpasning er det flest kommuner som samarbeider med andre kommuner, men andelen er ikke høyere enn 4 prosent. Et annet relevant funn i den samme undersøkelsen er at det ser ut til å være *begrenset bruk av tilgjengelig forskningsbasert informasjon* i planleggingen; en av ti miljøvernansvarlige i kommunene hadde ikke engang hørt om informasjonskildene flomsonekart, regionale klimadata og skreddata.

En landsomfattende kommuneundersøkelse gjennomført av Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) i 2007 viser at holdninger til klimaendringer eller tilpasningsbehov ikke er noen stor barriere for klimatilpasning. Nesten 90 prosent av norske kommuner ved rådmannen mener at de bør gjøre mer for å tilpasse seg langsiktige klimaendringer. Det er videre bare et fåtall norske kommuner som har svært lite fokus på klimaendringene. 2 prosent av kommunene har hverken utarbeidet indikatorer, en helhetlig strategi, eller tatt høyde for klimaendringer i det lokale planarbeidet i tillegg til at de oppgir at kommunen ikke i det hele tatt eller i liten grad bør gjøre mer for å tilpasse seg langsiktige klimaendringer.



Figur 5.2 Kommunenes rapportering av aktiviteter på området klimatilpasning (DSB, 2007)

DSB fant likevel forskjeller mellom kommunetyper og forvaltningsnivåer som tyder på at holdninger kan ha en viss betydning som barriere for tilpasning i en del kommuner. Store tjenesteytende kommuner er for eksempel 100 prosent enige om at klimaendringene har konsekvenser for deres ansvarsområder i dag, mot et gjennomsnitt på 62 prosent. Også på andre spørsmål omkring klimatilpasning ble det funnet enkelte gjennomgående forskjeller mellom kommunene i spørsmålene. Kommuner med høyt innbyggertall, og store kommuner med tjenesteyting som viktigste næringsgrunnlag, har i størst grad gjennomført sårbarhetsanalyser og klimatiltak, samt trukket konsekvenser av klimaendringene inn i planarbeidet. Kommunene med færrest innbyggere og primærnæringskommunene har i mindre grad utarbeidet ROSanalyser, utviklet indikatorer, eller tatt høyde for klimaendringer i planarbeidet. Undersøkelsen konkluderer ikke om hvorvidt dette har sammenheng med tilgang til økonomiske ressurser, eller om det finnes andre forklaringer.

Mangel på kunnskap framstår som en betydelig barriere. Hele 90 prosent av norske kommuner mener det i noen grad eller i stor grad er behov for mer kunnskap om klimaendringenes konsekvenser for deres ansvarsområder. Blant de kommunene som oppgir at de i stor grad har dedikert personell som arbeider med spørsmål om klimakonsekvenser, opplever 65 prosent at de i stor grad har behov for ytterligere kunnskap, mot et gjennomsnitt på 51 prosent. Det tyder på at det er en sammenheng mellom høy bevissthet rundt klimaproblematikken og ønske om påfyll av kunnskap (DSB, 2007a).

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap gjennomførte også en spørreundersøkelse blant befolkningen om klimatilpasning i 2007. DSB (2007b) kartla status for klimatilpasning med vekt på bevissthet og holdninger til klimatilpasning, og forventninger til lokale myndigheters planlegging og informasjonsvirksomhet knyttet til klimatilpassingsarbeidet. Undersøkelsen er representativ og landsomfattende, og er gjennomført som telefonintervju til 2000 personer. Funnene tyder på at holdningene til klimaendringer og konsekvenser av disse

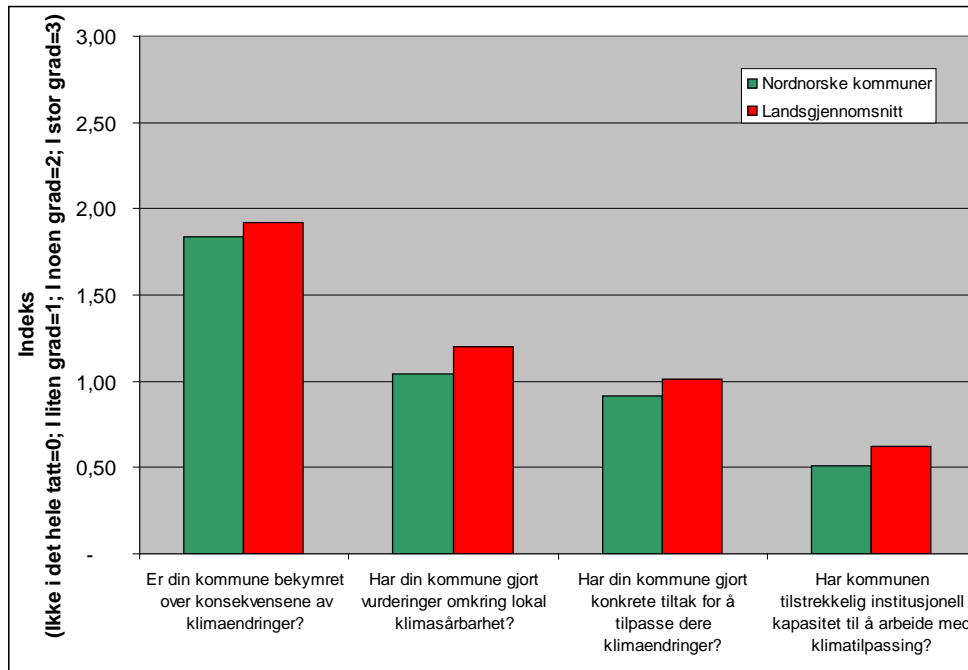
ikke er en viktig barriere for klimatilpassingsarbeid⁵⁹, men at bekymring ikke nødvendigvis utløser tiltak. Bare i overkant av hver tiende person oppgir å ha konkrete planer om sikre egen eiendom mot mulige konsekvenser av klimaendringene. En mulig hindring for individuelle tiltak er mangel på informasjon. På spørsmål om det er ønskelig med mer informasjon fra offentlige myndigheter om hva klimaendringer kan bety for området man bor i er det omtrent halvparten som etterspør dette og halvparten som ikke opplever noe spesielt behov.

Intervjuer foretatt i forbindelse med tilpasninger til klimaendringer i Osloregionen i 2007 viste at arbeidet med tilpasning til klimaendringer så langt ikke har fått politisk eller forvaltningsmessig oppmerksomhet. Kommunene og sektormyndighetene arbeider alle med risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS-analyse), men fordi man fra statlige myndigheter ikke har fokusert på klimaendringer, så har dette heller ikke vært et sentralt tema i kommunenes arbeid med ROS-analysene fram til nå (Vevatne, 2007).

En undersøkelse gjennomført innenfor Nor-ACIA prosjektet i de tre nordligste fylkene viser at klimatilpasning står noe lavere på dagsorden i mange nordnorske kommuner enn landsgjennomsnittet (Aall mfl, 2009). Intervju av ansatte ved Fylkesmannen og fylkeskommunen i Nordland, Troms og Finnmark avdekker stor variasjon blant nordnorske kommuner når det gjelder bekymring for klimaendringer og tiltak for å redusere negativ påvirkning lokalt. Hvor langt kommunene er kommet avhenger blant annet av kommunestørrelse, regionalt samarbeid, kunnskap om klimaproblemet og politiske prioriteringer. Generelt har små kommuner med begrensede administrative ressurser satt klimatilpasning på dagsorden i langt mindre grad enn store kommuner. Undersøkelsen viser videre at de nordnorske kommunene i liten grad har koblet klimatilpasning til de to nærliggende politikkområdene energi og reduksjon av klimagassutslipp. Informantene påpeker dessuten at det er langt større press fra statlige myndigheter for å redusere utslipp og iverksette energitiltak enn å ta fatt på arbeidet med klimatilpasning. I den grad kommunene har analysert klimasårbarhet, er dette gjort som en del av risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS-analyser); og da naturlig nok avgrenset til ekstremvær og de mer plutselige konsekvensene av klimaendringer (som flom- og skredfare). Spørsmål knyttet til de mer gradvise endringene (f.eks. havnivåstigning og biologisk mangfold) er i enda mindre grad satt på dagsorden i kommunene. Videre bekreftes tidligere undersøkelser som viser at mangel på administrativ kapasitet på miljøområdet er den viktigste hindringen for at klimatilpasning prioriteres høyere i kommunene. Andre hindringer er mangel på klare statlige retningslinjer og et tydelig regelverk. I tillegg mener mange informanter at manglende politisk prioritering lokalt bidrar til situasjonen. Hensynet til næringsutvikling og det å opprettholde bosettingen får høyere prioritet enn å ta klimahensyn lokalt. Spesielt nevnes satsingen på å få til økt oljeaktivitet i nordområdene som en grunn til at det er vanskelig å få satt i gang klimatiltak.

Basert på en tidligere undersøkelse blant alle landets kommuner utført av Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) ble det i prosjektet referert over utviklet fire indekser som beskriver hvorvidt kommunene oppgir bekymring for klimaendringer, har analysert klimasårbarhet, har gjennomført tiltak for klimatilpasning og har tilstrekkelig administrativ kapasitet til å arbeide med klimatilpasning. Undersøkelsen finner for det første en jevt synkende tendens fra den første til den siste indeksen. For det andre blir det dokumentert at nordnorske kommuner samlet sett kommer noe dårligere ut enn landsgjennomsnittet, med størst forskjell når det gjelder vurderingen av administrativ kapasitet til å arbeide med klimatilpasning.

⁵⁹ Blant annet mener nesten 9 av 10 personer at klimaendringene vil føre til uheldige konsekvenser for samfunnet vårt. To tredeler av befolkningen svarer at de *i stor* eller *i noen grad* er bekymret for de konsekvensene klimaendringene kan få for en selv og ens familie. En klar majoritet av befolkningen tror at de vil merke effekten av klimaendringene på sitt lokalmiljø.



Figur 24 Indeksering av kommunene med hensyn til opplevd bekymring for klimaendringer, vurdering av egen klimasårbarhet, gjennomføring av tilpasningstiltak og kapasitet til å arbeide med klimatilpasning. N=89 for alle fylker; 24 for Nordland, 19 for Troms og 16 for Finnmark (Aall mfl, 2009)

På oppdrag fra KS gjennomførte Vestlandsforskning sammen med flere samarbeidspartnere en casestudie i 7 kommuner vedrørende naturskade (Groven m.fl. 2008). Bakgrunnen for prosjektet var et sterkt opplevd behov innenfor kommunesektoren for avklaring av flere forhold som gjelder kommunenes håndtering av klimarelatert naturskade: a) Sannsynlige konsekvenser klimaendringer vil ha på naturskadesituasjonen i kommunene, b) ansvarsfordeling mellom ulike samfunnsaktører når det gjelder forebygging og sikring, inklusive erstatningsansvar, c) finansiering av forebygging og sikring.

Studien tar hensyn til at framtidig sårbarhet avhenger både av endringer i klimaet (temperatur, nedbør, havnivå) og hvordan samfunnet utvikler seg (befolkning, næringsliv, bosetting/bygde strukturer, mentalitet) ble det som en del av prosjektet laget lokale klima- og samfunnsscenerier for 2025 og 2060. Studien er relevant her i første rekke fordi den utreder hva som er kommunenes ansvar og rolle i arbeidet med naturskade. Studien konkluderer med at ansvaret for forebygging og sikring er definert, men at det til dels er fragmentert og at det blir etterlevd i varierende grad. For alle naturskadetyper gjelder at kommunen og grunneier/utbygger står med hovedansvaret for sikring og forebygging. Skadefenomener som opptrer med økt intensitet, på nye steder eller til uvante tider av året, framstår som "nye" naturskadeutfordringer. I slike tilfeller kan *manglende kunnskap og oppmerksomhet* skape uklarhet. *Mangel på kompetanse og kapasitet* svekker kommunenes forutsetninger for å håndtere disse utfordringene. Tilskuddsordningene for sikringstiltak (Statens naturskadefond og NVE) fungerer tilfredsstillende, men har for små rammer til å møte behovet. Med utgangspunkt i framskrivningene av klima- og samfunnsutviklingen er *urban flom* (overvannsproblemer i tettbygde strøk) og på lengre sikt *havnivåstigning/stormflo* to skadeområder som peker seg ut ved at de både mangler god dekning gjennom dagens tilskuddsordninger og har potensial til å bli store naturskadeårsaker i framtida.

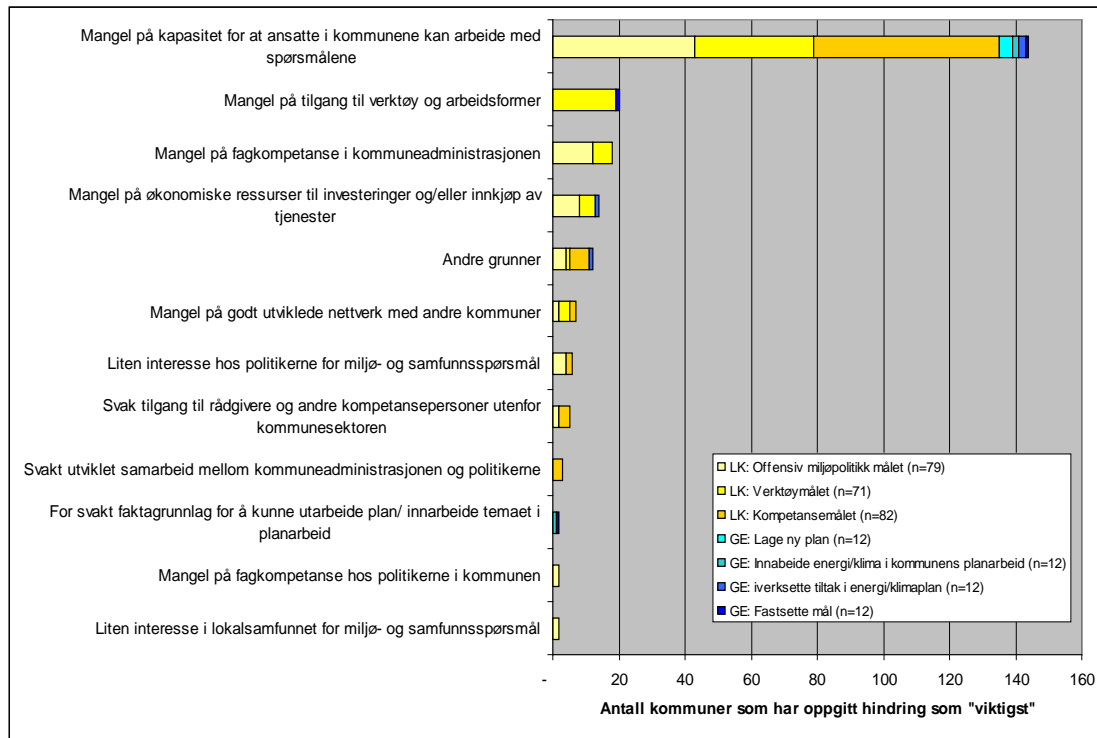
Ved CICERO ble det gjennomført en analyse av institusjonell respons på 1995-flommen i Glomma-Lågen som case studier i to kommuner, Skedsmo og Ringeby (Næss m.fl 2005). Faktorer som hindrer eller fremmer lokale institusjoner sin evne til å gjennomføre tilpasningstiltak ble analysert gjennom undersøkelser av hvordan samsillet mellom lokale institusjoner og institusjoner på andre nivå resulterte i de tiltakene som ble gjennomført. Funnene tyder på at det finnes *negative incentiver til lokal tilpasning* innebygget i dagens institusjonelle strukturer. Kommunale aktører fungerer i stor grad som utførende agenter for nasjonal politikk. En vanlig oppfatning er at storskala flomhendelser er utenfor kommunenes ansvarsområde, og at skadene bør dekkes av staten. Hovedresponsen etter flommen i 1995 viser storskala teknisk orienterte tiltak mot flom, som ifølge forfatterne reflekterer de lokale maktstrukturene. Når sterke lokale politiske og økonomiske interesser faller sammen med statlig villighet til å betale og yte hjelp, ble flomforebyggende tiltak gjennomført raskt, på bekostning av miljømessige og andre mål som hadde svak representasjon på lokalt nivå. Forfatterne fant videre at begrenset *sosial læring* på kommunalt nivå fører til at tekniske løsninger for flomforebygging favoriseres. Nye perspektiv på flomforebygging, verktøy og veiledninger fra nasjonalt nivå var lite synlig i faktisk planlegging på lokalt nivå. Dette ble forklart med tre faktorer: Den høye graden av personlig heller enn institusjonell læring, den høye avhengigheten av nøkkelpersoner, og forskjellene i kultur og oppfatninger mellom lokalt og nasjonalt styringsnivå. Med andre ord opplevde de at etablerte lokale institusjonelle forhold og maktstrukturer fungerte som et filter, som forsinket læringsprosessen. Forfatterne peker på at dette mønsteret har implikasjoner for sårbarhet for fremtidige klimaendringer.

Nye typer flommer slik som lokale flommer forårsaket av intense nedbørepisoder krever mer spesifikt lokale, fleksible løsninger som integrerer tidligere erfaringer. Forfatterne understreker betydningen av *lokal kunnskap* i klimatilpasning. Undersøkelsen demonstrerer at for at det lokale nivået skal kunne realisere sitt potensial som det optimale nivået for tilpasning, er *institusjonell fleksibilitet* og sosial læring viktige forutsetninger. Tiltak som sikter seg inn mot barrierer for tilpasning bør se på *maktstrukturer som filtrerer tilpasningsmuligheter*, for å orientere mulighetene mot et videre sett av tiltak som er mer fleksible og tar hensyn til et videre sett av lokale interesser. Funnene indikerer for øvrig at selv om det lokale nivået er essensielt i klimatilpasning så vil i mange tilfeller *samarbeid og tiltak på tvers av nivåer* være ønskelig og nødvendig.

I en artikkel i Ambio gjennomgår O'Brien et.al. (2006) tre norske studier av effekter av klimaendringer, klimasårbarhet og tilpasning i Norge for å identifisere videre sosiale effekter av klimaendringer i Norge. Studiene det refereres til er: Næss m.fl (2005) og Aall og Groven (2003) som er omtalt her, samt Lisø m.fl.(2003) som er omtalt i kapittel 1. Artikkelen peker på at innenfor mange områder og sektorer i Norge er det usannsynlig at tilpasning vil skje uten institusjonell og finansiell støtte. Konvensjonelle scenariobaserte effektstudier klarer ikke å fange opp nøkkelelementer når det gjelder sårbarhet, effekter og tilpasning, og bidrar dermed til å støtte synspunktet om at "Norge er robust og motstandsdyktig, og kan håndtere klimaendringene". Troen på at teknologiske løsninger vil være tilgjengelige for å møte effekter innenfor ulike sektorer bunner i at man ser bort fra sosiale, økonomiske, politiske og institusjonelle faktorer som bidrar til sårbarhet og tilpasningsevne.

Som en del av delprosjekt 4 i PLAN som ser på tilpasning til klimaendring i byplanlegging og havnefrontutbygging, har NIBR gjennomført et teoretisk forarbeid omkring barrierer og muligheter i klimatilpasning, knyttet til koordiningsmekanismer. Fordi tilpasning til klimaendringer berører mange ulike myndigheter på ulike nivåer, private entreprenører og utbyggere og det sivile samfunn, fordrer det koordinering knyttet både til læring og handling. Koordineringsmekanismene i byutvikling og byplanlegging har elementer av både hierarki, marked og nettverk. I det teoretiske forarbeidet er barrierer og muligheter som ligger i disse tre koordineringsmekanismene identifisert (Winsvold m.fl.in press).

I evalueringen av de nettverksbaserte utviklingsprogrammene ”Livskraftige kommuner” og ”Grønne energikommuner” er det gjennomført analyser av hindringer i det lokale arbeidet med samfunnsutvikling (Aall m.fl. in press). Siden det store flertallet av deltakerkommunene i Livskraftige kommuner og alle deltakerne i ”Grønne energikommuner” arbeider med utviklingsarbeid innenfor klima- og energi, er resultatene av hindringsanalysen relevant her.



Figur 254 Sammenstilling av svar om hindringer fra LK og GE kommuner i spørreundersøkelse (Aall mfl, 2009)

Som figuren over viser er det *mangel på kapasitet* for at ansatte i kommunene kan arbeide med spørsmålene som blir oppgitt å være den klart viktigste hindringen for innsatsen på alle hovedmålene i programmet ”Livskraftige kommuner” og på de fleste av målene i programmet ”Grønne energikommuner”.

En spørreundersøkelse blant 270 bedrifter i Sogn og Fjordane, gjennomført ved Vestlandsforskning (Groven m fl 2008) kartlegger bedriftenes bekymring for klimaendringer, og bl.a. om de har gjort noe og i så fall hva de har gjort for å tilpasse seg klimaendringer. Virksomhetene er minst like opptatt av de indirekte som de direkte konsekvensene av klimaendringer for bedriftene. De er vel så opptatt av hvilke virkninger klimaendringer *andre steder* har for deres forretningsvirksomhet, for eksempel i form av dyrere innsatsfaktorer eller bedre markedsbetingelser, som av i hvilken grad klimaendringer direkte rammer bedriften. Godt over tre-fjerdedeler av alle virksomhetene i Sogn og Fjordane seier de ikke har satt i verk tiltak for å bli mindre sårbare for klimaendringer. Dette gjelder både i primærnæring, industri og tjenesteytende næringer.

5.4.3 Oppsummering

I tabellen under har vi forsøkt å oppsummere de forutsetninger og barrierer som er funnet i norske studier av klimasårbarhet og en del andre relevante studier som er referert over. Med interne forutsetninger og barrierer mener vi her interne for kommunen. Mange av disse vil falle inn under institusjonelle forutsetninger og barrierer. Ikke alle studier har benyttet samme betegnelser på hhv forutsetningene og barrierene som vi har brukt her.

	Forutsetninger	Barrierer
Internt	Lokalkunnskap Økonomiske ressurser Personellressurser –kompetanse Personellressurser – kapasitet Evne og vilje til sosial læring Institusjonell fleksibilitet Samarbeidspartnere Tilgang til ekstern kompetanse Politisk engasjement Lokal interesse og engasjement Oppslutning om viktige veivalg og prioriteringer	Svak kommuneøkonomi Manglende kompetanse Manglende kapasitet Manglende samarbeidspartnere Manglende tilgang til ekstern kompetanse Manglende politisk interesse Manglende lokalt engasjement Sterke lokale konflikter
Eksterne	Klare ansvarsforhold Tilstrekkelig lokalt handlingsrom Tydelige statlige styringssignal Forskningsbasert kunnskap Teknologi	Uklar kommunal rolle Manglende lokalt handlingsrom Motstridende statlige styringssignal Manglende kunnskap og informasjon Mangel på teknologi

Tabell 5.4 Forutsetninger og barrierer for lokal klimatilpasning med referanse ekstern og intern i forhold til kommunen som organisasjon og geografisk enhet

Det neste spørsmålet er hvilke av disse forutsetningene og barrierene som framstår som særlig viktige. *Lokal kunnskap* fremheves som en viktig forutsetning i flere av studiene. Både i betydningen lokal kompetanse innenfor klimapolitikk, men også i betydningen at hensiktsmessige tilpasningstiltak krever lokalkunnskap. Barrierer for lokal klimakompetanse er knyttet til institusjonelle forhold som manglende administrativ kapasitet i kommunene og svak kommuneøkonomi. Tendensen i studiene er at når kommunene selv blir spurt om å oppgi de viktigste hindringene i arbeidet med planlegging av og tiltak for klimatilpasning fremheves i første rekke mangel på *administrativ kapasitet* til å arbeide med spørsmålene, noe som også har sammenheng med kommuneøkonomi. Kommunene trekker også, men i mindre grad, fram mangel på kompetanse som en hindring, men mangel på for eksempel miljø- og energikompetanse er utbredt, ikke minst i små- og mellomstore kommuner (Aall m.fl. 2008). Bare 7 prosent av kommunene oppga våren 2007 at de i stor grad har dedikert personell som arbeider med spørsmål om klimakonsekvenser (DSB 2007a).

En viktig forutsetning knyttet til lokal kunnskap og kompetanse er viljen, evnen og muligheten til *læring*. Mange av studiene tyder på at dette er en barriere av betydning i norske kommuner. Både Vevatne m.fl. (2007) og Berglund og Nergaard (2008) fant at kjennskapet til lett tilgjengelig forskningsbasert informasjon beregnet for bruk i planleggingen var

mangelfull i mange kommuner. Næss m.fl. (2005) fant at begrenset sosial læring på kommunalt nivå fører til at nye perspektiv på flomforebygging, verktøy og veiledninger fra nasjonalt nivå var lite synlig i faktisk planlegging på lokalt nivå. Dette forklares med at lokale maktstrukturer filtrerer tilpasningsmuligheter. Vevatne m.fl. (2007) konkluderer med at de vesentligste hindringer for et godt tilpasningsarbeid er mangel på kunnskap og kompetanse om klimaendringer, og evnen eller muligheten til å kunne koble erfaring fra tidligere hendelser til framtidige tilpasningsutfordringer.

Læring forutsetter tilgang til relevant kunnskap og informasjon om lokale klimaendringer og effekten av disse. Mangel på kunnskap om lokale effekter av klimaendringer framstår som en hindring av betydning i flere studier. Hele 90 prosent av norske kommuner mener det i noen grad eller i stor grad er behov for mer kunnskap om klimaendringenes konsekvenser for deres ansvarsområder (DSB 2007a). I en annen undersøkelse ga kommunene uttrykk for at det er behov for mer kunnskap både om klimaendringene, mulige lokale effekter og aktuelle tilpasningsstrategier (Vevatne, 2007).

Selv om det lokale nivået oppfattes som essensielt i klimatilpasning peker flere forfattere på betydningen av et godt *samspill og samarbeid på tvers av styringsnivåene*. Vevatne (2007) fant at kommunene etterlyste klare forvaltningsprinsipper fra statlig hold, og flere savnet større statlig engasjement, bedre samordning og retningslinjer. Det ble også framhevet at det er behov for et bedre samarbeid med statlige etater. O'Brien et.al. (2006) peker på at innenfor mange områder og sektorer i Norge er det usannsynlig at tilpasning vil skje uten institusjonell og finansiell støtte. Aall og Groven (2003) nevner en tilstrekkelig statlig oppfølging av kommunal klimaplanlegging som en forutsetning for å opprettholde og videreutvikle lokalt klimatilpasningsarbeid. Et godt samspill mellom ulike nivåer krever *klare ansvarsforhold, tydelige statlige styringssignaler og tilstrekkelig lokalt handlingsrom* (Aall og Groven 2002). Flere studier peker på at en uklar eller vag kommunal rolle i klimapolitikken framstår som en viktig barriere. Berglund og Nergaard (2008) fant for eksempel at nesten samtlige ordførere mener det økonomiske hovedansvaret for klimatilpasning bør ligge hos staten. Næss m.fl. (2005) peker på at det ligger negative incentiver til lokal tilpasning innebygget i dagens institusjonelle strukturer.

Holdninger til klimaendringer for eksempel i form av manglende bekymring for konsekvenser av klimaendringene, synes ikke å være noen viktig barriere verken i befolkningen (DSB 2007b), blant kommunepolitikere eller kommunalt ansatte (Berglund og Nergaard 2008, DSB 2007a). Mange studier viser likevel at arbeidet med å planlegge og gjennomføre konkrete tiltak ikke står i forhold til viljen og bekymringene, verken i bedrifter (Groven 2008), blant privatpersoner (DSB 2007 b) eller i kommuner (DSB 2007 a, Berglund og Nergaard 2008). O'Brien et.al. (2006) peker på en mulig barriere som er relevant i denne sammenhengen. Troen på at teknologiske løsninger vil være tilgjengelige for å møte effekter innenfor ulike sektorer bunner i at man ser bort fra sosiale, økonomiske, politiske og institusjonelle faktorer som bidrar til sårbarhet og tilpasningsevne.

5.5 Indikatorer for virkninger og sårbarhet

5.5.1 Innledning – om indikatorer

Høyer og Aall (2002) har gjort en oppsummering av den internasjonale debatten omkring utvikling og bruk av indikatorer i arbeidet for en bærekraftig utvikling. Denne debatten er, med bakgrunn i de teoretiske arbeidene til den amerikanske organisasjonssosiologen Charles Perrow, ført videre i klimasårbarhetssammenheng (Heiberg mfl, 2008).

Høyer og Aall (2002) gjengir en definisjon av indikator som er et forenklet uttrykk for komplekse fenomener og sammenhenger i en form som gjør det mulig å kvantifisere disse. Indikatorer brukes for å oppnå, lette eller fremme kommunikasjon omkring slike fenomener og sammenhenger, men på en måte som gjør at vesentlige egenskaper ved disse ikke går tapt. Dette gir en indikator tre hovedfunksjoner: (1) Forenkling, (2) kvantifisering, og (3) kommunikasjon. Den overordnede funksjonen er *kommunikasjon*, som forenkling og kvantifisering derved brukes for å oppnå. Det understreker at enhver indikatorutvikling på en eller annen måte må skje i relasjon til disse tre dimensjonene:

- kommunikasjonens primære *målgrupper*
- kommunikasjonens primære *formål*
- indikatorenes primære *bruksformål*

Indikatorer må på en eller annen måte bygge på kvantifiserte grunndata. Høyere oppe i hierarkiet kan vi snakke om *indekser*. Normalt skal en indeks både gi et forenklet og kvantifisert uttrykk for en mer kompleks sammensetning av flere indikatorer. Ved forenkling tapes nødvendigvis noe av den kunnskapen som ligger nedfelt i grunndataene. Utfordringen er å gjøre tapet minst mulig samtidig som den nødvendige grad av kommunikasjon oppnår. Indikatorutviklingen må foregå i en balansegang mellom disse to hensynene; *substanskravet* på den ene siden og *resonanskravet* på den andre. Med resonans menes indikatorenes evne til å nå gjennom med informasjon til de aktuelle målgruppene. Målgruppen må forstå informasjonen og bli motivert til å utlede handling på bakgrunn av denne informasjonen. Høyer og Aall (2002) viser til Macgillivray og Zadek (1995) og deres skille mellom *kalde* og *varme* indikatorer, der de "kalde" er faglig detaljerte og krevende, men er for kalde til at de skaper resonans hos de bestemte målgruppene. De "varme" gir denne resonansen, men er til gjengjeld upresise eller lite dekkende for de sammenhengene de inngår i. Utfordringen ligger i å utvikle et indikatorsystem eller -sett som er "passe varmt".

Den styringsmessige sammenhengen	Kommunikasjonens primære formål				
	Retningsanalyse	Konsekvensvurdering	Evaluering	Overvåking	Rapportering
Informasjon og debatt					
Politisk styring					
Administrativ styring					

Tabell 5.5 Indikatorbaserte systemer. De primære formålene og den styringsmessige sammenhengen indikatorene inngår i.

Med *indikatorbaserte systemer* som grunnlag kan indikatorene likevel inngå i mange ulike brukssammenhenger. I tabellen over er det som normalt er kommunikasjonens primære formål vist langs den horisontale akse og hvilke styringsmessig sammenheng indikatorene inngår i vist i den vertikale akse.

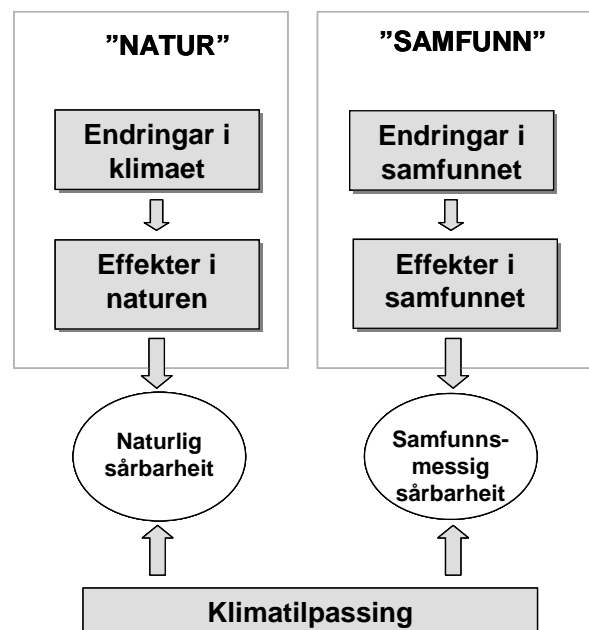
Høyer og Aall (2002) viser til internasjonal litteratur når de peker på at det er en viktig forskjell mellom indikatorer utviklet av og for overordnede aktører (for eksempel statlige myndigheter) - dvs top-down - og indikatorer utviklet av og for lokale aktører (for eksempel

lokale myndigheter); dvs bottom-up. Det ligger en utfordring i å balansere forholdet mellom ”top-down”-krav og forutsetninger på den ene siden og ”bottom-up” oversettelser og tilpasninger på den andre.

5.5.2 Innledning – om klimasårbarhetsindikatorer

Arbeidsgruppe II i IPCC sin fjerde hovedrapport omtaler i svært liten grad indikatorer under sin drøfting av hvordan samfunnet kan vurdere sin klimasårbarhet (kapittel 19). Like fullt er indikatorer en (av flere aktuelle) relevant metode som kan brukes for å beskrive sårbarhet (og endringer i sårbarhet over tid) overfor klimaendringer. Metoden fyller bl.a. behovet for å identifisere hvor og hvem som er mest sårbare, for igjen å styrke grunnlaget for å prioritere innsats når det gjelder klimatilpasning. Indikatorer har også vist seg å være et nyttig verktøy for å kommunisere mellom forskning, offentlige myndigheter og innbyggerne i miljøarbeidet, ikke minst i lokal klimapolitikk og i arbeidet med Lokal Agenda 21 (Høyser og Aall, 2002).

Indikatorer for klimasårbarhet kan omfatte både indikatorer for naturlig sårbarhet og samfunnsmessig sårbarhet (O’Brien m.fl., 2003; Aall og Norland, 2003; Heiberg mfl, 2008). Indikatorer som er relevante for sårbarhet kan utvikles for alle elementene vist i figuren under. Indikatorer for virkninger av klimaendringer kan være indikatorer for endring av klimaet (som for eksempel prosentvis økning i vintervedbør), eller indikatorer for effekter av klimaendringene (som for eksempel økning i hyppighet av flom). Indikatorer for endringer i samfunnet som er relevante for klimasårbarhet kan for eksempel være økning i mobiliteten, som kan gi en effekt i samfunnet som for eksempel økt trafikk på rasutsatte veier.



Figur 265 Overordnet tilnærming til sårbarhet og tilpasning (Heiberg mfl, 2008)

5.5.3 Studier om indikatorer for virkninger og sårbarhet

Internasjonal kunnskapsstatus

Generelt er den internasjonale litteraturen omfattende i sin dokumentasjon av ulike *indikatorssystemer* på miljøområdet, men det er en stor overvekt på dokumentasjon som beskriver oppbyggingen av ulike (delvis konkurrerende) systemer, og forholdsvis liten dokumentasjon av om slike systemer faktisk blir brukt i konkrete beslutningssammenhenger og om de da får noen påviselig effekt (Høyser og Aall, 2002). I den grad det foreligger dokumentasjon så gjelder det i *lokale* beslutningssammenhenger. Dette illustrerer blant annet

at det går et tilsynelatende skille mellom nasjonalt og lokalt nivå, og det har vært overraskende liten utveksling av kunnskap mellom forskning om de involverte politisk/administrative systemene på disse to områdene. Nasjonale myndigheter har i liten grad forholdt seg til lokale myndigheter i arbeidet med å utvikle nasjonale bærekraftindikatorssystemer, og forskningen har i liten grad knyttet sammen erfaringer fra de samme to nivåene.

Når det gjelder utvikling av *klimasårbarhetsindikatorer* er den internasjonale litteraturen mest omfattende *på indikatorer for nasjonalt nivå* (og da for å sammenligne sårbarheten mellom ulike land) (Heiberg mfl 2008). IPCC (4 hovedrapport) viser til at spørsmålet om hva som er gode indikatorer for nasjonal tilpasningskapasitet er et omstridt tema i internasjonal litteratur. Litteraturen mangler konsensus om hvor brukbare indikatorene er når det gjelder allmenn tilpasningskapasitet og hvor robuste resultatene er. Det blir argumentert med at nasjonale indikatorer ikke klarer å fange opp mange av de prosessene og sammenhengene som influerer på tilpasningskapasitet, og dermed gir liten innsikt i tilpasningskapasiteten på lokalt nivå, der det meste av tilpasningen vil foregå. Dette, sammen med økende tilgang på nedskalerte klimascenario, er bakgrunnen for at det i økende grad søkes utviklet indikatorer for regionalt og lokalt nivå. Eksempler på lokale indikatorer for vurdering av lokal klimasårbarhet er således stort sett av nyere dato. (Heiberg mfl 2008).

Det forskningsrådfinansierte prosjektet NORADAPT ("Community Adaptation and Vulnerability in Norway") har gjennomgått internasjonal litteratur som omhandler metoder for lokale klimasårbarhetsanalyser, for å kunne bruke disse erfaringene i videreutvikling av en norsk modell i prosjektet (Heiberg mfl 2008). Det ble identifisert 13 ulike modeller fordelt på to overnasjonale organisasjoner (FN og ICLEI) og 5 land (Sverige, Nederland, Tyskland, Storbritannia og USA). Et av funnene i gjennomgangen er at lokale klimasårbarhetsindikatorer er relativt lite utviklet sett i forhold til den relativt omfattende veiledningen som finnes om hvordan prosessen rundt det å vurdere klimasårbarheten kan legges opp. Mange av modellene legger vekt på at framtidig lokal klimasårbarhet blir bestemt ut fra en samleffekt av klimaendringer og samfunnsmessige endringer. De metoder og indikatorsystemer som er studert knyttet til klimatilpasning har få systematiske og metodiske koblinger til utslippsdelen av klimapolitikken og så godt som ingen koblinger til den bredere bærekrafttematikken.

Studien konkluderer med at bruk av indikatorer er forbundet med en rekke utfordringer. Sentrale utfordringer er tilgang på gode data, håndtering av data, og troverdigheten til dataene. Andre områder som har betydning for nytten av indikatorer for klimasårbarhet inkluderer blant annet følgende forhold og problemstillinger:

- Bruk av indikatorer for *dagens* sårbarhet for scenarioer for *framtidig* klimaendring.
- Kobling av indikatorer for samfunnsøkonomisk og institusjonell sårbarhet med indikatorer for naturlig sårbarhet.
- Målene som ligger bak indikatorene er sosialt bestemt, og kan variere mellom ulike kulturer og myndigheter.
- Indikatorer er nivåspesifikke.
- Indikatorer sier noe om potensial, ikke nødvendigvis praksis
- Balansering mellom "kalde" og "varme" indikatorer

Disse forholdene og problemstillingene er forsøkt brakt inn videre i arbeidet med å utvikle og prøve ut tilnæringer i norske kommuner innenfor NORADAPT prosjektet.

Norsk kunnskapsstatus

De norske erfaringene med bruk av indikatorer i arbeidet for å vurdere effekter av klimaendringer og sårbarhet er begrenset. To landsomfattende spørreundersøkelser gjennomført i 2007 viser at norske kommuner i svært liten grad har utviklet indikatorer for å vurdere virkninger av klimaendringer og sårbarhet. Berglund (2008) fant at nær 92 prosent av kommunene ikke hadde utarbeidet indikatorer for arbeidet med reduksjon av klimagasser og tilpasning til klimaendringer (N=207). I en landsomfattende undersøkelse gjennomført av DSB (2007), oppga kun 2 prosent av kommunene at de i stor grad hadde utarbeidet indikatorer for arbeidet med tilpasning til klimaendringer. Hele 52 prosent av kommunene hadde ikke i det hele tatt utviklet indikatorer, mens 45 prosent i liten eller i noen grad hadde utviklet indikatorer (N= 283).

I Norge er de viktigste arbeidene med å utvikle lokale indikatorer for klimasårbarhet O'Brien m.fl. (2003) og Aall og Norland (2003). Disse arbeidene er oppsummert og diskutert noe videre i Næss m.fl. (2006). Ut over dette er det gjennomført en indikatorbasert sårbarhetsvurdering regionalt i Nord-Norge (Groven m.fl. 2006; West og Hovelsrud, 2008; Aall mfl, 2009a) og det er gjennomført en internasjonal kunnskapsgjennomgang med momenter til videreutvikling av en indikatorbasert modell for lokale klimasårbarhetsanalyser (Heiberg m.fl. 2008).

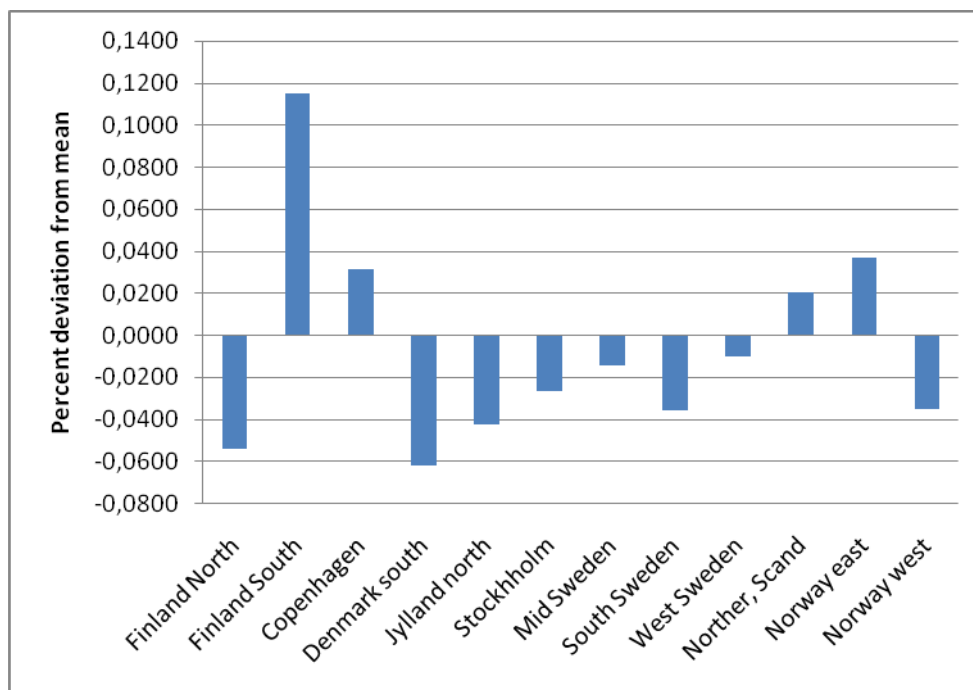
O'Brien m.fl. (2003) gjennomførte en indikatorbasert analyse av klimasårbarhet i landbruket og for vinterturisme i Norge på kommunenivå. Formålet med studien var å identifisere ulikheter i utsatthet for klimaendring mellom kommunene, som et utgangspunkt for å begynne diskusjonen om hva klimaendringer betyr for norske lokalsamfunn. Det ble utviklet egendefinerte indikatorer for effekter av klimaendringer og tilpasningsevne. RegClim-resultatene ble aggregert til kommunenivå og indikatorene ble slått sammen til en samleindeks. Undersøkelsen viste at Vestlandet og kysten er særlig utsatt for ventede klimaendringer, og at kapasiteten til å tilpasse seg endringene ser ut til å være lav i mange utkantkommuner, særlig i Midt-Norge. Forskergruppen understreker begrensningene i resultatene, blant annet på grunn av at: Det er store lokale klimavariasjoner innenfor kommunens grenser. Generaliseringer, selv på kommunenivå, må derfor tas med visse forbehold. Det er videre vanskelig å bruke samme indikatorer for alt landbruk i hele Norge, fordi både geografi og type landbruk innvirker på hvilke klimaparametre som er kritiske forskjellige steder i landet, og også hvilke måneder som er de viktige for ulike prosesser i landbruket. Resultatene må derfor ses som utgangspunkt for mer detaljerte regionale analyser, og for en debatt om klimasårbarhet og tilpasning i norske kommuner.

Samfunnets følsomhet for klimaendringer (1/3 vekt)	Økonomiske faktorer (1/3 vekt)	Demografiske faktorer (1/3 vekt)
Sysselsetting i den aktuelle klimafølsomme næringen (landbruk, skogbruk eller turisme ⁶)	Skatteinntekt per innbygger Statlige overføringer per innbygger Sysselsettingsprognose	Aldersstruktur arbeidsstokk (55-66 i prosent av 20-66) Flytting (trend de siste 10 år) Avhengighetsrate (barn/unge og eldre i prosent av befolkning)

Tabell 5.6 Indikatorer for tilpasningsevne

Et annet arbeid har i første rekke fokusert på behovet for nasjonale indikatorer for sosioøkonomiske virkninger av klimaendringer. Aaheim og Schjoden (2004) presenterer en metode som gjør det mulig å gjøre bruk av informasjon fra sektoravgrensede og lokale analyser av virkninger av klimaendringer i sosioøkonomiske analyser av effekter på nasjonalt nivå. Forfatterne bruker to norske studier av virkninger av klimaendringer (en landsomfattende sektoranalyse av landbruk og en lokal analyse av Hordaland som dekker mange sektorer) som illustrasjon på at virkninger av klimaendringer kan vurderes i en vid sosioøkonomisk sammenheng på en meningsfull måte på basis av detaljert kunnskap på mikro-nivå. Vurderingen tjener flere formål av betydning for beslutningstakere på nasjonalt nivå, dels å gjøre avgrensede vurderinger sammenlignbare, dels å utgjøre et grunnlag for mer omfattende sosioøkonomiske analyser og ikke minst gir tilnærmingen et mer differensiert svar på spørsmål om hva som er virkninger av klimaendringer enn bare en prosentangivelse av endring i BNP for hele regioner.

Tilpasningskostnader knyttet til mobilitet har vært lite studert, blant annet fordi disse kostnadene må vurderes i lys av generelle markedsendringer, og det er vanskelig å bringe inn slike kostnader i generelle markedsmodeller. Aaheim m.fl. (2009) har forsøkt å beregne hvordan de økonomiske konsekvensene av klimaendringer kan variere innenfor regioner i Europa på grunn av begrensninger i mobilitet. Det anslås at de vestlige delene av landet vil tape i forhold til andre regioner i Norge dersom en ser på endringer i BNP. Alt i alt reduseres BNP i de Nordiske landene ved klimaendringer på mer enn 2 °C. Denne reduksjonen begrenses noe på Østlandet av at verdien av skog øker. Det er også antatt at verdien av fiskeressursene i havet øker, noe som det kommer Nord-Norge til gode. Figur 4.2 viser variasjonen i utslagene på BNP i områder innenfor Norden dersom man får en umiddelbar økning i den globale middeltemperaturen på + 4 °C.



Figur 5.6 Endring i BNP etter region i forhold til gjennomsnittlig endring i de Nordiske land ved en umiddelbar økning i global temperatur på 4 graders oppvarming. Aaheim m.fl. (2009)

Aall og Norland (2003) bygde videre på indikatorarbeidet av bl.a. Høyer og Aall (1997) og O'Brien m.fl. (2003). De la spesielt vekt på behovet for lokal forankring av indikatorer; særlig

som utgangspunkt for lokal handling. Sentralt i arbeidet til Aall og Norland (2003) var å etablere et skille mellom tre typer lokal klimasårbarhet:

- *Naturlig* sårbarhet: Hvordan de naturgitte rammene for samfunnet kan bli påvirket av klimaendringer, som for eksempel sannsynligheten for havnivåøkning, skred, flom, endringer i det biologiske mangfoldet o.a.
- *Samfunnsøkonomisk* sårbarhet: Hvordan endringer i samfunnet kan gjøre samfunnet mer (eller mindre) sårbar overfor klimaendringer, som for eksempel bosettingsmønster, lokalisering av bygninger og infrastruktur o.a.
- *Institusjonell* sårbarhet: Hvordan samfunnets kapasitet til å tilpasse seg endrer seg, som for eksempel om kommunene har tilgang til planleggings- og miljøkompetanse og hvor store ressurser kommunene har til å gjennomføre forebyggende tiltak.

Rapporten drøfter styrken og svakheten ved henholdsvis en aggregert indikatormodell på nasjonalt nivå, og en lokal indikatormodell. Rapporten anbefaler en todelt modell for lokale klimasårbarhetsindikatorer: et grovmasket indikatorsett basert på nedskalering av globale og nasjonale data med formål å klassifisere kommuner etter antatt klimasårbarhet, og en mer detaljert og nedenfra-og-opp indikatormodell ment til bruk i de kommunene som er antatt å være mest sårbare. Dette siste settet er ment å brukes i lokale beslutninger omkring klimatilpasning. Utfordringer som i følge rapporten gjenstår er bl.a. identifisering av indikatorer som kan brukes i ulike deler av landet, og som kan benyttes både for å identifisere sårbare områder og som en innfallspport for lokale beslutningsprosesser.

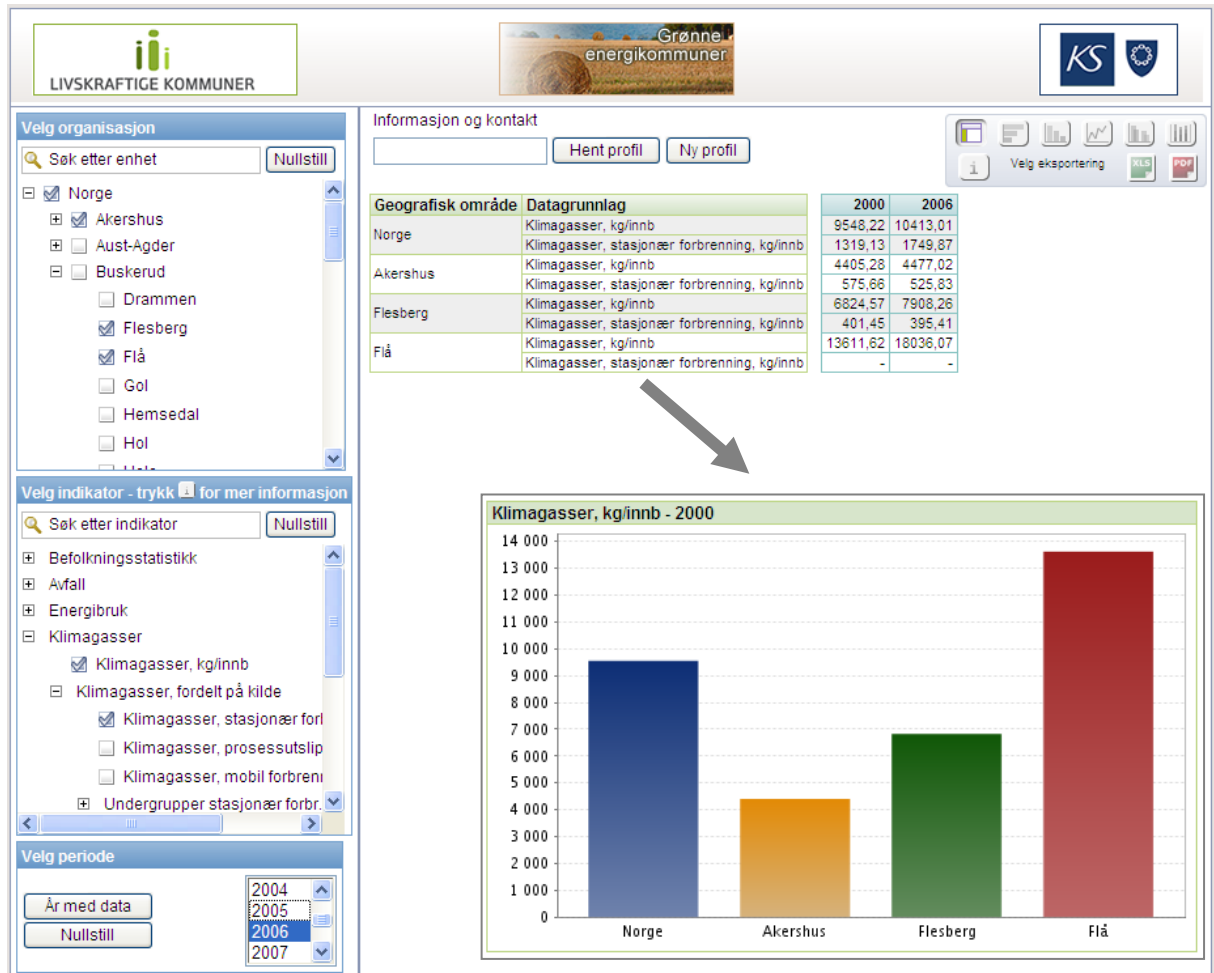
Vestlandsforskning og CICERO har vurdert klimasårbarheten til alle kommunene i de tre nordligste fylkene i forhold til et sett indikatorer som omfattet den naturlige, samfunnsøkonomiske og institusjonelle sårbarheten (Groven m.fl. 2006; West og Hovelsrud, 2008). Analysen ble gjort som en del av Nor-Acia prosjektet finansiert av Miljøverndepartementet. Formålet med prosjektet var å rangere kommunene mht klimasårbarhet og å prøve ut en indikatormodell utviklet innenfor et tverrinstituttprosjekt gjennomført i samarbeid mellom flere institusjoner⁶⁰. For noen av indikatorene i modellen var det ikke mulig å rangere kommunene på grunn av usikkerhet eller mangler i kunnskapsgrunnlaget. Analysen konkluderer med at det, til tross for begrensninger i kunnskapsgrunnlaget og metodiske svakheter når det gjelder å lage dynamiske fremskrivninger av utviklingen, er mulig på grunnlag av en slik indikatormodell å peke ut hhv særlig sårbare og antatt lite sårbare kommuner. Identifiseringen av særlig sårbare kommuner er tenkt fulgt opp med lokale analyser. Videreutvikling av indikatormodellen, bedre datagrunnlag og ny innsikt i sammenhengene rundt klimasårbarhet vil senere kunne føre til en endret rangering av kommunene.

Den første makroorienterte (top-down)tilnærmingen som ble forsøkt innenfor Nor-Acia prosjektet ble i 2008-2009 fulgt opp av en mindre studie der det ble gjort forsøk med en lokalbasert (bottom-up) analyse av den institusjonelle sårbarheten i én Nord-norsk kommune (Vestvågøy). Studien konkluderte med en anbefaling av hvilke spørsmål som kan inngå i en slik analyse (Aall mfl, 2009a).

I en analyse gjort som del av en nylig avsluttet følgeevaluering av Livskraftige kommuner og Grønne energikommuner for KS, har Vestlandsforskning i samarbeid med Møreforskning, Høyskolen i Oslo og Stiftelsen idébanken sammenfattet foreliggende arbeider omkring det å utvikle lokale indikatorer til å beskrive klimasårbarhet og kommet med anbefalinger om hvordan utforme et samlet indikatorbasert system (Aall mfl, 2009b). Forslaget er et innspill til hvordan videreutvikle et eksisterende indikatorsystem utviklet i samarbeid mellom KS,

⁶⁰ Senter for klimaforskning (CICERO) ved Universitetet i Oslo, Vestlandsforskning og ProSus ved Universitetet i Oslo.

Miljøverndepartementet og Statistisk Sentralbyrå (se figur under). I dag inneholder dette systemet en rekke indikatorer innen miljø- og samfunnsutvikling, herunder også utslippsdelen av klimapolitikken – men altså ingen når det gjelder klimasårbarhet.



Figur 5.7 Oppbygging av nettsiden <http://livskraftig.bedrekommune.no/more/reports/> som inneholder et indikatorsystem på miljø- og samfunnsutvikling

Forslaget inneholder både ”ovenfra og ned” indikatorer basert på nasjonal statistikk og genuint lokale ”nedenfra-og-opp” indikatorer. Videre er det skilt mellom følgende tematiske sårbarhetsindikatorer:

1. Klimaendringer: eks temperatur, nedbør osv
2. Naturlig sårbarhet: eks flomfare, rasfare osv
3. Sosioøkonomisk sårbarhet: eks endring av bosettingsmønster, endring av vedlikeholdsgrad
4. Institusjonell sårbarhet: eks endring av miljøkompetanse i kommuneorganisasjonen, endring av holdninger til klimaspørsmål lokalt

I tillegg er det lagt til en femte kategori:

5. Sårbarhet i forhold til klimapolitikk: eks økte drivstoffpriser, økte kvotepriser

CICERO Report 2009:04
**Konsekvenser av klimaendringer,
 tilpasning og sårbarhet i Norge**

Dette gir følgende en matrise for aktuelle kategorier som kan belyse klimasårbarhet som vist under.

Indikatorstype	Indikatortema				
	a) Klimaendringer	b) Naturlig sårbarhet for klimaendringer	c) Sosio-økonomisk sårbarhet for klimaendringer	d) Institusjonell sårbarhet for klimaendringer	e) Sårbarhet for klimapolitikk
Ovenfra-og-ned indikatorer					
a) Nedskalere nasjonal statistikk					
b) Bryte ned nasjonal statistikk satt sammen av lokale data					
Genuine lokale indikatorer					
c) Eksisterende lokale data					
d) Nye data samlet inn for dette formålet					

Tabell 5.7 Mulige kategorier av klimasårbarhetsindikatorer

Når det gjelder *klimaendringer* gir nettstedet www.senorge.no (→ klima) tilgang til en rekke typer klimadata som kan skaleres ned til lokalt nivå. Disse presenteres i kartform. Det arbeides imidlertid for å legge disse til rette slik at man også kan ta ut data i tabellform.

Når det gjelder *naturlig sårbarhet* vil det ofte være slik at sårbarheten kan framstilles på kartbasis, evt at det kan tas ut tabellariske framstillinger. I et forsøk på sammenfatte den lokale klimasårbarheten for Nord-norske kommuner (Groven m.fl. 2006) ble det samlet inn data om flere forhold som det viste seg å foreligge noenlunde lett tilgjengelige data (jf tabell under).

Tema	Indikator
Flom	– km vassdragsstrekning prioritert for flomsonekartlegging av NVE
Ekstremt høy vannstand	– Andel veier / havner som ligger inntil x meter over høyeste astronomiske tidevann (HAT)
Kvikkleireskred	– Antall historiske skadeskred – km ² bosatt områder som er kategorisert som fareområder
Tørrsnøskred	– Antall historiske skadeskred
Stein- og fjellskred	– Antall historiske skadeskred
Jordskred	– Antall historiske skadeskred
Skred generelt	– Tettbygd areal innenfor potensielt skredfarlig områder – Andel av riks- og fylkesvegnettet gjennom potensielt skredfarlig områder
Erosjon	– Andel dyrka mark med stor/svært stor erosjonsrisiko ved høstpløying
Vinterskade på eng	– Fare for isbrann (indikator er ikke ferdig utvikla av NIJOS)

Tabell 4 Aktuelle indikatorer for den naturlige klimasårbarheten (Groven mfl, 2006)

Det samme arbeidet som er referert over har kommet med forslag til indikatorer for å beskrive *samfunnsøkonomisk sårbarhet* (se tabell under).

Tema	Mulige indikatorer
Næringsstruktur	Andel ansatte innen antatte risikonæringer (altså næringer man antar er særlig påvirket av klima, som primærnæringer, reiseliv). Her må det trolig gjøres lokale vurderinger av hvordan man skal sette sammen en slik indikator, og det er andre datakilder enn KOSTRA som er aktuelle.
Fysisk infrastruktur - bygninger - veier - ledningsnett - annen fysisk infrastruktur	Her er det i alle fall fire relevante indikatorer for de ulike typene fysisk infrastruktur: Vedlikehold: Et generelt forhold her er graden av <i>vedlikehold</i> ; altså hvor store ressurser som blir avsatt til vedlikehold ifht antatt behov. Hvorvidt det er mulig å få fram slike tall fra KOSTRA er usikkert, men det kunne kanskje tenkes å få fram tall som gjelder kommunale bygninger eller offentlige veier. Driftssikkerhet: videre er det viktig med <i>driftssikkerhet</i> , for eksempel antall dager veier over fjellet er åpent osv – i den grad slike data kan knyttes til klimatiske forhold. Her kan trolig data importeres fra andre dataprodusenter enn KOSTRA (for eksempel NVE, Vegvesenet osv). Lokalisering: Videre er det et generelt forhold som gjelder <i>lokalisering</i> av fysisk infrastruktur i forhold til områder som kan være utsatt for naturskade, som fra flom, skred, havnivåstigning. Her er det flere problemer. Det første gjelder tilgang på slik arealstatistikk. Her må det muligens utvikles ny koding av datapunkter (GIS). Videre er det fortsatt manglende kunnskap om den naturlige sårbarheten; både endringer i frekvensen av "kjente" naturskadefenomener pga klimaendringer (som flom i historiske flomvassdrag) og (enda mer problematisk) forekomsten av "nye" naturskadefenomener som vannmettet jordskred og sørpreskred. Omfang: Til sist kan det være relevant å bruke indikatorer som sier noe om <i>omfanget</i> av den fysiske infrastrukturen, eventuelt relatert til antall innbyggere (eks meter ledningsnett per innbygger).
Mobilitet	Omfanget av transport – både vare- og persontransport – kan brukes som et mål for sårbarhet, ut fra tankegangen at mer transport gir større sjanse for å bli rammet av endrede klimatiske forhold – både i og utenfor lokalsamfunnet. Et næringsliv bestående av bedrifter som eksporterer sine produkter med lastebil er kanskje mer "klimasårbar" enn et næringsliv som leverer hovedsakelig til lokale forbrukere.
Lokal selvforsyning	Her er ett sentralt tema dyrka mark. Tankegangen her er at jo mer dyrka mark man bygger ned lokalt, jo mer sårbar vil lokalsamfunnet på sikt være ifht en mulig framtidig situasjon med redusert global matvareforsyning. Man kan evt utvide dette temaet til å omfatte andre tema- både innenfor matvareproduksjon (som tilgang på beite, fiskeressurser osv) og andre primære ressurser (som tømmer, energi o.a.).

Tabell 5 Aktuelle indikatorer for den samfunnsøkonomiske klimasårbarheten (Groven mfl, 2006)

Det er mange måter å definere temaet "*institusjonell sårbarhet*", og de tenderer fra relativt snevre (og nærmest ensbetydende med "organisasjon") til mer altomfattende. I tabellen under er vist et eksempel på indikatorer for institusjonell sårbarhet utviklet for kommuneorganisasjonen, som igjen er ment å omfatte kommunal drift, forvaltning og samfunnsutvikling. Dermed blir den institusjonelle kapasiteten i kommuneorganisasjonen viktig; men samtidig er også kapasiteten i lokalsamfunnet viktig. Videre; med institusjonell kapasitet mener vi ikke bare den organisatoriske kunnskapen og administrative kapasiteten, men også kompetanse, holdninger og praksis.

CICERO Report 2009:04
**Konsekvenser av klimaendringer,
 tilpasning og sårbarhet i Norge**

Undertema	Mulige indikatorer
Økonomiske ressurser	Statistisk sentralbyrås rangering av kommuner etter økonomisk evne
Kompetanse	Lønnsutgifter i kommunen til relevant type planlegging (fysisk planlegging, kulturminnevern, natur og nærmiljø, klima, beredskap) per innbygger
Proaktiv evne	Tid siden siste rullering/vedtak av relevante planer (kommuneplanen sin arealdel, klimaplan, ROS)
	Antall dispensasjoner fra vedtatte planer (kommuneplanen sin arealdel, klimaplan, andre relevante planer)
	Status i kontroll-/tilsynsaktiviteter som er relevant (eks kommunalt byggetilsyn, tilsvarende aktiviteter på andre områder)
Reaktiv evne	Status ROS-analyse
	Status kommunal plan for kriseledelse
Levende lokalsamfunn	Folketallsutvikling siste 20 år
	Folketallsframskrivninger
	Andel sysselsatte
	Nedgang i arbeidsplasser som besitter relevant kompetanse om naturskade (eks jordbruk, skogbruk – må evt vurderes konkret i hver enkelt kommune)

Tabell 6 Eksempler på indikatorer for institusjonell klimasårbarhet med relevans for kommuner (Groven mfl, 2006)

Denne siste kategorien er i og for seg på siden av hovedfokuset her; nemlig *sårbarhet overfor klimapolitikk*; men det er tette koblinger mellom sårbarhet for klimaendringer og sårbarhet for klimapolitikk (eller økte energipriser i og for seg uavhengig av klimapolitikk). Indikatorene under er i prinsippet de samme som rene utslippsindikatorer, men her forsøkt å bli rettet mer eksplisitt inn mot sårbarhet – ikke bare det å beregne størrelsen og utslippene. Og indikatorene er tenkt inn i en lokal kontekst, i hovedsak rettet inn mot kommunal politikktutvikling.

Undertema	Mulige indikatorer
Næringsstruktur	Andel ansatte innen næringer med særlig høy utslippsmengde per enhet verdiskaping..
Mobilitet	Transportforbruk per innbygger (både person- og godstransport)
Energiforbruk	Energiforbruk, regnet for eksempel per innbygger eller per ansatt (og da energiforbruk i det lokale næringslivet)
Utslipp av klimagasser	Tilsvarende som over, men altså utslipp av klimagasser.

Tabell 7 Eksempler på indikatorer for lokal sårbarhet overfor klimapolitikk (Aall mfl, 2009b).

5.5.4 Oppsummering

Det har foregått mye arbeid internasjonalt og i Norge når det gjelder å utvikle indikatorer for bærekraftig utvikling og miljø. Det foreligger imidlertid få studier både internasjonalt og i Norge som viser effekten av å bruke miljø- og bærekraftindikatorer; det samme gjelder i enda større grad for klimasårbarhetsindikatorer. I Norge foreligger det ingen slike studier.

En viktig erfaring internasjonalt når det gjelder indikatorutvikling og bruk av indikatorer på miljø- og bærekraftområdet er at det er avgjørende å få til en balanse mellom faglig

nøyaktighet og beslutningsrelevans; det som i internasjonal litteratur omtales som henholdsvis kalde og varme indikatorer. Omfattende medvirkningsprosesser knyttet til det å utvikle indikatorer tenderer i retningen av å produsere varme indikatorsystemer, som nok kan utløse handling, men der handlingen da risikerer å ha relativt løse koblinger til det overordnede bærekraftmål som var utgangspunktet for indikatorutviklingen. Motsatt er det mange eksempler på ekspertbaserte systemer, og da særlig på nasjonalt nivå, som utvikler kalde indikatorsystemer som på en god måte fanger opp bærekraftmålet, men som i liten grad evner å inspirere til endringer i politikk og virkemiddelbruk.

Utviklingsarbeid når det gjelder indikatorer for klimasårbarhet er av nyere dato og (derfor) langt mindre omfattende enn tilfellet er for miljø- og bærekraftindikatorer. Den internasjonale litteraturen er mest omfattende på indikatorer for nasjonalt nivå. Dette er gjerne indikatorer som er utviklet for å sammenligne sårbarheten mellom ulike land. Videre er det en hovedvekt når det gjelder indikatorer som beskriver klimaforhold og den naturlige sårbarheten og færre eksempler på indikatorer som beskriver den samfunnsmessige sårbarheten. Det samme er tilfellet i Norge.

IPCC (4 hovedrapport) viser til at spørsmålet om hva som er gode indikatorer for nasjonal tilpasningskapasitet på klimaområdet er et omstridt tema i internasjonal litteratur. Litteraturen mangler konsensus om hvor brukbare indikatorene er når det gjelder allmenn tilpasningskapasitet og hvor robuste resultatene er. Det blir argumentert med at nasjonale indikatorer ikke klarer å fange opp mange av de prosessene og sammenhengene som influerer på tilpasningskapasitet, og dermed gir liten innsikt i tilpasningskapasiteten på lokalt nivå, der det meste av tilpasningen vil foregå. Dette, sammen med økende tilgang på nedskalerte klimascenario, er bakgrunnen for at det i økende grad søkes utviklet indikatorer for regionalt og lokalt nivå.

I Norge har arbeidet med indikatorer for klimasårbarhet så langt hovedsakelig vært innenfor en lokal og regional sammenheng. Det er lagt ned store ressurser i å utvikle et nettbasert system når det gjelder indikatorer som beskriver lokale endringer i klimaet, i noen grad også den naturlige klimasårbarheten (www.senorge.no → klima). Det er startet et arbeid i samarbeid mellom KS, Miljøverndepartementet og Statistisk Sentralbyrå for å supplere et eksisterende indikatorsystem innen miljø- og samfunnsutvikling med klimasårbarhetsindikatorer. Det foreligger et forslag til hvordan dette kan gjøres.

I det videre er det viktig å gjøre studier av effektene av å ta i bruk indikatorer og dermed avdekke muligheter og begrensninger for hvilken effekt man kan forvente av denne typen systemer for beslutningsstøtte, og også avdekke hvilke forutsetninger som gjelder for at slike systemer skal få en størst mulig positiv effekt.

5.6 Risikoanalyser

5.6.1 Innledning

Virkninger av klimaendringer er ikke bare usikre. Det er svært mye man ennå ikke vet, Det gjør risikoanalyser også til et viktig verktøy for vurdering av sårbarhet. Risiko uttrykker sannsynligheten for at noe uønsket skal skje, og er forbundet med faren for at visse omstendigheter vil forårsake uønskede hendelser med alvorlige konsekvenser. Oppfatningen av hva som er risiko er forskjellig fra menneske til menneske, samfunn til samfunn, og endrer seg over tid. Gjennom aktiv bruk av risiko- og sårbarhetsanalyser kan virksomheter få hjelp til å oppdage eget risikopotensiale på et tidlig stadium. Dette vil

igjen påvirke risikoadferd og risikokultur, og være avgjørende når det kommer til å forebygge risiko og håndtere kriser (Boyesen, 2003).

I dette kapitlet skal vi se på hvordan risikoanalyser kan brukes til å kartlegge sårbarhet og arbeidet med klimatilpasning. Vi starter med å beskrive ulike verktøy som kan brukes i generell analyse av sårbarhet og risiko. Dernest ser vi på gjennomføringen av risikoanalyser og særlige utfordringer knyttet til disse.

5.6.2 Bakgrunn for gjennomføring av risikoanalyser

Endringer i klimaet kan ha positive eller negative konsekvenser, og sårbarhet for klimaendringer omhandler i hvilken grad geofysiske, biologiske eller sosio-økonomiske systemer kan håndtere de negative konsekvensene. I mange fagdisipliner forstås risiko som å kombinere (gjærne multiplisere) konsekvenser (gjærne negative) med sannsynlighet. Risikokonseptet fanger således de underliggende usikkerhetene ved klimaforandringer, sårbarhet, effekt og tilpasning (IPCC, 2007b). Tiltak som reduserer utslipp av klimagasser og tiltak for tilpasning til klimaforandringer reduserer risikoen for de fleste sårbarhetsmomenter. Utsettelse av slike tiltak vil midlertidig øke risikoen (IPCC, 2007b).

Veiledere i gjennomføring av risikoanalyser

Boyesen (2003) gir en generell innføring i fagfeltet risikopersepsjon og en sammenfatning av kunnskapen innenfor dette temaet. Rapporten er delt i tre deler der første del tar opp ulike perspektiver på risiko, andre del tar opp risikopersepsjon og siste del diskuterer forholdet mellom risikopersepsjon og samfunnssikkerhet. Risiko uttrykker sannsynligheten for at noe uønsket skal skje, og er forbundet med faren for at visse omstendigheter vil forårsake uønskede hendelser med alvorlige konsekvenser: "Risk is an expression of probability - the likelihood - that something unpleasant will happen...A hazard is a set of circumstances which may cause harmful consequences, and the likelihood of its doing so is the risk associated with it." (British Medical Association, 1987:13, gjengitt i Boyesen, 2003). I følge Boyesen (2003) er vi mennesker preget av *subjektiv immunitet*, dvs at sannsynligheten for uhell minimaliseres dagligdagse situasjoner; Folk underestimerer risiko som forventes å være under deres egen kontroll, folk har stor tro på at de selv kan hanskles med velkjente situasjoner, og de underestimerer også risikoen for hendelser som en sjelden tror skal skje nettopp dem. Dagens trusselbilde er meget komplisert, med blant annet atomtrusler, datakriminalitet og klimaendringer. Å angi sannsynligheten for slike hendelser i Norge vil være forbundet med stor usikkerhet, men de vil i sin konsekvens kunne ramme store deler av samfunnet. Håndtering av slike hendelser vil i liten grad kunne takles av enkeltindivider og vil kreve innsats utover det lokale myndighetsnivået.

Det finnes en rekke generelle fagbøker om sårbarhet- og risikoanalyser.⁶¹ Norsk Standard NS 5814 *Krav til risikovurdering* (Norsk Standard, 2008) er en generell standard rettet mot fag, bransjer og næringer som ikke har egne standarder for risikovurdering. NS 5814 stiller krav til de elementene som kan inngå i en slik prosess. Standarden gir også en beskrivelse av risikovurderingens plass i risikostyring og av faktorer som påvirker planlegging og gjennomføringen av risikovurderinger, for eksempel rammebetingelser og kriterier for aksept av risiko.

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) ble opprettet i 2003 og er underlagt Justis- og politidepartementet. DSB skal ha oversikt over risiko og sårbarhet i samfunnet. De skal være pådrivere i arbeidet med å forebygge ulykker, kriser og andre uønskede hendelser, sørge for god beredskap og effektiv ulykkes- og krisehåndtering. DSB utgir en rekke

⁶¹ For eksempel Hazards Vulnerability and Environmental Justice (Cutter, 2006), Risikoanalyse – teori og metoder (2009), Economics and Management of Climate Change: Risks, Mitigation and Adaptation (Hansjürgens, 2008).

veiledere for arbeid med beredskap og risikohåndtering.⁶² Veilederne fra Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap er ikke direkte knyttet til klimaendringer. Utfordringer knyttet til ekstremvær har alltid vært en del av risikobildet og klimaendringer er i økende grad integrert i både veiledere og rapporter. DSB (2008a) refererer til St. meld. nr. 26 (2006-2007) om Regjeringens miljøpolitikk og rikets miljøtilstand der det sies at "Arealplanleggingen skal bidra til å redusere klimaendringenes trussel mot liv, helse og materielle verdier, samt samfunnsviktige funksjoner og infrastruktur" (Gjengitt i DSB, 2008a). Formålet med veilederen er å gi råd om hvordan kommunen, øvrig offentlig forvaltning, tiltakshavere, konsulenter osv. kan gå frem for å skaffe seg en oversikt over farer, risiko og sårbarhet i arealplanleggingen. Veilederen gir også informasjon om hvordan ROS-arbeidet i kommunal arealplanlegging må ses i sammenheng med lover, forskrifter, retningslinjer, rundskriv og veiledninger knyttet til plan- og bygningsloven. Videre heter det at kunnskap om farer må ligge til grunn i planleggingen, det være seg kunnskap om virksomhetsfarer, menneskeskapt farer og naturfarer. I en presentasjon om eksempler på farekategorier som det kan være aktuelt å kartlegge i kommunen, blir klimaforandringer presentert som et egen "fare" som berører alle naturfarer (Figur 30).

Naturfarer:

Flom, erosjon og isgang
Overvann
Havnivåstigning/vanninntregning
Stormflo
Skred
- Kvikkleireskred
- Jord- og flomskredskred
- Snøskred
- Sørpeskred
- Steinsprang
- Fjellskred og tsunami
- Undersjøiske skred og tsunami
Skog og gressbrann
Sterk vind - storm/orkan
Ekstrem nedbør
Radon

Menneske- og virksomhetsbaserte farer:

Uhell/ulykker med farlige stoffer
Oppbevaring og bruk av eksplosiv vare
Storbrann
Ulykker med transportmidler
- Jernbane
- Fly
- Tankskiphavari
- Fartøy til kai
- Større trafikkulykker
- Transport av farlig gods
Fysisk ødeleggelse av kritisk infrastruktur
Sårbare objekter
Terror og sabotasje
Forurensning i grunnen

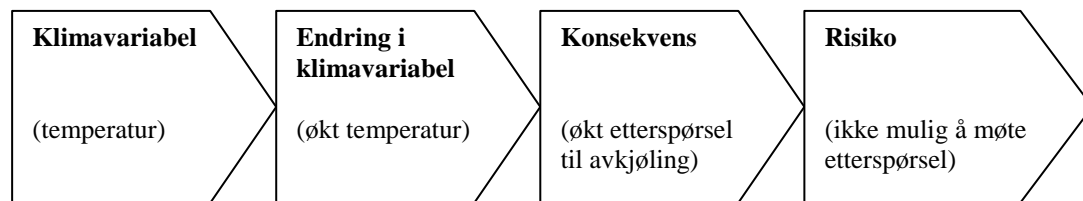
Klima berører alle naturfarer!

Det vil bli varmere, havet vil stige, vi vil få flere ekstremværhendelser og mer nedbør. Vi kan ikke lenger basere oss kun på historiske data når vi vurderer risiko.

Figur 27 Eksempler på farekategorier som det kan være aktuelt å kartlegge i kommunen (DSB 2008a)

⁶² Spesielt relevante er Samfunnssikkerhet i Arealplanlegging (2008a), Veileder for Departementenes systematiske samfunnssikkerhets- og Beredskapsarbeid (2007b), Veileder for kommunale risiko- og sårbarhetsanalyser (1994) og Håndbok i risikokartlegging (elektronisk). Disse og andre veiledere kan lastes ned fra <http://www.dsb.no>

Australske myndigheter (AGO, Australia Government, Department of Environment and Climate Change) har publisert en veileder for analyser av risiko ved klimaforandringer. Veilederen (AGO, 2006) er tilpasset bedrifter og myndigheter og allment tilgjengelig. Veilederen er lagd for å bistå planleggingen for endringer i klima, og er tilpasset en etablert standard for risikoanalyser i Australia og på New Zealand⁶³. Gjennom en systematisk metode kan brukerne vurdere risiko og prioritere de største risikoelementene. For en kraftprodusent kan for eksempel et risikoelement være tilknyttet levering av strøm til kundene ved økt sommertemperatur.



Figur 28 Sammenheng mellom klimaendringer og risiko Kilde; AGO (2006)

Guiden er delt inn i tre deler, der første del beskriver metoden og fremgangsmåte for brukeren. Del to beskriver hvordan man organiserer arbeidsgrupper for å identifisere potensielle risikoelementer. Del tre beskriver hvordan man vurderer risikoen, samt hvordan dette bør inngå i planleggingsprosessen og hva man bør legge vekt på i mer omfattende risikovurderinger. Garnaut (2008) har brukt denne metoden i en studie om effekter av klimaforandringer på telekommunikasjonssektoren og potensielle tiltak for å redusere sårbarheten (se kapittel 2).

5.6.3 Gjennomføring av ROS-analyser i Norge

Vi har tidligere presentert resultater DSB (2007) som for eksempel finner at en tredjedel av kommunene ikke gjennomført risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS-analyser) i løpet av de fire siste årene. Bare om lag en fjerdedel av kommunene har gjennomført ROS-analyser knyttet til arealbruk, noe som DSB (2008a) anser som bekymringsfullt i en tid da ekstremvær med økt fare for ras og flom er blitt mer vanlig enn tidligere. Oppdaterte tall fra 2008 viser at flere kommuner gjennomfører risiko- og sårbarhetsanalyser. Men det er usikkert i hvilken grad klimaendringer er tatt med.

Norsk institutt for by- og regionforskning (NIBR) og Cicero gjennomførte i 2007 en undersøkelse om risikoreduserende og forebyggende klimatiltak i norske kommuner. Formålet var å kartlegge hva som er gjort i kommunene for å redusere utslippene av klimagasser og foreta tilpasninger til klimaendringer, i den hensikt å redusere risiko og sårbarhet. Det var også viktig å finne forklaringer på varierende utbredelse av slike tiltak.

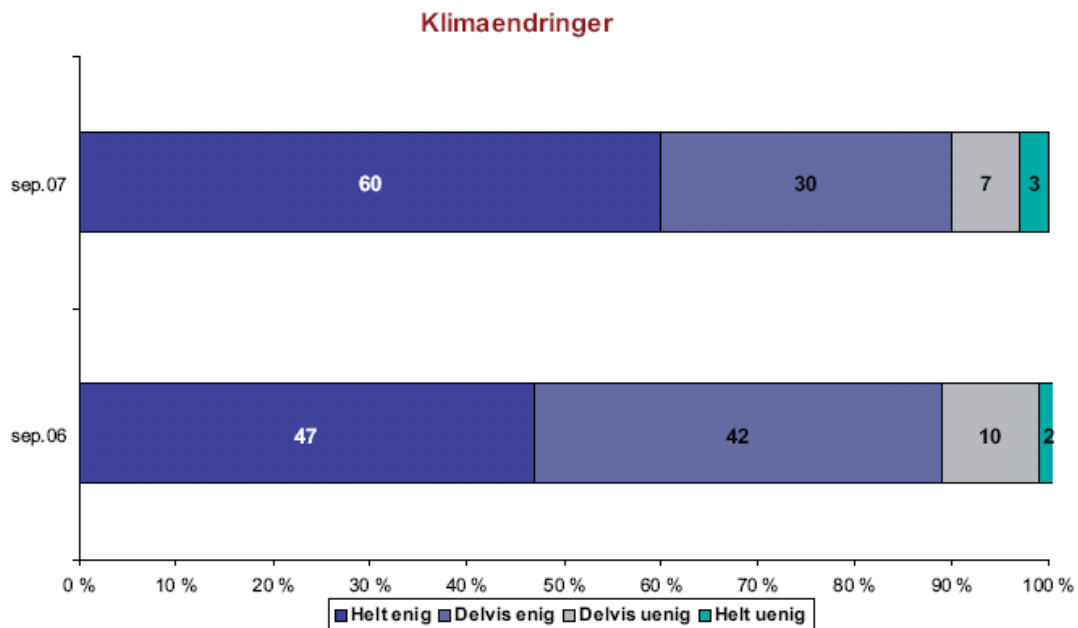
Svarene tyder på at kommune-Norge som helhet ikke har kommet særlig langt. 80 prosent av kommunene hadde ikke påbegynt arbeidet med klimahandlingsplan våren 2007. Rundt fem prosent av kommunene har en utarbeidet en klimahandlingsplan som er inne til revisjon, fem prosent har definert planen inn i kommuneplanen, mens 10 prosent har vedtatt en egen klimahandlingsplan. Tallene referert over er noe lavere enn tilsvarende tall fra Enova. Det kan skyldes at Enova opererer med begrepet "Energi- og klimaplan," og nylig har gitt ut en veileder til kommunen kalt "Alle kommuner bør ha en energi- og klimaplan" (Enova 2007). NIBR og Cicero benyttet begrepet "Klimahandlingsplan," som er det begrepet Statens

⁶³ Australian and New Zealand Standard for Risk Management, AS/NZS 4360:2004

forurensningstilsyn benytter (<http://sft.no/artikkel40903.aspx>). Forurensningstilsynet har lenge kunnet tilby kommunene en veileder til klimahandlingsplan. Det er en klar tendens til at arbeidet med klimahandlingsplaner har kommet lenger i store enn i små kommuner. Selv om tallmaterialet var lite, var det klare tendenser til at kommuner som ikke hadde opplevd ekstremvær, i mindre grad hadde gjennomført ROS-analyser. Et annet viktig forhold synes å være at kommunenes rolle i den nasjonale klimapolitikken fremdeles er nokså vag. Kommunene har gjort mest på områder de tradisjonelt har hatt ansvar for, og som også er områder som ikke nødvendigvis er motivert ut fra klimapolitiske hensyn.

Vestlandsforskning har i samarbeid med Østlandsforskning, Norges Geotekniske Institutt og Universitetet i Stavanger (Groven m.fl. 2008) har gjennomført et prosjekt for KS om sårbarhet for naturskade i kommunene. Formålet med prosjektet var å utrede a) sannsynlige konsekvenser klimaendringer vil ha på naturskadesituasjonen i kommunene, b) ansvarsfordeling mellom ulike samfunnsaktører når det gjelder forebygging og sikring, inklusive erstatningsansvar og c) finansiering av forebygging og sikring. Framtidig sårbarhet avhenger både av endringer i klimaet (temperatur, nedbør, havnivå) og hvordan samfunnet utvikler seg (befolkning, næringsliv, bosetting/bygde strukturer, mentalitet). For å utforske denne kombinerte effekten er det med utgangspunkt i sju casekommuner, Hammerfest, Stjørdal, Ørland, Kristiansund, Lom, Tinn og Fredrikstad, laget lokale klima- og samfunnsscenarioer for 2025 og 2060. Klimascenariene bygger på elleve ulike simuleringer av temperatur og nedbør, og disse viser til dels stor innbyrdes variasjon. Det var et poeng å formidle denne variasjonsbredden da det ikke går an å hevde at én av framskrivningene er mer sannsynlig enn andre. Samfunnsscenarioene bygger på et bredt tilfang av empirisk og teoretisk kunnskap om demografi, økonomi, infrastrukturer, regional utvikling mv. De er bygd rundt en enkel modell med følgende elementer: (1) befolkning, (2) arbeids- og næringsliv, (3) bosetting og bygde strukturer og (4) mentalitet. Hovedfunnene i rapporten er at sårbarhet for naturskader varierer med region og årstid og kan både øke og avta, men generelt ventes større sårbarhet for skred og flom høst og vinter. Økt mobilitet, forsterket urbanisering og utbygging nær sjøen kan bidra til økt sårbarhet i framtida. Mangel på kompetanse og kapasitet svekker kommunenes forutsetninger for å håndtere disse utfordringene. Ansvar for forebygging og sikring er per i dag definert, men fragmentert (særlig for skred) og blir etterlevd i varierende grad. Videre finner Groven m.fl (2008) at skadefenomener som opptrer med økt intensitet, på nye steder eller til uvante tider av året, framstår som "nye" naturskadeutfordringer og i slike tilfeller kan manglende kunnskap og oppmerksomhet skape uklarhet. Dagens todelte naturskadeerstatning gir stor grad av sikkerhet for publikum og bør opprettholdes og tilskuddsordningene for sikringstiltak (Statens naturskadefond og NVE) fungerer tilfredsstillende, men har for små rammer til å møte behovet. Usikkerhet om klimautviklingen taler for at verstefallsscenario blir innlemmet i statens klimasårbarhetsstrategi.

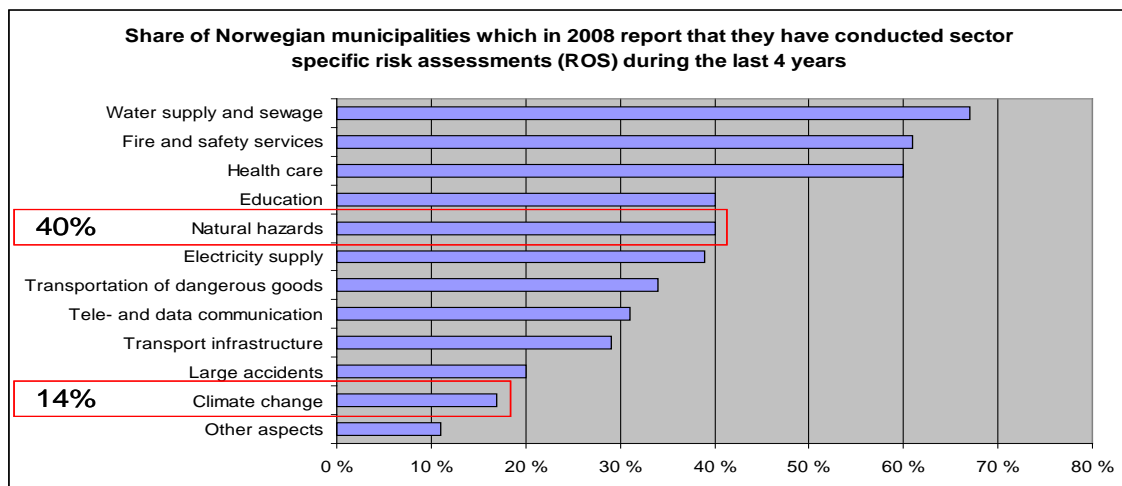
Nasjonalt beredskapsbarometer er en årlig spørreundersøkelse som gjennomføres av DSB om samfunnsikkerhet og beredskap. Beredskapsbarometeret for 2007 viser at det er stor tiltro til myndighetenes evne til å mestre ulike hendelser. Tiltroen er meget høy for samferdselsulykker (86 prosent) og naturkatastrofer (75 prosent) og lavest for krig på norsk jord (38 prosent) og atomulykke (35 prosent). De krisene som befolkningen mener det er mest sannsynlig kan inntreffe er naturkatastrofer, store kollektivtransportulykker, industrieller transportulykker og store forurensinger. Fra og med 2006 ble befolkningen også spurt om klimaendringer. Fra 2006 til 2007 er det en relativt stort økning i andelen som er helt enig i at klimaet er i ferd med å endre seg. De spurte har stor tiltro til at offentlige myndigheter er tilstrekkelig beredt, og bare en av ti vurderer å i verksette egne tiltak.



Figur 29 Tror du klimaet er i ferd med å endre seg? (DSB, 2007)

Utfordringer knyttet til ROS-analyser

En viktig utfordring knyttet til ROS-analyser er overgangen fra naturskade-ROS til klima-ROS. Den siste DSB undersøkelsen spurte kommunene om de hadde gjennomført både naturskade- og klima-ROS, uten at man definerte hva som er forskjellen. Den "enkle" forskjellen består i at man i det siste tilfellet også har vurdert om klimapåvirkningen (og dermed sannsynligheten for naturskade) vil endre seg i framtiden.



Figur 30 Andel Norske kommuner som har gjennomført ROS i de senere 4 år (DSB, 2007a)

En utfordring ved noen anvendte ROS-analyser er at disse tar utgangspunkt i en vurdering av sannsynlighetsdelen av risiko som en "frekvens av tidligere hendelser". Altså: Skal noe vurderes som en risiko, må det ha inntruffet før. Konsekvensene vurderes likeens som konsekvenser av hendelsene når de inntraff før. Innbjør (2008) argumenterer for at en slik beregningsmetode passer svært dårlig med klimaendringenes uforutsigbare utfordringer, med

endringer både i værphenomener, fenomenenes nedslagskraft og – områder. Risiko og sårbarhet er ikke størrelser som er opplest og vedtatt en gang for alle – de endrer seg over tid, og dette perspektivet er særlig viktig med tanke på at nedbørsmønstre, temperatur og andre klimarelaterte fenomener nå er i endring.

Groven m.fl 2008 viser til ”nye” naturskadetemaer som ikke vil fanges opp av tradisjonell tilnærming. ”Nye” temaer dreier seg om kjente mekanismer som opptrer med vesentlig endret hyppighet, styrke, på nye tider av året eller på nye lokaliteter. Eksempler på naturskader som kan komme til å opptre på kvalitativt ny måte er vannmetta jordskred, steinsprang utløst av fryse/tineprosesser, sørpeskred, nedbørsflommer i små vassdrag, urban flom og havnivåstigning. Palm (1995) peker på at vurdering av slike sannsynligheter er sterkt avhengig av om man har opplevd en hendelse selv eller ikke. De som har opplevd ekstremhendelser vurderer stort sett sannsynligheten for at det skal skje som langt større enn de som ikke har opplevd det. Det gir kimen til interessemotsetninger om hva en offentlig tilpasningsstrategi skal inneholde

Det er flere usikkerhetsmomenter som har betydning for potensiell risiko ved menneskeskapte klimaendringer; usikkerhet knyttet til fremtidige utslipp, usikkerhet knyttet til sammenhengen mellom utslipp og klimaendringer og sammenhengen mellom klimaendringer og biosfæren (se for eksempel Leggett m.fl, 2003). I 2006 utgav en arbeidsgruppe ledet av Sir Nicolas Stern *Stern-rapporten*. I følge Stern (2006) er kostnadene ved klimaforandringer langt høyere enn tidligere antatt og uten betydelige tiltak kan fremtidige velferdstap komme opp i 20 prosent av brutto nasjonalprodukt sammenlignet med en fremtid uten klimaendringer, mens det bare koster 1-2 prosent å redusere utslippene for å unngå deler av disse endringene. Anslagene ligger langt over tidligere økonomiske analyser som estimerer kostnadene til 0,5-1-5 prosent (Cicerone 2007), og ledet til en opphetet faglig debatt om størrelsen på risiko ved klimaendringer, samt holdning en har og bør ha til slik risiko. Risiko, kostnader og forventet nytte av tiltak er momenter som inngår i det såkalte nytte-kostnadskriteriet. Det sier at ”forventet nytte (av tiltaket) bør være større enn kostnad” hvis tiltaket skal forsvares. Dette er relevant for utslippsreducerende tiltak så vel som tilpasningstiltak. Anvendelse av kriteriet har i praksis noen ganger ledet til en konservativ holdning til klimaendringer og mange tiltak blir anbefalt *ikke* gjennomført. En viktig grunn til den konservative holdningen er at forventet nytte neddiskonteres, slik at en positive virkning langt fram i tid fremstår som langt mindre nyttige enn om samme virkning inntreffer i dag. En intellektuell bakgrunn for Stern-rapportens mer radikale holdning er imidlertid under utvikling, med Martin Weitzman, en professor ved Økonomisk fakultet på Harvard, som frontfigur. Weitzman argumenterer med at sannsynligheten for katastrofal klimaendring er større enn de fleste tidligere analyser vil være ved (Weitzman, 2009a, Weitzman, 2009b). Det intuitive argumentet er at en neddiskontert katastrofe fortsatt er en katastrofe.

5.6.4 Oppsummering

Risikovurdering innebærer å identifisere farer og uønskede hendelser, analysere og evaluere risiko og å identifisere tiltak som kan redusere risikoen. Relevant i en risikoanalyse er spørsmålene om hva uønsket som kan skje, hva sannsynligheten er for at det uønskede skjer, og hvilke konsekvenser de uønskede hendelsene kan medføre. Det finnes en rekke verktøy for gjennomføring av risiko og sårbarhetsanalyser, blant annet fra utgitt av Direktoratet for samfunnsberedskap og sikkerhet. Overgangen fra tradisjonelle ROS analyser til klima ROS analyser byr på en rekke utfordringer på grunn av at den fremtidige usikkerheten (sannsynligheten for utfall) er annerledes enn i dag. Groven m.fl 2008 er blant dem som viser til ”nye” naturskadetemaer som ikke vil fanges opp av tradisjonell tilnærming, og at usikkerhet om klimautviklingen taler for at verstefallsscenario blir innlemmet i statens klimasårbarhetsstrategi.

5.7 Samfunnsendringer og klimasårbarhet

5.7.1 Innledning

IPCC peker i sin fjerde hovedrapport på følgende når det gjelder kunnskapsstatus i å analysere samfunnets sårbarhet for klimaendringer (Parry m.fl., 2007: 77): "[Since the IPCC Third Assessment] there has been little advance on impacts under different assumptions about how the world will evolve in the future – societies, governance, technology and economic development". Utsagnet kan knyttes til den i og for seg innlysende innsikten at klimasårbarhet nødvendigvis må være en effekt av hvordan klimaet og samfunnet endrer seg. Klimaendringer kan øke påvirkningen fra klimafaktorer på samfunnet, mens samfunnsendringer kan påvirke eksponeringen for de samme klimafaktorene. På tross av denne innlysende innsikten er det dominerende fokuset i både debatten og forskningen på spørsmålet om hvordan samfunnet kan bli påvirket av klimaendringer rettet inn mot det første leddet i det resonnementet. Man legger så å si til grunn at fremtidige klimaendringer påvirker et samfunn som er nøyaktig likt i dag. I den grad endringer av samfunnet blir trukket inn så er det oftest avgrenset til samspillmekanismer mellom samfunnsendringer, effekter i naturen og hvordan dette igjen kan forsterke eller minske effektene i naturen av klimaendringer. I det første kapittelet fra arbeidsgruppe II i IPCC sin fjerde hovedrapport ("Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems") blir spørsmålet om "climate" versus "non-climate drivers of change" diskutert. Tabellen under oppsummerer drøftingene som gjelder det "non-climate drivers", der mye av oppmerksomheten altså er rettet mot hvordan samfunnsendringer kan påvirke den naturlige sårbarheten, mens effekter som gjelder samfunnets eksponering for klimapåvirkning ikke er tematisert direkte.

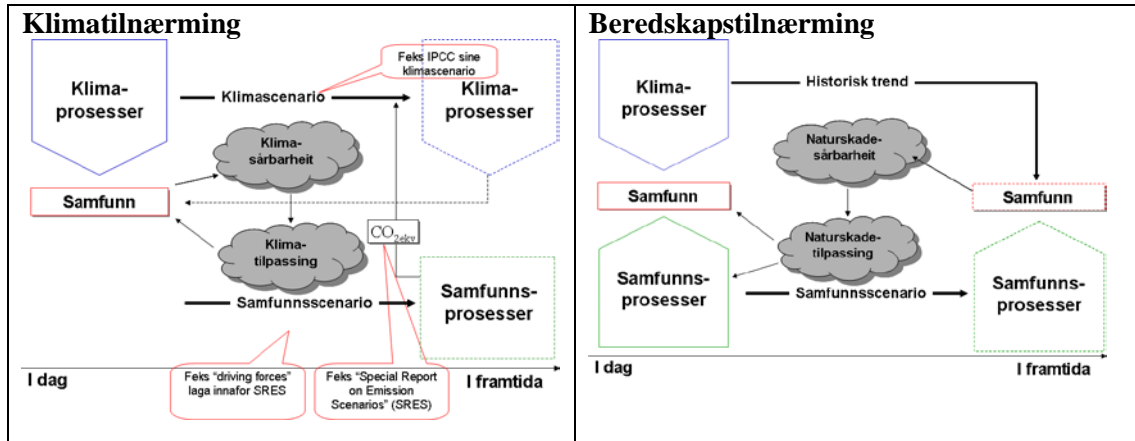
Non-climate driver	Examples	Direct effects on systems	Indirect effects on climate
Geological processes	Volcanic activity, earthquakes, tsunamis (e.g., Adams et al., 2003)	Lava flow, mudflows (lahars), ash fall, shock waves, coastal erosion, enhanced surface and basal melting of glaciers, rockfall and ice avalanches	Cooling from stratospheric aerosols, change in albedo
Land-use change	Conversion of forest to agriculture (e.g., Lepers et al., 2004) Urbanisation and transportation (e.g., Kalnay and Cai, 2003)	Declines in wildlife habitat, biodiversity loss, increased soil erosion, nitrification Ecosystem fragmentation, deterioration of air quality, increased runoff and water pollution (e.g., Turralioglu et al., 2005)	Change in albedo, lower evapotranspiration, altered water and heat balances (e.g., Bennett and Adams, 2004) Change in albedo, urban heat island, local precipitation reduction, downwind precipitation increase, lower evaporation (e.g., Weissflog et al., 2004)
Land-cover modification	Afforestation (e.g., Rudel et al., 2005) Ecosystem degradation (desertification)	Restoration or establishment of tree cover (e.g., Gao et al., 2002) Reduction in ecosystem services, reduction in biomass, biodiversity loss (e.g., Nyssen et al., 2004)	Change in albedo, altered water and energy balances, potential carbon sequestration Changes in microclimate (e.g., Su et al., 2004)
Invasive species	Tamarisk (USA), Alaska lupin (Iceland)	Reduction of biodiversity, salinisation (e.g., Lee et al., 2006)	Change in water balance (e.g., Ladenburger et al., 2006)
Pollution	Tropospheric ozone, toxic waste, oil spills, exhaust, pesticides increased soot emissions (e.g., Pagliosa and Barbosa, 2006)	Reduction in breeding success and biodiversity, species mortality, health impairment, enhanced melting of snow and ice (e.g., Lee et al., 2006)	Direct and indirect aerosol effects on temperature, albedo and precipitation

Tabell 5.82 Direkte og indirekte effekter av ikke-klimatiske drivkrefter (IPCC, 2009)⁶⁴

I en sammenstilling av internasjonale erfaringer med hvordan lokale myndigheter har arbeidet med spørsmålet om klimasårbarhet og klimatilpasning blir dette poenget framhevet, samtidig som rapporten viser til at innenfor debatten omkring beredskap og naturskade er det på sett og viss det *andre* leddet i resonnementet som har fokus; altså hvordan samfunnsendringer gjør

⁶⁴ <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter1.pdf>

samfunnet mer eller mindre sårbare for en gitt risiko for naturskade (Heiberg m.fl., 2008). Disse ulike tilnærmingene kan skarpstilles ved hjelp av figurene under og benevnes henholdsvis som ”klimatilnærming” og ”beredskapstilnærming” til det å analysere og forstå klimasårbarhet.



Figur 31 To ulike tilnærminger til hvordan analysere klimasårbarhet (Heiberg m.fl., 2008)

Innen det vi over har kalt ”klimatilnærmingen” har samfunnsmessige endringer selvsagt også blitt vektlagt, men da i hovedsak som grunnlag for å formulere input til klimascenarioene i form av ulike utslippsscenarioer. Innenfor arbeidet til IPCC er dette gjort gjennom ”Special Report on Emission Scenarios” (SRES), som igjen bygger på samfunnsmessige scenarier der såkalte ”driving forces” er et viktig element. Disse er imidlertid identifisert ut fra hvilke drivkrefter i samfunnsutviklingen som er sentrale i å påvirke utslippsnivå og – sammensetning, ikke i å bestemme samfunnets eksponering for klimapåvirkning. Selv om noen drivkrefter nok er felles, er det sannsynlig at det ikke er fullt overlapp. Det er derfor rimelig å se for seg at samfunnsmessige scenarier utformet for å beskrive hvordan samfunnets sårbarhet overfor klimaendringer kan utvikle seg vil være i alle fall noe forskjellig fra det som er gjort innenfor rammen av arbeidet til IPCC. Her er det trolig noe å lære fra de typene samfunnsvurderinger som er laget innenfor det vi i figur 11 har betegnet som ”beredskapstilnærming”.

5.7.2 Internasjonal kunnskapsstatus

I kapittel 20 ”Perspectives on climate change and sustainability” i rapporten fra arbeidsgruppe II om klimasårbarhet og klimatilpassning til IPCC’s fjerde hovedrapport (IPCC, 2007a), drøftes spørsmålet om hvordan samfunnsutvikling kan påvirke samfunnets klimasårbarhet. Her drøfter man på den ene siden samspillet mellom tiltak for en bærekraftig utvikling og for å redusere klimagassutslipp, på den andre siden hvordan andre miljøendringer (som tørke, avskogning osv) kan gjøre samfunnet ytterligere sårbart for klimaendringer.

Selv om ikke IPCCs fjerde hovedrapport direkte drøfter spørsmålet om hvordan samfunnsendringer kan påvirke samfunnets klimasårbarhet, er dette et tema som har vært adressert internasjonalt innenfor deler av klimaforskningen (Tol, 1998; Carter m.fl., 2001). Det fins også eksempler på at det har blitt utviklet samfunnsøkonomiske scenarier for å prøve å forstå bedre virkningene klimaendringer kan ha på samfunnet, bl.a. innen EU (Jordan m.fl., 2000), Storbritannia (UKCIP, 2001), USA (Parson m.fl., 2001) og Finland (Kaivo-Oja m.fl., 2004).

5.7.3 Kunnskapsstatus i Norge

Erkjennelsen av at klimasårbarhet er en effekt av endringer i klima og samfunn er fanget opp i et pågående arbeid innenfor det regjeringsoppnevnte utvalget Klima21 som skal komme med innspill til framtidig forskningsstrategi på klimaområdet. I én av i alt fire arbeidsgrupper som er satt ned våren 2009 og skal levere innspill til Klima21 innen 15. september 2009, arbeidsgruppe 2 som omhandler klimasårbarhet og klimatilpasning, står bl.a. følgende i mandatet: "...det [er] viktig å belyse hvordan endringer i samfunnet kan gjøre samfunnet mer eller mindre eksponert for klimapåvirkning".

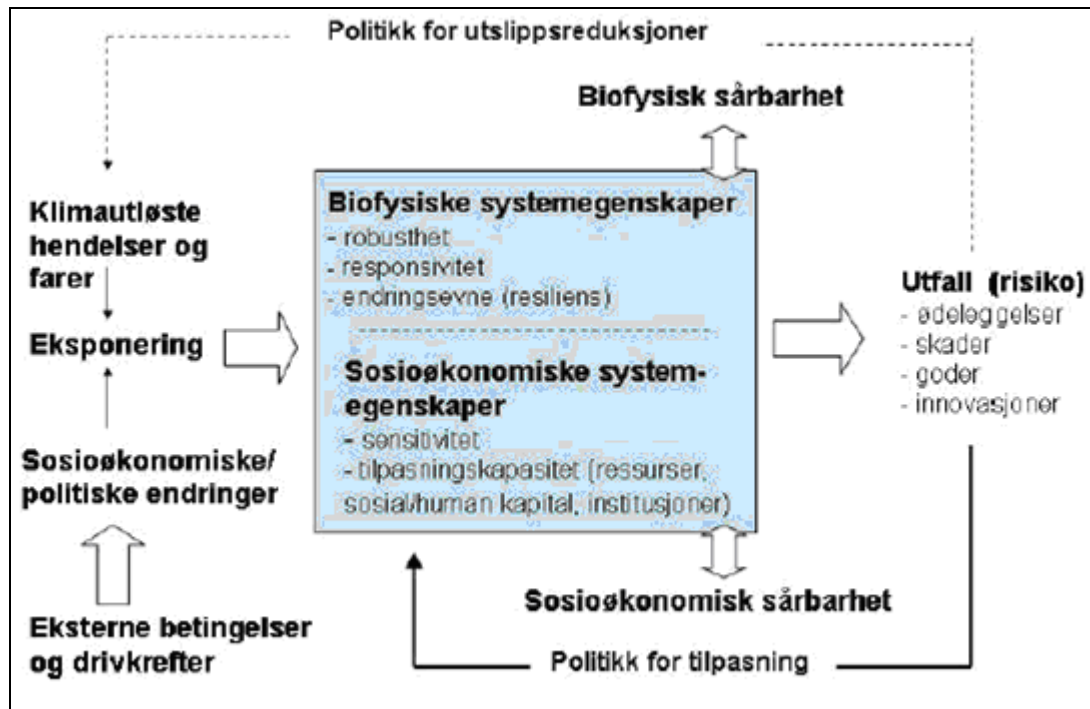
Den første studien som – i alle fall indirekte – satte på dagsorden spørsmålet om hvordan samfunnsendringer kan påvirke samfunnets klimasårbarhet er en offentlig utredning fra 2000 om samfunnsårbarhet (NOU 2000: 24 "Et sårbart samfunn. Utfordringer for sikkerhets- og beredskapsarbeidet i samfunnet"). Dette spørsmålet drøftes videre i Aall og Groven (2003) og Andersen (2008). I innledningen til NOU 2000:24 omtales klimaendringer som en i og for seg relevant problemstilling for beredskapsarbeidet, men fordi dette vurderes å være en "potensiell krise" blir andre og mer kortsiktede utfordringer prioritert i utredningen. Likevel, i forhold til det tradisjonelle (i betydningen at man ikke tar hensyn til hvordan klimaendringer kan påvirke risikovurderingene) naturskadearbeidet så gjør NOUen vurderinger som er relevante også i en klimasammenheng. I kapittel 4 drøfter utvalget hvordan samfunnsendringer kan gjøre samfunnet mer sårbart for ulike trusler, som for eksempel naturskade. NOUen fra 2000 følges i 2006 opp av en ny NOU (nr 6): "Når sikkerheten er viktigst. Beskyttelse av landets kritiske infrastrukturer og kritiske samfunnsfunksjoner". Her drøftes bl.a. konsekvensene av pågående trender som gjelder deregulering innefor en rekke samfunnsområder og hvordan dette kan øke sårbarheten, bl.a. i forhold til naturskade. Denne utredningen tar også opp klima som en relevant utfordring for beredskapsarbeidet i Norge, og la det formelle grunnlaget for de initiativene Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) etter hvert skulle ta for å reise spørsmålet om klimasårbarhet og klimatilpasning på dagsorden nasjonalt. Poenget med disse to eksemplene er å vise at det er etablert kunnskap å vurdere hvordan samfunnsendringer, ikke bare de ytre risikofaktorene (som klimaendringer), kan påvirke samfunnets sårbarhet overfor de samme ytre risikofaktorene.

Så vidt vi har kjennskap til er det bare tre forskningsprosjekter som har analysert eksplisitt og systematisk spørsmålet om hvordan samfunnsendringer kan påvirke samfunnets klimasårbarhet:

- Det strategiske instituttprogrammet "Regionale og lokale effekter av og tilpasninger til klimaendringer" finansiert av Miljøverndepartementet og gjennomført av NIBR i perioden 2003-08.
- Prosjektet "Storm, skred, flom og oljeutslipp - ansvar, myndighet, roller og finansiering av sikringstiltak og skadeforebyggende arbeid" (KS-naturskade) finansiert av KS-forskning og gjennomført i perioden 2007-2008 av Vestlandsforskning (prosjektleder) i samarbeid med Universitetet i Stavanger, NGU og Østlandsforskning.
- Prosjektet "Lokal klimatilpasning og klimasårbarhet i Norge" (NORADAPT) finansiert av Norges forskningsråd gjennom NORKLIMA og gjennomført i perioden 2007-2010 av CICERO (prosjektleder) i samarbeid med Vestlandsforskning, Met.no og Østlandsforskning.

Kleven mfl (2004) og Kleven (2005) drøfter en modell for analyse av den lokale klimasårbarheten som består i å beskrive et system med visse spesifikke egenskaper som eksponeres for eksterne drivkrefter. I modellen skiller de mellom *naturbestemte* drivkrefter, her representert ved hendelser utløst av klimaparametere (for eksempel temperatur, vind,

nedbør, bølgehøyde, hver for seg eller i samvirke); og *sosioøkonomiske* drivkrefter forårsaket av politiske beslutninger eller bestemt av sosiale, demografiske eller andre forhold (jf figuren under). Med ”systemet” menes her en region med mange ”delsystemer” i form av lokalsamfunn og -befolkning, naturressurser, næringer, teknisk og økonomisk infrastruktur. Fokus er de deler av systemet hvor klimaparametere utløser – eller har potensial til å utløse – forstyrrelser som vil påvirke det større systemets tilstand og atferd på negativt eller positivt vis. Modellen vist i figuren under tar utgangspunkt i en utløsende klimahendelse. Med det menes et observerbart avvik fra normalsituasjonen forårsaket av klimaparametere som temperatur, nedbør, vind, bølger (alene eller i kombinasjon). En klimafare er en klimahendelse, eller en kombinasjon av flere hendelser, som kan forårsake skade. Klimafarer assosieres ofte med forekomst av ekstremverdier på én eller flere, sammensatte klimaparametere. Hva som oppfattes som ekstremforhold er ingen fast størrelse. Ekstremsituasjoner, og tilhørende klimafarer, kan være vanlige og forekomme regelmessig (som vind over en viss styrke), eller de opptrer mer sjelden, med lange mellomrom (som en 100 års flom). Det avgjørende kriterium for hva som definerer ekstremforhold, vil være hvorvidt hendelsene forårsaker skader eller ikke.



Figur 323 En begrepsmodell for sårbarhetsstudier (Kleven mfl, 2004)

Kleven (2005) beskriver så en femtrinns tilnærming til det å få fram den lokale eller regionale klimasårbarheten; en tilnærming som har blitt videreutviklet i to andre prosjekter; nemlig KS-naturskade og NORADAPT.

Det *første* trinnet er å vurdere *dagens* sårbarhetssituasjon. Det sentrale ser å kartlegge den sosioøkonomiske basis, det vil si regionens avhengighet av ressursbaserte næringer som skogbruk, landbruk og reindrift, næringsstruktur og sysselsetting og demografisk utvikling. I tillegg er det viktig med oversikt over sårbar samfunnsmessig (teknisk) infrastruktur og planleggings- og beredkapsopplegg i forhold til situasjoner med naturkatastrofer og ulykker.

Det *andre* trinnet er å vurdere studieområdets generelle fysiske, økonomiske og sosiale sårbarhet, dets tilpasningsevne og kapasitet til å takle endringer. Effektene av klimaendringer

vil addere seg til den generelle sårbarheten, forsterke eller redusere den alt ettersom hva de forventede effektene vil kunne bli. Her vil ikke minst kunnskap om hvordan klimaforhold har hatt historisk betydning innenfor ulike sektorer stå sentralt.

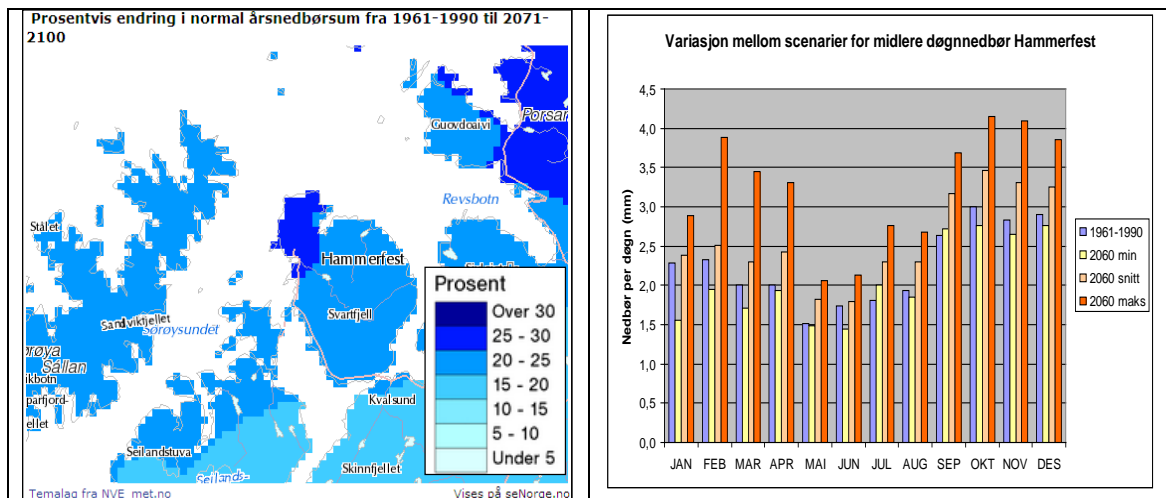
Det *tredje* trinnet er å vurdere hvordan og hvor effektivt dagens forvaltninger og eksisterende virkemidler håndterer klimautløste hendelser og sårbarhet.

På grunnlag av kunnskap om dagens situasjon vil det *fjerde* trinnet prøve å beskrive den *fremtidige* klimarisikoen. Her står vi i følge Kleven (2005) overfor to kritiske forhold. For det første må det foreligge troverdige klimascenarioer med en tidshorison og detaljeringsgrad som gjør det mulig – interessant, relevant, troverdig og realistisk – å vurdere effekter av klimaendring på en måte som gir grunnlag for handling i dag. For det andre må vi også utvikle et troverdig sosioøkonomisk scenario som de fremtidige klimautsiktene kan koples opp mot.

Det *siste* trinnet er å utvikle en tilpasningsstrategi som ikke minst innebærer å vurdere systemets kapasitet til å tilpasse seg fremtidige klimaendringer i lys av det sårbarhetsbildet som er dannet i de foregående trinnene.

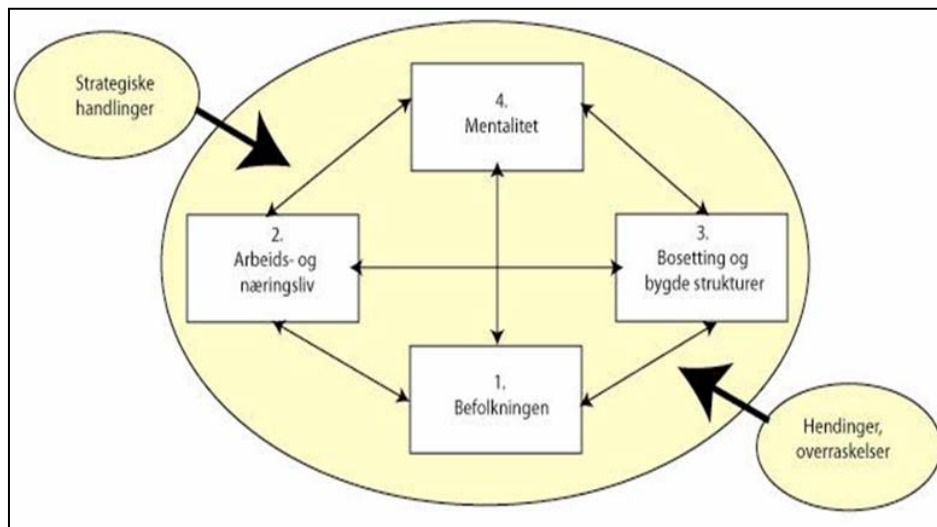
Både KS-naturskade og NORADAPT prosjektet griper fatt i de to utfordringene Kleven (2005) peker på knyttet til det såkalte fjerde trinnet; altså det å framskaffe troverdige scenarioer som gjelder endringer i klima og samfunn.

En erfaring når det gjelder framstilling av regionale *klimascenarioer* er at det er svært avgjørende hvordan usikkerheten og variasjonen i klimascenarioene blir framstilt (Groven mfl, 2008; Heiberg mfl, 2008). I de enkleste framstillingene, som bl.a. er tilgjengelig på www.senorge.no, blir disse forholdene redusert til én størrelse, der det blir framstilt ett (antatt mest) sannsynlig bilde (jf figuren under). Men denne framstillingen kamuflerer det forholdet at når man bruker ulike klimamodeller får man en relativt stor spredning mellom like sannsynlige utfall. Kommunene som deltok i KS naturskadeprosjektet ga uttrykk for at de ønske å få fram maks- og minimumsverdier, noe som er vist i bildet til høyre i figuren under. Her er det tatt med – i tillegg til det ”gjennomsnittet” som er vist i kartet til venstre – også de (like sannsynlige) minimums- og maksimumsverdiene fra de ulike klimamodellene som inngår i den samlede analysen.



Figur 334 To ulike måter å framstille nedskalerte klimadata (Heiberg mfl, 2008)

Det å utvikle troverdige samfunnsscenarioer var en særlig krevende utfordring i KS-naturskade, som er forsøkt videreutviklet i NORADAPT. I KS-naturskade prosjektet ble det utviklet en nasjonal modell som var laget slik at den også skulle kunne skaleres ned til regionalt eller kommunalt nivå (Selstad, 2008). Figuren under viser den tematiske oppbyggingen av det samfunnsscenarioet som ble brukt i KS-naturskade prosjektet. I NORADAPT prosjekt er det tatt inn ett element i tillegg til de fire som er vist under, nemlig mobilitet. Et viktig poeng med modellen illustrert under er at befolkningsprognoser legger sterke premisser for scenarioet. I modellen er det benyttet tall fra det såkalte invandrerregnskapet som SSB i sin tid laget etter en direkte bestilling fra Stortinget, noe som har gjort det mulig å ta ut lokale (eller regionaliserte) befolkningsprognoser så langt fram som 2060 (noe de vanlige befolkningsprognosene ikke åpner opp for). Befolkningsprognosene er så styrende for framskriving av arbeids- og næringsliv.



Figur 34 Modell for samfunnsscenario brukt til å analysere samfunnets klimasårbarhet (Selstad, 2008)

Under er vist utdrag av de konklusjonene som er trukket på et overordnet nivå når det gjelder hvordan samfunnsmessige endringer kan påvirke klimasårbarheten (Groven mfl, 2008):

- Brakklegging av marginale landbruksområde
 - Gjengroing: Redusert skredfare
 - Omfattande vegnett med få innbyggjarar – krevjande vedlikehald
- Tenestesamfunn med auka transportbehov
 - Større transportvolum gjer oss meir sårbare
 - Større krav til regularitet – press for å halde opne samferdselsårer
- Forsterka urbanisering
 - Redusert sårbarheit i utkantane
 - Kraftig byvekst ("urban sprawl") genererer trafikk, store investeringar kan gå ut over vedlikehald/sikring av eksisterande vegnett
 - Utbyggingspress på sentrumsnære naturskadeutsette areal

- Vi trekkjer mot sjøen
 - Ønske om å lokalisere bustader, næringsbygg og infrastruktur nær sjøen

Det er gjort forsøksvise sammenstillinger av nedskalerte vurderinger av klima- og samfunnsmessige endringer for i alt syv eksempelkommuner innenfor tematikken naturskade. Kommunene oppga at denne typen sammenstillinger ble opplevd å være mer meningsfylt enn bare å forholde seg til den formen for nedskalering av klimadata som man kan få fra met.no og Bjerknæssenteret (Groven mfl, 2008).

I NORADAPT blir det for tiden arbeidet med å føre modellen for samfunnsøkonomiske vurderinger videre med å involvere kommunene direkte i en dialog om utvikling av de lokale samfunnsscenarioene. Videre arbeides det med å utvikle tilnæringer for å utforme lokale klimatilpasningsstrategier på grunnlag av sårbarhetsanalyser som tar hensyn til både den naturlige og samfunnsmessige sårbarheten.

Econ (2006) har gjennomført studien *Samfunn i endring – hva betyr det for naturskadeordningen*. Studien ser på utviklingen 30 år tilbake og 30 år frem i tid for endringer i levekår, næringsgrunnlag og andre forhold som påvirker befolkningens sårbarhet for naturulykker. I følge Econ (2006) er urbaniseringen antakelig den enkeltfaktor som bidrar sterkest til å øke sårbarheten for naturskader, spesielt for flom og skredulykker, hovedsakelig fordi konsentrasjonene av mennesker, bygninger og andre objekter som kan bli skadet gjør at skadeomfanget blir større når en ulykke skjer. Videre har endringer i næringsstruktur, utvikling av infrastruktur og økt velstand endret vår sårbarhet for naturskader. Klimaendringer er ikke behandlet særskilt i rapporten, men klimaendringer kan få betydning for risiko og omfang av naturskader. For eksempel hevder Econ (2006) at vi er blitt flinkere til å sikre oss, men at klimaendringer er kanskje den største utfordringen for arbeidet med sikring mot naturskader framover ettersom endringene kan gjøre at både omfang og hyppighet av ulike naturskader kan endres vesentlig over relativt kort tid dersom de mest pessimistiske spådommene slår til. Dette gjør det vanskelig å planlegge sikringstiltak framover. I følge Econ (2006) er fordelene med den norske ordningen, til sammenligning med land uten offentlig ordning, er at den sannsynligvis legger til rette for en mer effektiv håndtering av skader ved store hendelser og at den gir bedre incentiver til kollektiv sikring. En av ulempene som vi var inne på tidligere er at ordningen antakelig i mindre grad ansvarliggjør den enkelte.

5.7.4 Oppsummering

Betydningen av å vurdere samfunnsendringer i lys av klimasårbarhet kan sammenfattes i to poeng: (1) Det gir en mer dynamisk forståelse av klimasårbarheten, ved å lede fokuset på at også pågående endringsprosesser i (lokal)samfunnet er med å skape klimasårbarhet, og (2) det kan åpne opp for en sterkere grad av proaktiv innretning når det gjelder klimatilpasning ved at oppmerksomheten ledes mot tiltak som kan påvirke samfunnsprosesser (for eksempel redusere mobiliteten), ikke bare tiltak som retter seg mer inn mot reaktive tiltak (for eksempel å bygge en tunnel for å redusere faren for skade på transport ved skred).

Det har så langt vært lite forskning i Norge som belyser spørsmålet om hvordan samfunnsendringer påvirker klimasårbarheten. Det som framstår som viktig i den videre forskningen er bl.a. følgende:

- Identifisere de viktigste, overordnede drivkrefter som ligger til grunn for samfunnets sårbarhet, og deres sammenheng med utviklingen av utslippene av klimagasser.

- Gjøre analyser av disse sammenhengene innenfor ulike sektorer og på avgrensede samfunnsområder, og sammenligne viktigheten av endringsprosesser i samfunnet med viktigheten av de klimatiske endringene.
- Utvikle en mer heldekkende tilnærming når det gjelder analyse av usikkerhet i klimapolitikken, som fanger opp og differensierer mellom ulike kategorier av usikkerhet i både klima og samfunn, for dermed å skape et bedre grunnlag for hvordan man i samfunnsplanlegging skal kunne forholde seg til utvikling av klimatilpasningsstrategier og -tiltak.

5.8 Referanser

- ACIA (2005); Klimaendringer påvirker bygninger og farbarhet, tilgjengelig på http://acia.cicero.uio.no/acia_faktaark_5_klimaendringer_paavirker_bygninger_farbarhet.html
- Adger W. N., Brooks, N., Kelly, M., Bentham, G., Agnew, M. and Eriksen, S. (2004) New indicators of vulnerability and adaptive capacity, Tyndall Centre Technical Report 7.
- Adger, W.N., Arnell, N.W. and Tompkins, E.L. 2005: Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change Part A* 15, 77-86.
- Andersen, I.H. (2009): Exit War, Enter Climate? Institutional change and the introduction of climate adaptation in Norway's public system of civil protection. VF-rapport 9-2008. Sogndal: Vestlandsforskning
- Berglund, F. and E. Nergaard (2008). Utslippsreduksjoner og tilpasninger. Klimatiltak i norske kommuner. NIBR-Notat 2008:103. Oslo, Norsk institutt for by- og regionsforskning.
- Berglund, F. og E. Nergaard (2008). Utslippsreduksjoner og tilpasninger. Klimatiltak i norske kommuner. NIBR-Notat 2008:103. Oslo, Norsk institutt for by- og regionsforskning
- Boyesen (2003); RISIKOPERSEPSJON EN INNFØRING I FAGFELTET, Direktoratet for samfunnsikkerhet- og beredskap, ISBN: 82-7985-007-4
- Brooks, N. and W. N. Adger (subm.). "Country level risk indicators from outcome data on climate-related disasters: an exploration of the Emergency Events Database." *Ambio*.
- Brooks, N., Adger, W. N. and Kelly, M. 2005. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. In Adger, W. N., Arnell, N. and Tompkins, E. L. (Eds.) *Adaptation to Climate Change: Perspectives Across Scales*. *Global Environmental Change Part A* 15, 151-162.
- Brooks, N., W. N. Adger, m.fl. (2005). "The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation." *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 15(2): 151-163.
- Carter, T. R., E. L. La Rovere, R. N. Jones, R. Leemans, L. O. Mearns, N. Nakicenovic, A. B. Pittock, S. M. Semenov and J. Skea (2001). Developing and applying scenarios. *Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. J. J. McCarthy, O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken and K. S. White (Eds.). Cambridge, Cambridge University Press: 145-190.
- Cicero (2007); Utviklingen av naturulykker som følge av klimaendringer
- Cicero (2008): Betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming, Nordisk Ministerråd rapport 507.
- Cicerone (2006); Artikkel "Uvær og forsikringer" i Cicerone 02-2006.
- Cicerone (2007); Artikkel "Stern-rapporten tallfester klimautfordringen" i Cicerone 01-2007.
- Ciens (2007); Tilpasninger til klimaendringer i Osloregionen, CIENS-rapport 1-2007
- Cutter, Susan L. (2006); *Hazards Vulnerability and Environmental Justice (Risk, Society & Policy)*
- Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap (2007). Befolkningsundersøkelse om klimatilpasning. Rapport. Oslo, Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap.
- Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap (2007). Klimatilpasning 2007 Klimatilpasning i kommuner, fylkeskommuner og blant fylkesmenn. Rapport. Tønsberg, Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap.
- DSB (1994). Veileder for kommunale risiko- og sårbarhetsanalyser. Oslo, Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap.

- DSB (1994); Veileder i kommunale sårbar- og risikoanalyser
- DSB (1997) Retningslinjer for fylkesmannens bruk av innsigelse i plansaker etter plan- og bygningsloven. Sikkerhets- og beredskapsmessige hensyn i den kommunale planleggingen. Oslo, Direktoratet for sivilt beredskap.
- DSB (2007). Kommuneundersøkelsen 2007. Status for samfunnssikkerhets- og beredskapsarbeidet i kommunene. Tønsberg, Directorate for Civil Protection and Emergency Planing
- DSB (2007). Nasjonal sårbarhets- og beredskapsrapport (NSBR) 2007. Samfunnets sårbarhet overfor naturutløste katastrofer. Rapport. Oslo, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.
- DSB (2007): Veileder for departementenes samfunnssikkerhets- og beredskapsarbeid
- DSB (2007a): Klimatilpasning 2007. Klimatilpasning i kommuner, fylkeskommuner og blant fylkesmenn. Rapport. Tønsberg, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.
- DSB (2008). Kommuneundersøkelsen 2007. Status for samfunnssikkerhets- og beredskapsarbeidet i kommunene. Rapport. Tønsberg, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap: 85.
- DSB (2008a): Samfunnssikkerhet i arealplanlegging – kartlegging av risiko og sårbarhet.
- DSB (2008b): Nasjonal sårbarhets- og beredskapsrapport (NSBR) 2008
- DSB (2009). Kommuneundersøkelsen 2008. Status for samfunnssikkerhets- og beredskapsarbeidet i kommunene. Rapport. Tønsberg, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.
- Econ (2006): Samfunn i endring – hva betyr det for naturskadeordningen?, Rapport 2006-085
- Econ (2007); Energibærere i Norge, rapport 2007-083
- EEA (2008/04); Impacts of Europe's changing climate - 2008 indicator-based assessment, EEA Report No 4/2008, tilgjengelig på http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_4
- Engen-Skaugen, T., Jan Erik Haugen og Inger Hanssen-Bauer. Dynamically downscaled climate scenarios available at the Norwegian Meteorological Institute per December 2008. Met.no report 24/08.
- Few, R., Brown, K. and Tompkins, E.L. 2007: Public participation and climate change adaptation: Avoiding the illusion of inclusion. *Climate Policy* 7, 46-59.
- Forskning (2007); For dårlig forberedt på ekstremvær
<http://www.forskning.no/Artikler/2007/september/1190895938.48>
- Førland, E J. , H. Amundsen, og G. K. Hovelsrud (red.) 2007. Utviklingen av naturulykker som følge av klimaendringer: Utredning på oppdrag fra Statens Landbruksforvaltning. CICERO report 2007:03
- Garnaut (2008); Impact of climate change on Australia's telecommunication infrastructure, Garnau Climate change review, May 2008.
- Garnåsjordet, P. A. (2007). "Folks syn på natur- og miljøspørsmål." Plan. Tidsskrift for samfunnsplanlegging, byplan og regional utvikling(3-4/2007): 16-21.
- Grid Arendal (2009): Klimaet i fare; en innføring i de siste rapportene fra FN's klimapanel, publikasjonen er et samarbeid mellom GRID-Arendal og SMI books, produsert med sjenerøs støtte fra Statens forurensningstilsyn (SFT) og Naturvårdsverket i Sverige. Tilgjengelig på <http://www.sft.no/publikasjoner/2503/ta2503.pdf>
- Groven Kyrre og Carlo Aall 2002. *Lokal klima- og energiplanlegging. Norske kommuner som aktører i klimapolitikken?*, VF-rapport 12/2002. Sogndal: Vestlandsforskning.
- Groven m.fl. (2008): Klimasårbarhet og klimagassutslepp for Sogn og Fjordane. Vestlandsforskning rapport nr. 6/2008
- Groven, K., H. H. Leivestad, et alm.fl. (2008). Naturskade i kommunene. Sluttrapport fra prosjekt for KS. Vestlandsforskning-rapport nr. 4/2008. Sogndal, Vestlandsforskning.

- Groven, K., H. Sataøen, m.fl. (2006). Regional klimasårbarhetsanalyse for Nord-Norge. Norsk oppfølging av Arctic Climate Impact Assessment (NorACIA). VF-rapport 4/06. Sogndal, Vestlandsforskning.
- Groven, Kyrre, Hogne Lerøy Sataøen og Carlo Aall (2006): Regional klimasårbarhetsanalyse for Nord-Norge. Norsk oppfølging av Arctic Climate Impact Assessment (NorACIA), VF-rapport 4/06, Vestlandsforskning.
- Hansjürgens (2008); Economics and Management of Climate Change: Risks, Mitigation and Adaptation, Springer; 1 edition (1 Sep 2008)
- Heiberg, E, Aall, C., Amundsen, H. Storm, H.N., Høyer, K.G., Næss, L.O., Solstad, L.P., Hovelsrud, G.K. (2008:).Indikatorer for lokale klimasårbarhetsanalyser. Kunnskapsstatus og skisse til en metode for utprøving i norske kommuner. VF-rapport 5/08. Sogndal: Vestlandsforskning.
- Heiberg,E., Aall, C., Amundsen, H., Storm, H., Høyer,K.G., Næss, L.O., Solstad, S.P., 2008: Indikatorer for lokale klimasårbarhetsanalyser. Kunnskapsstatus og skisse til en metode for utprøving i norske kommuner. VF-rapport 5/2008. Vestlandsforskning
- Husabø, I. A. (2008). Klimatilpassing i Sogn og Fjordane anno 2008. Vestlandsforskning notat. Sogndal, Vestlandsforskning.
- Høyer, K.G., Aall, C. (2002): Lokale indikatorer for bærekraftig utvikling. Bærekraftindikatorenes teori og historie - men med hvilken framtid? I Aall, C., Høyer, K.G., Lafferty, W.M. (2002): Fra miljøvern til bærekraftig utvikling i kommunene. Lokale agendaer, tiltak og utfordringer. Oslo: Gyldendal Akademiske. 200-234.
- Innbjør (2008); Risikoanalyser i klimaendringenes tid, Publisert i Kommunal Rapport 17. april 2008
- IPCC (2007a); Intergovernmental panel of Climate Change, "fourth assessment report "Working Group II Report "Impacts, Adaptation and Vulnerability"
- IPCC (2007b); Intergovernmental panel of Climate Change, "Synthesis report"
- Jordan, A., T. O'Riordan, R. K. Turner and I. Lorenzoni (2000). Europe in the new millennium. Assessment of potential effects and adaptation for climate change in Europe: The Europe ACACIA project. M. L. Parry (Ed.). Norwich, Jason Environment Institute, University of East Anglia: 35-45.
- Jordan, A., T. O'Riordan, R. K. Turner and I. Lorenzoni (2000). Europe in the new millennium. Assessment of potential effects and adaptation for climate change in Europe: The Europe ACACIA project. M. L. Parry (Ed.). Norwich, Jason Environment Institute, University of East Anglia: 35-45.
- Kaivo-Oja, J., J. Luukanen and M. Wilenius (2004). "Defining alternative national-scale socio-economic and technological futures up to 2100: SRES scenarios for the case of Finland." Boreal Environment Research 9: 109-125.
- Kaivo-Oja, J., J. Luukanen and M. Wilenius (2004). "Defining alternative national-scale socio-economic and technological futures up to 2100: SRES scenarios for the case of Finland." Boreal Environment Research 9: 109-125.
- Kelly, P. M. and W. N. Adger (2000). "Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation." Climatic Change 47(4): 325-352.
- Keskitalo, C. og A. A. Kulyasova. 2009. The role of governance in community adaptation to climate change. Polar Research 28 pp. 60–70
- Keskitalo, C. E. 2008. Governance in vulnerability assessment: the role of globalising decision-making networks in determining local vulnerability and adaptive capacity. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change , 14. pp 185?201
- Keskitalo, C. og A. A. Kulyasova. 2009. The role of governance in community adaptation to climate change. Polar Research 28 pp. 60-70
- Kleven T., K. Harvold og B.Moen (2004): Hvordan kan vi tilpasse oss til fremtidige klimaendringer? Regionale trender 2/2004:14-22

- Kleven, T. (2005): Klimaendringer og lokal sårbarhet. NIBR rapport 2005:2. Oslo: Norsk institutt for by- og regionplanlegging (NIBR).
- Kleven, T. (2005): *Klimaendringer og lokal sårbarhet*. NIBR rapport 2005:2. Oslo: Norsk institutt for by- og regionplanlegging (NIBR).
- Kleven, T. (2005): Klimaendringer og lokal sårbarhet: Noen faglige overveielser for et forskningsopplegg. *NIBR-rapport 2005:15* Oslo: Norsk institutt for by- og regionforskning,
- Klimaforskningsutvalget (2006). Nasjonal handlingsplan for klimaforskning, styrking av strategisk helhet og langsiktighet i klimaforskningen. Norges Forskningsråd.
- Leggett Jane, Willian Pepper, Alexei Sankovski, Joel Smith, Richard Tol, and Tom Wigley (2003); Climate change risk analysis framework (CCRAF) – a probabilistic tool for analyzing climate change uncertainties. Geophysical Research Abstracts, Vol. 5, 07416, 2003 c European Geophysical Society 2003
- Lindseth, Gard 2003: *Addressing Climate Adaptation and Mitigation at the Local and Regional Level: Lessons for Norway*. Report 3/2003. Oslo: ProSus
- Lisø, K.R. and T. Kvande. 2007: Klimatilpasning av bygninger. Oslo: SINTEF Byggforsk. 177 pp
- Lisø, K.R., Aandahl, G., Eriksen, S., Alfsen, K.H., 2003. Preparing for impacts of climate change in Norway's built environment. *Building Research and Information* 31, 200–209.
- Lisø, K.R., Aandahl, G., Eriksen, S., Alfsen, K.H., 2003. Preparing for impacts of climate change in Norway's built environment. *Building Research and Information* 31, 200–209.
- Miljøverndepartementet (2008). *Klimatilpasning i Norge. Regjeringens arbeid med tilpasning til klimaendringene*. Miljøverndepartementet. Oslo.
- Nordisk Ministerråd (2008): Betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming *Vurdering av sårbarhet og effekter av klimaendringer*. TemaNord 2008:507.
- Norsk Standard (2008); Krav til risikovurdering. Standard og generell informasjon er tilgjengelig på <http://www.standard.no/no/Nyheter-og-produkter/Vaare-kampanjer/Arbeidsmiljo/Risikovurderinger---NS-5814/>
- NOU (2006) "Når sikkerheten er viktigst- Beskyttelse av landets kritiske infrastrukturer og kritiske samfunnsfunksjoner" er en Innstilling fra utvalg oppnevnt ved kongelig resolusjon 29. oktober 2004. Avgitt til Justis- og politidepartementet 5. april 2006. Tilgjengelig på <http://www.regjeringen.no/Rpub/NOU/20062006/006/PDFS/NOU200620060006000DDDPDFS.pdf>
- NOU 2000:24: Et sårbart samfunn. Utfordringer for sikkerhets- og beredskapsarbeidet i samfunnet. Oslo: Justisdepartementet.
- NOU i 2006:6: Når sikkerheten er viktigst. Beskyttelse av landets kritiske infrastrukturer og kritiske samfunnsfunksjoner. Oslo: Justisdepartementet.
- Næss, L. O., I. T. Norland, et alm.fl. (2006). "Data and processes linking vulnerability assessment to adaptation decision-making on climate change in Norway." *Global Environmental Change* 16(2): 221-233.
- Næss, L. O., I. T. Norland, m.fl. (2006). "Data and processes linking vulnerability assessment to adaptation decision-making on climate change in Norway." *Global Environmental Change* 16(2): 221-233.
- Næss, L.O. & G. Hovelsrud (2008): *Tilpasning til klimaendringer I norsk Arktis. En analyse av de norske bidragene til VACCA-prosjektet under Arktisk Råd*. Rapport for NorACIA temagruppe 5, CICERO, Oslo.
- Næss, L.O., G. Bang, S. Eriksen and J. Vevatne, 2005: Institutional adaptation to climate change: flood responses at the municipal level in Norway. *Global Environ. Chang.*, 15, 125-138.

- Næss, Lars Otto, Ingrid Thorsen Norland, William M. Lafferty, Carlo Aall (2006) ; Data and processes linking vulnerability assessment to adaptation decision-making on climate change in Norway, *Global Environmental Change* 16 (2006) 221–233.
- O'Brien, K., Sygna, L., and J.E. Haugen. (2004). Vulnerable or resilient? A multi-scale assessment of climate impacts and vulnerability in Norway. *Climatic Change* 64: 193-225.
- O'Brien, K., G. Aandahl, G. Orderud and B. Sæther. 2003. "Sårbarhetskartlegging – et utgangspunkt for klimadialog". Plan: Tidsskrift for Samfunnsplanlegging, byplan og regional utvikling, (5): 12-17.
- O'Brien, K., S. Eriksen, L. Sygna and L.O. Naess, (2006): Questioning Complacency: Climate Change Impacts, Vulnerability, and Adaptation in Norway. *Ambio*, 35, 50-56.
- O'Brien, K., Sygna, L., Haugen, J.E., 2004. Vulnerable or resilient? A Multi-scale assessment of climate impacts and vulnerability in Norway. *Climatic Change* 64 (1–2), 193–225.
- O'Brien, K.L., Aandahl, G., Orderud, G.I. and Sæther, B. 2003. Sårbarhetskartlegging - et utgangspunkt for klimadialog. Plan: tidsskrift for samfunnsplanlegging, byplan og regional utvikling 5, 12–17.
- Parry, M. L., O. F. Canziani and J. P. Palutikof (2007). Technical Summary. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Parry, M. L., O. F. Canziani and J. P. Palutikof (2007). Technical Summary. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Parson, E. A., M. G. Morgan, A. C. Janetos, L. Joyce, B. Miller, R. G. Richels and T. J. Wilbanks (2001). The socioeconomic context for climate impact assessment. *Climate change impacts on the United States: the potential consequences of climate variability and change*, Report for the US Global Change Research Program. National Assessment Synthesis Team (Eds.). Cambridge, Cambridge University Press.
- Parson, E. A., M. G. Morgan, A. C. Janetos, L. Joyce, B. Miller, R. G. Richels and T. J. Wilbanks (2001). The socioeconomic context for climate impact assessment. *Climate change impacts on the United States: the potential consequences of climate variability and change*, Report for the US Global Change Research Program. National Assessment Synthesis Team (Eds.). Cambridge, Cambridge University Press.
- Rausand og Utne (2009); Risikoanalyse – teori og metoder
- Selstad, T., Aall, C., Høyen, H.L., Hovelsrud, G. (2008): Innføringsnotat om utarbeiding av samfunnsscenarioer til bruk i en samlet vurdering av lokal klimasårbarhet og behov for lokal klimatilpasning. VF-notat 15/2008. Sogndal: Vestlandforskning.
- Selstad, T., Aall, C., Høyen, H.L., Hovelsrud, G. (2008): *Innføringsnotat om utarbeiding av samfunnsscenarioer til bruk i en samlet vurdering av lokal klimasårbarhet og behov for lokal klimatilpasning*. VF-notat 15/2008. Sogndal: Vestlandforskning.
- Selstad, Tor (2008): Norge gjennom hundre år. Et forsøk på å beskrive det samfunnet som skal møte klimaendringene i andre halvdel av 21. århundret. ØF-rapport nr. 03/2008. Lillehammer: Østlandforskning.
- SFT (2008/2329); Sammendrag for beslutningstakere, Bjerknessenteret for klimaforskning har på oppdrag fra SFT oversatt dette sammendraget til norsk.
- SFT (2009); Artikkel "Spesialrapport om ekstreme klimahendelser", 23.03.09 , tilgjengelig på http://www.sft.no/artikkel_43577.aspx
- SLF (2008); Naturskadefondets årsrapport, 2008, tilgjengelig på <http://www.slf.dep.no/>
- SLF (2009); Generell informasjon om naturskadefondet, tilgjengelig på <http://www.slf.dep.no/>

- Sonnek, K. M., A. Lindberg, et alm.fl. (2007). Anpassning till klimatförändringar i risk- och sårbarhetsanalyser på kommunal nivå, underlag för fortsatt arbete. Underlagsrapport FOI-R--2412--SE. Stockholm, FOI - Totalförsvarets forskningsinstitut.
- SOU 2007:60; Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter, tilgjengelig på <http://www.regeringen.se/sb/d/8704/a/89334>
- Stern (2006); STERN REVIEW: The Economics of Climate Change, tilgjengelig på http://www.hm-treasury.gov.uk/sternreview_index.htm
- Sygna, L., Eriksen, S., O'Brien, K. and Næss, L.O. 2004: *Climate change in Norway: Analysis of economic and social impacts and adaptations*. CICERO Report 2004:12.
- Teigland, J. and C. Aall 2002. *Lokal klima- og energiplanlegging. Noen nyere nordeuropeiske og nordamerikanske erfaringer*. VF-notat 2/02. Sogndal: Vestlandsforskning.
- TemaNord (2008/507), Betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming, Vurdering av sårbarhet og effekter av klimaendringer. Cicero og COWI for Klimagruppen under Nordisk Ministerråd.
- Tol, R. S. J. (1998). Socio-economic scenarios. UNEP Handbook on methods for climate change impact assessment and adaptation studies. Version 2.0. I. Burton, J. F. Feenstra, J. B. Smith and R. S. J. Tol (Eds.). Amsterdam, United Nations Environment Programme and Institute for Environmental Studies, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Tol, R. S. J. (1998). Socio-economic scenarios. UNEP Handbook on methods for climate change impact assessment and adaptation studies. Version 2.0. I. Burton, J. F. Feenstra, J. B. Smith and R. S. J. Tol (Eds.). Amsterdam, United Nations Environment Programme and Institute for Environmental Studies, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- UKCIP (2001). Socio-economic scenarios for climate change assessment: a guide to their use in the UK Climate Impacts Programme. Oxford, UK Climate Impacts programme.
- UKCIP (2001). *Socio-economic scenarios for climate change assessment: a guide to their use in the UK Climate Impacts Programme*. Oxford, UK Climate Impacts Programme, Preliminary first draft
- Vevatne, J. & Westskog, H. (red.) (2007) *Tilpasninger til klimaendringer i Osloregionen*. CIENS-rapport 1-2007. Oslo: CIENS.
- Weitzman, Martin L. (2009a); Additive Damages, Fat-Tailed Climate Dynamics, and Uncertain Discounting, Preliminary first draft
- Weitzman, Martin L. (2009b); Some Basic Economics of Extreme Climate Change, tilgjengelig på www.economics.harvard.edu/faculty/weitzman/files/Cournotprosent2528Weitzmanprosent2529.pdf
- West, J. J. og G. K. Hovelsrud (2008): Climate change in Northern Norway. Toward an understanding of socio-economic vulnerability of natural resource- dependent sectors and communities. Rapport for NorACIA. CICERO Report 2008:04
- West, Jennifer and Grete K. Hovelsrud (2008): Climate change in Northern Norway: Toward an understanding of socio-economic vulnerability of natural resource- dependent sectors and communities. Report 2008:04. CICERO, Oslo, Norway.
- West, Jennifer and Grete K. Hovelsrud, 2008. *Climate change in Northern Norway: Toward an understanding of socio-economic vulnerability of natural resource- dependent sectors and communities*. Report 2008:04. CICERO, Oslo, Norway. 37pp.
- Winsvold et al m.fl.in press: NIBR
- Aaheim, H.A., Schjolden, A. (2004). An approach to utilise climate change impacts studies in national assessments. *Global Environmental Change* 14, 147–160.
- Aaheim, A., F. Berkhout, Z. Kundzewicz, C. Lavalle, D. McEvoy, R. Mechler, H. Neufeldt, A. Patt, P. Watkiss and A. Wreford (2008): "Why will we need adaptation and how it can be implemented". *CEPS Policy Brief* no. 161, May 2008.

- Aaheim, A, H. Amundsen, T. Dokken, T. Ericson and T. Wei (2009): *A macroeconomic assessment of impacts and adaptation of climate change in Europe*. Final deliverable A1.3b from ADAM to EC. Bussels. 48p.
- Aall, C. and I.T. Nordland, 2005. Indicators for Local-Scale Climate Vulnerability Assessments. Report no. 6/2005, Oslo: ProSus
- Aall, C. and K. Groven (2003). Institusjonell respons på klimaendringer. Gjennomgang av hvordan fire institusjonelle systemer kan bidra i arbeidet med å tilpasse samfunnet til klimaendringer. VF Rapport 3/2003, Sogndal, Vestlandsforskning.
- Aall, C. and K. Groven (2003). Institusjonell respons på klimaendringer. Gjennomgang av hvordan fire institusjonelle systemer kan bidra i arbeidet med å tilpasse samfunnet til klimaendringer. VF Rapport 3/2003, Sogndal, Vestlandsforskning.
- Aall, C.(red.) Heiberg, E., Skjeggedal, T., Stokke, K.B., Berglund, F., Skogheim, R., Tønnesen, A., Tangen, G., Bjørnæs. T. (2008): Kartlegging og analyse av kommunenes miljø- og planleggingskompetanse. Presentasjon av resultater fra en analyse utført på oppdrag fra Miljøverndepartementet. VF-notat 12/08. Sogndal/Volda/Oslo: Vestlandsforskning/Møreforskning/NIBR.
- Aall, C., A. Tønnesen, et alm.fl. (in press). Følgeevaluering av Livskraftige kommuner og Grønne energikommuner. Sluttrapport. Vestlandsforskningsrapport. xx/2009. Sogndal, Vestlandsforskning.
- Aall, C., E. Heiberg, et alm.fl. (2009). *Lokal sårbarhet for klimaendringer. Demonstrasjon av metoder for kartlegging av den institusjonelle sårbarheten for klimaendringer*. VF-rapport. Sogndal, Vestlandsforskning.
- Aall, C., Groven, K. (2003): Institusjonell respons på klimaendringer. Gjennomgang av hvordan fire institusjonelle systemer kan bidra i arbeidet med å tilpasse samfunnet til klimaendringer. Rapport 3/2003. Sogndal: Vestlandsforskning.
- Aall, C., Heiberg, E., Ekström, F., Storm, H. (2009): Lokal sårbarhet for klimaendringer. Demonstrasjon av metoder for kartlegging av den institusjonelle sårbarheten for klimaendringer. VF-rapport 6/2009. Sogndal: Vestlandsforskning.
- Aall, C., Norland, I. T. (2005): Indicators for Local-Scale Climate Vulnerability Assessments. Report no. 6/2005, Oslo: ProSus.
- Aall, C., Norland, I.T., 2004. Indikatorer for vurdering av lokal klimasårbarhet. Report nr. 2/04. Oslo, ProSus/University of Oslo

6 Internasjonale forhold

6.1 Innledning

Selv om fokuset i denne rapporten er på (i hovedsak norsk, men også utenlandske) studier som omtaler *norske* forhold, har vi her tatt med en kortfattet oversikt over relevante studier fra Sverige, Finland og Storbritannia som omtaler forholdene i disse landene. Dette har vi gjort for å gi en referanseramme for den kunnskapsstatusen vi har avdekket for Norges del. Vi har valgt landene ut fra to hensyn: Land med noenlunde tilsvarende utfordringer som i Norge når det gjelder både samfunnsforhold og naturgeografi og land som vi har oppfattet har kommet relativt langt i det å analysere klimasårbarhet og utforme strategier for klimatilpasning.

Vi har valgt *Storbritannia* fordi dette var det første landet internasjonalt som etablerte en omfattende og systematisk offentlig finansiert veiledningstjeneste om hvordan analysere klimasårbarheten og gjennomføre klimatilpasning (i 2005), og da med vekt på å nå lokale aktører som bedrifter, organisasjoner og kommuner⁶⁵. Vi valgte *Sverige* og *Finland* fordi dette er de to landene i Europa som på flest områder er relativt lik Norge. I tillegg kommer at *Finland* var det første nordiske landet som tok opp spørsmålet om klimatilpasning som del av sin nasjonale klimapolitikk (i 2005) og *Sverige* fordi de nylig (høsten 2008) har lagt frem en offentlig utredning (SOU) om klimasårbarhet og klimatilpasning som er direkte parallell til den norske klimasårbarhetsutredningen.

6.2 UK

6.2.1 Forskning

Det er utført mye forskning på konsekvenser av klimaendringer i Storbritannia. Det er en for omfattende litteraturmengde til at det er mulig å gi en tilfredsstillende sammenfatning her, men vi presenterer et sammendrag av utviklingen i forskningsfeltet og hva som er status pr juni. 2009.

Det sentrale programmet for forskning på sårbarhet og tilpasning til klimaendringer i Storbritannia har i flere år vært UKCIP (UK Climate Impact Programme). UKCIP ble etablert i 1997, og de første årene var hovedoppgaven å initiere og koordinere ulike forskningsprosjekter som går på konsekvenser og tilpasning til klimaendringer som utføres i Storbritannia. Nøkkelbidrag til forskning har vært utviklingen av samfunnsøkonomiske scenarier (UKCIP 2000) og klimascenarier for Storbritannia (UKCIP02 2002 og UKCIP09 2009). I 2005 ble UKCIP kapasitet for støtte og rådgivning til lokale- og regionale myndigheter samt næringslivet utvidet gjennom en rekke tjenester, mer om dette i kapittel 5.2.2. Sentrale forskningsmiljø på klimaendringer i Storbritannia er Met offices Hadley centre, som blant annet utvikler og drifter noen av de mest brukte globale klimamodellene og leverer klimascenarier for UKCIP, og Tyndall Centre for Climate Change Research, som har et betydelige forskermiljø på tilpasnings- og sårbarhetsforskning.

Det er gjennomført regionale konsekvensvurderinger (Impact studies) av klimaendringer i hele Storbritannia: London (ENTEC 2002), Øst Midlands (ENTEC 2000), Vest Midland (ENTEC 2003) Nordvest England (Holman et al. 2002 og 2007; McEvoy et al. 2006) Sørvest England (CCLIF et al, 2003) Yorkshire og Humber (WS Atkins et al, 2002), Wales (Farrar

⁶⁵ Jf www.ukcip.org.uk

and Vaze 2000) og Nord Irland og Skottland (WS Atkins 2007). Videre er det utført en rekke studier på effekter av klimaendringer ulike deler av naturmiljøet, sektorer i næringslivet, transport, bygninger og helse. Både de geografiske og tematiske studiene er i stor grad utført med bistand fra UKCIP, men har ikke tatt utgangspunkt i noen felles tilnærming. Det er for eksempel ikke alle studiene som har sett på tilpasningsmuligheter. En utredning av som sammenfatter studiene gjennomført gjennom ulike UKCIP prosjekter ble sist produsert i 2005 (UKCIP 2005). Denne konkluderer blant annet med at gjeldende regelverk, usikkerhet i klimascenarioene og manglende forståelse for behov for tilpasning blant beslutningstagere begrenset mulighetene for tilpasning.

En utredning om bruken av samfunnscenarier i sårbarhetsanalyser (Hughes et al. 2009) finner at de sosio-økonomiske scenarioene til UKCIP har vært lite brukt i lokale og regionale klimasårbarhetsanalyser, men konkluderer med at de har hatt avgjørende betydning for resultatet av analysene i de tilfellene de har blitt brukt. Selv om rapporten finner at det er svakheter ved disse scenarioene, som usikkerhet rundt det eksakte formålet ved bruken av de, hvordan de skal kobles med klimascenarier og i hvilken grad de skal berøre i tilpasning, konkluderer den med at disse scenarioene tross alt representerer et holdepunkt man ellers ikke har om sosioøkonomisk utvikling. Rapporten anbefaler derfor at scenarioene bør brukes i større grad enn det har vært gjort ved klimasårbarhetsanalyser og ved utvikling av tilpasningsstrategier. Rapporten anbefaler imidlertid at brukerveiledningen for scenarioene bør blir tydeligere og mer oppdatert.

I en forberedende utredning for en nasjonal risikovurdering for konsekvenser av klimaendringer (Watkiss et al. 2009) vises det til at det er gjennomført en betydelig mengde forskning på konsekvenser av klimaendringer i Storbritannia, at sårbarhet og tilpasning til klimaendringer også er utredet på nasjonalt nivå tidligere og det konstanteres at det er gjennomført mange sårbarhetsvurderinger og tilpasningsstrategier på lokalt og regionalt nivå. Watkiss og kollegaer konkluderer likevel med at det er lite kunnskap om de økonomiske konsekvensene av klimaendringer på lokalt nivå og i ulike sektorer.

Det siste tilskuddet til britisk sårbarhets- og tilpasningsforskning er UK climate projections 09 (Defra 2009)- Dette er klimascenarier som er utviklet for bruk av beslutningstagere og til bruk i sårbarhets- og tilpasningsstudier. Denne bygger på erfaringene som er gjort så langt i UKCIP, og representerer en oppfølging av 2005 rapporten, som blant annet pekte på utfordringer ved bruk av klimascenarier i vurdering av klimasårbarhet. Slik sett representer denne siste generasjonen klimascenarier både den sikreste kunnskapen om fremtidige regionale klimaendringer og en utvikling i retning større brukervennlighet av slike scenarier.

6.2.2 Politikutvikling

Storbritannia har institusjonalisert klimatilpasning i større grad en noe annet europeisk land (Defra 2009). Parlamentet vedtok i august 2008 en egen klimalov, Climate Change Act (CCA), som gir vide føringer for sårbarhetsvurderinger og arbeid med tilpasning til klimaendringer på nasjonalt, regionalt og lokalt nivå i landet.

CCA klargjør nasjonale myndigheters ansvar for å forbrede landet på konsekvensene av klimaendringene. Et sentralt virkemiddel CCA innfører er å pålegge regjeringen å gjennomføre en nasjonal sårbarhetsvurdering og tilpasningstrategiplan, Climate Change Risk Assessment (CCRA), hvert femte år. Den første skal leveres i 2011.

CCA gir regjeringen myndighet til å kreve rapportering på sårbarhetsvurderinger og tilpasningstrategier fra alle statlige etater og forvaltningsnivå (fylker og kommuner). Det er imidlertid ikke utarbeidet konkrete detaljerte mål som resultatene skal måles etter, da forutsetningene for hva som er sårbarhet og hva som er tilpasningsbehovene er forskjellig fra region til region og dessuten endres over tid.

Storbritannia reformerte nylig sitt indikatorbaserte rapporteringssystem for kommunene (National Indicators). Som en del av dette og innføringen av CCA ble det i april 2008 innført en indikator (NI 188) for planlegging for tilpasning til klimaendringer. To andre indikatorer er også knyttet til klima i forhold til utslippsreduksjoner. Totalt består National Indicators av 198 ulike indikatorer. NI 188 måler både grad av gjennomføring av sårbarhets- og risikovurderinger og planlegging for tilpasning, samt i hvilken grad disse prosessene er institusjonalisert i kommunen gjennom planprosesser og rutiner for saksbehandling (LRAP 2009). Kommunene kan oppnå en score fra 1-4 utifra hvordan de kommer utav det på de ulike områdene indikatoren omfatter. Kommunenes score på de ulike indikatorene i National Indicators har betydning for overføringer fra sentrale myndigheter. Dermed har kommunene økonomiske incentiver for å planlegge for konsekvenser av klimaendringer.

Forut for CCA og IN 188 har Nottingham-deklarasjonen vært et sentralt virkemiddel for lokale myndigheters klimaarbeid. Deklarasjonen er en frivillig avtale mellom lokale myndigheter, Defra, UKCIP og flere organisasjoner og etater, hvor de lokale myndighetene forplikter seg til å gjennomføre konkrete tiltak for å redusere utslippene fra klimagasser og å tilpasse seg konsekvensene av klimaendringer. Siden deklarasjonen ble opprettet i 2000 har over 300 engelske kommuner signert, samt kommuner i Skottland og Wales.

I tillegg til NI 188 og CCA legger den britiske planleggingsloven (Planning Act 2008) visse forpliktelser til lokale myndigheter i forhold til å inkludere hensyn til klimaendringer ved planlegging og utvikling. Dette innebærer at kommunens utviklingsplaner må være tilpasset konsekvenser av klimaendringer, her er særlig fremtidig flom uthevet.

I 2005 fikk UKCIP nye oppgaver, formidle forskningsbasert kunnskap til beslutningstagere på ulike nivå i forvaltningen og i det private næringsliv og å bidra til utviklingen av nasjonale, regionale og lokale tilpasningsstrategier. UKCIP tilbyr beslutningstakere en rekke verktøy for sårbarhetsvurdering og utvikling av tilpasningstrategier (UKCIP 2009):

- Nedskalerte klimascenarioer og brukerveiledninger for disse.
- Regionale sosio-økonomiske scenarioer.
- Step-by-step guide for gjennomføring av sårbarhetsanalyser og utarbeidelse av tilpasningsstrategier.
- Analyseverktøy for gjennomføring av risikoanalyse for konsekvenser av klimaendringer.

- Analyseverktøy for å beregne kostnader ved konsekvenser av klimaendringer.
- En database som inneholder: eksempler på hvordan klimaendringer berører ulike deler av samfunnet, en samling av ”best practice” tilpasningsstrategier som er utført og en samling av relevante forskningsresultater.

Defra lanserte i 2008 et nytt nasjonalt program for tilpasning til konsekvenser av klimaendringer (Adapting to Climate Change Programme), også som en del av CCA, som involverer en rekke departementer og etater. Dette programmet viderefører de eksisterende initiativene som er iverksatt, men signaliserer et sterkere nasjonalt engasjement.

6.2.3 Sammendrag

Storbritannia har institusjonalisert klimatilpasning i større grad en noe annet europeisk land. Storbritannia har også et omfattende program for veiledning i klimasårbarhetsanalyse og å utvikle tilpasningsstrategier, UK Climate Impact Programme (UKCIP), som ble initiert av det britiske miljøverndepartementet (Defra) i 1997. Videre har lokale myndigheter siden 2000 arbeidet med tilpasning til klimaendringer som en del av Nottingham-deklarasjonen (Energy Saving Trust 2009). Det er også gjennomført en rekke studier av konsekvenser av klimaendringer på samtlige britiske regioner, sektorer i næringslivet og ulike deler av samfunnet, og det eksisterer en betydelig litteraturmengde på feltet. For Storbritannias tilfelle er det rimelig å konkludere med at tilpasning til klimaendringer er gått fra å være et tema i akademia og til å bli institusjonalisert i forvaltningen.

6.3 Finland

6.3.1 Forskning

Klimaendringers konsekvenser for Finland har blitt studert blant annet av det finske meteorologiske institutt i prosjektet FINSKEN (1999-2002). (Developing consistent global change scenarios for Finland). Som en del av dette prosjektet inngår Jylhä et al (2004), *Climate change projections for Finland during the 21st century*. Med utgangspunkt i IPCCs scenarier og ulike globale atmosfære- og havsirkulasjonsmodeller (atmospheric-ocean global circulation models – AOGC-modeller) viser simuleringene for 2080-tallet en temperaturøkning på 2-7 grader og en nedbørøkning på 5-40 prosent. De forholdsvis store intervallene er et uttrykk for usikkerheten forbundet med simuleringene. I følge Jylhä et al (2004) finnes det få studier når det gjelder ekstremvær, men samlet sett anses det som sannsynlig at endringer i gjennomsnittsklima også vil bety endringer i ekstremklima.

FINSKEN ble etterfulgt av FINESSI (Integrated assessment modelling of global change impacts and adaptation) (2003-2006) som ble brukt til å lage en webbasert analyse av konsekvensene av klimaendringer for ulike biologiske og naturlige systemer, herunder hydrologi, biologisk mangfold og skog.

I 2003 ble forskningsprogrammet FINADAPT lansert. Bidragsyttere til programmet er departementene for miljø, jordbruk og skogbruk og transport og kommunikasjon, det finske finansieringsfondet for teknologi og innovasjon (TEKES), samt universiteter og en rekke statlige forskningsinstitutter. Bakgrunnen for lanseringen av FINADAPT var en erkjennelse av at mye av forskningen på klimaendringer ikke inkluderte analyser av tilpasning. Formålet med FINADAPT har vært å vurdere miljøets og samfunnets tilpasningsdyktighet. Programmet fokuserte på tilpasning i naturen (biodiversitet, jord- og skogbruk, vannressurser), tilpasning i infrastruktur og velferd (helseeffekter, transport, bebyggelse, energi, turisme), og integrasjon (sosio-økonomisk forstudie, byplanlegging, stakeholder-

undersøkelse). Carter (red.) 2007 omtaler resultatene fra de 14 underprosjektene som inngikk i FINADAPT i rapporten *Assessing the adaptive capacity of the Finnish environment and society under a changing climate: FINADAPT*. Her heter det at forskning rundt tilpasning forutsetter grunnleggende kunnskap om effektene av klimaendring, men at en slik kunnskap mangler på områder som helse, turisme og rekreasjon og strømdistribusjon. Studiene innenfor FINADAPT gjenspeiler dette, i at fokus i hovedsak ligger på effekter.

En av studiene i FINADAPT har med utgangspunkt i litteraturstudier og brukergruppesamtaler utarbeidet foreløpige beregninger for hva klimaendringer kan få å si for Finland (Perrels et al 2005). Alt i alt forventes klimaendringer å gi en svakt positiv effekt. Da har man imidlertid ikke tatt hensyn til sektorer hvor effektene ikke har blitt kvantifisert så langt (transport/infrastruktur, bank- og forsikringssektoren, industrielle og tjenestesektorer og utenrikshandel). Perrels et al finner det ikke sannsynlig at noen av disse sektorene vil oppleve betydelige effekter. Samtidig peker forskerne på at selv om konsekvenser og kostnader samlet sett kan se relativt moderate ut, så vil effekten være ujevnt fordelt over tid og geografisk. Det betyr at skadeomfanget enkelte år kan bli svært høyt, og enkelte regioner kan bli rammet svært hardt.

Cicero og Cowi (2008) omtaler i *Betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming* studier som ser på risikoen for ekstremvær i Finland. Flom er den typen naturulykke som rammer Finland oftest. Oversvømmelser opptrer først og fremst i tilknytning til lange perioder med mye nedbør, eller i forbindelse med ispropper under vårløsningen. Det utbetales årlig erstatninger som følge av flom. Flomfaren er størst i uregulerte vassdrag (Saarelainen 2006). Dette innebærer også risiko for omkringliggende bygninger. Skader som skyldes høyt havnivå eller styrtregn er relativt uvanlig, i følge Arbetsgruppen för översvämningsskador (2006).

Silander et al 2006 omtaler i *Climate change adaptation for hydrology and water resources* forventninger om fremtidig flomrisiko som følge av klimaendringer. I Nord-Finland forventer man at vårflommer på grunn av snøsmelting vil komme oftere. I Sør-Finland forventer man at sommerflommer som følge av ekstremnedbør vil bli vanligere, uten at sannsynligheten for hvor ofte dette vil inntreffe er beregnet nærmere. Artikkelen omtaler forventede effekter, mulige tilpasningstiltak og forskningsbehov når det gjelder blant annet flom og stigende havnivå. Artikkelen refererer til et forskningsprosjekt, Extreme Flood Project, hvor det ble gjort beregninger av potensielt skadeomfang for 400 risikoområder. Skadeomkostninger kan beløpe seg til totalt 550 millioner euro. Men sannsynligheten er lav for at slike ekstremhendelser skal inntreffe over hele landet i løpet av et år. Omkostningene for samfunnet er fordelt slik: 52 prosent på bygninger, 20 prosent i industrien, 17 prosent for jordbrukssektoren, 6 prosent på veier og broer, 3 prosent i skogbruk, og 2 prosent innenfor offentlig tjenestevirksomhet (Ollila et al 2000). Som en parallell nevnes det at fordelingen av omkostninger knyttet til flom i 1899 var på 2 prosent for bygninger, 35 prosent for industrien, og 56 prosent for jordbrukssektoren.

Forskning på klimaendringer og klimatilpasning er også gjennomført utenom de nevnte programmene, blant annet som en del av EU programmer.

6.3.2 Politikktvikling

Allerede i 2001 ble det foreslått å utarbeide en strategi for klimatilpasning i Finland. Finland's første *National strategy for adaptation to climate change* ble påbegynt i 2003, ferdigstilt i 2004 og lagt frem i 2005. I følge det finske landbruksdepartement var dette verdens første klimatilpasningstrategi (MMM, 2009). Her legger myndighetene ved ulike departementer opp strategien for en nasjonal tilpasning til klimaendringer. Strategien tar for seg tilpasning innenfor en rekke sektorer; utnyttelse av naturressurser (jordbruk og matproduksjon,

skogbruk, fiskeri, reindrift, viltforvaltning, vannressurser), biodiversitet, industri, energi, transport og kommunikasjon, arealbruk og lokalsamfunn, bygg og anlegg, helse, turisme og rekreasjon, samt forsikringsbransjen. Sektorene beskrives ut fra aktørens tilpasningskapasitet, mulige tilpasningstiltak og forskning på tilpasning. Strategien ble utarbeidet parallelt med FINADAPT og inngår som en del av *National Energy and Climate Strategy* fra 2006.

Strategirapporten viser til studier innenfor SILMU-programmet (1990-95), hvor effekten av klimaendringer på noen klimasensitive sektorer ble vurdert. Ifølge dette programmet kan et varmere klima få positive konsekvenser for jordbrukssektoren, for eksempel ved at vekstsesongen blir lengre, det gis økte muligheter for jordbruk i Nord-Finland og bedre forutsetninger for husdyrhold. Skogindustrien vil kunne utnytte at tregrensa flyttes nordover. Et endret klima vil også kunne påvirke energisektoren positivt, ved at varmere vær fører til mindre behov for oppvarming, og økt nedbør kan gi økte muligheter for vannkraftproduksjon. De negative sidene av en klimaendring er knyttet til forekomsten av ulike former for skadedyr og sykdommer, lavere biodiversitet, og skader som følge av storm og annet ekstremvær (Kuoppamäki 1996).

Strategirapporten for klimatilpasning vektlegger usikkerheten knyttet til å kvantifisere effekter av klimaendring. SILMU-programmet så kun på enkelte sektorer, og tok ikke hensyn til forhold som potensielle endringer i den globale økonomien. Mens noen effekter er klart positive eller negative, er det andre effekter som kan komme til å gå i begge retninger. Et eksempel som nevnes er flomrisiko langs kysten på grunn av forventet høyere vannstand og økt vind, men der landheving kan motvirke effekten. Slike effekter er det ekstra utfordrende å skulle kvantifisere, særlig når en ikke vet med sikkerhet hvor omfattende klimaendringene vil bli.

Strategien inneholder også prioriteringer for forskningsprogrammet SITO (2006-2010). Den første evalueringen av strategien ble gjennomført vinteren 2008-2009. Evalueringen inneholder også en oversikt over gjennomførte og pågående forskningsprogrammer. I tillegg til den nasjonale strategien har 60 kommuner deltatt i tilpasningskampanjer og en rekke regionale og kommunale strategier er utarbeidet (MMM, 2009).

Informasjon om forskning på klimaendringer er tilgjengelige på websidene til det finske miljøinstituttet⁶⁶ (Finnish Environment Institutt), mens informasjon om klimatilpasning er tilgjengelig på websidene til Landbruksdepartementet (Ministry of Agriculture and Forestry)⁶⁷. Kommunikasjon med profesjonelle så vel som publikum er en viktig del av strategien og blant annet har Landbruksdepartementet organisert kurs om klimatilpasning for journaliser. Fra våren 2009 skal Miljøverndepartementet publiserer regelmessige nyhetsbrev *Klimaatti*. Det finske metrologiske institutt publiserer statistikk og utarbeider fortiden en rekke varslingsystemer, mens miljøvern departementet har ansvaret for flomvarsling. En egen portal for konsekvenser og tilpasning til klimaendringer nå er under utvikling med støtte fra EU LIFE+ (MMM, 2009).

⁶⁶ For mer informasjon, se <http://www.environment.fi/default.asp?contentid=56105&lan=en#a4>

⁶⁷ For mer informasjon, se <http://www.mmm.fi/en/index/frontpage/ymparisto/ilmastopolitiikka/researchprogrammeonadaptationtoclimatechange.html>

6.4 Klimatilpasning og sårbarhet i Sverige

6.4.1 Forskning

Mistra⁶⁸, SWEdish research programme on Climate, Impacts and Adaptation, er et sentralt tverrfaglig klimaforskningsprogram som tar for seg klimaprosesser, klimaeffekter, klimaøkonomi og tilpasning til en klimaforandring. De forskjellige forskningsområdene studeres integrert. Mistra finansierer større strategiske miljøforskningsprogram og er et samarbeid mellom fem institutt: Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, Stockholm Environment Institute, Institutionen för Naturgeografi och Ekosystemanalys (INES) ved Lunds universitet, Meteorologiska institutionen ved Stockholms universitet (MISU) og Institutet för internationell ekonomi (IIES) ved Stockholms universitet. Programmet pågår mellom 2008 og 2011 og har et budsjett på 40 millioner svenske kroner, der hensikten er å utvikle et felles rammeverk for avansert modellering av klima, økonomi, klimaeffekter og tilpasning. Modellene skal brukes for koplingsstudier og usikkerhet, for scenarier, og for økt kunnskap om en klimatilpasningsprosess. I tillegg er relasjonen innad og mellom klimasystemet og samfunnet et viktig fokusområde. Hensikten med forskningen er å utarbeide vitenskapelig kunnskap og et utgangspunkt for forskjellige samfunnsaktører som skal kunne bruke det i informasjon, analyser, og beslutningsprosesser. En publisering innenfor Mistra-prosjektet er blant annet Simonsen og Gerger-Swartling (2009) som kort sier noe om behovet for klimatilpasning på bakgrunn av klimaforandringer. Denne artikkelen setter fokus på behovet av kunnskapsopplysning om klima og bred deltakelse som et verktøy på lokalt beslutningsnivå og som et virkemiddel i tilpasningsarbeidet. Innenfor Mistra har det nylig også blitt publisert en casestudie om riskoppløst i forbindelse med tilpasning til klimaendringer (Simonsson et al. 2009). På den 9. Nordic Environmental Social Science Conference (NESS) - Knowledge, learning and action for sustainability - som fant sted i London den 10-12. juni 2009 ble det også holdt en presentasjon av en forskningsartikkel produsert innenfor Mistraprogrammet som fokuserer på klimatilpasning i et lokalt og globalt perspektiv (Nilsson et al. (2009).

Climatools⁶⁹ er et annet forskningsprogram som drives av FOI (Totalförsvarets forskningsinstitut) på oppdrag av Naturvårdsverket, og i samarbeid med KTH (Kungliga Tekniska Högskolan), Umeå universitet og Uppsala universitet. Forskningsprogrammet som ble oppstartet høsten 2006 og beregnes å pågå frem til og med 2011, og har et budsjett på 25 millioner svenske kroner. Programmet er tverrvitenskapelig med en overgripende hensikt å skape verktøy for fremtidig klimatilpasningsarbeid for forskjellige sektorer og regioner. Blant annet viser Carlsen & Parmhed (2008) til hvordan sårbarhetsanalyser kan gjøre lokale myndigheter mer forberedt på klimaforandringer. Dette er en litteraturstudie, i tillegg til å skulle fungere som et verktøy, altså som metodeutvikling, for kommuneplanleggere i sitt klimatilpasningsarbeid.

Det finnes en rekke andre forskningsprogram som involverer og drives av aktører som for eksempel Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Statens geotekniska institut, (SGI) som bedriver egen forskning og finansierer prosjekt innen geoteknikk, blant annet med koppling til klimaforandring. Statens meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) driver med forskning og utvikling innenfor sin egen virksomhet og deltar i opp til flere nasjonale og internasjonale nettverk, prosjekter og programmer. Blant annet har SMHI en egen

⁶⁸ <http://www.mistra-swecia.se/program/mistraswecia/home.4.65b252cd115525431f1800036096.html>

⁶⁹ http://www.foi.se/FOI/Templates/ProjectPage_5356.aspx

klimatekonomisk enhet, Rosby Centre, som studerer klimasystemets betegnende og driver egen forskning om klimaprosesser.

Et annet forskningsprogram som skal fungere som grunnlag for beslutninger er Swedish Climate Policy Research Programmes⁷⁰ (SWECLIPP) og blir finansiert eller administrert av Naturvårdsverket, Statens energimyndighet, Mistra eller SMHI. Dette programmet fokuserer på satsninger fra utslippsreducerende tiltak, klimapolitikk og til klimatilpasning.

Langlais et al. (2007) har utført en pilotstudie som er blitt gjennomført i alle de 290 svenske kommunene for å finne ut status i kommunenes klimaarbeid. Studien er gjennomført som telefonintervju med påfølgende analyse som har som hensikt å forklare hvorfor noen kommuner har kommet lenger i sitt klimatilpassningsarbeid enn andre, og hvordan man kan forklare de forskjellene. Nordregio (Nordic Centre for Spatial Development), som er et nordisk samarbeid etablert av det Nordiske Ministerrådet, har gjennomført studiet. Nordregio er delvis finansiert av Nordisk Ministerråd og får delvis finansiering gjennom oppdrag fra nasjonale og regionale myndigheter i Norden, i tillegg gjennom nasjonale og europeiske forskningsprogram.

Flere svenske universiteter og høyskoler driver forskning med indirekte eller direkte kopling til behovet for tilpasning til klimaets forandring i Sverige og i utlandet. Klimaforskning utføres blant annet ved Lunds Universitet under fanen "Turism och globala miljöförändringar". Ved Centrum för klimatpolitisk forskning, CSPR, som er et samarbeid mellom Linköpings Universitet og SMHI har Storbjörk (2006) publisert en rapport som har som hensikt å analysere dagsorden for klimatilpassningsarbeid i Sverige på nasjonal og lokal nivå i forbindelse med beredskap, roller, prioriteringer, kunnskap og vilkår for implementering av klimahensyn. Studiet har som mål å få en oversikt over status og gjennomført arbeid på området og er basert på kvalitativ forskningsmetode med tilhørende intervjuer og påfølgende analyser.

Svenske myndigheter har laget noe tilsvarende det som er gjort i Norge, nemlig en klimatilpassningsportal (<http://www.smhi.se/cmp/jsp/polopoly.jsp?d=9315&l=sv>). Den inneholder en oversikt over hva som gjøres i dag av klimatilpasning, lenke til nedskalering av klimascenarier for Sverige, kunnskap om hvordan klimaendringer kan påvirke Sverige og oversikt over relevant forskning. Selve brukergrensesnittet er ikke så velutviklet som den norske siden (bl.a. er det ingen kartfunksjon), men innholdet framstår som relativt likt. Det samme gjelder den nettbaserte løsningen for nedskalering av framtidige klimascenarier. Også her er det i hovedsak ikke kartbaserte løsninger.

6.4.2 Politikutvikling

I juni 2005 vedtok den svenske regjeringen å utrede effektene av klimaendringer og hvordan man skal redusere sårbarhetene for klimaendringer. Utredningen fikk navnet *Klimat- och sårbarhetsutredningen*. Arbeidet strakk seg over ca et år, og resultatet ble lagt fram i oktober 2007 (SOU 2007:60). I utredningen utgår man i fra de globale klimaendringene og har analysert hvordan klimaet i Sverige vil utvikle seg de neste 100 årene. De viktigste konsekvensene er analysert innenfor en rekke sektorer og områder, der aspekter ved sårbarheten for oversvømmelse, ras, skred, og storm er vektlagt. I tillegg foreslås ulike tiltak for å minske sårbarheten og å tilpasse samfunnet til langsiktige klimaendringer og ekstremvær. Utredningen sammenfatter i første omgang konsekvenser på forskjellige områder som viser til ekstremvær, den naturlige sårbarheten for Sverige og konsekvenser for

⁷⁰ <http://www.sweclipp.se/>

infrastruktur, bebyggelse og bygninger, sentrale næringer, natur og miljø, menneskers helse, i tillegg til at utredningen også gir konkrete forslag til tilpasningstiltak og hvilke styringsmiddel man bør bruke for å minske sårbarheten. Her foreslår utredningen blant annet også en ny ansvarsfordeling for håndtering av klimaforandringer og fremhever behovet for mer forskning på området. Sammenfattende konklusjoner og forslag er følgende (Sammenfatning SOU 2007:60)

1. Det er nødvendig å påbegripe anpassningen til klimaförändringarna i Sverige. Huvuddragen i klimatscenarioerna är trots osäkerheter tillräckligt robusta för att användas som underlag.
2. Risken för översvämningar, ras, skred och erosion ökar på många håll så mycket att förstärkta insatser för förebyggande åtgärder är motiverade. Ett statligt klimatanpassningsanslag bör inrättas som stöd för storskaliga kostnadskrävande insatser.
3. Skogstillväxten ökar kraftigt, förutsättningarna för jordbruksproduktion förbättras. Det krävs dock anpassningsåtgärder för att minimera skadorna och bevara den biologiska mångfalden.
4. Östersjön riskerar dramatiska förändringar av ekosystemen. Klimatförändringarna förvärrar dagens situation och arbetet med att minska utsläppen bör intensifieras.
5. Vattenkvaliteten i sjöar och vattendrag kommer att försämrats, vilket kräver insatser för att upprätthålla en god dricksvattenkvalitet.
6. Fjällen förbuskas till stor del och rennäringsen och fjällturismen kan drabbas.
7. Det varmare klimatet påverkar hälsan och leder till fler dödsfall på grund av värmeböljor och ökad smittspridning.
8. Sveriges energibalans gynnas genom minskat värmebehov och ökad vattenkraftpotential.
9. Länsstyrelserna bör få en central roll i klimatanpassningsarbetet. En särskild klimatanpassningsdelegation bör inrättas vid varje länsstyrelse, som ett förstärkt stöd till framför allt kommunerna.
10. Vi föreslår att ett nytt institut för klimatforskning och anpassning inrättas.

De konsekvenser som tydeligast kommer frem i utredningen peker altså på at både temperaturen og havnivået vil stige mer i Sverige og i Skandinavia sammenlignet med det globale gjennomsnittet. Studien bygger på modellscenarier og viser til en øking i middeltemperaturen i Sverige med 3–5 grader frem til 2080-tallet sammenlignet med mellom 1960 og 1990. Vintertemperaturen kan øke med inntil 7 grader i deler av det nordlige Sverige. Dessuten forventes det store forandringer i nedbørsmengder med lokale og regionale forskjeller der nedbøren generelt vil øke, men der vestre delen av Sverige vil være mest utsatt. Utredningen har et særlig fokus med hensyn til Østersjøområdet som er ekstra sårbart med tanke på både klimaforandringer og klimatilpasning.

I forlengelse av SOU 2007:60 har det nylig utkommet en klimaproposisjon, Swedish Government Bill 2008/09:162. Denne proposisjon viser til styringsmiddel som avser å minske utslippet av veksthusgasser i perioden 2008-2012, med et mål om fire prosent lavere utslipp av veksthusgasser enn det var i 1990. Presenterte mål og virkemidler har som hensikt å føre Sverige i retning mot en bærekraftig og ressurseffektiv energiforsyning uten nettutslipp av veksthusgasser i atmosfæren i år 2050.

Bengt Johansson og Malin Mobjörk (2009) har også nylig gitt ut en litteraturoversikt av klimatilpasningsarbeid og status for Sverige, med fokus på sårbarhets- og sikkerhetsanalyse. Dette er en rapport på oppdrag av Forsvarsdepartementet der det blir påpekt at det svenske arbeidet med klimatilpasning er under utvikling og at det er relativt få prosjekt på området i dag. Studien omfatter tiltak og organisatoriske rammeverk for klimatilpasningsarbeidet i Sverige og er basert på publiserte dokument og personlige kontakter. Rapporten sier noe om Sveriges naturlige sårbarhet i fremtiden, som øking i middeltemperatur og forventede forandringer i nedbør og en havnivåstigning. Dette vil i sin tur lede til sårbarhet for infrastruktur og negative helseeffekter på befolkningen. I tillegg tas det lokale ansvaret for håndteringen av klimakonsekvenser opp, der svenske kommuner blir satt som ansvarlige for å utføre det praktiske tilpasningsarbeidet, mens regjeringen har ansvar for finansiering, lagstiftning og kunnskapsoverføring.

6.5 Relevans for Norge

Vi har over omtalt tre sider ved klimatilpasnings og klimasårbarhetsarbeidet i Storbritannia, Finland og Sverige: Forskning, offentlige utredninger og politikktutvikling og formidling. Også i Norge har en tidligere gjort undersøkelser av behovet for og eventuelt innholdet i en klimatilpasningsstrategi. Næss m.fl. (2004) drøfter styrker og svakheter ved å organisere arbeidet med tilpasning etter tre alternative modeller, en forvaltningsledet, en ledet av en faginstusjon eller en forskningsbasert. De konkluderer ikke, men peker på at kunnskapen om klimaendringer og tilpasningsmuligheter i Norge er uoversiktelig og fragmentert. De argumenterer derfor for gjøre en større innsats med å sette dette sammen før man tar beslutninger om hvordan arbeidet bør organiseres. Under har vi summarisk pekt på noen erfaringer på tvers av landegrensene som knytter seg opp til disse tre punktene.

6.5.1 Forskning

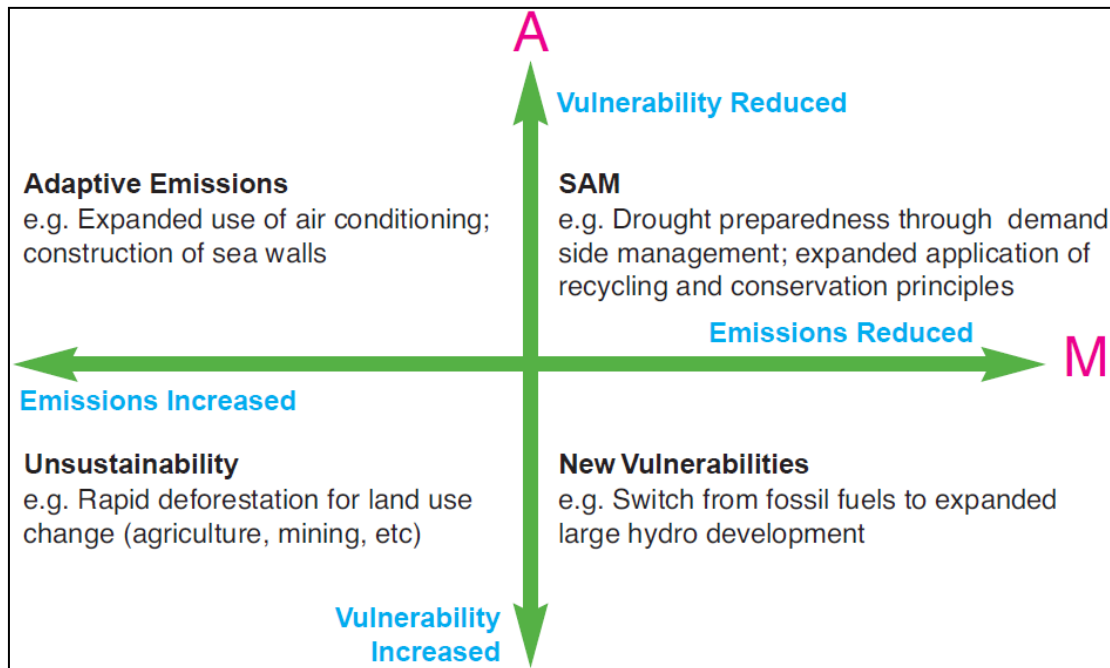
Forskningen i de tre landene har hatt en noenlunde lik profil. Det er forsket mye på klimaendringer og utvikling av modeller for nedskalering til regionalt og lokalt nivå. Videre har det vært forsket noe mindre på klimaeffekter i natur, og enda litt mindre på mulige klimavirkninger i samfunnet. Noe som skiller forskningen i Storbritannia og Finland fra Sverige er at det i disse to landene også er gjort noe forskning på det som gjelder samfunnsmessig sårbarhet; altså hvordan samfunnsendringer kan gjøre samfunnet mer eller mindre sårbar for klimaendringer. Minst forskning i disse landene er på området klimatilpasning.

6.5.2 Offentlige utredninger og politikktutvikling

Erfaringene fra alle de landene vi har omtalt viser at det offentlige utredningsarbeidet som er gjennomført om klimasårbarhet og klimatilpasning har vært viktig på flere måter i forhold til den nasjonale klimapolitikken. Dels har det vært viktig å få vurdert behovet for å utvikle et eget politikkområde på klimatilpasning, og dels har det vært viktig å få vurdert behovet for styrket innsats når det gjelder forskning på klimasårbarhet og klimatilpasning. Men kanskje vel så viktig har det vært at fokuset på klimatilpasning har representert en vitalisering av klimadebatten generelt.

Hovedpoenget når det gjelder overføring av erfaringer til Norge er *at* det nå gjennomføres en offentlig utredning som gjelder klimatilpasning, og at denne bør rette seg inn mot både behovet for å utvikle politikk og peke på kunnskapsbehov. I tillegg kan det være et poeng å peke på at man også bør være oppmerksom på en mulig vitaliseringseffekt i forhold til den

øvrig del av klimapolitikken. I forlengelsen av dette kan det også være et poeng å peke på viktigheten av å se den utslipps- og tilpasningsorienterte delen av klimapolitikken i sammenheng. En figur hentet fra et annet land enn de tre vi har omtalt – nemlig Canada – illustrerer dette poenget. Det er viktig at man fokuserer på å utvikle politikk som både reduserer klimagassutslipp og reduserer sårbarhet for klimaendringer, og som en forlengelse av dette poenget: Det er viktig å utvikle kunnskap som sikrer at man ender opp med en slik politikk (som motsvarer SAM: "sustainable adaptation and mitigation" i figuren under).



Figur 35 Figur hentet fra en canadisk håndbok i lokal klimatilpasningspolitikk⁷¹

6.5.3 Formidling

Det britiske UKCIP er ofte pekt på av aktører i det norske klimaarbeidet som et foregangseksempel når det gjelder offentlig finansiert kunnskapsformidling og veiledning. De har en godt utviklet webside og – kanskje viktigst – en stab som både arbeider non-profit (i alle fall til en viss grad) og på oppdrag.

Det er to forhold som kan være aktuelt å se nærmere på i Norge med bakgrunn i erfaringene fra særlig Storbritannia, men også fra Sverige:

- 1) En bedre samordning av eksisterende nettbasert kunnskapsformidling og veiledning.

Det fins i dag en lang rekke gode netjtjenester på klimaområdet. Her er Norge trolig i front, både når det gjelder gratis tilgang på relevante data på nett og brukergrensesnitt. Men de ulike netjtjenestene er i liten grad samordnet. De mest relevante er vist i tabellen under, der vi har skilt mellom utslipps- og tilpasningsrelevant informasjon og faktabasert versus styringsinnrettet kunnskap. Med det siste tenker vi på informasjon som retter seg inn mot beslutninger, som informasjon om tilskuddsordninger, oversikt over relevante lover og retningslinjer, forslag til tiltak og forslag til styringsindikatorer. Ut fra tabellen under skulle

⁷¹ http://www.google.no/search?sourceid=navclient&aq=0h&oq=Canadian+com&ie=UTF-8&rlz=1T4GGLR_enNO262NO262&q=canadian+communities%e2%80%99+guidebook+for+adaptati+on+to+climate+change

det framgå klart at det er et åpenbart potensial for samordning av eksisterende tjenester, i tillegg til at det er en klar overvekt når det gjelder netjtjenester som retter seg inn mot utslippsdelen (til forskjell fra tilpasningsdelen) av klimaproblematikken.

Offentlige nettkilder ⁷²	Faktabasert kunnskap		Styringsinnrettet kunnskap	
	Utslippsrelevant	Tilpasningsrelevant	Utslippsrelevant	Tilpasningsrelevant
www.ENOVA.no	X		X	
www.SFT.no	X		X	
www.miljostatus.no	X	X	X	
www.klimatilpasning.no		X		X
www.livskraftigekommuner.no	X		X	
www.klimaloftet.no	X		X	
www.senorge.no		X		
www.forskningsradet.no/norklima	X	X		

Tabell 9 Oversikt over og typologisering av relevante offentlige nettkilder for klimakunnskap

- 2) En styrking av ressursinnsatsen på personellsiden når det gjelder informasjon og veiledning om klimatilpasning

UKCIP er et eksempel på at nettressurser også knyttes til personellressurser når det gjelder kunnskapsformidling og veiledning. Nå er nok den generelle offentlige veiledningskapasiteten i Storbritannia mindre enn i Norge, i alle fall regnet per capita, hvis vi tar med direktorater, departementer og fylkesmenn og deres aktivitet på klimaområdet overfor kommuner, fylkeskommuner, privat næringsliv og innbyggere. Men dette er en mer generell form for veiledning og kunnskapsformidling. Når det gjelder den mer spesifikke offentlig finansierte veiledningen og kunnskapsformidling på området klimatilpasning er situasjonen langt svakere i Norge. Da er det strengt tatt bare én institusjon som har personellressurser som eksplisitt skal arbeide på dette området, og det er Nasjonalt utdanningscenter for samfunnsikkerhet og beredskap (NUSB) som har utviklet et eget kurs innen klimatilpasning⁷³. Ut over dette er det *ingen* institusjoner med offentlig finansiering som har avsatt personell til spesielt å arbeide i noe omfang med kunnskapsformidling og veiledning overfor nærmere definerte brukergrupper. Med det antatte omstillingsbehovet som vil komme i årene som kommer bør myndighetene derfor ta stilling til følgende: Bør eksisterende forvaltning styrkes på dette området (for eksempel fylkesmennene) eller bør det etableres eller videreutviklet et eget veiledningssystem utenfor forvaltningene, for eksempel tilsvarende UKCIP?

⁷² I tillegg fins en lang rekke prosjektbaserte nettsider knyttet til ulike forskningsprosjekter.

⁷³ http://www.nusb.no/course_detail.asp?id=149

6.5.4 Referanser

- Arbetsgruppen för översvämningsskador. *Arbetsgruppen för översvämningsskador*. Arbetsgruppspromemoria JSM 2006:16a. Helsingfors 2006. Tilgjengelig på
- Carlsen, H. & Parmhed, O. (2008) *Sveriges Framtida Klimat på kort och medellång sikt. Underlag for utvecklingen av verktyg för klimatanpassning*. FOU
http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/tyoryhmamuistiot/2006/5j2alU6fT/trm2006_16a.pdf
- Carter, T. 2007. *Assessing the adaptive capacity of the Finnish environment and society under a changing climate: FINADAPT*. Finnish Environment Institute (SYKE), Helsinki 2007.
<http://www.environment.fi/print.asp?contentid=293880&lan=en&clan=en>
- CCLIF, Cambourne School of Mines, University of Exeter, GEMRU, University of Gloucestershire (2003) *Warming to the idea: meeting the challenge of climate change in the South West*. SWCCIP.
- Cicero og Cowi (2008). *Betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming*. TemaNord 2008:507.
<http://www.cicero.uio.no/media/6168.pdf>
- Climate Change Act 2008, hentet fra
http://www.opsi.gov.uk/acts/acts2008/ukpga_20080027_en_1.htm, 11.06.2009
- Defra. 2009. *Adapting to climate change in England – a framework for action*. Hentet fra
<http://www.defra.gov.uk/environment/climatechange/adapt/> 11.06.2009
- Energy Saving Trust. 2009. *Nottingham Declaration Certificate*. Hentet fra
http://www.energysavingtrust.org.uk/nottingham/Nottingham-Declaration_11.06.2009
- ENTEC (2000) *The Potential Impact of Climate Change in the East Midlands*. ENTEC
- ENTEC (2002) *London's Warming: The impacts of Climate Change on London*. ENTEC
- ENTEC (2003) *The Potential Impact of Climate Change in the West Midlands*. ENTEC
- Farrar, J., and Vaze, P. eds (2000) *Wales: Changing Climate, Challenging Choices*. Institute of Environmental Science, University of Wales, Bangor.
- Holman, I., Loveland, P., Nicholls, R. Shackley, S., Berry, P., Rounsevell, M., Audsley, E. Harrison, P. and Wood, R (2002) *REGIS- Regional Climate Change Impact Response Studies in East Anglia and North West England*. DEFRA
- Holman I., Berry, P., Mokrech., M., Richards, J., Audsley, E., Harrison, P., Rounsevell, M., Nicholls, R., Shackley, S., Henriques, C. (2007) *Simulating the effects of future climate and socio-economic change in East Anglia and North West England: the RegIS2 project*. Summary Report. UKCIP, Oxford.
- Hughes, N. J. Tomei, P. Ekins. 2009. *CRITICAL REVIEW OF THE APPLICATION OF THE UKCIP SOCIOECONOMIC SCENARIOS: LESSONS LEARNT AND FUTURE DIRECTIONS*. King's College, Department of Geography. London
- Jylhä, K., Tuomenvirta, H. & Ruosteenoja, K. 2004. *Climate change projections for Finland during the 21st century*. *Boreal Env. Res.* 9:127-152.
<http://www.borenv.net/BER/pdfs/ber9/ber9-127.pdf>
- Johansson, B., Mobjörk, M. (2009) *Climate adaption in Sweden: Organisation and Experiences*. Stockholm, FOU-rapport 2725.
- Kaivo-Oja, J., J. Luukanen and M. Wilenius (2004). "Defining alternative national-scale socio-economic and technological futures up to 2100: SRES scenarios for the case of Finland." *Boreal Environment Research* 9: 109-125.
- Klimat- och sårbarhetsutredningen (2007) *Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter*, Stockholm, Fritzes. No. SOU 2007:60.

- Kuoppamäki P. 1996. *Impacts of Climate Change from a Small Nordic open Economy Perspective*. ETLA b-50, Helsinki.
- Langlais, R., Francke, P., Nilsson, J., & Ernborg, F. (2007) *Turning Point on Climate Change? Emergent Municipal Response in Sweden: Pilot Study*, Stockholm, NordRegio (Nordic centre for Spatial Development). Nordregion Working Paper 2007:3
- LRAP. 2009. The Local and Regional Partnership Board (LRAB) Guidance Notes for NI 188 Version 1.7: 15 April 2009. Hentet fra <http://www.defra.gov.uk/environment/localgovindicators/ni188.htm>, 11.06.2009
- Marttila, V., Granholm, H., Laanikari, J., Yrjölä, T., Aalto, A., Heikinheimo, P., Honkatukia, P., Järvinen, H., Liski, J., Merivirta, R., Paunio, M. 2005. *Finland's National Strategy for Adaptation to Climate Change*. Publications of the Ministry of Agriculture and Forestry 1a/2005. http://www.mmm.fi/attachments/ymparisto/5kghLfz0d/MMMjulkaisu2005_1a.pdf
- McEvoy, D., Handley, J., Cavan, G., Ayles, J., Lindley, S., McMorrough, J. and Glynn, S. (2006) *Climate Change and the Visitor Economy: the Challenges and Opportunities for England's Northwest*. Sustainability Northwest (Manchester) and UKCIP (Oxford).
- Miljövrådsberedningens rapport (2007:03), *Vetenskapligt underlag för klimatpolitiken* Rapport från Vetenskapliga rådet för klimatfrågor
- MMM (2009); Evaluation of the implementation of Finland's National Strategy for Adaptation to Climate Change 2009 Ministry of Agriculture and Forestry 2009, tilgjengelig på http://www.mmm.fi/attachments/ymparisto/sopeutuminen/5HB7CtsIo/Evaluation_of_Implementation_of_NAS_FINAL.pdf
- Mossberg Sonnek, K., Lindberg, A. & Lindgren, J. (2007) *Anpassning till klimatförändringar i risk- och sårbarhetsanalyser på kommunal nivå*. FOU
- Naturvårdsverket & Energimyndigheten (2008) *Den svenska klimatstrategins utveckling. En sammanfattning av Energimyndighetens och Naturvårdsverkets underlag till kontrollstation 2008*.
- Nilsson, A. E. And Gerger-Swartling, Å. (2009) Social learning about Climate Adaptation: Global and Local perspectives. Paper for the Nordic Environmental Social Science Conference, London June 10-12, 2009 Working Group 7.
- Næss, L.O., Prestrud, P., O'Brien, K., Alfsen, K.H. (2004): *Forstudie til klimatilpasningsstrategi for Norge*. CICERO Report 2004:11
- Ollila, M., Virta, H. and Hyvärinen, V., 2000. *Suurtulvaselvitys, arvio mahdollisen suurtulvan aiheuttamista vahingoista Suomessa* (Report on extreme floods; assessment of the damage caused by a potential extreme flood in Finland) *Suomen Ympäristö* 441, 140 pp. (på finsk, med engelsk sammendrag). <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=13329&lan=fi>
- Perrels, A., Rajala, R. and Honkatukia, J. 2005. *Appraising the socio-economic impacts of climate change for Finland*. FINADAPT Working Paper 12, Finnish Environment Institute Mimeographs 342, Helsinki. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=45371&lan=en>
- Rummukainen, M. og Kallén, E. (2009): *Ny klimavetenskap 2006-2009*. Kommisionen för hållbar utveckling.
- Ruosteenoja, K., Jylhä, K. and Tuomenvirta, H. 2005. *Climate scenarios for FINADAPT studies of climate change adaptation*. FINADAPT Working Paper 15, Finnish Environment Institute Mimeographs 345, Helsinki. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=45381&lan=en>
- Saarelainen, S. 2006. *Climate change and risks to the built environment*. FINADAPT Working Paper 9, Finnish Environmental Institute Mimeographs 339, Helsinki, 22 pp. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=56906&lan=en>
- Silander, J., Vehviläinen, B., Niemi, J., Arosilta, A., Dubrovin, T., Jormola, J., Keskiarja, V., Keto, A., Lepistö, A., Mäkinen, R., Ollila, M., Pajula, H., Pitkänen, H., Sammalkorpi, I., Suomalainen, M. and Veijalainen, N. 2006. *Climate change adaptation for hydrology and water resources*. FINADAPT

- Working Paper 6, Finnish Environment Institute Mimeographs 336, Helsinki.
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=53794&lan=en>
- Simonsson, L., Klein, R. J. T., Gerger-Swartling, Å., André, K., & Wallgren, O. (2009) Perceptions of Risk and Limits for Climate Change Adaptation - Case Studies of Two Urban Regions, in . (Eds). (2009) *Climate Change Adaptation in Developed Nations: Springer.*, J. Ford & B. L. ord, eds., Springer.
- SOU, Klimat- och sårbarhetsutredningen (2007) *Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter*, Stockholm, Fritzes. No. SOU 2007:60.
- Storbjörk, S. (2006) *Klimatanpassning i Sverige - Drivkrafter och utmaningar för riskhantering och fysisk planering*, Linköping, Centre for Climate Science and Policy Research. 06:02.
- Swedish Government Bill 2008/09:162 (2009) *En sammanhållen klimat- och energipolitik Klimat*. Regeringens Proposition 2008/09:162.
- UKCIP. 2009. UK Climate Impact Programme. Hentet fra <http://www.ukcip.org.uk>, 11.06.2009
- UKCIP 2005. Measuring Progress: Preparing for climate change through the UK Climate Impacts Programme. C. West and M. Gawith (eds.) UKCIP Technical Report UKCIP, Oxford.
- UKCIP (2000) Socio-economic scenarios for climate change impact assessment: a guide to their use in the UK Climate Impacts Programme. UKCIP, Oxford.
- Watkiss, P. Hunt, H and Horrocks, L. 2009. Final Report for the Scoping Study for a National Climate Change Risk Assessment and Adaptation Economic Analysis, Defra Contract number GA0208. Metroeconomica, AEA group, and Paul Watkiss Associates. Published by Defra, 2009.
- The Planning Act 2008, Part 9, Chapter 2, Sections 181 and 182 hentet fra http://www.opsi.gov.uk/acts/acts2008/ukpga_20080029_en_1, 11.06.2009