

Arild Buanes, Jan Åge Riseth og Eirik Mikkelsen

# Effekter på folk og samfunn

## Klimaendringer i norsk Arktis

NorACIA delutredning 4





Rapportserie nr. 131

*Report series no. 131*

# Effekter på folk og samfunn

## Klimaendringer i norsk Arktis

– NorACIA delutredning 4

Arild Buanes, Jan Åge Riseth, Eirik Mikkelsen

Norsk Polarinstitutet er Norges sentralinstitusjon for kartlegging, miljøovervåking og forvaltningsrettet forskning i Arktis og Antarktis. Instituttet er faglig og strategisk rådgiver i miljøvernaker i disse områdene og har forvaltningsmyndighet i norsk del av Antarktis.

*The Norwegian Polar Institute is Norway's main institution for research, monitoring and topographic mapping in Norwegian polar regions. The Institute also advises Norwegian authorities on matters concerning polar environmental management.*

**Adresse/Address**

NorACIA sekretariat  
Norsk Polarinstitut  
Polarmiljøsentret  
NO-9296 Tromsø  
noracia@npolar.no  
www.npolar.no  
www.noracia.npolar.no

Arild Buanes, Norut Tromsø  
Jan Åge Riseth, Norut Tromsø  
Erik Mikkelsen, Norut Tromsø

**Teknisk redaktør:** Marte Lundberg, Norsk Polarinstitut  
**Design/layout:** Audun Igesund, (for side Jan Roald), Norsk Polarinstitut  
**Trykket:** November 2009, grafisknord Finnsnes  
**ISBN:** 978-82-7666-265-8  
**ISSN:** 0803-0421

NorACIA; Norwegian Arctic Climate Impact Assessment, er et initiativ tatt av den norske regjering for å følge opp Arctic Climate Impact Assessment (ACIA), et prosjekt underlagt Arkisk råd. NorACIA søker å synliggjøre eksisterende kunnskaper og utvikle nye kunnskaper om klimaforhold i norsk Arktis og fokuserer på hvilke kunnskapshull som bør tettes.

NorACIA er organisert gjennom en styringsgruppe med representanter fra Miljøvern-departementet (styreleder), Direktoratet for naturforvaltning, Norsk Polarinstitutt og Statens forurensningstilsyn, og har et sekretariat koordinert av Norsk Polarinstitutt.

Innenfor rammen av NorACIA er fokus på formidling, forvaltningsrådgivning og sammenstilling av kunnskap om klimaendringer i norsk Arktis. Hovedsiktemålet for NorACIA er å samle kunnskap om klimaendringer i regionen, som kan danne basis for videre vurderinger av tiltak forbundet med klimaendringer og konsekvenser av disse.

NorACIA er bygget opp av fem delutredninger, hvorav denne er den fjerde i rekken. Delutredningene tar for seg følgende temaer:

Delutredning 1: Klimascenarier for norsk Arktis 1900-2100

Delutredning 2: Fysiske og biogeokjemiske prosesser

Delutredning 3: Effekter på økosystemer og biologisk mangfold

Delutredning 4: Effekter på folk og samfunn

Delutredning 5: Tilpasning og avbøtende tiltak

I tillegg skal det utarbeides en lettere tilgjengelig synteserapport. Alle delutredninger og synteserapporten vil bli ferdigstilt innen første kvartal 2010.

Denne rapporten omhandler effekter av klimaendringer på folk og samfunn.

Delutredningen har vært skrevet av et team av forskere fra Northern Research Institute Tromsø (Norut Tromsø), bestående av Arild Buanes, Jan Åge Riseth og Eirik Mikkelsen. Arild Buanes har koordinert arbeidet, og hatt hovedansvar for skrivingen. Forfatterne takker alle som har tatt seg tid til å levere innspill og kommentere tidligere utkast av delutredningen.

Tromsø, 11.11.2009

Birgit Njåstad  
sekretariatet for NorACIA

---

## 1 Sammendrag

---

Denne utredningen søker å gjøre opp status for arbeidet med vurdering av samfunnsmessige effekter og sårbarhet for klimaendringer i de norske nordområdene (Nord-Norge og Svalbard). Hvor sårbart et samfunn er overfor klimaendringer er et samlet resultat av eksponering, sensitivitet (følsomhet) og tilpasningsevne. I og med at tilpasning og tilpasningsevne påvirker sårbarheten, kan man ikke vurdere sosiale systemers sårbarhet for klimaendringer kun basert på en lineær årsak-virkningsrelasjon fra endringer i klima og klimaeffekter på økosystemer, til samfunnsmessige effekter. Tilpasning og tilpasningsevne omhandles i NorACIAs delutredning 5, mens denne delutredningen konsentrerer seg om eksponering og sensitivitet til klimaendringer, og metoder for å vurdere samfunnsmessig sårbarhet ut fra dette perspektivet.

Arbeidet med å studere og vurdere sårbarhet til klimaendringer har ikke pågått særlig lenge i Norge. Noen sentrale tema for dette er adressert i egne delprosjekter under NorACIA, men denne utredningen trekker også veksler på andre arbeider. De fleste utredninger om dette er generelle for den sektor eller felt de fokuserer på, ofte med begrensete vurderinger av geografisk variasjon mellom regioner og landsdeler. Dette gjør at den tematiske gjennomgangen i denne delutredningen blir tilsvarende generell for noen sektorer og felt.

Folk og samfunn er utsatt for effekter av klimaendringer gjennom endringer i vær (temperatur, vind, og nedbør), effekter på natursystemer (blant annet havnivå, bølger, erosjon, biolo-

giske/økologiske endringer), og påvirkning på blant annet infrastruktur og næringssektorer. For mange aktører og sektorer vil effektene av klimapolitikken (som avgifter på klimagassutslipp) merkes før, og sterkere, enn effektene av klimaendringene i seg selv. Denne delutredningen ser imidlertid kun på de direkte og indirekte effektene av klimaendringer, ikke klimapolitikk.

Delutredningen tar utgangspunkt i flere bidrag fra de senere år som søker å utvikle perspektiver på sårbarhet og tilpasning til klimaendringer tilpasset norske forhold. Flere av disse er utviklet innenfor rammen av NorACIA. De skiller mellom tre hovedtyper sårbarhet:

**Naturlig sårbarhet:** Prosesser i naturen som er utsatt for påvirkning av klimaendringer. Eksempler er skred, erosjon, flom og endringer i det biologiske mangfoldet. Dette tilsvarer da eksponering til klimaendringer.

**Sosioøkonomisk sårbarhet:** Samfunnsmessige forhold og prosesser som påvirker sårbarheten overfor klimaendringer. Eksempler er andelen sysselsatte innenfor klimasårbare næringer, og andelen av infrastruktur og bygninger som ligger i skredutsatte områder. Dette gir et bilde på følsomhet (sensitivitet) til klimaendringer.

**Institusjonell sårbarhet:** Kapasitet i ulike institusjoner til å gjennomføre tiltak for å tilpasse seg til klimaendringer; tilpasningsevne. Eksempler er tilgang på fagkompetanse og økonomiske ressurser for å gjennomføre tilpasningstiltak.

Innenfor rammene av NorACIA-prosjektet har det vært prøvd ut både «top-down» og

«bottom-up» metoder for å gjøre slike sårbarhetsvurderinger. Ved top-down metodikk vurderes en region eller sektors sårbarhet ved hjelp av makroøkonomiske data, spørreundersøkelser og/eller annen statistikk. Ved bottom-up metode involveres de lokale beboere, brukere og interessenter i vurdering av sårbarhet.

Rapporten gir en oversikt over hvordan klimaendringene kan slå ut for infrastruktur, naturressursbaserte næringer, helse og miljøvern. Det er også særlig fokus på grupper og regioner som vurderes som særlig sårbare overfor klimaendringer, inkludert metoder for å vurdere kommunal sårbarhet.

Samfunnsmessige konsekvenser av klimaendringer vil kunne forsterkes eller motvirkes av andre utviklingstrekk, som flyttemønster og bostedsvalg. De kan dempe eller forsterke det samlede behovet for ny infrastruktur, så vel som lokalisering av slik infrastruktur. Utviklingen i markedene i ulike næringer vil påvirke lønnsomheten der, og dermed ha innflytelse på hvor sårbare næringene er for klimaendringer.

---

### 1.1 Infrastruktur

---

På nasjonalt nivå er sannsynligheten stor for at temperatur og havnivå vil stige, samt at vi vil oppleve økt nedbør langs hele kysten. De direkte værrelaterte utfordringene, særlig fra vind og nedbør, står som de viktigste klimaeffektene for transportsektoren, gjennom økt risiko for flom, skred og utvasking av masse. Hyppigere flom som følge av økt temperatur og økt nedbør vil medføre økt belastning på vegnettet. Brofun-

damer vil påvirkes ved at de oftere utsettes for både høyere vannstand og sterkere strømmer. Jernbanestrekninger i fjellområdene (hvor Nordlandsbanen og Ofofbanen ligger innenfor NorACIA-området) forventes å bli særlig berørt av skred og utglidninger, uten at omfanget lar seg spesifisere særlig presist.

For sjøfarten vil reduksjon av havis vil kunne føre til økt skipstrafikk gjennom Nordøstpassasjen. Kortere seilingstid og lavere drivstofforbruk som en følge av dette vil gi både økonomiske og miljømessige gevinster, men økt sjøtransport i Barentshavet vil også kunne medføre utfordringer knyttet til havrett og ansvarsspørsmål i forbindelse med eventuelle ulykker og utslipp, og ikke minst til etablering og vedlikehold av samlet infrastruktur for skipsfart, som sjøkartlegging, oljevernberedskap og nye havnefasiliteter. Dette innebærer også samfunnsmessige muligheter for lokalsamfunn i Nord-Norge og på Svalbard.

Det kommunale rør- og ledningsnett for vannforsyning og avløp påvirkes av økte nedbørmengder, økt havnivå og økt stormflo. Effektene er knyttet til potensialet for redusert hygienisk sikkerhet, økt innhold av naturlig organisk materiale, alger, toksiner og kontamineringsfare økning i havnivå.

Risiko- og sårbarhetsanalysen for Finnmark (Fylkesmannen i Finnmark 2008) pekte også på hvordan effekter ett sted i infrastrukturkjeden kan forplante seg videre, eksempelvis at svikt i strømforsyningen kan få konsekvenser for vannforsyningen.

Både produksjon og distribusjon av vannkraft vil kunne påvirkes av klimaendringer. Mer nedbør per år gir et større potensial for produksjon, men man forventer også større variasjon i hyppighet og omfang av nedbør, med konsekvenser for overflateavrenning og fyllingsgrad for vannmagasiner. For overføringsnett kan det bli flere feil og brudd som følge av mer is og vind.

## 1.2 Naturressursbaserte næringer

Landbruk er blant de næringene som trolig er mest følsomme for klimaendringer. Klimaet er i dag svært ulikt fra nord til syd og fra kyst til innland i Nord-Norge. De store klimatiske og driftsmessige forskjellene gjør det vanskelig å gi entydige og samlede svar på hvordan klimaendringer vil påvirke det nordnorske jordbruket.

Det ventes en generell avlingsøkning i jordbruket i nord på grunn av høyere temperatur, lengre veksttid og høyere CO<sub>2</sub>-innhold i luften. Dette kan gi grunnlag for dyrking av mer varmekrevende og mindre vintersterke vekster, men det ventes at landbruket fortsatt vil domineres av grasdyrking og husdyrproduksjon. Endring av vinterklimaet mot høyere temperatur og mer nedbør kan medføre redusert frekvens av store vinterskader i noen områder, men samtidig kan det bli større problemer med is i områder hvor det ikke er problemer i dag. Bedre livsvilkår for sopp, insekter og bakterier kan gi hyppigere angrep av skadedyr og flere nye skadegjørere.

Selv om bildet av klimaendringenes effekter på skog er komplekst, forventes den produktive

skogen i Norge å øke betydelig som følge av klimaendringene. En temperaturøkning på 2 °C kan føre til at skoggrensen heves med ca. 300 meter. Det kan øke det produktive arealet i skogbruk betydelig i Nordland og Troms, men potensialet for økt skogareal antas likevel å være størst i Finnmark. Frostskader på vinteren, tørkestress, angrep av insekter og skadedyr, og soppskader, kan øke som resultat av klimaendringene, og det samme gjelder skogbrannfare.

Reindrifta er en spesielt naturavhengig næring siden den er basert på at dyrene går på naturlig beite året rundt. Klimaendringene påvirker beiteforholdene til alle årstider, med både positive og negative klimaeffekter. Mye tyder likevel på at totaleffekten blir negativ. Økte temperaturer sommer, høst og vår fører til reduksjon av både sommer- og vinterbeiteområder i områder som Finnmarksvidda, på grunn av gjengroing av åpne heier og heving av skoggrensen. I tillegg gir det lengre vekstsesong med forskyving i balansen mellom bruk av vinter- og barmarksbeiteområder. Økte vintertemperaturer vil for innlandsområdene gi mer usikre vintre, først og fremst som følge av sannsynligheten for hyppigere frysetine-syklus og påfølgende «låsing» av beiter, mens for de kystnære områder vil middeltemperaturen det meste av vinteren ligge over null grader og is og snø vil tine raskere. Effektene vil i noen grad kunne kompensere hverandre. Økt insektforstyrrelse og risiko for parasitter og andre sykdommer forventes, samt økte arealkonflikter med andre interesser.

Fiskeriene i norsk Arktis er viktige for aktører og lokalsamfunn både i og utenfor Nord-Norge og Svalbard. Relevante klimavariabler for marine økosystemer er temperatur, nedbør, vindstyrke, vindretning, skydekke, salinitet (saltholdighet), strøm, isforhold, havnivå, bølger, turbulens og lys (avhengig både av is- og skyforhold). Klimaendringer virker på det marine miljøet gjennom hele næringskjeden, og påvirker størrelsen på fiskebestander gjennom effekter på rekruttering og vekstrater, og også på romlig fordeling og bestandenes migrasjonsmønster. ACIA-rapporten (ACIA 2005) konkluderte at moderat temperaturøkning i våre havområder, sammen med redusert havis som forventes å gi økt primær- og sekundærproduksjon, trolig vil være en fordel for kommersielt viktige arter. En mengde faktorer kompliserer bildet, slik at det er stor usikkerhet om effektene. Dersom effektene blir moderate kan vi oppleve endringer i utbredelse og størrelse for viktige bestander, men at strukturen til økosystemet i all hovedsak består. Dersom alvorlig «mismatch» oppstår i næringskjeden på grunn av endret tid/sted for gyting, klekking, og/eller oppblomstring av plankton, kan strukturen i økosystemet endres dramatisk, med svært usikre effekter på grunn av kompleksiteten i økosystemet. Endringer i geografisk utbredelse for fiskebestander kan medføre at bestander som er delt mellom Norge og Russland vil kunne befinne seg i russisk område i større grad enn før, med mulige konsekvenser for forhandlinger om kvotefordeling. Det samme kan gjelde mot andre land vi deler bestander

med. Dersom det blir mer torsk i «Smuthullet» i Barentshavet kan det også bli en utfordring for forvaltningen. Den geografiske fordelingen av båter, fiskere, mottaks- og produksjonsanlegg innebærer at klimaeffekter på fiskeriene vil slå ut ulikt i ulike områder i norsk Arktis.

Havbruksnæringen er også viktig for Nord-Norge og en rekke lokalsamfunn i regionen. Varmere vanntemperaturer vil bidra til raskere vekst hos oppdrettsfisk, inntil en viss grense. For lakseoppdrett kan vanntemperaturene i Sør-Norge bli for høye for god produktivitet, mens Nord-Norge kan få bedre forhold. Enkle studier antyder at effekten av dette kan bli svært betydelig for verdiskaping og sysselsetting i havbruk i Nord-Norge.

Klimaendringer kan endre reiselivsnæringa ved at endringer i vær kan påvirke turistenes valg av feriested direkte, men også ved at endringer i vegetasjon kan påvirke områders attraktivitet. Endringer i naturgrunnlaget kan være spesielt viktig for Norge, hvor natur og landskap er svært viktige motiver for turistenes besøk hit. Redusert snødekke og dårligere og mer ustabile snøforhold vil kunne føre til at skiturisme isolert sett blir negativt påvirket. Dersom de viktigste konkurrentene vil oppleve mer alvorlige reduksjoner i snødekke kan imidlertid nordnorsk reiseliv likevel oppleve økt etterspørsel. Turisme på Svalbard forventes å øke ytterligere, blant annet fordi mindre is i fjordene på nord- og østsiden av Svalbard gir økt tilgjengelighet.

Mindre is i Barentshavet vil kunne føre til et større press for å åpne for leteboring og utvinning av petroleum.

## 1.3 Helse og miljøvern

Både gradvise endringer i temperatur og nedbør, og økt forekomst av ekstremvær (hete- og kuldebølger, flom og skred) kan påvirke helsen direkte så vel som indirekte. Dette skjer typisk gjennom påvirkning på smitteveier og sykdomsoverføring, og gjennom mer langsiktige og indirekte virkninger via effekter på blant annet matproduksjon. Klimaeffekter på helse er således mangesidig, men den største effekten antas likevel å være økt utbredelse av vektoroverførte sykdommer, med andre ord sykdommer som overføres av bærere som for eksempel mygg og flått. Mens det globale helsebildet forventes å bli kraftig påvirket av klimaendringer, så er bildet mindre dramatisk i Norge.

En sentral del av naturvernet i Norge er områdevernet basert på naturvernloven. Kriteriene for utvelgelse av verneområder, som representativitet og artsvern, var ikke utformet med tanke på de effektene klimaendringer vil ha på økosystemene. Klimaendringene vil føre til endrede utbredelsesområder for arter, med endret artsammensetning og økosystemer i verneområdene som konsekvens. For å motvirke dette er det i naturforvaltningen fokus på å minimere andre stressfaktorer, sikre bevaring av store naturområder, sikre spredningskorridorer for arter og tilpasse praksis i relevante næringer. Det viser seg nå at også kortvarige klimahendelser, for eksempel varmeperioder på vinteren, kan ha betydelige

konsekvenser for enkeltarter og økosystemer. Økt vern kan ikke stoppe klimaendringene, men vern av områder kan bidra til at artene og naturtypene blir mindre truet av andre inngrep. Dette vil kunne øke sjansen for at det biologiske mangfoldet ivaretas også i framtida.

Klimaendringene vil kunne få konsekvenser for landbaserte kulturminner i regionen, og særlig kulturminnene på Svalbard vil kunne trues av raskere erosjon, og indirekte av mer slitasje fra økt ferdsel.

#### 1.4 Særlig utsatte regioner og grupper

Å identifisere grupper, sektorer eller regioner som er særlig sårbare for klimaendringer er en viktig oppgave. Dette for å kunne prioritere og foreta tilpasninger slik at effektene av klimaendringene kan dempes. I NorACIA har det vært jobbet med indikatorbaserte top-down vurderinger av regional, og da særlig kommunal, klimasårbarhet på basis av naturlig, sosioøkonomisk og institusjonell sårbarhet. Dette kan brukes for å foreta et første utvalg av kommuner for videre sårbarhetsanalyse. Top-down metoder for vurdering av klimasårbarhet bør suppleres med lokale vurderinger. Skala for analyse av klimasårbarhet er viktig. Mens ingen av fylkene har klimafølsomme enkelt næringer med sysselsettingsandeler over 7–8 %, er bildet helt annerledes på kommunenivå, hvor noen enkeltkommuner har en tredjedel av sine sysselsatte i fiske og fangst.

Samene er ekstra sårbare for effekter av klimaendringene, da de på mange måter allerede er i en presset og marginalisert situasjon. Reindriften er

en viktig næring for samene og samisk identitet, og en næring som forventes å oppleve betydelige konsekvenser av klimaendringene. Andre samiske livsformer er også under press, men deres situasjon er dårligere kartlagt. Samenes lange erfaring med reindrift og fangst og høsting av naturressurser under skiftende klima- og værforhold har gitt dem en viktig erfarings- og kunnskapsbase for å håndtere klimaendringer, men de forventede klimaendringene reiser kvalitativt nye utfordringer. Dette fordi registrerte og påregnelige klimaendringer tiltar i både omfang og styrke, men også fordi andre sosiale og økonomiske prosesser bidrar til tiltakende marginalisering.

#### 1.5 Oppsummering/kunnskapshull

For å bedre kunne analysere sårbarheten for klimaendringer er det nødvendig å forbedre metodene for å vurdere hvordan effekter av klimaendringene samvirker med andre samfunnsendringer, som da har andre årsaker. Det innebærer nye og forbedrede metoder for å lage sosioøkonomiske scenarier, og å kunne koble disse til nedskalerte klimascenarier. Å gjennomføre regionale perspektivanalyser og samfunns-scenarier med forankring i enkelt næringer/ sektorer kan være nyttig i den sammenheng. Det er også viktig å gjøre helhetlige påvirkningsvurderinger når klimasårbarhet vurderes, noe som krever et multistressor- eller flerfaktorperspektiv på klimasårbarhet.

Delprosjektene i NorACIA som har vurdert kommunal klimasårbarhet har bidratt til forbedret utvalg av indikatorer, i forhold til tidligere arbeider. Nye indikatorer har vært valgt både på grunn av ny kunnskap om koblingen mellom klima og samfunn, og på grunn av bedre kunnskap om datagrunnlaget for enkeltindikatorer. Det demonstrerer hvordan anvendelse av metodikk for vurdering av klimasårbarhet også fører til en forbedring av metodikken, og også gir innspill til hvilke data som bør samles inn framover for å bedre kunne vurdere sårbarhet og effekter av klimaendringer i framtiden. Samtidig som metoder for klimasårbarhetsvurderinger utvikles må de løpende brukes, testes og forbedres.

Steds- og kontekstbaserte sårbarhetsanalyser kan inkludere både dokumentasjon av lokale sårbarhetsfaktorer, identifikasjon av hvordan lokalsamfunn er følsomme til kombinerte effekter av endringer i klima med endringer i sosioøkonomiske og biofysiske forhold, analyse av hvordan sosiale, økonomiske og biofysiske forhold kan forventes å endre seg og vurdering av lokalsamfunnens tilpasningsevne. Kompleksiteten knyttet til ulike faktorer og interaksjoner mellom biofysiske, sosiale, økonomiske, politiske, legale og institusjonelle forhold lokalt bør ikke nedtones, men man bør heller satse på å utvikle gode metoder for vurdering av klimasårbarhet som tar hensyn til denne kompleksiteten.

## Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Sammendrag</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Introduksjon</b>	<b>7</b>
2.1	Samfunnmessige effekter av klimaendringer i NorACIA	7
2.2	Geografisk avgrensning	7
2.3	Hvordan lese rapporten	7
<b>3</b>	<b>Fra klimascenarier til regionale samfunnseffekter</b>	<b>8</b>
3.1	Hovedtrekk i den framtidige klimautviklingen i Nord-Norge	10
3.2	Økologiske/biologiske endringer versus ekstremvær	11
3.3	De mange påvirkningsfaktorene: Naturlig og samfunnmessig kompleksitet	12
<b>4</b>	<b>Effekter på viktige samfunnmessige funksjoner</b>	<b>12</b>
4.1	Infrastruktur	12
4.1.1	Kommunikasjon	13
4.1.2	Kommunaltekniske installasjoner	15
4.1.3	Bygninger og faste installasjoner	16
4.1.4	Energiforsyning og petroleum	17
4.2	Naturressursbaserte næringer	18
4.2.1	Jordbruk	18
4.2.2	Skogbruk	20
4.2.3	Reindrift	21
4.2.4	Fiskeri og havbruk	23
4.2.5	Turisme	25
4.3	Helse og miljøvern	26
4.3.1	Helseeffekter	26
4.3.2	Natur- og kulturvern	26
4.4	Oppsummering av effekter av klimaendringer på viktige samfunnmessige funksjoner	27
<b>5</b>	<b>Identifisering av særlig utsatte regioner eller grupper</b>	<b>28</b>
5.1	Identifisering av sårbare regioner	28
5.1.1	Infrastruktureffekter	29
5.1.2	Sysselsettingseffekter	31
5.2	Økonomiske effekter	32
5.3	Identifisering av sårbare befolkningsgrupper	33
5.3.1	Samene – urfolk i nord	34
5.3.2	Andre sårbare grupper	34
<b>6</b>	<b>Diskusjon og oppsummering</b>	<b>35</b>

---

## 2 Introduksjon

---

NorACIA er en nasjonal norsk videreføring av Arktisk Råd-prosjektet «Arctic Climate Impact Assessment» (ACIA). NorACIA skal bidra til å utvikle, sammenstille og formidle kunnskap om klimaendringer, effekter og tilpasninger, i norsk del av Arktis, med høyere geografisk oppløsning enn man kunne i ACIA. NorACIA-arbeidet er organisert i tråd med en forenklet modell av klimaprosessenes virkningskjede. Med bakgrunn i regionale klimascenarier (delutredning 1), foreligger det utredninger om hvordan klimaendringene påvirker og kommer til uttrykk gjennom fysiske og biogeokjemiske prosesser (delutredning 2) og sannsynlige effekter på økosystemer og biologisk mangfold (delutredning 3). Disse danner bakgrunn og utgangspunkt for utredningen om effekter av klimaendringer på folk og samfunn i norsk Arktis (delutredning 4, denne rapporten). Kunnskap om disse prosessene, mekanismene og effektene danner så et grunnlag for å drøfte tilpasningsstrategier og avbøtende tiltak (delutredning 5).<sup>1)</sup>

### 2.1 Samfunnsmessige effekter av klimaendringer i NorACIA

---

Folk og samfunn er utsatt for effekter av klimaendringer gjennom endringer i vær (temperatur, vind og nedbør); gjennom effekter på natursystemer (blant annet havnivå, bølger, erosjon, biologiske/økologiske endringer); og gjennom påvirkning på blant annet infrastruktur og næringssektorer.

Bevisstheten om menneskeskapte klimaendringer bidrar også til en politikk med strategier og tiltak for avbøting (for å redusere klimagassutslipp eller binde klimagasser). Sentralt for Norge er tilslutningen til det europeiske kvotesystemet for klimagassutslipp, som betyr at ca. 70 % av norske utslipp er underlagt kvoteplikt eller avgift (St.meld. nr. 34 2006–7). Hva det vil kreve å redusere norske klimagassutslipp med 50–80 % innen 2050 er også utredet (NOU 2006:18). Det er klart at tiltak som reduserer klimagassutslipp eller binder klimagasser vil medføre effekter på folk og samfunn, også i NorACIA-området (her: Nord-Norge og Svalbard). Jo kraftigere klimagassreduksjoner, jo større blir effekten på folk og samfunn av de tiltak som må settes inn for å oppnå disse reduksjonene. I én forstand er dette effekter av klimaendringene, men det er ikke den type effekter som vurderes i denne delutredningen. Her ser vi kun på direkte følger av selve klimaendringene på folk og samfunn i norsk Arktis, riktignok via fysiske/geokjemiske og biologiske/økologiske effekter.

De regionale scenariene for klimaendringer de neste 100 år utviklet i NorACIA (delutredning 1; Førland et al. 2009), og deres effekt på fysiske og biogeokjemiske prosesser (delutredning 2) og på økosystemer og biologisk mangfold (delutredning 3) danner bakgrunnen og utgangspunktet for

fremstillingen av samfunnsmessige effekter av klimaendringer i norsk Arktis i NorACIA-prosjektet. Noen relevante tema er adressert i egne delprosjekter i NorACIA, men klimautfordringene er samtidig så brede og sammensatte at denne delutredningen også trekker veksler på andre arbeider der dette er relevant.

Perspektivet som ligger til grunn for å vurdere samfunnsmessige effekter av klimaendringer innenfor NorACIA-arbeidet er nært knyttet til ideen om samfunnsmessig sårbarhet, og dermed også til tilpasningsevne. Samfunnsmessig sårbarhet til klimaendringer er en funksjon av eksponering for klimaendringer, sensitivitet til dem og tilpasningsevne (se mer om dette i kapittel 2). Det gjør at det er glidende overganger mellom tematikken i denne delutredningen og delutredning 5, og det nære forholdet mellom effekter, sårbarhet og tilpasning medfører en viss gjentakelse av kopleingene mellom tematikken for de to delutredningene.

### 2.2 Geografisk avgrensning

---

Mens landområdene som omfattes i delutredning 2 og 3 er Svalbard og fastlands-Norge nord for polarsirkelen<sup>2)</sup>, er ikke denne sørlige avgrensningen like relevant i en utredning om samfunnsmessige effekter. For det meste av den samfunnsmessige virksomheten i økonomiske sektorer, lokalsamfunn og styringsstrukturer er ikke polarsirkelen en relevant grense, og det å dele et fylke fremstår ikke like velbegrunnet. Ikke minst blir dette tydelig når effekter av klimaendringer skal settes i relasjon til klimatilpasning (delutredning 5), hvor en rekke av de styringsstrukturer som må forholde seg til klimaendringer er forankret på fylkesnivå (fylkeskommune og regional stat). I tråd med det geografiske fokus i de studier som er gjennomført i tilknytning til denne tematikken (CICERO Senter for klimaforskning, Samisk høyskole og Vestlandsforskning) er det derfor hensiktsmessig å fokusere på de tre nordligste fylkene i Norge, Svalbard og Barentshavet.

For å gi en nødvendig tematisk bredde, er det i denne delutredningen også brukt kilder som omhandler klimaendringenes effekter på utvalgte sektorer og samfunnsfunksjoner på en mer generell, nasjonal basis. Vi må forvente at effektene vil variere fra sør til nord, og fra kyst til innland, men det romlige fordelingsbildet er per dato ikke alltid kjent, eller lett tilgjengelig i kildematerialet. Spesifisering av enkeltfaktorers relevans for effekter i norsk Arktis, og for lokalsamfunn og sektorer i dette området, er derfor ofte vanskelig.

### 2.3 Hvordan lese rapporten

---

Kapittel 3 gir en introduksjon til det perspektiv som ligger til grunn for å utrede klimaendringenes effekter på folk og samfunn. I kapittel 4 fokuserer rapporten på noen utvalgte sektorer, hensyn og virksomhetsområder som innen NorACIA er definert som særlig viktige i et klimaendringsper-

---

<sup>1)</sup> Mer informasjon om NorACIA-prosjektet finnes på nettsiden <http://www.noracia.npolar.no/>

<sup>2)</sup> I delutredning 1 er Svalbard det geografiske hovedfokus, men omfatter også resultater for Jan Mayen og Nord-Norge (Førland et al. 2009)



spektiv: infrastruktur, naturressursbaserte næringer, helse og natur/-kulturvern.

I kapittel 5 retter rapporten søkelyset mot utfordringene knyttet til å identifisere særlig utsatte regioner, bransjer eller grupper, og presenterer sentrale bidrag innenfor NorACIA som illustrerer muligheter og begrensninger i forhold til utvikling av indikatorer for klimaeffekter og sårbarhet – indikatorer som både er analytisk meningsfulle, og som oppleves som handlingsrelevante i forhold til å utvikle den institusjonelle kapasiteten for å styrke tilpasningen til klimaendringer. I kapittel 6 trekkes disse elementene sammen i en oppsummerende drøfting. Her presenteres også sentrale kunnskapsbehov, med vekt på å trekke lærdom fra bidragene i NorACIA for å skissere hvilke typer analyser som er mest aktuelle på kort sikt.

### 3 Fra klimascenarier til regionale samfunns effekter

Internasjonalt brukes begrepet «climate change studies» ofte om klimaforskning mer allment, og ikke avgrenset til å studere klimaendringer i seg selv. Et illustrerende eksempel finner vi hos Prato (2008), som anlegger et bredt perspektiv på studier av klimaendringer (climate change studies). Han inkluderer også effektstudier og studier av tilpasning (adaptation) og avbøtende tiltak (mitigation) i begrepet<sup>3</sup>. Studier av klimaendringer i denne brede forstand kan deles inn i fire hovedtyper:

- a) Studier av drivkreftene bak klimaendringer, herunder den relative betydningen av ulike naturlige og antropogene drivere.
- b) Kvantifisering av de biofysiske uttrykkene for klimaendringer (endringer i temperatur, nedbør, artsutbredelse osv.).
- c) Vurderinger av naturlige og sosiale systemers sårbarhet for disse endringene.
- d) Identifisere «avbøtende» tiltak som kan dempe de antropogene driverne for klimaendringer (blant annet redusere klimagassutslipp), og identifisere tilpasningsstrategier og -tiltak som kan dempe de negative effektene av klimaendringer.

I forhold til en slik inndeling, har arbeidet innenfor NorACIA fokusert på klimascenarier (b), sårbarhet (c) og tilpasningsstrategier (siste del av d).

Det å se de ulike delene av denne forskningen i sammenheng fremstår som en sentral utfordring i internasjonal klimaforskning. I introduksjonen til temanummeret om klimaeffekter, tilpasning og sårbarhet i Arktis i Polar Research (Vol 28/1, april 2009), fremhever Ford & Furgal (2009) at det foreligger få empiriske studier av sårbarhet i forhold til

klimaendringer i Arktis. Arbeidet som har foregått innenfor og parallelt med NorACIA, er dermed å betrakte som bidrag til utviklingen av et fremvoksende studiefelt.

Studier av faktiske og forventede klimaendringer i nordområdene har fram til ganske nylig i hovedsak fokusert på biofysiske endringer som følge av klimaendringer (Ford et al. 2006). Klimaendringer kommer til uttrykk gjennom ulike klimaparametre, som temperatur, nedbør (type, varighet, mengde, intensitet), snø- og isdekke og vind. De samfunnsmessige konsekvensene av klimaendringer i Arktis lar seg imidlertid ikke avlese av de biofysiske endringene isolert sett, men krever at man studerer menneskelig aktivitet i nordområdene.

Modellen i figur 1 viser sentrale sammenhenger mellom hvordan drivkreftene bak klimaendringene kommer til uttrykk i ulike klimaparametre og påvirker natursystemer, som i sin tur har effekter på sosiale systemer.

Over de senere år har forskningen på effekter av klimaendringer kunnet bygge på stadig forbedret geografisk oppløsning i klimascenariene, noe som har gitt muligheter for mer detaljerte studier av klimaeffekter på regionalt og lokalt nivå (Næss et al. 2006). I NorACIAs delutredning 1 konkluderes det likevel med at den romlige oppløsningen i dagens regionale klimamodeller (RCMs) ikke er tilstrekkelig som utgangspunkt for lokale effekt- og tilpasningsstudier (Førland et al. 2009). I NorACIAs RCM er rutene 25x25 km, og det opereres med 31 lag i høyden. De beste RCM som tidligere har vært brukt for klimascenarier for denne regionen har hatt 55x55 km rutestørrelse og 19 lag i høyden.

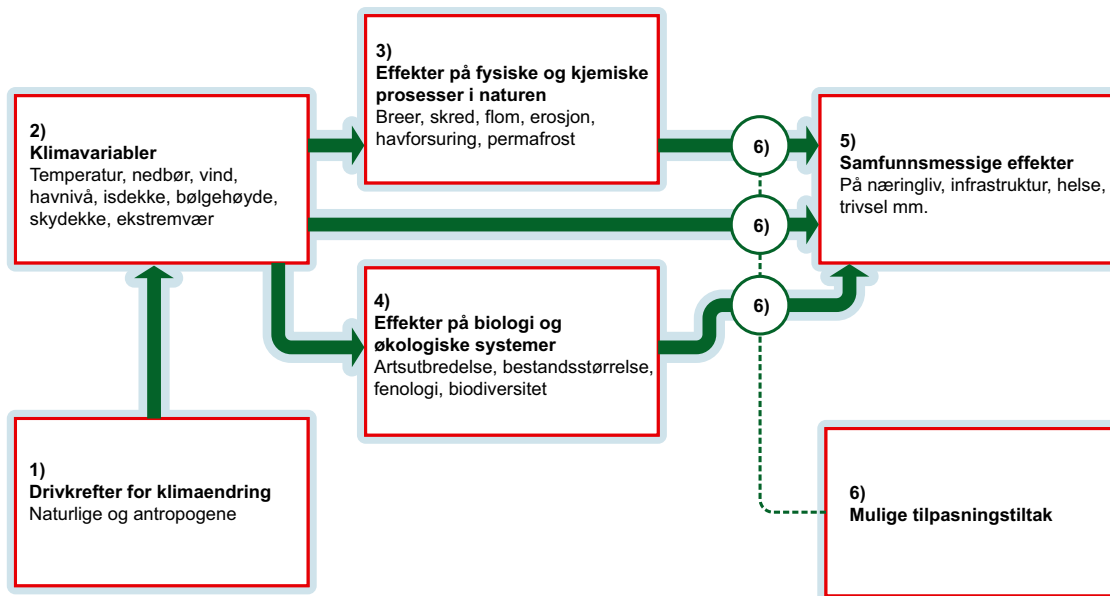
Sentrale begreper knyttet til samfunnsmessige effekter av, og respons på klimaendringer er eksponering og sensitivitet, tilpasning og tilpasningsevne, sårbarhet og resiliens (Smit & Wandel 2006), og samfunnsmessig sårbarhet betraktes som en funksjon av eksponering, sensitivitet og tilpasningsevne (Næss et al. 2006).

I og med at tilpasning og tilpasningsevne påvirker sårbarheten, kan man ikke vurdere sosiale systemers sårbarhet for klimaendringer utelukkende på basis av en lineær årsak-virkning relasjon fra endringer i klima, og klimaeffekter på økosystemer, til bestemte samfunnsmessige effekter. De overordnede klimascenariene beskriver en langsom prosess, noe som også medfører at virkningene av slik gradvis endring i betydelig grad kan dempes ved langsiktighet når det gjelder tilpasning (Nordisk Ministerråd 2008).

De ulike delene av samfunnet påvirkes videre gjennom en rekke endringsprosesser utover klimaendringer (blant annet i teknologi, økonomi, kunnskap, sosial og politisk organisering osv.), og endringer forårsaket av disse kan gjøre et samfunn, en bransje eller en region mer – eller mindre – sårbar for klimaendringer<sup>4</sup>.

Når samfunnsmessige effekter av klimaendringer på denne måten knyttes til sårbarhet og tilpasning<sup>5</sup>, er det også klart at det er en glidende tematisk og analytisk overgang mellom denne rapporten og delutredning 5. Siden samfunns-

<sup>3</sup> En slik bred forståelse av begrepet klimaendringsstudier er i tråd med mye av den samfunnsvitenskapelige kunnskapsutviklingen på feltet (se for eksempel Næss et al. 2006; Ford et al. 2006)



Figur 1 Effekter av klimaendringer på natur og samfunn (modifisert etter Kleven 2005).

sig tilpasning til endrede betingelser forholder seg både til observerte og forventede endringer (Adger et al. 2007), innebærer det at kunnskapsproduksjonen om klimaendringene og mulige samfunnsmessige effekter blir en sentral forutsetning for å kunne utvikle passende tilpasningsstrategier og -tiltak.<sup>6)</sup>

Innenfor rammen av NorACIA<sup>7)</sup> har det kommet flere bidrag som søker å utvikle perspektiver på sårbarhet og tilpasning til klimaendringer, og som er tilpasset norske forhold. Temagruppe 4 i NorACIA (Effekter av klimaendringer på folk og samfunn) har prosjekter som både bruker bottom-up og top-down metoder for å vurdere dette i norske kommuner. Ved top-down metodikk vurderes en region eller sektors sårbarhet ved hjelp av makroøkonomiske data, spørreundersøkelser og/eller annen statistikk. Ved bottom-up metode involveres de lokale beboere, brukere og interessenter i sårbarhetsvurderingen. Temagruppe 4 i NorACIA jobber med en egen rapport om erfaringene fra utprøving av disse metodene.

<sup>4)</sup> Denne tankegangen er forsøkt videreutviklet gjennom to forskningsprosjekter som ledes av hhv. Vestlandsforskning og CICERO: "Storm, skred, flom og oljeutslipp - ansvar, myndighet, roller og finansiering av sikringstiltak og skadeforebyggende arbeid" (se <http://www.vestforsk.no/www/show.do?page=10&articleid=2021>) og NORADAPT: Community Adaptation and Vulnerability in Norway (se <http://www.cicero.uio.no/projects/detail.aspx?id=30182&lang=EN>). En metode for å framstille hvordan samfunnet "gjør seg selv" mer eller mindre sårbar for klimapåvirkning er dokumentert her: <http://www.vestforsk.no/www/download.do?id=870>.

<sup>5)</sup> I tråd også med IPCC (2007), jfr. Adger et al. 2007.

<sup>6)</sup> For flere sektorer (samferdsel, landbruk) er det igangsatt analyse- og utredningsarbeid for å kartlegge og systematisere klimautfordringer. Ofte er disse utredningene nettopp motivert ut fra et opplevd behov i den enkelte sektor for å utvikle en passende respons i forhold til forventede klimaeffekter.

<sup>7)</sup> Flere av institusjonene og personene som har vært involvert i NorACIA har produsert faglige bidrag innen samme eller nært beslektet tematikk uten at dette formelt har vært NorACIA-produkter.

<sup>8)</sup> Definisjonene her følger Heiberg et al. (2008).

<sup>9)</sup> Det er kun ved ekstreme hendelser som setter rutiner og myndighetsorganer ut av spill at den institusjonelle kapasiteten kan sies å påvirkes direkte av klimaendringene.

Vestlandsforsknings undersøkelser har vært opptatt av å utvikle, diskutere og prøve ut en strategi for å kartlegge ulike former for lokal/kommunal sårbarhet for klimaendringer ved bruk av indikatorer (Groven et al. 2006; Heiberg et al. 2008; Aall et al. 2009). De skiller mellom tre hovedtyper sårbarhet, som til sammen skal gi et totalbilde på sårbarheten for klimaendringer<sup>8)</sup>:

- Naturlig sårbarhet: Prosesser i naturen som er gjenstand for påvirkning av klimaendringer. Eksempler er skred, erosjon, flom og endringer i det biologiske mangfoldet.
- Sosioøkonomisk sårbarhet: Samfunnsmessige egenskaper og prosesser som påvirker sårbarheten overfor klimaendringer. Eksempler er andelen sysselsatte innenfor klimasårbare næringer, og andelen av infrastruktur og bygninger som befinner seg i skredutsatte områder.
- Institusjonell sårbarhet: Kapasitet ved ulike institusjoner til å gjennomføre tiltak for å tilpasse seg klimaendringer. Eksempler er tilgang på fagkompetanse og økonomisk grunnlag for å gjennomføre tilpasningstiltak.

Naturlig sårbarhet er forstått som sårbarhet overfor naturlige prosesser som er gjenstand for påvirkning fra klimaendringer (Groven et al. 2006). Kriteriene for slik naturlig sårbarhet er todelt, dels avledet av sosioøkonomisk sårbarhet, som resultat av fokus på «naturlige prosesser som påvirker den samfunnsøkonomiske sårbarheten». Videre er det et krav at skadepotensialet skal variere med ulike klimascenarier.

Institusjonell sårbarhet dreier seg ikke om at institusjoner i seg selv er sårbare til klimaendringer, men liten institusjonell kapasitet gir større sårbarhet. Institusjonell kapasitet blir normalt ikke direkte påvirket av klimaet.<sup>9)</sup> Et samfunn eller en sektor med stor institusjonell kapasitet har evne til å redusere sårbarheten i forhold til klimaendringer. Tilpasningsevne er den evne et system eller en aktør har til å håndtere og tilpasse seg de belastningene som klimaendringene påfører, eventuelt å utnytte de gunstige forhold som måtte

oppstå (Kleven 2005)<sup>10</sup>. Dette er tatt opp i NorACIAs delutredning 5, om tilpasning og avbøtende tiltak.

En top-down indikatortilnærming basert på aggregerte data gir et utgangspunkt for å bestemme på hvilke tema og områder man bør gjøre mer detaljerte analyser. Det å spesifisere geografisk nivå er også av stor betydning for å vurdere de samfunnsmessige effektene av klimaendringer. Et eksempel på dette er den svenske klimasårbarhetsanalysen (SOU 2007) som foretar en sektorvis kost-nyttevurdering av forventede klimaendringer, basert på en nedskalert IPCC modell for ulike utslippsscenarier (SRES). Det overordnede bildet som tegnes for Sverige, er at kostnader og inntekter ved forventede klimaendringer er grovt sett like store (SOU 2007). På nasjonalt nivå kan man dermed betrakte det beregnede svenske klimabudsjettet som et budsjett omtrent i balanse<sup>11</sup>, men utredningen er her klar: de aktører, sektorer og regioner som vil kunne høste av besparelsene og få økt inntjening som følge av klimaendringer, er i det vesentlige ikke de samme som forventes å måtte bære kostnadene. Dette gjør det særdeles viktig å foreta nærmere studier av fordelingen av klimaendringenes effekter – mellom geografiske nivåer (land, region, kommune, sted), og mellom aktører og sektorer. (SOU 2007).

Det sentrale poenget her er imidlertid ikke hvorvidt det samlede regnskapet går (omtrent) i balanse, men nettopp at resultatet av et samlet nasjonalt klimaregnskap er annerledes enn en tilsvarende analyse av lokalsamfunn, regioner, grupper eller sektorer/næringer. Slike mer detaljerte analyser er en forutsetning for å kunne forutsi de mest sannsynlige endringer og deres fordeling, og gjennom dette kunne sette de berørte og ansvarlige aktører i stand til å velge de tiltak og tilpasningsstrategier som vil være mest treffsikre og kostnadseffektive i forhold til politisk fastsatte mål for samfunnsutviklingen.

Utfordringene knyttet til bruk av sårbarhetsindikatorer er primært av tre typer: klimasårbarhetsvurderinger er skala-avhengige – selv om et land eller fylke samlet sett fremstår som robust i forhold til klimaendringer, kan aktører, bransjer eller lokalsamfunn på lavere nivåer ha høy sårbarhet; at statistiske data på aggregert nivå ofte oppleves som lite relevant på lokalt nivå; og at effektene av klimaendringer inngår i et bredere sett av sosioøkonomiske endringsprosesser, som også påvirker lokal klimasårbarhet og tilpasningsevne (West & Hovelsrud 2008).

Samlet sett understreker NorACIA-rapportene om sårbarhet behovet for lokalt engasjement, både i lokalbefolkning, næringsaktører og blant politiske/offentlige beslutningstakere,

når det gjelder å vurdere sårbarhet og tilpasningsstrategier og -tiltak med basis i detaljert lokalkunnskap. Rapportene argumenterer med at det er når man vurderer indikatorer i en lokal kontekst at arbeidet med å vurdere samfunnsmessige effekter av klimaendringer oppleves som meningsfullt for aktørene lokalt, og det er da man får vurdert om både indikatorutviklingen og forskningsbidragene matcher de tilpasningsbehov og -muligheter man ser lokalt. Dette er også i tråd med andre arbeider, som vektlegger betydningen av hvordan klimaendringene ses på og erfares av ulike aktører, og hvordan aktørene agerer i forhold til dette (Ford et al. 2006; Tyler et al. 2007; Smit et al. 2008).

### 3.1 Hovedtrekk i den framtidige klimautviklingen i Nord-Norge

Arbeidet med historisk klimadokumentasjon viser at det også i Arktis er store naturlige klimavariasjoner, når det gjelder både temperatur, nedbør, vind og isforhold (Førland et al. 2009). Variasjonen kan være stor fra år til år og fra tiår til tiår. Ulike klimamodeller gir videre store forskjeller i beskrivelsen av både dagens og fremtiden isforhold i norsk Arktis, noe som innebærer at klimascenariene for våre nordområder er preget av betydelig usikkerhet (Førland et al. 2009). Ifølge FN's klimapanel (Solomon et al. 2007) er den projiserte globale oppvarmingen størst på høye nordlige breddegrader, og da særlig om vinteren. I NorACIA er det utviklet en egen regional klimamodell for å gi mer robuste prediksjoner for Nord-Norge og norsk Arktis<sup>12</sup>. Denne modellen ser ut til å gi en god beskrivelse av dagens klimaforhold i norsk Arktis. Hovedtrekkene i projeksjoner av klimautvikling i nordområdene fra 1961–1990 til 2071–2100, gir følgende bilde<sup>13</sup>:

#### Temperatur

I Nord-Norge projiseres en økning i årstemperatur på 2,5–3,5 °C, med minst økning i vestlige kyststrøk og størst økning i Varangerområdet og indre Finnmark. For Svalbard ventes den gjennomsnittlige økningen i årstemperatur å ligge på ca. 3 °C i sørvest, og ca. 8 °C i nordøst. Oppvarmingen er minst om sommeren, og størst høst og vinter. Dette gjelder særlig indre strøk. For høst- og vintermånedene forventes en økning på over 3 °C over store deler av Nord-Norge, mens temperaturen i nordøstlige deler av Svalbard ventes å øke med over 8 °C. For sommeren projiseres en temperaturøkning i Nord-Norge på ca. 2 °C, mens oppvarmingen på Svalbard stort sett ligger i intervallet 2–4 °C. Lufttemperaturen i havområdene mellom Svalbard og Novaja Semlja forventes også å øke vesentlig, og særlig i perioden september–mai. Økningen vil være størst i havområder der havis erstattes av åpent hav.

Endringer i havisforhold vil kunne påvirke både bunndyr, plankton, fisk, sjøpattedyr og sjøfugl, men også sektorer som sjøtransport og reiseliv vil påvirkes av disse endringene.

<sup>10</sup> En slik forståelse er i tråd med et utbredt perspektiv på tilpasning (IPCC TAR, jfr. også Smit & Wandel (2006)), som definerer tilpasning som «a process, action or outcome in a system (household, community, group, sector, region, country) in order for the system to better cope with, manage or adjust to some changing condition, stress, hazard, risk or opportunity».

<sup>11</sup> Konklusjonen om "balanse" i dette regnskapet er omstridt, men det berører ikke vårt hovedpoeng: Vurderinger av sårbarhet avhenger av analysenivå og -enhet.

<sup>12</sup> De fleste europeiske regionale klimamodeller dekker ikke Svalbard, og Nord-Norge ligger nær yttergrensen for modellområdene.

<sup>13</sup> Følgende fremstilling bygger i det vesentlige på Førland et al. (2008).

Tilbakegang i utbredelse av havis vil også akselerere en del andre prosesser og blant annet føre til forflytning og tap av habitater, og mer åpent hav (Direktoratet for naturforvaltning 2007).

Et varmere Barentshav med mindre is vil utvide leveområdet til mange fiskebestander, men noen av disse forskyvningene vil skje trinnvis avhengig av om og når nye gyteplasser lenger nord eller øst tas i bruk (Loeng 2008). Samtidig er det også slik at en arts respons på klimaendringer kan bli påvirket av andre arters respons, noe som gjør det vanskeligere å forutsi hvordan klimaendringene vil påvirke utbredelsesmønsteret for hver enkelt art (Loeng 2008)<sup>14</sup>. En annen faktor er at tilbakegangen av havis vil akselerere en del andre prosesser og blant annet føre til forflytning og tap av habitater og mer åpent hav (Direktoratet for Naturforvaltning 2007).

### Nedbør

Projeksjonene gir økning i nedbør til alle årstider både i Nord-Norge og på Svalbard. Økningen i årsnedbør ligger i hovedsak i intervallet 10–30 % på fastlandet, og mellom 10–40 % på Svalbard. I Nord-Norge er økningen størst høst og vinter, og med størst økning på kysten av Finnmark. For Svalbard projiserer modellene i hovedsak minst økning i sør og sørvest, og størst økning i nord og nordøst. Nedskaleringene indikerer også en betydelig prosentvis økning i antall episoder med kraftig nedbør (>20 mm/døgn). Det er imidlertid viktig å være klar over at det både i Nord-Norge og spesielt på Svalbard er forholdsvis få døgn med nedbør over 20 mm, slik at en stor prosentvis økning ikke nødvendigvis innebærer en stor økning i absolutt antall døgn. Analysene viser også at verdiene som i dagens klimaforhold forekom-

mer i gjennomsnitt én gang i løpet av en fem-års periode, i fremtidens klima vil forekomme to–tre ganger hyppigere. Også nivået på de ekstreme nedbørepisodene vil øke.

### Snø

På kysten av Nord-Norge tyder de foreliggende projeksjoner på kortere snøsesong og mindre nedbør som snø. Over indre strøk av Finnmark og i høyfjellsområder, samt over store deler av Svalbard kan det derimot bli økt nedbør i form av snø. Selv om snøsesongen vil bli kortere i et varmere klima, vil denne faktoren kompenseres av en kraftig økning i vinter nedbør som snø i disse områdene.

### Vind

Estimatene for endringer i vindforhold er usikre, og det er betydelige avvik mellom ulike modellestimat. Projeksjonene tyder på små endringer over Nord-Norge, mens det kan bli en økning i maksimal vindhastighet på over 10 % i deler av havområdet mellom Svalbard og Novaja Semlja.

I tillegg til de forventede endringene i temperatur, vind og nedbør, så vil også havnivået endres, som en kombinert effekt av havnivåstigning og landheving (tabell 1).

Tabell 1 illustrerer også at globale fenomener som havnivåstigning gir ulike fysiske utslag i forskjellige regioner. Havnivået påvirkes av havsirkulasjonen, og av variasjoner i ulike havområders kapasitet til varmeopptak. Havstigningen motvirkes også av landheving, men heller ikke denne er uniform: i Norden vil landhevingen være størst i Bottenviken, og minst på Sør- og Vestlandskysten. Som vist i delutredning 2 vil effektene av havnivåøkningen for Norge og norsk Arktis være forholdsvis beskjedne siden landet fortsatt hever seg etter siste istid.

**Tabell 1** Beregnet midlere havstigning for tre klimascenarier. Angitt landheving (cm) er inkludert i tall for havstigning. De tre scenariene A2, A1B og B1 er basert på IPCC (2007) (Kilde: Drange et al. 2007)<sup>15</sup>.

	År 2050			År 2100				
	Landheving	Midlere havstigning			Landheving	Midlere havstigning		
Nordnorske kystbyer		A2	A1B	B1		A2	A1B	B1
Sandnessjøen	22	9	11	9	44	45	44	32
Bodø	18	14	15	13	36	54	53	41
Narvik	23	8	10	8	47	43	42	30
Svolvær	13	18	20	18	27	63	62	50
Tromsø	13	18	20	18	27	63	62	50
Vadsø	13	19	20	18	26	64	62	50
Kirkenes	15	16	18	16	30	60	58	46
<b>Andre kystbyer</b>								
Oslo	24	7	9	7	49	41	40	27
Kristiansand	8	23	25	23	16	74	72	60
Bergen	8	23	25	23	17	73	72	60
Trondheim	24	7	9	7	48	41	40	28

<sup>14</sup> Geografisk utvidelse av fiskebestanders leveområder kan også ha andre årsaker enn klimaendringer, og da særlig generelle økninger i bestander (gjennom store årsklasser).

<sup>15</sup> Økende ismelting kan medføre 10–20 cm havstigning utover det som er inkludert i tabell 1 (Drange et al. 2007).

## 3.2 Økologiske/biologiske endringer versus ekstremvær

Mange av de endringer som følger av klimaendringene er gradvise, for eksempel økningen i havnivå. Svakt økende gjennomsnittstemperatur over tiår vil normalt påvirke både fysiske forhold og økosystemer gradvis<sup>16)</sup>, selv om enkelte arter og systemer også kan ha uforutsigbare grenseverdier («tipping points») som fører til hurtigere og mer omfattende systemendringer.

Klimascenariene bygger på gjennomsnittsverdier for utvalgte klimaparametre typisk over 30-årsperioder (Førland et al. 2009). En gradvis økning i en slik parameter (for eksempel nedbør, snødekke eller temperatur) kan synes mindre dramatisk enn økt omfang av kraftige stormer, men slike endringer kan ha betydelige konsekvenser for næringer, grupper og lokalsamfunn.

Økonomiske sektorer og andre aktiviteter (eksempelvis friluftsliv) og hensyn (eksempelvis naturvern) som er nært knyttet til naturgrunnet vil være særlig utsatt for biologiske/økologiske endringer, mens ekstremværsituasjoner vil påvirke både disse næringene og grunnleggende samfunnsmessig infrastruktur. Hyppigere og kraftigere stormer, oversvømmelser og skred forventes å medføre økt risiko for veger, broer, tunneler og bygninger (Førland et al. 2007; West & Hovelsrud 2008).

Klimaeffekter på økosystemene kan være gradvise eller akutte. Økosystemeffektene vil trolig som oftest framkomme gradvis, men hurtige og større endringer kan ikke utelukkes, hvis klimaendringene fører nøkkelkomponenter eller -faktorer i økosystemet over terskelverdier i forhold til økologiske funksjoner i systemet.<sup>17)</sup> Effekter på økosystemene er blant annet:

- Utbredelsesområdet for dyr og planter vil endres som følge av temperaturendringer.
- Jordsmonnet påvirkes gradvis av kombinerte effekter av endret temperatur, nedbør og CO<sub>2</sub>.
- Temperatur og vind interagerer med havstrømmer og påvirker livet i havet.
- Ismelting og økt nedbør påvirker saltinnholdet (saliniteten) i havet.
- Parasitter og virus får endrede levekår som medfører endret potensial for sykdommer.

Hyppigere og kraftigere ekstremvær er en klimaeffekt som vil komme i tillegg til effektene av de mer gradvise og langsomme endringene (Førland et al. 2007).

<sup>16)</sup> Hvorvidt temperaturen endrer seg svakt, og effekter inntreffer gradvis, avhenger også av hvilket tidsperspektiv man anlegger.

<sup>17)</sup> Det EU-finansierte forskningsprosjektet Arctic Tipping Points har som mål å identifisere hvilke elementer i det arktiske marine økosystemet som mest sannsynlig vil endre seg plutselig på grunn av klimaendringene, og effekter av dette for økosystemet og for avhengige økonomiske aktiviteter. Se mer på [www.eu-atp.org](http://www.eu-atp.org).

<sup>18)</sup> Jfr. også konklusjonene fra NorACIA-workshopen om "Ecological effects of variations and changes in climate in northern ecosystems" som sier: "both scientists and managers should be temperate in their expectations of the possibility to predict ecological consequences of climate change in the long term." (Aanes 2007).

## 3.3 De mange påvirkningsfaktorene: Naturlig og samfunnsmessig kompleksitet

Samfunnsmessige konsekvenser av klimaendringer lar seg ikke avlese direkte av naturvitenskapelige analyser av forventede endringer i temperatur, vær og økologiske effekter, selv om disse er et nødvendig grunnlag. ACIA-rapporten (2005) diskuterte hvordan en rekke naturlige og samfunnsmessige faktorer samvirker (forsterker eller demper hverandre), og hvordan dette kan gi opphav til situasjoner med flere stress-faktorer (multiple stressors). Samtidig er det ikke slik at enhver klimaendring vil oppleves negativt av alle. Enkelte effekter av klimaendringer vil også, i det minste i en periode, for noen aktører (eller sektorer/regioner) kunne fremstå som positive.

De samfunnsmessige konsekvensene av klimaendringene slik de kommer til uttrykk i klimascenariene kan som nevnt forsterkes eller motvirkes av samfunnsmessige utviklings-trekk. For eksempel vil flyttemønstre og bostedvalg kunne dempe eller forsterke det samlede behovet for ny infrastruktur, og lokaliseringen av denne infrastrukturen. Utviklingen i markedene til de ulike sektorer vil påvirke lønnsomheten i ulike (naturressursbaserte) næringer, og dermed ha innflytelse på hvor sårbare næringssektorer er for endringer i den naturlige produktiviteten, eller i skaderelaterte kostnader, som følge av klimaendringer. Kostnaden på andre innsatsfaktorer i produksjonen (areal, arbeidskraft, teknologi) vil også kunne overskygge (eller eventuelt motvirke) kostnader som følger av klimaendringer isolert.

Tilsvarende vil forvaltningssystemer og reguleringer også skape både begrensninger og muligheter. Tyler et al. (2007) gir en god illustrasjon av denne situasjonen i relasjon til myndighetenes direkte og indirekte påvirkning av rammebetingelsene for reindriftsnæringen: Reindrift inngår i en kompleks institusjonell situasjon hvor styring og regulering innen ulike sektorer og nivåer påvirker næringens tilgang til beiteområder (gjennom styring av ulike arealinngrep og båndlegginger), predasjon på reinsdyrbestanden (gjennom regulering av rovdyrbestander i rovdyrpolitikken), og myndighetenes påvirkning på utøvelsen av selve reinsdyrnæringen gjennom regulering av beiterettigheter, eierskap, flokkenes størrelse og struktur; samt pris- og markeds kontroll. På den annen side viser studien hvordan den sentrale statsforvaltningen også gir viktig beskyttelse og utviklingsmuligheter for næringen, blant annet gjennom støtte til utdanning og forskning.

Kompleksiteten i de enkelte næringers organisering og rammeverk tilsier også at man skal være forsiktig med å forstå projeksjoner om klimaeffekters virkning på folk og samfunn på en deterministisk måte. Delutredning 3 viste til den betydelige usikkerhet som knytter seg til hvordan de enkelte komponentene i økosystemet vil respondere på klimaendringer. Usikkerheten øker ytterligere når vi skal forsøke å forstå hva helhetsbildet blir, kanskje så mye at det blir «nærmest umulig å forutsi hvordan økosystemet i detalj vil respondere på klimaendringer»<sup>18)</sup>. Når denne økologiske

kompleksiteten og tilknyttet usikkerhet suppleres med sosial kompleksitet, reiser dette store krav til kunnskapsutviklingen på feltet. Usikkerheten tilsier også at man skal utvise forsiktighet når kunnskapen legges til grunn for konsekvensrike vedtak både med hensyn på forvaltning og investeringer.

## **4 Effekter på viktige samfunnsmessige funksjoner**

Enkelte effekter av klimaendring påvirker økosystemer over lang tid, og ikke alle av disse har umiddelbare og opplevde effekter for sosiale aktører og systemer. I arbeidet for å kople kunnskap om forventede klimaendringer til mulige tiltak for å møte utfordringene, og redusere konsekvensene av klimaendringenes negative effekter, er det viktig å identifisere de områder hvor risikoen for negative effekter er størst. Usikkerheten i både de globale og regionale klimascenariene, og ikke minst usikkerheten om hvordan ulike faktorer samvirker, forsterker eller avdemper hverandre, gjør det svært vanskelig å gi estimater på omfanget av slike effekter for samfunnssektorer eller utvalgte funksjoner. Det vil likevel være behov for kontinuerlig å utforske og vurdere de kvalitative aspektene ved klimaeffekter, og dette kapitlet presenterer en oversikt over hvordan et utvalg sektorer forventes å bli påvirket av klimaendringene.

### **4.1 Infrastruktur**

ACIA-rapportens kapittel 16 diskuterer klimaendringenes potensielle effekter i de nordlige/arktiske regioner (ACIA 2005). Her ble infrastruktur definert som «facilities with permanent foundations or the essential elements of a community» og omfatter:

- Bygninger (skoler, sykehus, andre bygninger).
- Kommunikasjonsinfrastruktur (veger, jernbane, havner)
- Energiproduksjon og -distribusjon (kraftanlegg, kraftlinjer).
- Annen teknisk infrastruktur (vannforsyning, avløp).

De projiserte klimaendringene vil påvirke store deler av det bygde miljø og legge premisser for ny infrastruktur – både når det gjelder utforming, lokalisering og materialvalg. Klimaendringenes konkrete effekter på infrastrukturen vil variere, og avhenger av en rekke faktorer: klimaendringenes omfang og intensitet, hvilke klimavariabler man tar hensyn til, og den aktuelle infrastrukturens art og lokalisering (jfr. West & Hovelsrud 2008). Forskjellig type infrastruktur er sensitiv for ulike klimaparametre; noen typer infrastruktur påvirkes mer av nedbørperioders varighet, mens andre er mer sårbare for mengde nedbør og intensitet. Noen bygg og installasjoner påvirkes av den gjennomsnittlige varigheten av nedbørperioder i konstruksjonens levetid, mens andre i sterkere grad blir påvirket av antallet, hyppigheten og styrken av intense nedbørperioder.

I arktiske områder vil de samlede effektene av endringer i permafrost, økt frekvens, styrke og hyppighet av ekstrem-

værsituasjoner som stormer, skred, og oversvømmelser – sammen med økt nedbør og økt luft- og havtemperatur –, medføre betydelige effekter på infrastrukturen, og særlig på infrastrukturen i og nær kystsonen (Instanes et al. 2005). Effektene av klimaendringene vil ha konsekvenser for sektorer som direkte og indirekte er knyttet til infrastrukturen, og disse effektene vil, i forhold til indikatorer som sysselsetting og verdiskaping, kunne være både negative og positive. West & Hovelsrud (2008) fremhever at for Nord-Norge vil hyppigere og kratigere ekstremværsituasjoner i særlig grad kunne true infrastruktur som vegger, broer, tunneler og bygninger både på kysten og i innlandet. Økt havnivå vil i tillegg medføre særlige utfordringer for infrastrukturen i kystområdene (jfr. Aunan & Romstad 2008). Mer ekstremvær kan medføre at hyppigere stengning av vegger og flyplasser, kolonnekjøring og lignende i sum skaper så store irregulariteter i transportsystemet at det medfører store negative økonomiske konsekvenser for transportsektoren. Dette vil også ha følgeeffekter i de sektorer transportnæringen betjener. Sektorer med særlig tidskritiske elementer, som for eksempel ferskvareleveranser og korresponderende transport, vil være mer sårbare enn bransjer og virksomheter med større tidsfleksibilitet.

Denne utviklingen kan imidlertid også innebære et potensial for vekst, for eksempel gjennom klimaeffektmotivert innovasjon (nye materialer, byggetekniske standarder og teknologier). Klimaendringene vil gi opphav til nye behov og ønsker, og dette vil også kunne gi fornyet etterspørsel etter arbeidskraft i blant annet bygg- og anleggssektoren. Dette potensialet realiseres imidlertid ikke av seg selv, og vil kreve et kontinuerlig fokus i utdanningssystemet og innenfor annen kompetanseutvikling (West & Hovelsrud 2008).

#### **4.1.1 Kommunikasjon**

Transportsektoren var i 2007 ansvarlig for 25 % av utslippene av klimagasser i Norge (St.meld. nr. 16, 2008–2009), og klimautfordringene i transportsektoren knyttes i Nasjonal transportplan 2010–2019 i hovedsak til reduksjon i disse utslippene. I St.meld. nr. 34, 2006–2007 – Norsk klimapolitikk (Klimameldinga) – satte regjeringen som mål at «eksisterende og nye virkemidler i transportsektoren skal utløse en reduksjon i klimagassutslippene med 2,5–4 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i forhold til den referansebanen som ble lagt til grunn i SFTs tiltaksanalyse i 2007. Målene knyttet til sektoren er basert på anslag og vil måtte revurderes dersom endringer i framtidige prognoser, kostnader, teknologiutvikling eller andre vesentlige endrede forutsetninger tilsier det» (St.meld. nr. 34 2006-2007).

I Nasjonal transportplan (NTP) 2010–2019 understreker regjeringen at virkemidlene i planen alene ikke er tilstrekkelige for å nå klimamålet for transportsektoren. Måloppnåelse vil avhenge av at regionale og lokale myndigheter også gjennomfører effektive tiltak – for eksempel kjøprising og parkeringsrestriksjoner – for å redusere den samlede transportmengden. Heller ikke dette vil garantere måloppnåelse, og i forhold til klimamålet «vil Regjeringen presisere at det

er betydelig usikkerhet knyttet til måloppnåelse, og at det største usikkerhetsmomentet er utviklings- og innfasingstakten for ny teknologi» (St.meld. nr. 16, 2008–2009).

Som en del av arbeidet med Nasjonal transportplan 2010–2019 ble det i 2006 nedsatt en tverretattlig arbeidsgruppe som skulle oppdatere en forstudie fra 2002 om virkningene av klimaendringer for transportsektoren<sup>19)</sup>. Basert på dette arbeidet ble rapporten «Virkinger av klimaendringer for transportsektoren» publisert i mai 2007 (NTP 2007).

NTP-rapporten bygger på scenarier og klimamodeller utført gjennom RegClim-prosjektet. Denne regionale klimamodellen tok i langt større grad enn de tidligere globale klimamodeller hensyn til terrengformer og overflatetyper (Haugen & Debernard 2007), og ble lagt til grunn for analyse av følgende klimaparametre med hensyn til transportsektoren:

Vind:	antall tilfeller med sterk vind
Lufttrykkgradienter:	antall tilfeller med intense lavtrykk
Nedbør:	antall tilfeller med store nedbør mengder
Temperatur:	antall tilfeller med ekstreme tempera- turer
Fryse-/tineperioder:	antall tilfeller med fryse-/tineperioder
Bølger og vannstand:	signifikant bølgehøyde

På nasjonalt nivå er sannsynligheten stor for at temperatur og havnivå vil stige, samt at vi vil oppleve økt nedbør langs hele kysten. I tråd med klimascenariene uttrykker NTP-rapporten forventning om hyppigere ekstremvær. Dette gjelder i større grad for nedbør enn for vind, noe som vil skape problemer for både veg og jernbane. Økt hyppighet av vannrelaterte skred, og høyere poretrykk i bane- og vegkonstruksjoner vil gi økt risiko for setninger og utglidning av masse. Dette vil kunne gi allment redusert fremkommelighet, samt øke faren for ulykker. Selv om datagrunnlaget ikke tillater konkrete prediksjoner, forventes opp til «moderat økning i hyppigheten av skred» i de nordlige kystregionene (NTP 2007).

### Effekter på vegtransport

Hyppigere flom som følge av økt temperatur og økt nedbør vil medføre økt belastning på vegnettet. Store deler av dagens riks- og fylkesvegnett har til dels mangelfullt og dårlig dreneringssystem. Denne situasjonen bedres ikke av at mange vegstrekninger er preget av et betydelig etterslep i vedlikeholdet (NTP 2007). For lite mektighet i vegkroppens bærelag gir økt sannsynlighet for at asfalten sprekker opp, eller at deler av vegfundamentet vaskes ut, og skaper groper og hull i vegbanen. Disse forholdene tilsier at man må forvente hyppigere stengning av veger, med de konsekvenser dette har for varetransport og fremkommelighet

<sup>19)</sup> I forhold til forstudien er rapporten fra 2007 oppdatert bl.a. med referanser til Haugen & Debernard (2007). I 2007 satte også Vegdirektoratet i gang det fireårige FoU-prosjektet "Klima og transport", med henblikk på å forbedre rutiner og regelverk for planlegging, prosjektering, bygging og drifting av veg som svar på endrede klimaforhold. Vegdirektoratet samarbeider her med Jernbaneverket for også å inkludere banetransport.

for øvrig. Brofundamenter vil også påvirkes ved at de oftere utsettes for både høyere vannstand og sterkere strømmer.

Når veger planlegges og bygges er det viktig at det tas hensyn til økt fare for flom, skred, vind og store nedbørmengder. NTP-rapporten antyder en mulig revisjon av vegnormalene, men viser at kunnskapsgrunnlaget foreløpig er for lite til å konkludere vedrørende behovet for en slik revisjon.

Dette utredningsarbeidet i forkant av Nasjonal transportplan 2010–2019 viser til at forventede klimaendringer innebærer «betydelig økte kostnader til økt vedlikehold<sup>20)</sup>» i kommende planperioder, men uten at beløpet er spesifisert.

Når det gjelder vegnettet, er kostnadene særlig forbundet med utbedring av vegenes dreneringssystemer og overbygning, og selve vegfundamentet.

### Effekter på jernbane

For jernbanesektoren kan en økning i skred, flom og utvasking av masse som følge av klimaendringer, medføre økt belastning. Snøopphopning, solslyng og vindfall er ytterligere konsekvenser som kan berøre jernbanen (NTP 2007).

Et økt behov for løpende driftstiltak mot skred og utglidninger berører alle banestrekninger, men baner med fjellørganger (Bergensbanen, Dovrebanen, Nordlandsbanen og Ofotbanen) antas å kunne bli særlig berørt (NTP 2007).

For de sørlige deler av Nord-Norge er dermed også jernbane en aktuell transportsektor for klimateffektvurderinger. I forhold til økt flomfare, kan det bli behov for mer ressurser til drift og vedlikehold på banestrekninger langs større vassdrag og der hvor mindre vassdrag krysser banen. Selv om økt nedbør i form av snø i høyfjellet må forventes å gi hyppigere tilfeller av snøskred i disse områdene, så forventes det totalt sett ikke vesentlig vanskelige snøforhold. Et særlig problem for jernbane er at tung og fuktig snø ved temperaturer rett over null legger seg i trær og bryter dem ned over bane og kontaktledning. Det er usikkert hvordan klimaendringer vil påvirke hyppigheten av de forhold hvor dette skjer.

Økt nedbør og høyere temperatur vil samvirke negativt for banenettets bæreevne over tid. Slike forhold vil gi økt nedbrytning av jernbanesviller, og økt slitasje på pukkbalklasten, og kanskje også økt utmatning av skinner (mer elastisk deformasjon av sporfundamentet) (NTP 2007). Fryse- og tinesyklus vil ventelig opptre hyppigere i innlandet fra Nord-Trøndelag og nordover. Dette gir grunnlag for å forvente noe økt fare for frostsprengning, i og med den generelle temperaturøkningen vil medføre at nye, høyereliggende områder blir eksponert for slike fryse- og tinesyklus. Dette stiller økte krav til kontroll av fjellkvalitet i tunneler, fjellskjæringer og langs bratte partier langs skinnegangen.

Økt middeltemperatur vil bidra til økt biologisk vekst og dermed hurtigere gjengroing langs jernbaneskinnene, noe som vil aktualisere økt innsats i forhold til vegetasjonskontroll langs banenettet. Graden av tilvekst i skog vil

<sup>20)</sup> Videre ser man behov for å forbedre beredskapsapparatet.

også avhenge av faktorer som beitepress og utviklingen i skogbruket. Klimaendringene vil også kunne føre til større viltbestander, og dermed gi større sannsynlighet for påkjørsler av vilt.

Antall perioder med sterk vind forventes redusert vinterstid i nord, mens man kan forvente en økning over hele landet om høsten (NTP 2007). Økt frekvens av sterk vind, vil trolig, og særlig i kombinasjon med mye nedbør, kunne føre til mer vindfall.

### Effekter for sjøfart

Reduksjon av havis vil kunne føre til økt skipstrafikk gjennom Nordøstpassasjen. For skip fra Asia vil seiling gjennom Nordøstpassasjen representere ca. 40 % reduksjon av reisestrekningen. Besparelser i tid og bruk av drivstoff representerer store økonomiske verdier for skipsnæringen (Innbjør et al. 2008). En betydelig økning i skipstrafikken i nord vil kunne medføre behov for utvidelse av den samlede infrastrukturen for skipsfart – som sjøkartlegging, oljevernberedskap og nye havnefasiliteter. Økt sjøtransport i Barentshavet vil også kunne medføre utfordringer knyttet til havrett og ansvarsspørsmål i forbindelse med eventuelle ulykker og utslipp. I 2007 ble rundt 10 millioner tonn russisk olje transportert langs kysten av Nord-Norge. I løpet av få år kan Russland ha kapasitet til å transportere betydelig mer olje langs denne ruten, noe som vil medføre skjerpede krav til sjøsikkerhet og beredskap (Loeng 2008).

I Barentshavet forventes det at klimaendringene medfører vesentlige endringer i vind- og bølgeaktivitet, og mye tyder på at vannstandhevingen kan bli større enn tidligere antatt. Utover dette forventes en (moderat) økning i stormflo, og en eventuelt økt stormfrekvens og -intensitet. Samlet vil dette kunne få konsekvenser som at oljevernaksjoner og opprydding etter ulykker kan bli vanskeligere å gjennomføre enn i dag (Loeng 2008). Disse faktorene vil også gi større sannsynlighet for overskylling og uro bak moloer, noe som vil påvirke effektiviteten i sjøtrafikken negativt. Økt skipstrafikk kan også øke risikoen for introduksjon av nye arter (Loeng 2008), både via ballastvann og gjennom begroing av skrog.

Sjøfarten betraktes som særlig ømfintlig for klimaendringer. Allerede i dag er mange farvann og havner ikke tilgjengelige av sikkerhetshensyn, og enhver forverring av vind-, bølge-, eller strømforhold vil redusere tilgjengeligheten ytterligere (NTP 2007; Innbjør et al. 2008). Med hensyn til vind-økning er ikke resultatene fra RegClim signifikante for andre deler enn Sørlandskysten. Skulle kraftig vind bli et hyppigere fenomen, er det flere faktorer som bidrar til at dette er et problem for skipsfarten. Blant annet har passasjerskip de senere år blitt bygd med større overbygning, noe som gir dårligere manøvreringsegenskaper i sterk vind. Den økte containertrafikken er også utsatt, da containerfartøy er vindfølsomme både i manøvreringssituasjon og ved lasting og lossing. Passasjertrafikk med hurtigbåt er følsomme for høyere bølger, og er, ifølge NTP (2007) «kanskje den type fartøy som påvirkes mest av klimaendringer».

### Effekter for luftfarten

Alle lufthavnene i Norge ventes å bli berørt av klimaendringene, men flyplassene i Nord-Norge og langs kysten for øvrig vil trolig bli sterkere berørt enn lufthavner i innlandet og på Østlandet (NTP 2007). Mange flyplasser ligger på flate partier eller fyllinger nær sjø, og flere ligger bare få meter over havnivå. Infrastrukturen tilknyttet lufthavnene er dermed periodisk utsatt for påvirkning fra hav og sjø, og slik påvirkning vil øke som følge av forventede klimaendringer. Rullebanen ved 20 av 51 lufthavner med regulær trafikk, ligger i høydeintervallet 3–15 moh. De fleste av disse 20 ligger i Finnmark, Nordland og Møre og Romsdal, og de fleste omfatter areal som går helt ned i sjøkanten. Ytterligere 19 lufthavner ligger nært (<5 km) fra kysten i høyde fra 20–150 moh. Samlet sett ligger vel 75 % av landets lufthavner i de klimaregioner som forventes å bli mest berørt av klimaendringene. Mange av disse opplever allerede nå irregularitet som følge av dagens klimatiske forhold, og forholdene vil forverres under fremtidige klimaendringer (NTP 2007). Driftsforholdene ved flyhavnene vil påvirkes av endringer i en rekke klimaparametre, som økt nedbør, endringer i vindretning og -intensitet, stormfrekvens, temperaturforhold, intense lavtrykk, ising og tåke (NTP 2007).

Flytrafikkens regularitet påvirkes av klimaforholdene. Tilgjengelige værdata viser at det så langt primært er skydekke og tåke som i sterk grad påvirker flytrafikken, men sterk vind og underkjølt regn bidrar også til å redusere regulariteten. Selv om klimascenariene projiserer en viss økning av særlig ekstrem vind, vil mer moderate ekstremer i liten grad forekomme i nord (NTP 2007)<sup>21</sup>). Arbeidsgruppen som har vurdert disse forholdene i arbeidet med nasjonal transportplan viser til at mens klimascenariene i liten grad behandler mulige endringer i vindretninger, så er det «grunn til å tro at man her vil se store lokale og regionale variasjoner». (NTP 2007), og også at man kan forvente økt forekomst av lavt skydekke og tåke. Samtidig vil effektene av dette kunne motvirkes av den teknologiske utviklingen innen navigasjons- og innflyvningsteknologi i scenarieperioden.

### Oppsummering transportsektoren

Nasjonal transportplan 2010–2019 viser til at klimaendringene allerede i kommende tiårsperiode kan gi betydelig økte kostnader til drift og vedlikehold. Veg og jernbane vil merke klimaendringene i form av flere skred, vindfall, flom, intense snøfall og økt nedbrytning av konstruksjoner og anlegg. Maritime konstruksjoner er utsatt for store påkjenninger som følge av sterkere vinder, høyere havnivå og større risiko for stormflo. Tilsvarende utfordringer er også relevante for luftfarten. Det er derfor nødvendig å gjøre infrastrukturen mer robust for klimaendringer samt å styrke beredskapen mot uønskede hendelser.

De overordnede klimaperspektivene i samferdselspolitikken og Nasjonal transportplan er imidlertid ikke knyttet til hvil-

<sup>21</sup> NTP-rapporten bygger på RegClim. For mer detaljert redegjørelse, se side 7 i NTP (2007).



ke effekter klimaendringene har for sektoren, men hvordan man kan redusere sektorens bidrag til klimagassutslippene, og oppfylle sektorens klimamål slik dette kom til uttrykk i Klimameldingen. Dette innebærer at brukere av transportsektorene vil møte effekter av klimapolitiske tiltak (avgifter) før – eller parallelt med – effektene av klimaendringene. De økte investeringene som ligger i Nasjonal transportplan vil også på sikt medføre økte vedlikeholdsutgifter, og det hefter stor usikkerhet ved konsekvensene i forhold til klimasårbarhet av ulike utviklingsbaner når det gjelder utviklingen av norsk samferdselspolitikk. Denne type overordnet analyse av perspektivene for transportsektoren er en sentral kunnskapsutfordring.

Til tross for variasjon mellom transportsektorene, så fremstår de direkte vær-relaterte utfordringene som vind, men først og fremst nedbør, som den viktigste type klimaeffekt for transportsektoren – gjennom økt risiko for flom, skred og utvasking av masse. For deler av sektoren (særlig veg og bane) vil også biologiske klimaeffekter som forlenget og mer intens vekstsesong gi mer vegetasjonstilvekst og øke behovet for vegetasjonskontroll.

#### 4.1.2 Kommunaltekniske installasjoner

Det kommunale rør- og ledningssnett i tilknytning til vannforsyning og avløp vil påvirkes av økte nedbørmengder, økt havnivå og økt stormflo. Når det gjelder avløpssystemene har effektene av klimaendringer potensiale til å gi økt fare for forurensningsutslipp og flomskader i tilknytning til de kommunaltekniske anleggene. Flomskader på avløpsanlegg kan forårsakes av flere faktorer – vannmassenes erosjonskraft, oppdrifts- og skyvekrefter, slamavsetninger, spredning av forurensninger, oppbløtningsegenskaper og elektriske kortslutningsegenskaper (SFT 2008). Utslippsledninger i elver kan undergraves, sprekke eller utsettes for annen ødeleggelse ved at de blir flyttet på av flommen. Beskyttelsesbyggverk for utslippsledningene kan også bli erodert eller skjøvet vekk. Overføringsledninger kan påvirkes ved endrede grunnforholdene (for eksempel erosjon) slik at brekkasje, lekkasjepunkter eller andre strukturskader opptrer. Ledninger kan også bli tilført sedimenter eller masse som tilstopper eller nedsetter hydraulisk kapasitet.

Flompåvirkning av avløpspumpestasjoner og avløpsrenseanlegg vil kunne føre til kostbare skader. Andre bygningsmessige skader kan oppstå på grunn av fuktskader eller skader på elektriske systemer. Datasystemer, prosessstyringsutstyr, maskinelle komponenter og VVS-utstyr vil kunne skades og ødelegges. Strømtilførselen kan også svikte, blant annet fordi vann over gulvnivået i bygninger kan kortslutte strømmen eller at strømmen må kobles ut, noe som lammer avløpspumpestasjoner og renseanlegg. Hvis pumpestasjoner faller ut, eller overløp ikke fungerer, vil dette medføre utslipp av urensset kloakk. Avløpsnett har vanligvis rotter i ledninger og kummer. Disse vil i stor grad drukne eller rømme ut av ledningene til tørre områder. Dette kan skape frykt og smittetilgjeter, samt gi skader på varer og eiendom påført av rottene (SFT 2008).

Vannforsyningen er mest utsatt for endringer i temperatur, nedbørmengde, ekstremnedbør, antall døgn med ekstremnedbør og økt havnivå, og effektene er knyttet til potensial for redusert hygienisk sikkerhet, økt innhold av naturlig organisk materiale (NOM), økt turisme/økt ferdsel i nedslagsfelt, nye problemer (alger, toksiner mv.), og kontamineringsfare fra økning i havnivå. I forhold til smitte er vannforsyningen basert på prinsippet om minst to hygieniske barrierer (Eikebrokk 2007), og i forhold til dette er vannkilder og vannbehandling blant annet sårbare overfor følgende klimaeffekter:

- Dårligere kildebarriere (kraftigere regnskyll, vind, sirkulasjon osv.).
- Dårligere råvannskvalitet (økt temperatur, økt NOM, økt algevekst/toksinproduksjon, mer lukt/smak osv.).
- Endret biota i nedslagsfelt (økt skogvolum/tilvekst, mer løvskog).
- Redusert kvalitet på behandlet vann.
- Økt vinteravrenning, mindre snømagasin, effekter på magasinifylling/kapasitet.

I tillegg til disse potensielle effektene for vannkildene, vil også ledningsnett/distribusjon kunne påvirkes av klimaendringer gjennom økt begroing/biofilm på grunn av redusert vannkvalitet, og økt risiko for inntregning (økt havnivå/overvann/grunnvannsstand) (Eikebrokk 2007). Det er også eksempler på at temperaturendringer mer direkte har påvirket vannforsyningen. Ekstrem frostnedtrengning vinteren 1995/96 forårsaket problemer med vannforsyningen til flere byer i Mjøsområdet (Instanes 2005). Vi kjenner ikke til studier som vurderer om utfordringene i nordområdene her skiller seg vesentlig fra dette generelle bildet.

I risiko- og sårbarhetsanalysen for Finnmark (Fylkesmannen i Finnmark 2008) gis en vurdering av hvordan svikt i en del av infrastrukturen kan forplante seg til andre funksjoner, og videre til mulige konsekvenser for liv og helse: «Svikt i strømforsyningen kan få konsekvenser for vannforsyningen. Liberalisering av kraftbransjen har ført til at vannforsyningen ikke nødvendigvis blir prioritert dersom det skulle oppstå svikt eller mangler. Helseinstitusjoner er helt avhengige av vann, primært til forpleining på institusjonene. Pasienter som trenger dialyse vil få akutte problemer om de ikke har tilgang på vann». Klimaeffektene i en infrastrukturektor knyttes på denne måten til en kompleks situasjon påvirket av overordnede rammebetingelser (deregulering) i egen og andre sektorer, og til videre effekter for andre sektorer, grupper og brukere. Dette eksempelet illustrerer dermed også viktigheten av å se klimaeffekter på infrastruktur i sammenheng med organisatoriske og institusjonelle forhold.

#### 4.1.3 Bygninger og faste installasjoner

Bygninger er utsatt for klimarelatert påvirkning direkte gjennom vær, og både langsiktige klimaendringer og bråere omslag i værtyper vil kunne påvirke materialene i bygg. Som for annen infrastruktur vil også indirekte påvirkning på grunnforhold (flom, skred) gjennom nedbør og temperatur kunne ha effekter på bygningsmasse.

Historisk har det vært store variasjoner i byggeskikk i ulike deler av landet, og denne variasjonen har ofte vært godt tilpasset lokale klimaforhold. Et spørsmål er om de senere tiår mer standardiserte ferdighusproduksjon i tilstrekkelig grad ivaretar denne regionale variasjonen, selv om hensynet til vind- og snølast er regulert av standarder for dette (Kvande og Lisø 2004).

De viktigste klimarelaterte skadeårsakene på bygninger, er ifølge Groven (2005):

- Slagregn: Kombinert av regn og vind som medfører at nedbøren driver inn på fasader, og i mange tilfelle trenger inn i konstruksjonen.
- Vann i grunnen: Vannopptrengning i mur/kjeller grunnet svak drenering.
- Byggfukt: Vann som blir bygd inn i konstruksjonen under oppføring.
- Flom: Kan gi varierende grad av fuktskader og i verste fall utrasing og sammenbrudd av konstruksjoner.
- Stormflo: Ekstremt høy vannstand kan gi fuktskade på bygg nær havnivå.
- Vind: I verste fall sammenbrudd av bygg/hovedkonstruksjoner; men oftere skade på takteking, vinduer med mer, eventuelt med sekundære fuktskader som resultat.
- Snø: Skade på konstruksjon som følge av snølast over konstruksjonens bæreevne.
- Skred: Jord-, snø- og steinskred som berører bolighus er som regel dramatiske hendelser med fare for skade på både menneske og bygninger.
- Frostnedbryting: Temperaturvariasjoner rundt frysepunktet kombinert med regn kan føre til frostsprenging av porøse byggematerialer.
- Forråtnelse: Mildt og fuktig klima gir gode vilkår for utvikling av forråtnelse.

For at økningen i havnivå skal få store konsekvenser for faste installasjoner i våre områder må økningen være betydelig (Loeng 2008). Lokalt vil imidlertid den økte trenden til utfylling og boligbygging i strandkanten vi ser i enkelte byer (for eksempel Tromsø) kunne skape sårbarhet i forhold til havnivået over et lengre tidsperspektiv. Det er stor variasjon mellom steder og kommuner når det gjelder hvor stor skade for eksempel en stormflo vil medføre. I sitt planverk kan kommunene fastsette reguleringsbestemmelser med hensyn til minste terskelhøyde for hus nær flomålet, og krav til minstehøyde på kaier og veganlegg er med på å bestemme hvor sårbart samfunnet er for ekstreme vannstander (Leivestad et al. 2008). Disse eksemplene viser igjen at det er vanskelig å snakke om klimaeffekter løsrevet fra lokal og kommunal tilpasning.

Som del av FoU-programmet Klima 2000 – Klimatilpasning av bygningskonstruksjoner ved SINTEF Byggforsk konkluderes det blant annet med at de store klimaforskjellene mellom landsdelene tilsier at krav til utforming av bygninger og bygningsdetaljer ikke bør være like over hele landet, men at man trenger å utvikle nye verktøy for å kunne stille stedsspesifikke krav (Aaheim et al. 2009).

#### 4.1.4 Energiforsyning og petroleum

Norges elektrisitetsforsyning domineres av vannkraft, og både produksjon og distribusjon vil kunne påvirkes av klimaendringer. For det første vil klimaendringene føre til endret nedbørmengde, og et endret mønster i nedbørmengde mellom årstider. Nedskalerte projeksjoner fra RegClim viser at gjennomsnittlig daglig nedbør vil øke med omtrent 14% i Nord-Troms og Finnmark, og rundt 12 % i Sør-Troms og Nordland, når man sammenligner projeksjonen for 30-års-perioden 2071–2100 med historiske data for 30-års-perioden 1961–1990. Disse tallene er basert på årlige gjennomsnitt, og man forventer i tillegg større variasjon med henblikk på hyppighet og omfang av nedbør. Dette vil igjen ha konsekvenser for overflateavrenning og fyllingsgrad for vannmagasiner. Disse endringene vil også kunne aktualisere beredskap med henblikk på flomvern, og eventuelt relokalisering av dammer og røranlegg. Den forventede generelle økningen i nedbør vil over tid kunne gi behov for å endre dimensjonering på både anlegg/dammer og overføringsnett. Ikke minst vil kombinasjonen av is og vind kunne representere en risiko for overføringsnettet.

West & Hovelsrud (2008) konkluderer i sin gjennomgang av elektrisitetssektoren med at de forventede klimaendringene ikke har entydige konsekvensene for sysselsettingen i sektoren. Betydningen av denne viktige infrastrukturen vil trolig medføre større behov for utdanning og kompetanseutvikling for overvåking, konstruksjon og vedlikehold av damanlegg for å sikre kraftforsyningen under endrede klimabetingelser (West & Hovelsrud 2008). Sektoren sysselsetter imidlertid en svært beskjeden andel av alle sysselsatte i dag.

En nordisk analyse av klimaendringenes effekter på fornybare energikilder (Fenger 2007), konkluderer med at de mest plausible scenarier indikerer en moderat økning i produksjonen av både vann- og vindkraft, samtidig som etterspørselen påvirkes i to retninger: Generell temperaturøkning gir mindre behov for oppvarming, samtidig som den kan gi økt etterspørsel etter luftkjøling (air-condition). Analysen konkluderer likevel med at disse faktorene kun vil ha marginale konsekvenser for energisystemene samlet sett (Fenger 2007). Derimot er elektrisitetssystemet sårbart overfor ekstremvær. Stormer, oversvømmelser og ekstreme temperaturer kan ha konsekvenser for strømforsyningen, og denne type hendelser er trolig mer kritisk for sektoren enn de langsiktige gjennomsnittlige endringene i klimaparametre som temperatur (Fenger 2007). Ising på kraftlinjer har vært nevnt i mange sammenhenger som en viktig faktor, særlig i Nord-Norge.

Globale utviklingstrekk, som den forventede overgang fra fossile til fornybare energikilder, og utvikling av nye energiteknologier forventes å ha vesentlig større innflytelse på energisystemene i Norden (Fenger 2007) enn hva man forventer av direkte klimaeffekter. For Norges del vil en ytterligere utbygging av kapasiteten for utveksling av elektrisk kraft mellom Norge og kontinentet trolig bety mest. I et

integreert kraftmarked vil også Sveriges politikk med hensyn til om de skal legge ned eller videreføre atomkraft trolig være en sentral rammebetingelse for sektoren. Aaheim et al. (2009) viser til at det i liten grad finnes studier som analyserer hvilke økonomiske konsekvenser klimaendringer vil ha for kraftsektoren.

Virkningene av klimaendringer på vindenergi antas å være mer beskjedne enn på vannkraft, jamfør scenariene for endringer i vindforholdene i Nord-Norge. Endringene forventes å være små, men er også beheftet med stor usikkerhet. Produksjon av vindkraft vil påvirkes av endringer i den gjennomsnittlige vindhastigheten, men på den annen side vil faktorer som endringer i ekstreme vindhastigheter, og isdannelse på vindturbiner, påvirke belastningen på selve vindmøllene. Denne type effekter vil ha konsekvenser for vindmøllenes design og materialvalg, og dermed også på pris (Fenger 2007), men også på lokalisering – med de endrede betingelser dette gir for lokalisering og lokaliseringskonflikter.

Kraft fra ikke-fossile kilder – vind, vann og bioenergi – betraktes som avbøtende eller «klimakompenserende» tiltak som kan bidra til å redusere effektene av klimaendringer på sikt. I naturforvaltningen registrerer man imidlertid at også verdier som søkes skjermet mot negative klimaeffekter kan påvirkes negativt av slike avbøtende tiltak. Enkelte naturtyper som er prioritert høyt for videre vern, trues indirekte av tiltak så som uttak av bioenergi, vindmøller og vannkraftutbygginger (Nybø et al. 2009).

Det er forventet økt letevirksomhet i Barentshavet i tiden framover. Petroleumsvirksomheten foregår i dag i områder som er isfrie året rundt. Det er kun den sørlige delen av Barentshavet som er åpnet for petroleumsvirksomhet og klimaendringer vil ikke få store konsekvenser for virksomheten her på kort sikt.

På sikt kan forventede klimaendringer imidlertid medføre økte kostnader for utvinningen av olje og gass, når det gjelder produksjon, transport og tilhørende konstruksjon av produksjonsfasiliteter. Til tross for en viss usikkerhet er det forventet at klimaendringer vil føre til en forholdsvis stor økning i bølgeaktivitet og hyppigere stormer. Havnivåstigning og en moderat økning i stormflo, og eventuelle skiftninger i vindretninger kan gjøre havner og andre installasjoner mer utsatt for bølger. Dette kan øke behovet for å endre og styrke dagens offshore- og kystkonstruksjoner. Ising på installasjoner som følge av en eventuell økning i vindstyrke, fralandsvind og kjølig luft til havs om vinteren kan også få konsekvenser for petroleumsindustrien (Loeng 2008).

Havområdene nord i Barentshavet er isdekket deler av året. Dersom isdekket reduseres betydelig vil det kunne føre til økt politisk press for å få åpnet det nordlige Barentshavet for petroleumsvirksomhet. Sokkelområdene i Arktis er under nasjonal jurisdiksjon. For sokkelområdene utenfor 200 nautiske mil foregår det for tiden en prosess i regi av FN for å bestemme soklenes utstrekning (Loeng 2008).

## 4.2 Naturressursbaserte næringer

Klimaendringen i nordområdene vil påvirke forutsetningene for biologisk produksjon, både på land og i havet. På den ene siden vil temperaturøkninger føre til både utvidelse av vekstsesongen, som i prinsippet kan gi utvidelse av det dyrkbare området for enkelte arter, og tilsvarende i det marine miljø gi enkelte arter betingelser for økt utbredelsesområde nordover. Disse effektene kan gi økt produktivitet, både innen landbruksproduksjon og enkelte fiskerier. Samtidig viste ACIA (2005) til at den samme temperaturutviklingen kan medføre et nytt og forsterket sykdomspress (jfr. West & Hovelsrud 2008). Den følgende gjennomgangen av sentrale ressursbaserte næringer i nordområdene gir en presentasjon av forventede effekter av klimaendringer for hver sektor.

### 4.2.1 Jordbruk <sup>22)</sup>

Det foreligger en oppsummering av kunnskaper om jordbrukets produksjonsvilkår under de varierte klimavilkårene i Nord-Norge fra 2003 (Eilertsen & Samuelsen 2003), og det er laget en rapport under NorACIA om «Virkning av klimaendring på arealbruk i norsk Arktis» (Grønlund 2009). Utgangspunktet er at det er stor forskjell i det nordnorske klima, både fra kyst til innland og fra sør til nord. I sum ventes klimaendringene å være positive for jordbruket i nord (Grønlund 2009), og at det fortsatt vil domineres av grasdyrking og husdyrproduksjon.

Klimaforholdene kan påvirke landbruksproduksjonen gjennom hele året. Som følge av høyere temperatur og høyere CO<sub>2</sub>-innhold i luften ventes en generell avlingsøkning i jordbruket i nord. Lengre veksttid gir trolig større avlinger og endringer i klimaet som fører til at sesongen blir lang nok for to slåtter, vil under forutsetning av nytt, klimatilpasset plantemateriale kunne få positive økonomiske og driftsmessige konsekvenser for landbruket i landsdelen. Man tror også at disse effektene generelt vil gi grunnlag for dyrking av mer varmekrevende og mindre vintersterke vekster, med større valgfrihet med hensyn til arter og sorter av potet, grønnsaker og hagebær i landsdelen. Det kan ventes bedre muligheter for modning av korn, men korndyrkingen vil kunne være begrenset av topografi og vanskelige innhøstingsforhold som følge av nedbør om høsten (Grønlund 2009). Klimaendringene vil gjøre det nødvendig å utvikle nytt sortsmateriale for å utnytte et endret klimamønster mest mulig (Eilertsen & Samuelsen 2003).

Variasjonen i været i løpet av vekstsesongen kan under spesielt ugunstige forhold føre til store avlingsvariasjoner. År med ekstremt dårlig sommervær (mye nedbør og lave temperaturer) kan gi betydelige avlingstap og ekstrakostnader som følge av kjøreskader (Statens kornforretning 1997).

I deler av Nord-Norge er vinterskader en av hovedutfordringene for landbruket. Endring av vinterklimaet mot høyere temperatur og mer nedbør kunne medføre redusert frekvens

<sup>22)</sup>Dette kapitlet bygger i stor grad på Eilertsen & Samuelsen 2003 og Grønlund 2009.

av store vinterskader. For grasproduksjon er vinterforholdene særs viktige for overlevelse fra år til år. Både stabilitet i vinterklima, teledybde, snødekke, frost på barmark, samt vær/teforhold under avtining om våren er viktig for overvintring av grasmark (Volden et al. 2000) Tidligere antok man at hyppigere og mer langvarige mildværsperioder enn tidligere på grunn av klimaendringer ville kunne gi smeltevann bedre tid til å renne bort fra arealene før kuldeperioder igjen setter inn, og (andelen av) areal som blir dekket av skadelig tykt isdekke kan bli redusert (Andersen 1976). Disse konklusjonene anses i dag som usikre (Grønlund 2009). Det kan tenkes at det blir større problemer med is i områder hvor det ikke er problemer i dag, og foreløpige simuleringer i programmet «Winsur» antyder større problemer med frostskafer. Dette kan skyldes at frost kommer på tidspunkt når plantene er avherdet. Selv om disse simuleringene angir en tendens er det behov for ytterligere forskning for å trekke sikre konklusjoner (Bioforsk Nord 2009).

I tillegg vil redusert varighet av kuldeperioder redusere tiden som grasplantene er dekket av snø og is. Problemer med hyppige vinterskader kan imidlertid bare forflytte seg innover og nordover i landet, til områder der vinterklimaet til dags dato har vært stabilt og kaldt. Disse områdene kan forventes å få mer ustabil vinterklima, med hyppige skiftninger mellom mildvær og kuldeperioder. Dette vil gi nye utfordringer både til aktuelt plantemateriale og driftsopplegg (Volden et al. 2000).

Tidspunkt for snøsmeltingen om våren har også betydning for vinteroverlevelse (Andersen 1976; Eilertsen et al. 2000; Volden et al. 2000; Høstmælingen & Sveistrup 1999; Høstmælingen & Sveistrup 2001). Tidlig snøsmelting kan være negativ i områder med tørt klima og kalde klare vårnetter. Tørt vårvær med vind og frostnetter kan bidra til at planter og plantedeler tørker ut og dør. Klimaendring mot tidligere snøsmelting kan derfor være negativ for slike områder. I nedbørrike områder av landsdelen kan en få oppblomstring av sopp som skader plantene dersom snødekke blir liggende lenge. Klimaendring som fører til tidligere snøsmelting om våren kan her redusere forekomsten av vinterskader forårsaket av slik sopp. Også i områder med ustabil vinterklima, der det hyppig er isdannelse på marka, vil framskutt snøsmelting om våren bidra til å redusere faren for vinterskader. Registreringer av vinterskader i forhold til værforhold etter snøsmeltingen om våren har vist at overskyet mildvær med regn bidrar til å redusere omfanget av vinterskadene (Andersen 1976; Eilertsen et al. 2000; Høstmælingen & Sveistrup 1999; Høstmælingen & Sveistrup 2001). Høstforholdene er også viktige for at plantene skal øke frostherdigheten før vinterfrosken kommer.

Endrede temperaturforhold vil påvirke engplantenes sesongrytme og særlig sommerværet kan påvirke proteininnholdet, og dermed fôrkvaliteten. For landbruket er det viktig å høste gras i tiden rundt skyting, da fordøyelighet og proteininnhold ennå er gunstig høye. Med varmt vær kan kvalitetsforringelsen gå så fort at gårdbrukerne ikke rekker å

høste alt gras mens kvaliteten er som høyest. Endringer i klimaet mot høye sommertemperaturer, kan derfor også ha negative driftsmessige konsekvenser for landbruket i Nord-Norge. Disse sammenhengene er tema for forskning og det er derfor foreløpig vanskelig å si med sikkerhet hvordan lengre vekstsesong vil slå ut (Bioforsk Nord 2009).

Husdyr på utmarksbeite (særlig sau, men gjelder også for rein) følger mange steder ung, næringsrik beitevegetasjon gjennom store deler av beitesesongen. Klimaendringer som fører til raskere vegetasjonsutvikling gjennom vekstsesongen kan føre til kortere tidsrom med høy beitekvalitet i de enkelte beiteområder, og dermed slik at beitevegetasjonen får forringet kvalitet mot slutten av beitesesongen. Økt temperatur vil også medføre endringer i vegetasjonen, blant annet tiltakende gjengroing av beiteterranget, som vil bety en forringelse av beiteverdien i utmarka. Stigende temperaturer og mer nedbør vil også påvirke jordbiologisk og jordfysisk grunnlag for plantevekst, og da helst i retning av økt produksjonspotensiale på grunn av økt næringstilgang. En økt gjengroing med busker og trær vil vanskeliggjøre utnyttelsen av dette potensialet gjennom husdyrbeiting.

Økende nedbør gjennom vekstsesongen kan særlig føre til reduserte avlinger på tett og dårlig drenert jord. Fuktige forhold under periodene for maskinarbeid på innmarka (vårnø og innhøsting) kan føre til betydelige kjøre- og tråkkskader på marka (Andersen 1976; Statens kornforretning 1997). Endringer i klimaet mot økende nedbør gjennom vekstsesongen kan også føre til økt behov for drenering. Til slutt vil mye nedbør og høye temperaturer om høsten gi dårlige herdingsforhold for grasplantene, noe som øker risikoen for vinterskader. Hyppigere tråkk- og kjøreskader kan også bli følger. Det må nevnes at det kan oppstå vannmangel med redusert plantevekst som resultat, og dette vil gjøre seg mest gjeldende i enkelte innlandsområder som ligger i regnskyggen (for eksempel Øvre Saltdal, Susendal, Nord-Troms og Indre Finnmark)(Lomakka 1958).

I arbeider som hittil er publisert om klimaeffekter på engvekster i nord har det vært lite fokus på forhold som angår vinterhvile, høst- og vårvekst. Det har heller ikke vært utført mer grunnleggende studier av betydningen av flerårige engplanters ulike tilpasning til kyst- og innlandsvilkår, selv og temaet er blitt drøftet i forbindelse med regiontilpasset planteforedling (Rognli 1988; Larsen 1994). Vurdering av samlede virkninger av klimaendringer på landbruksproduksjonen i et område byr på store og meget komplekse utfordringer både i økologisk og økonomisk/samfunnsmessig henseende (se henholdsvis Shaver et al. 2000 og Parry et al. 1988).

Potensielt dyrkbar jord i Nord-Norge er kartlagt til ca. 2,4 millioner dekar, som er mer enn dobbelt så mye som eksisterende dyrket areal. Klimaendringene kan føre til at det dyrkbare arealet blir enda større. Om lag halvparten av det dyrkbare arealet er skog og ca. 40 % er myr. Dyrking kan derfor skje på bekostning av skogproduksjon eller

**Tabell 2.** Virkning av «villere, varmere og våtere» klima på landbruksproduksjon i Nord-Norge (Samuelson & Eilertsen 2003; Bioforsk Nord 2009).

Virkning	+	-	Merknad
<b>I vekstsesongen</b>			
Økt primær-produksjon	+		Lengre vekstsesong/ intro av nytt plantemateriale, to slåtter hver vekstsesong mulig
		-	Høyere skoggrense/økt hastighet gjengroingen av utmarksbeiter => redusert areal av gode beiter
Forsert plantevekling		-	Fall i beitekvalitet på planter i utmark mot slutten av vekstsesongen
Mye nedbør i vekstsesongen		-	Økt forekomst av kjøre og tråkkaskader, redusert planteproduksjon på tett og dårlig drenert jord.
Nye skadeorganismer		-	Høyere temperatur og lengre vekstsesong kan gi levevilkår for «sørligere» skadeorganismer.
Redusert frostherdighet		-	Fuktig og varm høst reduserer plantenes frostherding om høsten
Utsatt vekst avslutning	+		Mye gråvær om høsten utsetter den første frostnatta og forlenger vekstsesongen
<b>Utenfor vekstsesongen</b>			
Ustabil vinterklima	+		Fjord og kyststrøk: Redusert perioden med snø og isdekket mark => redusert fare for vinterskader.
		-	Innlandet: Hyppige skiftninger i perioder med kulde og mildvær => økt fare for vinterskader
Kortere varighet av snødekket <sup>1)</sup>	+		Redusert fare for overvintringssopper
Ustabil klima på vårvinteren	+		Rask snøsmelting i gråvær <sup>2)</sup> reduserer faren for kvelning og uttørring av på plantene i perioden før vekststart om våren

<sup>1)</sup> Noen steder på innlandet kan klimaendringene føre til mer snø og forlengelse av snødekket.

<sup>2)</sup> Nyere scenarier viser at det ikke er sikkert at det blir mer gråvær om våren, men i stedet mer ustabil høst- og intervær. Det betyr at frostproblemer på våren kan bli en større utfordring. Her er det behov for mer forskning/kunnskap.

bidra til større utslipp av CO<sub>2</sub> som følge av dyrking av myr (Grønlund 2009). Større åkerareal kan føre til større problemer med erosjon som følge av kupert terreng, større nedbørmengder og mer ustabile vintre. Åkerdyrking bør derfor fortrinnsvis skje på de minst erosjonsutsatte arealene (Grønlund 2009).

Som følge av bedre livsvilkår for sopp, insekter og bakterier kan det ventes større problemer med plantesykdommer og skadedyr i form av hyppigere angrep og flere skadegjørere (Grønlund 2009).

Oversikten i tabell 2 er et forslag til gruppering av klimatiske virkninger i henholdsvis positiv og negativ karakter. På grunn av de store klimatiske og driftsmessige forskjellene er det vanskelig å gi entydige og samlede svar på hvordan klimaendringer vil påvirke det nordnorske landbruket (jfr. Aaheim et al. 2009). I hovedsak vil høyere temperaturer virke positivt for landbruket, under forutsetning av at nedbørmengden ikke øker så mye at driftsforholdene blir umulige. Endringene medfører betydelig utfordringer med hensyn til plantemateriale og investeringer i driftstiltak og kunnskaper:

1. Å finne frem til eller få foredlet frem plantemateriale som er så daglengdenøytralt at det er i stand til å utnytte en lengre vekstsesong. Samtidig må plantematerialet gi sikker overvintring under skiftende vinterforhold, og også i de vanskeligste år.
2. Det er fare for sterkere press fra skadedyr og skadesopper i plantedyrkingen som følge av endrede klimaforhold. Eventuelt særfordel med nordlig økologisk planteproduksjon uten behov for syntetiske plantevernmidler kan derfor bli betydelig svekket på grunn av økte temperaturer, økt nedbør og luftfuktighet.

3. Det kan bli økende behov for investeringer i for eksempel vanningsanlegg og dreneringssystemer på grunn av lengre og hyppigere perioder med ekstreme fenomener som nedbør, vind og tørke. Drenering ved overflateprofilering har vist seg å bedre overvintring på myrjord betraktelig (Statens kornforretning 1997), og slikt dreneringssystem kan gjennom tiltak for oppdemning være aktuelt å utvikle med hensyn på beredskap i ekstreme tørkeperioder.

I en analyse av utviklingsbetingelsene for det nordnorske landbruket i lys av forhandlingene om en ny WTO-avtale påpeker Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) at jordbruket i Nord-Norge er spesielt eksponert for internasjonaliseringen av norsk jordbrukspolitikk, ikke minst fordi de klimatiske forhold og lange avstander medfører at det nordlige landbruket i utgangspunktet kan betegnes som «marginalt» i et kostnadsperspektiv (Mittenzwei & Stornes 2007). Denne analysen argumenterer for at det nordnorske landbruket og foredlingsindustrien står i et «skjebnefellesskap», hvor man vanskelig kan tenke seg at den ene part kan overleve uten den andre. I forbindelse med WTO-forhandlingene, og særlig når en avtale eventuelt skal implementeres av norske myndigheter, vil det være særlig viktig for nordnorsk landbruk å påse at næringsmiddelindustrien gis rammevilkår som sikrer dens lønnsomhet. (Mittenzwei & Stornes 2007). NILF konkluderer sin analyse med at utviklingen i jordbruket blir bestemt av «andre, minst like viktige faktorer enn økonomiske rammebetingelser», og at selv om ikke utformingen av den nasjonale jordbrukspolitikk er blitt mindre viktig, så må jordbrukssektorens utvikling forstås i en større kontekst. Samtidig er det slik at i forbindelse med klimakrisen kan mange viktige jordbruksområder i verden få dårligere dyrkningsforhold, mens produksjonspotensialet i nord trolig blir bedre totalt sett (Bioforsk Nord 2009). Det gir muligheter

for nordnorsk landbruk relativt sett, og illustrerer igjen at en forståelse av næringenes utviklingsmuligheter må kunne koble brede sett med økonomiske, politiske og miljømessige betingelser.

#### 4.2.2 Skogbruk

De positive effektene av klimaendringer på skogproduksjonen ventes å være større enn de negative. En kan derfor forvente større total tilvekst, karbonlagring i skog og større produksjon av trevirke og bioenergi. Kommersiell utnytting av skogen vil imidlertid være begrenset av stor avstand til vei (Grønlund 2009).

I Europa er det bare i Skandinavia og Nordvest-Russland at skog fortsatt dominerer landskapet. Skog er økonomisk sett den viktigste naturressursen i Finland og Sverige, og den gir et betydelig økonomisk bidrag også i Norge (Nordisk Ministerråd 2008).

Selv om bildet av klimaendringenes effekter på skog er komplekst, forventes den produktive skogen i Norge å øke betydelig som følge av klimaendringene (Nordisk Ministerråd 2008), med både raskere tilvekst i skog og større skogareal (Grønlund 2009). En temperaturøkning på to grader kan føre til at skogrensa økes med ca. 300 m. I Nordland og Troms kan omtrent hele høydesonen mellom 300 og 600 m, som utgjør nesten 30 % av landarealet, antas å ligge under den framtidige grensa for produktiv skog. Potensialet for økt skogareal antas å være størst i Finnmark, hvor 95 % av arealet ligger under 600 moh. og 42 % av arealet under 300 moh. (Grønlund 2009).

Det har tidligere vært antatt at høyere temperaturer og økt karbondioksid-innhold i atmosfæren, under ellers like betingelser, ville føre til økt vekst og vedproduksjon – og slik virke positivt på vekst og regenerasjon i det nordlige Europa – ettersom nedbørmengdene er store og stabile nok til at økt varme kan utnyttes. En rapport fra Nordisk Ministerråd viser imidlertid til at ny forskning peker i en annen retning. Forsøk i laboratorier har vist at økt varme og økt utsettelse for CO<sub>2</sub> gir en såkalt «gjødseffekt» og dermed økt CO<sub>2</sub>-opptak. Forsøk i marken har imidlertid vist at denne gjødseffekten formentlig er vesentlig lavere under mer naturtro betingelser, da tilveksten ikke reagerer like kraftig ute i det fri som i laboratoriet (Nordisk Ministerråd 2008). Grønlund (2009) venter imidlertid en slik generell avlingsøkning for jordbruket i nord på grunn av høyere temperaturer og høyere CO<sub>2</sub>-konsentrasjon i luften.

Temperaturøkning, med flere dager med minimumstemperatur over 0 °C vil også kunne føre til mer frostskafer på skog (Solberg & Dalen 2007), på grunn av at varmeprioder om vinteren reduserer trærnes hardighet og toleranse for påfølgende frost. Flere påfølgende fryse- og tinesyklus er dermed negativt for skogen. På nasjonalt nivå er det særlig seks typer skogskader som ventes å øke i omfang (Solberg & Dalen 2007):

- Sommertørke på gran i Sørøst-Norge.
- Vinter- og vårfrostskafer generelt i innlandet.
- Stormfelling.
- Granbarkbille.
- Defolierende insekter, først og fremst nonne.
- Furuas knopp- og greintørkesopp, almesykesopp og granrustsopp.
- Råtesopp, særlig honningsopp og rotkjuke.

Når det gjelder den regionale fordelingen av disse formene for skade, så kan nordlige innlandsstrøk bli mer utsatt for fryse-tineskafer som følge av et mer oseanisk klima (Solberg 2007). Risikoen for vinter- og vårfrostskafer forventes først å øke mest i sørlige områder, mens nordlige områder kan være mer utsatt på lengre sikt (Solberg 2007).

Angrep av sykdommer og skadedyr forventes å bli et større problem i skogbruket i framtida på grunn av nye skadegjørere som kan flytte seg raskt nordover ved endret klima (Grønlund 2009). Et varmere klima vil påvirke insekters utbredelse, og insektskafer på skog må forventes å bli mer vanlig lengre nord. Fordi insekter er vekselvarme dyr er de direkte effektene av klimaendringer svært viktige for deres utvikling og aktivitetsnivå. Insektenes høye reproduksjonsrate, korte livssyklus og gode spredningsevne er faktorer som gjør at insektpopulasjoner kan reagere raskt selv på små endringer i klimaet (Krokene et al. 2007). Det er ikke bare arters utbredelse som påvirkes av klimaendringer, men også individenes utviklingshastighet. For eksempel kan arter som i dag bruker et år på å utvikles fra egg til voksen (univoltine arter) i fremtiden rekke å gjennomføre to generasjoner per år (bivoltinisme). Med to generasjoner av granbarkbillen vil vi få to angrepsperioder per sommer – en tidlig på sommeren, slik som i dag, og en ny periode i august/september. Dette kan få alvorlige konsekvenser for skogbruket, fordi gran ser ut til å være mindre motstandsdyktig mot angrep senere på sommeren (Krokene et al. 2007).

Også soppskader er en utfordring for skogbruket. I 2002 ble store områder med bjørkeskog i Nord-Norge og høyere liggende strøk sørpå angrepet av bjørkerustsoppen (*Melampsorium betulinum*) (Venn 2007). I og med at de fleste sopparter trives godt i et varmt og fuktig klima, vil de forventede klimaendringer øke risikoen for soppskader på skogen (Venn 2007).

Et klima med mindre nedbør om sommeren vil øke risikoen for skogbranner i tillegg til generelt høyere temperatur og større sannsynlighet for antenning, større andel lettere antenbar barskog og flere døde trestammer etter insektskafer og lynnedslag (Grønlund 2009).

Trærne kan også få tørkestress og bli mer mottakelige for sykdommer. Med projeksjoner om økt nedbør i alle årstider i Nord-Norge er dette et lite trolig scenario for vår landsdel. Mer ekstremvær i form av økt maksimal stormstyrke og økt nedbør forventes å føre til økt stormfall. Klimaendringene påvirker ikke bare skogen, men også skogsdriften. Mindre forekomster av stabil tele om vinteren og økte nedbørmengder i vinterhalvåret vil kunne gi forverrede forhold

for skogsdrift (både hogst og transport til bilvei) i denne årstida. Kjøring på fuktige områder risikerer å føre til flere kjøreskader. I tillegg kan et mindre stabilt vinterklima gi problemer med frakt på både skogsbilveier og offentlig vei grunnet økt tining av tele om vinteren (Nordisk Ministerråd 2008).

#### 4.2.3 Reindrift

Reindrifta er en spesielt naturavhengig næring siden den er basert på at dyrene 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 angir 2–4 uker tidligere vår innen 2100. Dette kan føre til høyere kalvevekter (Petorelli et al. 2005; Lie et al. 2008; Tømmervik H, pers. komm.). Klimascenariene peker også i retning av kortere sesong med snødekke og reduserte snømengder. Dette har beite- og driftsmessige konsekvenser også for barmarkssesongen, da topografiske forsenninger akkumulerer store snømengder om vinteren som smelter ut på seinsommeren. Dette gir også en jevn tilførsel av vann og næring til plantesamfunnene nedenfor. Reinen følger våren i beitet, og snøleiene er blant de viktigste sommerbeitene (Svonni 1983; Mårell et al. 2006). Mindre snøleier betyr lavere beitekvalitet og sannsynligvis også kapasitet. I tillegg vil reduserte snøfonner bety både mindre muligheter til å unnsnippe insekter (Svonni 1983) og redusert potensial som kalvemerkingssområder.

Klimascenariene angir også 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 & Holand 2003), og også bety reduserte slaktevekter (Gunn & Skogland 1997), og videre kunne få betydelige økonomiske konsekvenser (SOU 2007). De verste insektplagene forventes å oppstå ved økt varme og fukt – begge deler i samsvar med klimascenariene. Reduksjon i omfanget av høyfjellsbeiter og snøleier kan forverre effekten av insektproblemene ytterligere (SOU 2007). I tillegg til insektplagene må det også forventes økt forekomst av kjente parasitter, og også økt risiko for nye parasitter og sykdommer (SOU 2007).

Økt temperatur i barmarkssesongen betyr også forventinger om økt planteproduksjon (Tømmervik et al. 2004, 2005). Den svenske klimasårbarhetsutredningen angir at planteproduksjonen kan øke med 20–40 %, og at vekstsesongen kan komme til å utvide seg med 2–3 måneder mot slutten av århundret (SOU 2007). 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 (Tuhkanen 1980; Woodward 1987; Moen 1999). Enkelte arter kan rykke inn i nye om-

råder, ofte på bekostning av arter som har vært tilpasset et annet klima.

Analyser av historiske vegetasjonsdata for Skandinavia (Kullman 2006) og simulerte vekstforsøk i Abiskoområdet (Larsson 2002), samt analyser av vegetasjonsutviklinga på Finnmarksvidda (Tømmervik et al. 2009) gir sterke indikasjoner på heving av skog- og tregrense<sup>23</sup>), gjengroing og forbuskning i den lavalpine sonen, mens dvergbjørk kan bli dominerende i den mellomalpine sonen. Det kan bli dannet særlige blandinger av skogs- og fjellplanter som vil få negativ innvirkning på viktige beiteområder. I barmarksområder bidrar reinbeitingen til å holde landskapet åpent ved å begrense tilveksten av både busker og småtrær (Cairns & Moen 2004) og kan derfor i noen grad motvirke gjengroing.

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 1984; Ryd 2001; Magga 2006). I tillegg til forholdene om førjulsvinteren vil mer ustabile temperaturer midtvinters, også i kontinentale områder, kunne føre til 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 & 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, spesielt er reinkalver utsatt (Kumpala et al. 2000).

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

Den svenske klimasårbarhetsutredningen (SOU 2007) refererer også til tynnere snødekke, spesielt i kystområder. Dette kommer også fram i klimaprojeksjoner for Nord-Norge (Førland et al. 2009). 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

<sup>23</sup>Med skoggrense menes øvre grense for sammenhengende skog. Med tregrense øvre grense for trær over en viss høyde. Dvs. tregrensa ligger høyere i terrenget enn skoggrensa.

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 i terrenget enn normalt og ellers på myrer der den ikke kommer til med tykkere snødekke (Gaare et al. 2006; Tømmervik et al. 2009). Tidligere vår og lengre høst (se foran) betyr også kortere sesong med snødekke, opptil to 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; hardpakket eller kompakt snø, fokksnø, se Jernsletten 1994), og gjøre beitet 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, da 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 lavdekke, 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 den potensielle ekspansjonen av skog på Finnmarksvidda som følge av en 1 °C økning i midlere juli-temperatur, 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 høyereliggende og lavereliggende 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 reindriften med vinterbeiter på kysten, vil en stigning i temperatur

og økt nedbør om vinteren gi mindre snødekke og føre til at vegetasjonen endrer seg i retning større andel grønnplanter og mindre lav. I og med at grønnbeitesesongen ved en økning av 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 samlede virkningen av i hovedsak tre utviklingstendenser:

1. Kortere og mer snøfattige vintre.
2. Økt frekvens av fryse-tine-sykluser.
3. 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 reindriften noe 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 fryse-tinesykluser gjelder kontinentalt pregede områder. I de mest kystnære områdene betyr økt temperatur kortere og mer snøfattige vintre. Fryse-tine-sykluser 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 et al. 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.

## Oppsummering

Reindriften i forskjellige geografiske områder vil møte ulike utfordringer og de endringene vi merker best nå og de første tiårene framover, kan bli overskygget av andre effekter mot slutten av århundret. Selv om vi registrerer både positive og negative klimaeffekter, tyder likevel mye på at for reindriften kan samlet sett de negative effektene bli større enn de positive. De negative effektene synes å få økt relativ betydning, spesielt på lengre sikt.

Oppsummeringsmessig kan vi regne med fire hovedeffekter. Disse er i hovedsak knyttet til temperaturøkning (men



modifisert av andre faktorer). Økte temperaturer sommer, høst og vår fører til:

1. Gjengroing og forbusking av åpne heisamfunn samt heving av skog- og tregrense med reduksjon av både sommerbeite- og vinterbeiteområder som ligger i subalpine og lavalpine områder, for eksempel Finnmarksvidda.
2. Lengre vekstsesong og dermed forskyvning i balansen mellom bruk av vinter- og barmarksbeiteområder. Økte vintertemperaturer vil få to hovedeffekter for beite-tilgjengelighet som er regionalt forskjellige:
3. Kontinentale områder vil få mer usikre vintre, først og fremst som følge av sannsynligheten for hyppigere frysetine-sykler og påfølgende «låsing» av beiter.
4. Kystnære områder vil bli mindre usikre som vinterbeiteområder på grunn av at middeltemperaturen det meste av vinteren vil ligge over null grader og is og snø vil fortære tinte bort.

Disse effektene vil i noen grad kunne kompensere for hverandre. Både lengre vekstsesong (2) og bedre vinterforhold i kystnære områder (4) kan i noen grad kompensere for økt usikkerhet i kontinentale områder (3), særlig for de områdene som har tilgang til alternative beiteområder langs en kyst-innlandsgradient. «Krympingen» av sommerbeiteområdene (1) kan også i noen grad kompenseres av lengre vekstsesong (2) og økt planteproduksjon.

I tillegg til disse hovedeffektene må vi forutsette indirekte effekter som både økt insektforstyrrelse (Weladji & Holand 2003) og økt risiko for parasitter og andre sykdommer (SOU 2007) samt økte arealkonflikter med andre interesser. Eksempelvis kan mindre snø i Mellom-Europa føre til økt alpinturisme på Nordkalotten. I tillegg til den fysiske «krympingen» av de åpne fjellområdene er det derfor all grunn til å regne med økt bruksintensitet fra mange interesser og dermed økte konflikter om arealbruken.

Fysiske arealinngrep og forstyrrelser er tidligere foreslått som den enkeltfaktoren som gir reindrifta de største utfordringene i framtida (UNEP 2001). Klimaendringene kommer i tillegg til andre problemer og utfordringer reindrifta er stilt overfor. Reindrifta vil ha betydelige tilpasningsbehov framover, og det reiser spørsmål om hvilke tilpasningsmuligheter reindrifta har (Tyler et al. 2007; Reinert et al. 2008; Stammler 2008), og i hvilken grad forvaltningsapparatet er i stand til å ta opp i seg reindriftas egen kunnskap (Maggia 2008). Dette drøfter vi nærmere i delrapport 5.

#### 4.2.4 Fiskeri og havbruk

Fiskeriene i norsk Arktis er viktige for aktører og lokalsamfunn både i og utenfor Nord-Norge og Svalbard. Studiene av mulige effekter av klimaendringer på fiskeriene i norsk Arktis kan sies å ha to ulike perspektiver. I studier med det ene perspektivet fokuseres det på mulige effekter på økosystem og fiskebestander. I den grad samfunnsmessige implikasjoner for fiskerier og fiskeriforvaltning diskuteres er det primært på et nasjonalt plan (Loeng 2008; Eide 2007; 2008; Stenevik & Sundby 2007). Den andre typen studier har

fokus på samfunnsmessige effekter i Nord-Norge (Groven et al. 2006; West & Hovelsrud 2008; Eide & Heen 2002).

Relevante klimavariabler for marine økosystemer og fiskerier er flere enn de man typisk vurderer for landfokuserede studier. I tillegg til temperatur, nedbør, vindstyrke og -retning og skydekke, bør man inkludere salinitet, strøm, isforhold, havnivå, bølger, turbulens og lys (avhengig både av is og skyforhold) (Loeng et al. 2008).

I tillegg til en observert temperaturøkning i Barentshavet de siste 30 år er også ismengden redusert, og iskanten er flyttet lenger nord (basert på sesongvise sammenligninger) (Loeng et al. 2008). De nedskalerte klimascenariene produsert i NorACIA gjelder for land og luft, ikke for det marine miljøet (Førland et al. 2009). De eksisterende modellene for klima i Barentshavet er for dårlige, særlig for å beregne isdekke, noe som er viktig både for scenarier for temperatur og andre forhold (Førland et al. 2009). I tillegg til usikkerheten som dårligere klimamodeller innebærer er det flere andre sentrale usikkerhetsfaktorer.

Klimaendringer påvirker det marine miljøet gjennom hele næringskjeden, og påvirker størrelsen på fiskebestander gjennom effekter på rekruttering og vekstrater, og også på den romlige fordelingen og bestandenes migrasjonsmønstre (TemaNord 2008). Generelt er verdenshavene forventet å få mindre oppvarming enn kontinentene (IMR 2008). Mens den observerte variasjonen i havetemperatur siden 1900 er i størrelsesorden 0,7 °C, er forventet temperaturøkning i Nordøst-Atlanteren fram mot 2070 i intervallet 0,5–1,5 °C (TemaNord 2008). ACIA-rapporten (2005) konkluderte med at moderat temperaturøkning i våre havområder trolig vil være en fordel for kommersielt viktige arter, også som følge av at forventet reduksjon i havis vil gi økt primær- og sekundærproduksjon i de marine økosystemene (Vilhjálms-son et al. 2005).

En mengde faktorer bidrar til å komplisere dette bildet, og gjør at det er stor usikkerhet om hva som blir effektene av klimaendringer for det marine miljøet og fiskeriene (Loeng 2008). Loeng (2008) diskuterer både «små» og «store» økosystemeffekter av klimaendringer. Dersom det blir «små» effekter, kan vi oppleve noen endringer i utbredelse og størrelse på bestander av fisk og andre viktige arter i økosystemet, men i all hovedsak består strukturen til økosystemet, slik vi kjenner den i dag. Klimaendringene vil også kunne påvirke vekstrate, kjønnsmodning, forplantning og rekruttering, i tillegg til utbredelsesområde og bestandsstørrelse. Dersom tid og sted for gyting og klekking av viktige fiskearter endres (særlig da lodde, sild og torsk) – og eventuelt også for oppblomstring av plankton – kan det oppstå alvorlige mis-matcher i næringskjeden. Da kan strukturen i økosystemet endres dramatisk, med svært usikre effekter.<sup>24)</sup> En sentral usikkerhet er om polarfronten i Barentshavet vil endre seg. Sammen med muligheten for endret salinitet på

<sup>24)</sup>Det EU-finansierte prosjektet Arctic tipping points søker å identifisere faktorer som vil være sentrale ifht om økosystemet når såkalte "tipping points", hvor det dramatisk endrer karakter (<http://www.eu-atp.org>).

grunn av mer nedbør og tilførsel av ferskvann fra land – noe som påvirker tyngden av vannet – kan dette påvirke hele sirkulasjonsmønsteret i Barentshavet. Det kan igjen få svært dramatiske følger for sirkulasjonsmønsteret i hele det nordlige Atlanterhavet.

Studier som har antatt at økosystemeffektene blir «små» konkluderer med at effektene av klimaendringer for fiskerierne er langt mindre viktig enn valg av forvaltningsregime (Eide 2007; 2008). En god fiskeriforvaltning, med robuste fiskebestander som et resultat, blir derfor også svært viktig som en (forebyggende) tilpasningsstrategi til klimaendringene på et overordnet nasjonalt nivå. På et lavere geografisk nivå vil bildet kunne være helt annerledes.

West & Hovelsrud (2008) understreker fiskerienes brede samfunnsmessige betydning, både som kilde til sysselsetting, inntekt og verdiskaping, og som et viktig element i kystkulturen. Den konkrete betydningen av hver av disse faktorene vil variere fra lokalsamfunn til lokalsamfunn. Den geografiske fordelingen av båter, fiskere, mottaks- og produksjonsanlegg innebærer at klimaeffekter på fiskerierne vil virke ulikt i ulike områder.<sup>25)</sup> Over tid vil denne fordelingen påvirkes av generelle utviklingstrekk i næringen, som på kort sikt vil være mer preget av effekter av økonomi, næringsdynamikk og fiskeripolitikk, enn av klimaendringer. Drivstoff utgjør en betydelig kostnad i fisket. Dette gjør fiskerinæringen dobbelt utsatt for klimaendringer, både fra klimaendringene direkte, og fra klimapolitikk rettet mot å redusere klimagassutslipp.

Knyttet til fiske og fangst er det også andre næringer som vil kunne bli kraftig rammet hvis klimaendringene slår negativt ut for fisket. Som tabell 3 under viser er det et betydelig antall ansatte i fiskeindustrien i Nord-Norge. Disse burde trolig vært tatt med blant klimasensitive sektorer i indikator for sosioøkonomisk sårbarhet (Groven et al. 2006).

I en mer detaljert studie av regional klimasårbarhet som følge av klimaendringenes effekt på fiskerierne, kunne man inkludere vurderinger av hvilken type fiskeri som er viktig

for ulike kommuner/lokalsamfunn, og deres forventede klimasårbarhet. West & Hovelsrud (2008) viser i sin avgrensede case-studie av fiskerier at det finnes tilgjengelig data på kommunenivå som kan være nyttig i en slik vurdering. Relevante data er da knyttet til hvor stor andel av landinger i en kommune som kommer fra kystnært fiske, landinger av ulike fiskearter etter i hvilken region/kommune fiskefartøyene er registrert, sammensetningen av fiskeflåten som hører til en kommune (redskapstype, og om det er mest små fiskebåter med begrenset rekkevidde, eller havfiskeflåte med stor rekkevidde), og type og sysselsetting i fiskeindustri etter region/kommune.

Endringer i den geografiske utbredelsen av kommersielt viktige fiskeslag vil kunne innebære større mengder torsk i «Smuthullet» i Barentshavet. Dette havområdet ligger utenfor nasjonal jurisdiksjon og reguleringer lar seg derfor vanskelig håndheve. Norge og Russland har inngått avtaler med andre land om blant annet begrensning av uttak av fisk fra dette området. Økt ressursrikdom i dette området kan sette slike avtaler under betydelig press.

En annen konsekvens av en slik endring i geografisk utbredelse er at en større del av bestander som deles mellom Norge og Russland vil kunne befinne seg i russisk område. Om dette kan få følger for kvotefordelingsmønsteret mellom Norge og Russland er uvisst. Ved en endring i utbredelsesområde kan en også få endringer i rekrutteringsrate og -mønster, vekst og kjønnsmodning. Da vil det kunne bli nødvendig å revidere de biologiske referansepunktene for bestandene, noe som igjen vil kunne medføre endringer i årlig totalkvote (Total Annual Catch, TAC) og i det optimale langtidsutbyttet fra fiskerierne.

Ifølge Loeng (2008) er den generelle erfaringen med slike utfordringer, at selv om det vil være konfliktfylt å endre etablerte fordelingsnøkler, så er det likevel mulig å løse gjennom forhandlinger. I eksempelet over vil store årlige verdier kunne stå på spill. Dette vil ha konsekvenser ikke bare for Nord-Norge, men også for andre deler av kysten der fiskerierne er basert på ressursene i nord. De regionale konfliktene innad i de norske fiskerierne vil dermed også påvirkes, og mobilisering rundt fordelingen av klimamotiverte endringer i totalkvote kan skape en annen nasjonal kontekst for fiskeripolitikken.

Internasjonalt kan en utvikling som skissert over også få betydning for Norges forhold til EU, ettersom balansen i fiskeritavtalene mellom Norge og EU (samt Island, Grønland og Færøyene) er basert på at disse landene får adgang til fiske i nord.

**Tabell 3.** Antall bedrifter og ansatte i fiskeindustri i Nord-Norge 2003 (West & Hovelsrud 2008).

	Nordland	Troms	Finnmark	Total
Slaughter facilities	15	15	9	39
Conventional production and other landing facilities	79	19	26	124
Shellfish landing facilities	1		3	4
Freezers (filet whitefish and pelagic)	16	8	11	35
Canning facilities	2			2
Shrimp industry	1	7		8
Other processing	9	3	1	13
Additional processing	7	5	2	14
Herring oil and meal facilities	2	1	1	4
Other meal and oil	1	1	2	4
Cod liver oil, fish oil	6			6
<b>Total</b>	<b>139</b>	<b>59</b>	<b>55</b>	<b>253</b>
<b>Number of employees</b>	<b>2340</b>	<b>1300</b>	<b>1300</b>	<b>4940</b>
Kilde: Fiskeridepartementet 2004				

<sup>25)</sup>Se eksempel med sysselsettingsandeler i fiske og fangst på kommunenivå i kapitlet om identifisering av sårbare regioner.

Havbruksnæringen er også viktig for Nord-Norge og en rekke lokalsamfunn i regionen. Oppdrett av laks er i dag en viktig distriktsnæring i mange kystområder i Nord-Norge, selv om den høye arbeidskraftproduktiviteten i næringen gjør at den direkte sysselsettingen ikke er svært høy. I forhold til akvakultur er det flere problemstillinger knyttet til klimaendringer. For det første vil høyere vanntemperaturer generelt bidra til raskere vekst hos fisk. Dette gjelder imidlertid inntil en viss grense. For laks, som i dag dominerer norsk oppdrett, kan vanntemperaturene i Sør-Norge bli for høye, mens økte temperaturer i Nord-Norge vil kunne gi økt produktivitet i merdene. Enkle studier av den mulige effekten av dette antyder at effektene kan bli svært betydelige (Lorentzen 2008; Aaheim et al. 2009), særlig hvis forvaltningsregimet blir liberalt med hensyn på flytting av lisenser mellom fylker/regioner, og utvidelse av produksjonen ikke hindres av andre forhold (for eksempel begrenset arealtilgang på grunn av konflikter med andre interesser i kystsonen m.m.) (Hermansen & Heen, pers.komm.). For det andre kan økte vanntemperaturer også medføre økt sårbarhet hos fisken for sykdom og angrep av parasitter. I en nylig fremlagt rapport knyttet til NorACIA-arbeidet (Tryland et al. 2009) konkluderes det med at torskeoppdrett sannsynligvis vil bli umulig langs større deler av norskekysten på grunn av en mer nordlig utbredelse av en sterkt sykdomsfremkallende bakterie (*Francisella philomiragia* subsp. *noatunensis* subsp. novo). Foreløpig forekommer denne bakterien kun sør for Stadt, men med økte temperaturer vil denne trolig bevege seg nordover. Sårbarheten til torskeoppdrettsnæringen vil imidlertid kunne la seg redusere gjennom utvikling av en effektiv vaksine mot bakterien.

Klimaendringenes biologiske effekter på havbruksnæringen må ses i sammenheng med andre relevante betingelser for næringen, ikke minst spørsmål knyttet til infrastruktur. Dette gjelder også fiskerisektoren mer allment. For eksempel vil fiskerihavner ofte være lokalisert i mer eksponerte områder sammenlignet med havneanlegg for allmenn gods og passasjertrafikk. Økt havnivå, bølgehøyde, og mer ekstremvær kan øke kostnadene for fiskeri- og havbrukssektoren på grunn av skade på infrastruktur (jfr. Aunan & Romstad 2008; Loeng 2008).

#### 4.2.5 Turisme

Klimaendringer kan endre reiselivet på flere måter (Teigland 2003). For det første ved at endringer i vær (vind, nedbør) kan påvirke turistenes adferdsvalg direkte, men også ved at mer langsomtvirkende klimaeffekter som endringer i vegetasjonstyper og -dekke kan påvirke områders attraktivitet både positivt og negativt. Teigland (2003) fremholder at slike mer omfattende endringer av naturgrunnlaget kan være spesielt viktig for Norge, hvor nettopp naturopplevelse har vært den primære attraksjonen i store deler av reiselivet.

Det forventes generelt redusert snødekke i NorACIA-området utover i dette århundret, med særlige reduksjoner høst og vår (Førland et al. 2009). Reiseliv i norsk Arktis basert på skiturisme vil isolert sett bli negativt påvirket ved dårligere

og mer ustabile snøforhold. Dersom de viktigste konkurrentene vil oppleve mer alvorlige reduksjoner i snødekke kan imidlertid nordnorsk reiseliv allikevel oppleve økt etterspørsel. For operatører som er avhengige av både vinter- og sommerturisme er det ikke gitt at reduksjon i en av sesongene lar seg oppveie av omsetningen i den andre sesongen (O'Brien et al. 2004).

Ikke alle typer reiseliv er like klimafølsomme, eller i det minste ikke klimafølsomme på samme måte. Klimaet på reiselivsdestinasjonen er ikke alltid avgjørende for stedets attraktivitet, men hvis klimaendringene medfører irregulærhet i transporten til destinasjonen, kan også destinasjoner som i seg selv ikke er særlig klimafølsomme, oppleve markedssvikt.

West & Hovelsrud (2008) argumenterer for at reiselivet tenderer til å være lite fleksibelt i forhold til klimaendringer, sammenlignet med bransjens målgruppe. Mens den enkelte turist kan nyte stor fleksibilitet med henblikk på å velge destinasjoner og aktiviteter, så er reiselivsoperatørene i mye større grad bundet av investeringer i allerede lokalisert (og dermed potensielt klimafølsom) infrastruktur. Store deler av det nordnorske reiselivet er naturbasert, og denne «natures attraktivitet» er langt på vei avgjørende for reiselivets overlevelse. Lokalsamfunn med relativt stor inntekt fra – og sysselsetting i – sesongreiselivet, kan være særlig utsatt for klimaendringer. Loeng (2008) peker på at den økende Svalbard-turismen må forventes å øke ytterligere, blant annet fordi det de siste årene har vært langt mindre is i fjordene på nord- og østsiden av Svalbard. Isolert sett gir dette økt tilgjengelighet, men omfanget vil avhenge av hvordan turismen blir regulert. Det forventes økt cruisevirksomhet, flere passasjerer og at antallet landstigningslokalteter vil øke. Dette vil stille forvaltningen overfor nye utfordringer når det gjelder å redusere miljøslitasje og forhindre ødeleggelser av kulturminner. Økt cruisetrafikk og hyppigere forekomst av ekstremvær vil også kunne føre til økt beredsskapsbehov.

Reiselivet illustrerer også at generelle trekk i den internasjonale økonomien (for eksempel finanskrisen), og utviklingen av avgiftsregimene på drivstoff, påvirker sektoren sterkt. Reiselivet i Nord-Norge er sterkt avhengig av oljepriser og drivstoffavgifter gjennom kostnadene det medfører å reise til Nord-Norge (med Hurtigruta, privatbil eller fly). Klimapolitikken (avgifter, reguleringer) må dermed i overskuelig fremtid antas å påvirke reiselivet i større grad enn effekter av klimaendringer.

#### 4.3 Helse og miljøvern

I tillegg til effekter på grunnleggende infrastruktur og næringssektorer, skal dette bidraget til NorACIA også skissere antatte effekter i forhold til helse og naturvernensyn. Helsetilstanden er i liten grad tematisert innenfor delrapportene til NorACIA, mens det for naturvern er foretatt analyser som fokuserer mer på tiltak og tilpasninger enn på effektstudier isolert sett.

### 4.3.1 Helseeffekter

Både gradvise endringer i temperatur og nedbør, og økt forekomst av ekstremvær (hete- og kuldebølger, flom, skred) kan påvirke helsen direkte og indirekte, typisk gjennom påvirkning på smitteveier og sykdomsoverføring, så vel som mer langsiktige og indirekte virkninger via effekter på blant annet matproduksjon (Nordisk Ministerråd 2008; Aaheim et al. 2009). Klimaendringer påvirker helsetilstand gjennom ekstreme temperaturer og værforhold (flom, sterk vind, tørke); endrede betingelser for mat- og vannbårne sykdommer, allergier og vektoroverførte sykdommer (eksempelvis mygg, flått).

Folkehelseinstituttet (Ottesen 2005) peker på at klimaendringer vil kunne ha effekter som både er positive og negative for folkehelsen i Norge. På den ene siden forventes at høyere vintertemperaturer vil føre til redusert dødelighet. Samtidig kan mer nedbør gi økt flom (både antall og omfang), med påfølgende fare for blanding av kloakk og drikkevann, noe som kan gi økt forekomst av tarmpatogene infeksjonssykdommer (salmonellose, giardiainfeksjoner). Den største effekten antas likevel å være økt utbredelse av vektoroverførte sykdommer, med andre ord sykdommer som overføres av bærere som mygg og flått. Internasjonalt ser vi at vektorrelaterte sykdommer som malaria og Leishmaniasis øker i utbredelse (Janbu 2008), og i Norge forventer Folkehelseinstituttet at skogflåtten brer seg videre fra kyst til innland – og fra sør til nord – og videre at enkelte rabies-bærende flaggermus kan komme til landet (Ottesen 2005). Valen (2008) peker på at mens det globale helsebildet vil bli kraftig påvirket av klimaendringer, så er bildet mindre dramatisk i Norge. Likevel vil økt soleksponering kunne medføre økt forekomst av hudkreft, marine algeoppblomstringer vil kunne medføre hyppigere matforgiftning (blåskjell), og borreliose vil, som i Sverige, spre seg nordover med utbredelse av skogsflått. Utover dette har vi har ikke registrert mer spesifikke prediksjoner for Nord-Norge med hensyn til helseeffekter.

### 4.3.2 Natur- og kulturvern

En sentral del av naturvernet i Norge er områdevernet basert på naturvernloven. Pågående verneplan for nasjonalparker og større verneområder er på det nærmeste fullført. Verneområdene vil da dekke om lag 15 % av Norges fastlandsareal og oppfylle den kvantitative målsettingen til Verdens naturvernunion (IUCN). Verneområdene skal ivareta flere målsettinger, blant annet representativitet og artsvern. En betydelig del av verneområdene er opprettet etter årtusenskiftet, men de fleste av disse er også basert på en utredning som ble lagt fram i 1986 – det vil si før klimaeffektens betydning for det biologiske mangfoldet var særlig kjent. Mange planter «klatrer» i høyden som følge av temperaturøkningen (Kullman 2006). Det betyr at artsinventar og økosystemer forandres, uten at det er tatt hensyn til dette i utformingen av verneområdene.

I et foredrag for Biologenes interesseorganisasjon i 1994, pekte professor Sigmund Hågvar ved nåværende Universitet for miljø- og biovitenskap (UMB) på dette problemet og skisserte også en løsning – såkalte «biologiske krabbefelt» – det vil si intakte striper med natur fra lavland til fjellet. Disse kan fungere som rømningsveier når klimaet blir varmere og artene må trekke oppover i høyden for å finne igjen sitt optimale klima. For å korte ned «vandringsveien», mener Hågvar at artene må få mulighet til å klatre vertikalt – oppover – fjellsider. I følge Hågvar må det derfor legges til rette for klatring og lages biologiske krabbefelt for artene, og dette bør kombineres med nye verneområder og inngå i de nye nasjonalparkene. Dermed må vertikalgradienter inngå i verneområdene (Duve 1995; Hågvar 1994; Svendsen 1994). Dette er perspektiver som nå er vel etablert i naturforvaltningen, hvor en kombinasjon av å minimere andre stressfaktorer, sikre bevaring av store naturområder, sikre spredningskorridorer for arter og tilpasse praksis i relevante næringer fremstår som de sentrale elementene i en strategi for å sikre biologisk mangfold i møte med effekter av klimaendringene (Direktoratet for naturforvaltning 2007).

Mens effekter av klimaendringer på natursystemene ofte tar utgangspunkt i de lange trendene som fremkommer av klimascenariene, viser Nybø et al. (2009) til at flere nye forskningsresultater nå viser at kortvarige klimahendelser (ofte i form av «ekstremvær») kan ha betydelige og uforutsette konsekvenser på økosystemer. Slike hendelser kan ha overraskende stor påvirkning på økosystemer i forhold til hendelsens varighet. På våre breddegrader er det for eksempel vist at kortvarige varmeperioder på vinteren kan forårsake betydelige skader på vegetasjon, da spesielt på dvergbusker og andre vintergrønne planter. Økt skadeomfang på etablert vegetasjon kan gi økt rom for etablering av andre arter.

Flere klimamodelleringer indikerer at ekstremværehendelser vil øke i frekvens. Kunnskap om effekten av slike hendelser på natursystemer er imidlertid langt dårligere enn kunnskap om effekten av trendmessige klimaendringer (Jenkins et al. 2007). Nybø et al. (2009) peker på muligheten for at de skadelige faktorene av klimaendringene (det vil her si økt frekvens av ekstremvær) vil kunne være av langt større betydning for regulering av økosystemendringer enn de stimulerende faktorene (for eksempel økt sommervarme og økt vanntilførsel). I Nord-Norge betraktes kystlyngheiene som den viktigste typen kulturmark i Nord-Norge, og økt frekvens av fryse- og tineperioder antas å kunne gi økte frostskafer på lyngen (Nybø et al. 2009). Slike skader er allerede påvist (Bokhorst et al. 2008).

Økt vern kan ikke stoppe klimaendringene, men vern av områder kan bidra til at artene og naturtypene blir mindre truet av andre inngrep. Dette vil kunne øke sjansen til at det biologiske mangfoldet ivaretas også i framtida. Kalkbjørkeskogene, kystmyrene, samt kalksjøene i lavlandet i Nord-Norge er naturtyper som trolig vil bli negativt påvirket av klimaendringene. Økt vern av disse naturtypene vil kunne bidra til å sikre dem framover.

Når det gjelder kulturvern så vil klimaendringene i Barentshavet kunne få konsekvenser for landbaserte kulturminner i regionen, og særlig kulturminnene på Svalbard vil kunne trues av raskere erosjon, og indirekte av mer slitasje fra økt ferdsel. Mindre havis som følge av mildere klima har allerede gjort det lettere å få turister i land ved flere kulturminnelokaliteter. På Svalbard blir kulturminnene generelt påvirket av naturlige prosesser som bølger, is og vind. Med tinende permafrost og mangel på beskyttende havis vil stranderosjonen kunne akselerere, og en rekke tufter og løse gjenstander ved erosjonskanten vil dermed stå i fare for å forsvinne. Varmere og våtere vær fører i tillegg til raskere forfall blant kulturminnene som følge av mer råte, sopp, bakterier og rustdannelse. Økning i havnivå, med en rekke mulige konsekvenser for blant annet kulturminner, infrastruktur og bygninger, må være betydelig for at det skal få store konsekvenser i våre områder. I forhold til andre deler av verden er infrastruktur og bygningsmasse i større grad skjermet, på grunn av landskapets karakter med bratt stigning fra havet (Loeng 2008).

Riksantikvaren peker på at mens kulturminner og -miljøer dels vil kunne påvirkes av de direkte værrelaterte forholdene (regn, snø, vind), så vil endringer i arealbruk og strategier for tilpasning til nye klimaforhold over tid kunne utgjøre den største trusselen mot kulturminner. Dette kan i sin ytterste konsekvens bety flytting av bosetninger og infrastruktur til områder som hittil ikke har vært berørt, og der eventuelle kulturminner har fått ligge uforstyrret. Men det kan også bety et langt større press i retning av endringer på eksisterende bygninger og infrastruktur for å tilpasse dem til nye klimamessige forhold. I valget mellom tilpasning og bevaring er det fare for at bevaringsaspektet vil stå svakere enn det gjør i dag.

#### 4.4 Oppsummering av effekter av klimaendringer på viktige samfunnsmessige funksjoner

Dette kapitlet har presentert sentrale elementer fra faglige analyser og utredninger som i sum gir en oversikt over kvalitative dimensjoner ved de forventede effektene av klimaendringer på ulike sektorer. Mens det i økende grad er mulig å gi faglig begrunnede synspunkter på hvilken type klimaeffekter som trolig vil være de viktigste klimarelaterte påvirkningsfaktorene for ulike funksjoner og sektorer, er det sjeldent mulig å være særlig presis når det gjelder geografisk variasjon på mer detaljert nivå.

Men også forståelsen av disse kvalitative aspektene vil variere mellom sektorer og næringer. Klimaets historiske virkning på nære, stedbundne ressurser (for eksempel landbruk) – som over mange tiår har vært gjenstand for observasjon og forskning – vil generelt være større enn i sektorer og næringer som mangler disse karakteristika.

På et overordnet nivå kan vi identifisere noen generelle trekk på basis av gjennomgangen i dette kapitlet, selv om disse også skal leses med forsiktighet. Infrastruktur vil primært bli påvirket av vind og nedbør, og sekundære effekter av dette,

som ekstremvær, flom og skred. Grunnforholdene for fysisk infrastruktur vil også påvirkes via faktorer som poretrykk og utvasking av masse. Det som her er omtalt som klimasensitive næringer vil i tillegg også være påvirket av biologiske/økologiske effekter knyttet til temperaturavhengige vekstbetingelser, som generelt vil forårsake økt biologisk produktivitet. Denne økte naturlige produktiviteten vil imidlertid variere, og vil til dels kunne motvirkes av begrensende faktorer knyttet til driftsforhold (kjøreskader), parasitter, svakere frostherding og utsatthet for hyppigere fryse- og tinesykluser.

For samtlige funksjoner og næringer gjelder at de utsettes for de kombinerte effektene av en rekke påvirkningsfaktorer. Med den kunnskapen vi har i dag kan vi på enkelte områder gi faglig forankrede resonnementer på hvordan slike effekter samvirker positivt eller negativt (jfr. avsnittene om jordbruk og reindrift), men usikkerheten tilsier at vi må være tilbakeholdne med bastante konklusjoner.

## 5 Identifisering av særlig utsatte regioner eller grupper

Det at en region, en aktør eller en bransje er utsatt eller eksponert for klimaendringer innebærer ikke nødvendigvis en stor klimaeffekt. Disse aktørene, regionene og bransjene er i ulik grad sensitive for klimaendringer, og mange av våre daglige aktiviteter vil påvirkes lite av moderate endringer i temperatur, nedbør eller andre klimarelaterte variabler. Noen aktører, regioner og virksomheter vil være mer sensitive for klimaendringer enn andre. Å identifisere disse er en viktig oppgave for å kunne ta nødvendige forholdsregler slik at effektene av klimaendringene kan dempes. Tilpasning til klimaendringer er behandlet i delutredning 5 i NorACIA. I tillegg til faktiske tilpasningstiltak mot konkrete effekter av klimaendringene, er det å øke den institusjonelle kapasiteten for å velge og gjennomføre tilpasningstiltak en sentral og generell tilpasningsstrategi.

Denne delutredningen har som utgangspunkt en erkjennelse av at folk og samfunn påvirkes både direkte og indirekte av klimaendringer. Det er også identifisert et behov for å supplere kvalitativ informasjon om sosioøkonomiske konsekvenser av klimaendringer med utvikling av indikatorer for sårbarhet overfor klimaendringer i nordområdene.<sup>26)</sup> Dette arbeidet er tematisk relatert til flere forskningsprosjekter som deltagere i NorACIA-prosjektet også er med i (blant annet CAVIAR, NORADAPT, PLAN, EALÁT, DAMOCLES). Arbeidet som har foregått i prosjektet og i NorACIA har vært viktig for å utvikle perspektiver på sårbarhet for klimaendringer, og metoder for å søke å synliggjøre sårbarheten – også kvantitativt – både på sektor-, lokalsamfunns-, og kommunenivå.

Klimaendringer er bare én faktor av en rekke som påvirker utviklingsbetingelsene for aktører, næringer, lokalsamfunn

<sup>26)</sup>Revidert prosjektbeskrivelse 2007, NorACIA hovedutredning: Temagruppe 4 – virkninger på folk og samfunn.

og regioner. I sårbarhetsanalyser har det vært særlig oppmerksomhet mot dem som opplever en akkumulering av negative påvirkningsfaktorer (såkalte multiple stress-situasjoner) (se for eksempel ACIA 2005, kapittel 17). Men ofte vil aktører stå i komplekse situasjoner hvor noen faktorer vurderes positivt og andre negativt. Det kan likevel være slik at én barriere-faktor er tilstrekkelig til å forhindre realiseringen av muligheter, med andre ord at utviklingen langs én parameter kan være så avgjørende for enkelte aktører/grupper, at negative verdier ikke lar seg oppveie av andre positive utviklingstrekk.

## 5.1 Identifisering av sårbare regioner

Perspektiv og metode knyttet til vurdering av sårbarhet overfor klimaendringer er drøftet på generelt grunnlag i kapittel 3. Her vil vi fokusere på arbeidet med sårbarhetskartlegging på kommunenivå.

Groven et al. (2006) gir en samlet oversikt over tilgjengelige data (aktuelle og historiske) som kan anvendes som indikatorer for ulike sider ved kommuners sårbarhet overfor klimaendringer (West & Hovelsrud 2008), og brukte kommuners score på de utvalgte indikatorene som basis for å rangere kommuners sårbarhet. Tabell 4 lister opp indikatorene. Dette er et eksempel på en top-down tilnærming for

**Tabell 4.** Indikatorer for kommunal klimasårbarhet, anvendt i Groven et al. 2006.

Tema	Indikator
<b>Naturlig sårbarhet</b>	
Flaum	- km vassdragsstrekning prioritert for flaumsonkartlegging av NVE
Ekstremt høg vasstand	- Andel vegar / hamner som ligg inntil x meter over høgste astronomiske tidevatn (HAT)
Kvikkleireskred	- Tal historiske skadeskred - km <sup>2</sup> busette område som er kategorisert som fareområde
Tørrsnøskred	- Tal historiske skadeskred
Stein- og fjellskred	- Tal historiske skadeskred
Jordskred	- Tal historiske skadeskred
Skred generelt	- Tettbygd areal innafor potensielt skredfarlig område - Andel av riks- og fylkesvegnettet gjennom potensielt skredfarlig område
Erosjon	- Andel dyrka mark med stor/svært stor erosjonsrisiko ved haustpløying (lite aktuelt for Nord-Norge)
Vinterskade på eng	- Fare for isbrann (indikator er ikkje ferdig utvikla av NIJOS)
<b>Samfunnsøkonomisk sårbarhet</b>	
Næringsverksemd	- Andel sysselsette i risikonæringar
Infrastruktur: transport	- Klimagassutslepp frå transport per innbyggjar
Infrastruktur: leidningar	- Avløp: Lengd per innbyggjar / meter fornya leidningsnett - Vassleidningar: Lengd per innbyggjar / meter fornya leidningsnett - Kraftleidningar: Ikkje levert energi
Infrastruktur: bygningar	- Kommunal byggetilsyn
Energi	- Energiforbruk/innbyggjar.
<b>Institusjonell sårbarheit</b>	
Økonomiske ressursar	- Statistisk sentralbyrås rangering etter økonomisk evne
Kompetanse	- Lønsutgifter til fysisk planlegging, kulturminnevern, natur og nærmiljø per innbyggjar
Proaktiv evne	- Tid sidan siste rullering/vedtak av kommuneplanen sin arealdel
Reaktiv evne	- Status ROS-analyse - Status kommunal plan for kriseleing
Levande lokalsamfunn	- Folketalsutvikling siste 20 år - Folketalsframskrivingar - Andel sysselsette

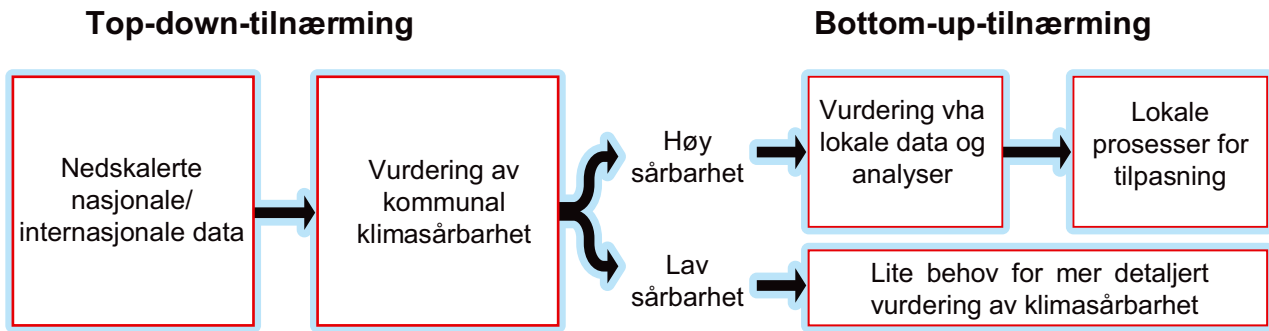
å vurdere sårbarhet for klimaendringer (se kapittel 3), og var det første samlede forsøk på å sammenstille kvantitative klimarelevante data for flere sektorer på kommunenivå i Norge.<sup>27)</sup> Når det gjaldt den konkrete utvelgelsen av indikatorer for naturlig sårbarhet, ble det i dette prosjektet gjort en avgrensning til fysisk sårbarhet (eksemplifisert ved flom og skred), da det viste seg vanskelig å etablere gode indikatorer for biologisk/økologisk sårbarhet.

Den naturlige sårbarheten ble kartlagt etter følgende parametre: flomutsatthet, eksponering for ekstremt høy vannstand, skredutsatthet (kvikkleire, tørrsnø, stein og fjell, jord), erosjon og vinterskade på eng.

Når det gjelder den samfunnsøkonomiske sårbarheten ble den definert som «samfunnsmessige eigenskapar og prosessar som påverkar den lokale sårbarheita overfor klimaendringar» (Groven et al. 2006). Eksempler på slik samfunnsøkonomisk sårbarhet vil være andel sysselsette innenfor særlig klimasårbare næringer, og omfanget av infrastruktur (for eksempel kraftnett, kommunalteknisk ledningsnett) som er særlig utsatt for klimapåvirkning.

Den tredje sårbarhetskategorien, institusjonell sårbarhet handler om den institusjonelle kapasiteten til å håndtere

<sup>27)</sup> O'Brien et al. (2003) vurderte kommunal klimasårbarhet i Norge basert på klimasårbarhet innen landbruk og reiseliv (skiturisme).



Figur 2. Fra top-down indikatorer til lokal sårbarhetsanalyse (etter Næss et al. 2006).

de utfordringene som oppstår på grunn av klimaendringer (Groven et al. 2006). Institusjonell sårbarhet kommer da til uttrykk som lav score på indikatorer for institusjonell kapasitet til å møte klimaendringer.

Næss et al. 2006 (se figur 2) betrakter en top-down indikatortilnærming som en første grovsortering for å identifisere de mest sårbare kommuner/lokalsamfunn. West & Hovelsrud (2008) fokuserer på to av de indikatorene Groven et al. (2006) identifiserte (sysselsetting og brutto verdiskaping), og sammenstilte historiske tall for utviklingen i klimafølsomme næringssektorer i ulike kommuner og regioner. Kompleksiteten i de konkrete og lokale vurderingene av klimafølsomhet og sosioøkonomisk sårbarhet kommer til uttrykk blant annet i diskusjonen av styrker og svakheter ved de enkelte indikatorer som er valgt for å belyse fiskerieringens klimasårbarhet (West & Hovelsrud 2008), og de konkluderer med at indikatorene kanskje kan anvendes til å foreta et første utvalg av kommuner for videre analyse (Aaheim et al. 2009).

I den avsluttende drøftingen av denne indikatortilnærmingen understreker West og Hovelsrud at de berørte aktivt må inkluderes i både utforming og gjennomføring av analyser av klimasårbarhet og utforming av tiltak for klimatilpasning.<sup>28)</sup> Begge disse studiene (West og Hovelsrud 2008; Groven et al. 2006) konkluderer med at klimasårbarhetsanalyser må foregå nærmere aktørene enn det top-down-tilnærminger vanligvis legger opp til.

### 5.1.1 Infrastruktureffekter

Vestlandsforskning har forsøkt å kartlegge klimasårbarhet knyttet til infrastrukturen på kommunenivå, gjennom å anvende det utviklede indikatorsettet (Groven et al. 2006). De spesifikke indikatorene var lengde av fornyede og oppgraderte avløps- og vannledninger pr. innbygger; brudd i kraftforsyningen; og oversikt over status for det kommunale byggetilsynet mer allment<sup>29)</sup>. For alle disse valgte indikatorene fant Vestlandsforskning at det manglet et oppdatert og

pålitelig datagrunnlag på kommunenivå. Status for ledningsnett er svakt rapportert i KOSTRA; brudd i energiforsyningen er i liten grad spesifisert på kommunenivå; og for status på det kommunale byggetilsynet heter det kort at det «mangler grunnlag». Det å spesifisere infrastruktureffekter av klimaendringer på kommunenivå, basert på indikatorene utvalgt av Vestlandsforskning, viste seg dermed å være umulig. Som vi har sett, er det imidlertid flere av indikatorene for naturlig sårbarhet som også har konsekvenser for den infrastrukturelle sårbarheten, for eksempel vil både flom og skred kunne ha direkte effekter (skader) på infrastrukturen, og også på bruken av infrastruktur (f.eks. stengt veg på grunn av skred uten at vegen nødvendigvis er skadet).

Ved å bruke indikatorene for flomutsatthet, eksponering for ekstremt høy vannstand, skredutsatthet (kvikkleire, tørrsnø, stein og fjell og jord), erosjon og vinterskade på eng, produserte Vestlandsforskning en oversikt over graden av naturlig sårbarhet for de enkelte nordnorske kommunene. Denne indikatortilnærmingen er en første tilnærming til å analysere forskjeller i ulike former for klimasårbarhet mellom nordnorske kommuner, og vil trolig – som de fleste nybrottsarbeider – gjennomgå revisjoner og tillempinger for å bli mer presis som analyse- og handlingsgrunnlag (Groven et al. 2006). Denne tilnærmingen er forsøkt anvendt på regionalt nivå, gjennom risiko- og sårbarhetsanalysen (ROS) for Finnmark (Fylkesmannen i Finnmark 2008). Forvaltningens, næringslivets og innbyggernes erfaringer med å bruke slike indikatorer i handlingsrettede lokale og regionale analyser vil over tid kunne gi viktige tilbakemeldinger for videre læring om sårbarhet, klimaeffekter og mulig respons.

Denne indikatoretmotodikken er i første omgang tenkt å gi et grunnlag for å velge ut kommuner for videre analyser av sårbarhet, og som et grunnlag for å vurdere/prioritere klimatilpasningstiltak på regionalt nivå, for eksempel prioritering av rassikringsmidler (Groven et al. 2006). Nettopp behovet for å gå videre med mer detaljerte analyser understrekes også i fylkes-ROSen for Finnmark når det vises til det samarbeid som er igangsatt mellom kommuner (Nesseby, Hammerfest) og FoU-miljøer innenfor forskningsprosjektet NORA-DAPT, som ledes av CICERO.

Av indikatorene for naturlig sårbarhet i forhold til klimaendringer er det flomfare og utsatthet for ulike typer skred som danner datamaterialet for Vestlandsforskningens range-

<sup>28)</sup> Denne konklusjonen er i tråd med Groven et al. (2006), og følges opp blant annet i prosjektet NORADAPT.

<sup>29)</sup> I tråd med indikatorene for institusjonell sårbarhet (Groven et al. 2006) kan det argumenteres for at kommunalt byggetilsyn i større grad måler den institusjonelle sårbarheten enn den samfunnsøkonomiske. Når det gjelder transport, er indikatoren rettet mer mot avbøtende tiltak for utslipp av klimagasser enn mot fremtidig klimatilpasning.

ring av kommuner. Norges vassdrags- og energidirektorats flomsonekartplan, som startet i 1998, tar utgangspunkt i vurderinger og prioriteringer av områder med størst skadepotensial. Flomsonekartene er i det vesentlige relatert til snøsmeltingsflommer i større vassdrag, og omfatter ikke mer akutte regnflommer i mindre vassdrag. I forhold til langsiktig, lokal klimasårbarhet kan slike regnflommer være viktige (Groven et al. 2006), og data må dermed tolkes med det forbehold.

Når det gjelder kartlegging av ekstremt høy vannstand har Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap publisert en oversikt over forventet havnivåstigning og stormflonivå basert på RegClim-scenariet (DSB 2008). Det finnes ikke lett tilgjengelige data som viser type og omfang av infrastruktur som kan påvirkes av dette.

I tillegg til NVEs forvaltningsansvar innen forebygging av skred, overvåkes skred og skredfare av flere andre organer. Norges Geologiske Undersøkelser (NGU) har ansvar for Nasjonal skreddatabase, som ble opprettet i 2001. Denne basen inneholder data over historiske skadeskred og fareområder for skred (snø-, stein- og jordskred), og er også koblet opp mot snøskredkart (Forsvaret), kartlegging av kvikkleire (Norges geotekniske institutt (NGI), på oppdrag fra NVE, og skredhendelser som er registrert i Nasjonal Vegdatabank (NVDB)<sup>30)</sup>(Groven et al. 2006). Nasjonal skreddatabase inneholdt medio 2008 rundt 31 500 skredhendelser<sup>31)</sup>.

Skreddatabasen inneholder informasjon om – og kartfesting av – skredulykker (skred som har rammet mennesker eller ført til materiell skade), og det som defineres som skredhendelser mot veg (registrert av Statens vegvesen), og skred mot jernbane (registrert av Jernbaneverket), i tillegg til ulike skredhendelser registrert av NGI gjennom deres arbeid med skred og skredfare (hovedsakelig snøskred). Skred mot samferdselsinfrastruktur (veg, jernbane) er gitt et eget innsyn i Skreddatabasens løsning for kartinnsyn.

Groven et al. (2006) presenterte en oversikt over hvor mange kilometer veg som går gjennom potensielt skredfarlig område i hver nordnorske kommune, og identifiserte og rangerte de 26 kommunene hvor dette gjaldt for mer enn 20 % av veglengden i kommunen. Sammenholdt med data om vegstengninger per kilometer veg, viste dette materialet at skred mot veg forekommer 2–3 ganger hyppigere i kommunene Moskenes og Flakstad enn i de kommunene som følger deretter. Groven et al. (2006) understreker at selv om disse dataene gir et bilde av variasjonen i skred mot sentral infrastruktur som veg, så kommer man ikke utenom en grundigere lokal sårbarhetsanalyse «dersom ein skal trenge

**Tabell 5.** Antall skredutsatte strekninger på ulike vegtyper i Nord-Norge (Groven et al. 2006).

	Nordland	Troms	Finnmark	Nord-Norge
Eurpoaveg	48	33	22	103
Riksveg	40	87	55	182
Fylkesveg	87	103	50	240
Sum	175	223	127	525

inn i kva skredaktiviteten har å seie for brukarane av vegen, både med tanke på tryggleik, mobilitet og økonomi». Igjen er det altså slik at denne type regionale indikatorer kan fylle en rolle som innledende sortering av antatt mest sårbare områder, men krever en mer inngående og lokalt forankret vurdering.

Vestlandsforsknings analyse ble gjort i forkant av endelig lansering av NVDB (som erstattet Vegdatabanken (VDB) medio 2006), men angir at skredopplysningene i den nye basen ventelig skiller seg lite fra den gamle (Groven et al. 2006)<sup>32)</sup>. Særlig skredsutsatte strekninger defineres som «strekning med minst tre stengninger som følge av ras, eller minst tre hendelser/nedfall per kilometer de siste 20 år», og den fylkesvise fordelingen av slike strekninger fremgår av tabell 5.

I denne sammenhengen er tabell 5 en illustrasjon på en klimarelatert indikator som, gitt den betydning antatte klimaeffekter vil ha på skredhyppighet (kap. 4.1.), er relevant for å differensiere mellom områder og strekninger.

Når det gjelder samfunnsøkonomisk sårbarhet har Vestlandsforskning (Groven et al. 2006) og CICERO (West & Hovelsrud 2008) som del av NorACIA-arbeidet utviklet indikatorer for klimaeffekter på basis av nøkkeltall for de antatt mest klimasensitive næringer og sektorer i de nordnorske kommunene. De samfunnsøkonomiske aspektene av infrastruktur-sårbarhet (transport, ledninger, bygninger) lar seg som tidligere nevnt ikke fange opp grunnet manglende data, og dels er indikatorene designet mer for å gripe utslipp (transport) og forbruk (energi) enn klimaeffekter mer direkte.

Den institusjonelle sårbarheten er knyttet til omfanget og typen av lokale/kommunale ressurser som kan settes inn for å motvirke eller nøytralisere de negative klimaeffektene (og eventuelt utnytte positive klimaeffekter). Sentrale ressurser er økonomi, kompetanse, kapasitet, rutiner og organisering. I forhold til den institusjonelle sårbarheten relatert til klimaeffekter på infrastruktur, vil lav score på denne typen institusjonelle ressurser og kapasitet/evne i de relevante sektorer og forvaltningsorganer, være uttrykk for høy institusjonell sårbarhet.

### 5.1.2 Sysselsettingseffekter

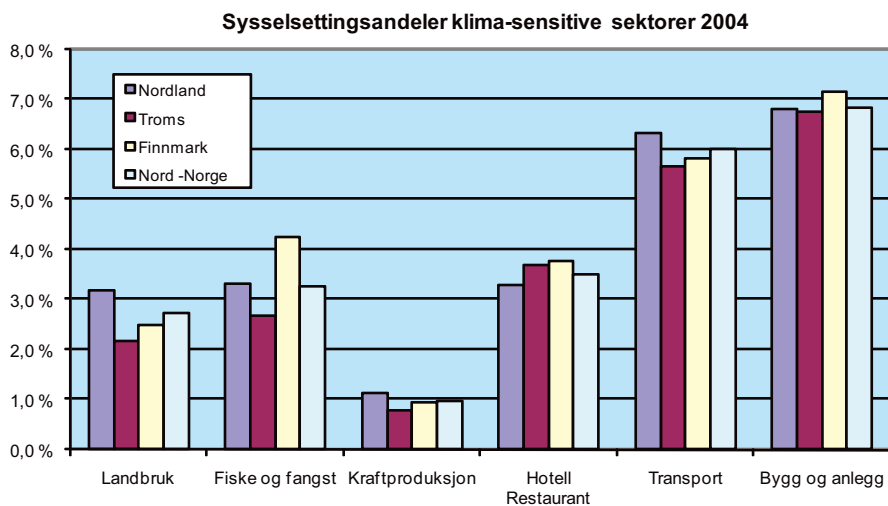
Å utlede sysselsettingseffekter i en kommune eller region, ut fra klimaendringenes innvirkning på en sektor eller et samfunnsmessig funksjonsområde, innebærer en rekke utfordringer. Denne typen analyse er i sin spede begynnelse, og også her må det arbeidet som har foregått innen NorACIA betraktes som en første utprøving av tilnærminger til å koble klimaeffekter og sysselsetting på lokalt og regionalt nivå.

<sup>30)</sup> NVDB er fra 2006 en videreføring av Vegdatabanken (VDB)

<sup>31)</sup> <http://www.skrednett.no>

<sup>32)</sup> Grovens synteserapport har ikke oppdatert disse data i forhold til underliggende rapporter.





Figur 3. Andel sysselsatte i klimautsatte sektorer i Nord-Norge 2004. Data fra West & Hovelsrud 2008, basert på SSB-data.

Gjennomgangen av mulige og sannsynlige effekter av klimaendringer for ulike samfunnsmessige funksjoner og næringer i denne utredningen har vist at både positive og negative effekter kan forekomme, og å veie usikre positive og negative effekter opp mot hverandre innebærer en enda større usikkerhet jo lavere geografisk nivå vi ser på. Generelt antas det at sysselsettingseffektene av klimaendringer øker jo større sysselsettingsandeler en kommune eller region har i de klimasensitive sektorene som er mest avhengige av naturgrunnlaget (O'Brien et al. 2004; Aall & Nordland 2003). Sysselsettingsandeler i disse sektorene kan således fungere som en første indikasjon på kommuners sårbarhet overfor klimaendringer. Likevel er det en klar erkjennelse i NorACIA-rapportene at det å bare bruke relative sysselsettingsandeler kan gi et galt inntrykk, siden den absolutte betydningen av for eksempel 10 % sysselsetting i en sektor i en kommune varierer med totalantallet sysselsatte i kommunen (West & Hovelsrud 2008)<sup>33</sup>.

Av sektorene vurdert som særlig klimasensitive har altså byggesektoren og transport hver over 6 % av sysselsettingen i Nord-Norge, mens for eksempel energiforsyning bare har 1 % av sysselsettingen i landsdelen. Negative konsekvenser av klimaendringer som slår relativt like hardt ut for ulike sektorer vil dermed ha svært ulik effekt på sysselsettingen i landsdelen. Hvis sektorene derimot har like stor sysselsetting i en kommune blir sysselsettingseffekten av de klimadrevne endringene lik for sektorene der. Teoretisk kan man si at for å identifisere den totale sysselsettingseffekten av klimaendringene i en kommune, må man avdekke klimaendringenes effekt på de ulike sektorene, sektorenes betydning for sysselsettingen i en bestemt kommune, og summere opp for alle sektorer i kommunen. Når det ikke er mulig å bestemme det første leddet (klimaendringenes effekt på de ulike sektorene) vil dette bli vanskelig å gjennomføre.

<sup>33</sup> Tallmaterialet i West & Hovelsrud (2008) er fra 2004, og det er ikke oppdatert i forhold til denne rapporten, da de eksakte prosentandeler ikke er av betydning for denne rapportens formål.

Vi ser av figur 3 at på fylkesnivå er det kun to av disse næringene som sysselsetter over 5 % av de sysselsatte: transport og bygg- og anlegg. Selv om sysselsettingsandelene for de ulike klimasensitive sektorene ikke er så forskjellige mellom de nordnorske fylkene (West & Hovelsrud 2008), er variasjonen mellom kommuner selvsagt større. Når man ser samlet på andelen sysselsatte i klimautsatte sektorer, slik Groven et al. (2006) valgte å definere dem – og presenterer det på kart slik det er gjort i figur 4 – så ser vi at ingen regioner (i betydningen flere nabokommuner) i landsdelen skiller seg helt tydelig ut som svært klimasårbar på grunn av andelen sysselsatte i antatt klimautsatte næringer alene.

For sektorer hvor den økonomiske aktiviteten utøves i kommunen, så som landbruk, vil det være en mer direkte sammenheng mellom klimaendringenes innvirkning på sektoren og sysselsettingseffekten, sammenlignet med sektorer hvor aktiviteten ikke er like stedbunden og/eller foregår i andre kommuner eller områder, som for eksempel fiske (West & Hovelsrud 2008). Det er også store variasjoner innad i enkelte næringer, for eksempel i fiskeri.

Når det gjelder fiskeri og fangst finner vi høyest andel sysselsatte i følgende kommuner:

Nordland : Moskenes, Flakstad, Værøy, Træna, Røst

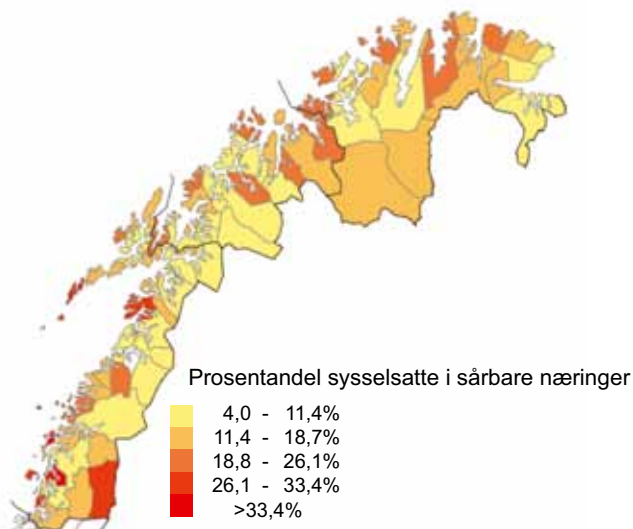
Troms : Torsken, Karlsøy, Berg, Skjervøy, Kvæangen

Finnmark : Berlevåg, Måsøy, Hasvik, Loppa, Gamvik

Fra denne grunnleggende sysselsettingsstatistikken kan man ikke trekke konklusjoner om hvordan fiskeriene i ulike kommuner og regioner vil bli berørt av klimaendringer, med mindre effektene blir massive for hele næringen. Under et scenario med sterk og generell reduksjon i fiskeriene vil selvsagt lokalsamfunn med høy sysselsetting i sektoren rammes relativt hardt. Men å identifisere mer spesifikke og ikke-trivielle konsekvenser for den regionale fordelingen av sysselsettingseffekter lar seg ikke gjøre på bakgrunn av dagens kunnskap. Selv om et fiskeri skulle rammes hardt av klimaendringer, og en kommune har en høy andel fiskere

Tabell 6. Sysselsettingsandel i fiske og fangst i utvalgte kommuner i Nord-Norge (West & Hovelsrud 2008).

Kommune	Prosentandel sysselsatte fiske og fangst
Moskenes	33,3
Flakstad	30,7
Værøy	28,3
Træna	26,5
Torsken	24,0
Snitt Nordland, Troms og Finnmark	3,2
Snitt Norge	0,7



Figur 4. Kart med andel sysselsatte i klimautsatte sektorer i Nord-Norge (Groven et al. 2006).

innen dette fiskeriet, så vil vanligvis noen kommuners fiskere klare seg godt, mens andre kommuner opplever dramatisk nedgang i antall fartøy og fiskere. Dette har vi sett under den restruktureringen som har pågått innen fiskeriene (NOU 2006), uten at strukturelle forklaringer på dette har blitt funnet.<sup>34)</sup>

For sektorene landbruk, bygg og anlegg, transport, hotell og restaurant (reiseliv) og kraftforsyning er det også foretatt tilsvarende sammenstillinger (ordnet til sysselsettingsintervaller) (West & Hovelsrud 2008). På fylkesnivå er det kun to av disse næringene som sysselsetter over 5 % av de sysselsatte: transport og bygg og anlegg.

Denne utredningen tar utgangspunkt i at aktører og næringer står i en flerfaktor-situasjon, hvor klimaendringer bare er en av flere faktorer som skaper barrierer eller muligheter for den enkelte næringsutøver, bransje eller lokalsamfunn. Med dagens kunnskap er det ikke mulig å identifisere konkrete og regionaliserte sysselsettingseffekter av forventede fremtidige klimaeffekter.

## 5.2 Økonomiske effekter

De økonomiske effektene som følger av klimaendringene vil være av flere ulike typer. Sveriges offisielle utredning om trusler og muligheter som følger av klimaendringene peker på skadekostnader, tilpasningskostnader, kostnader for avbøtende tiltak og endringer i inntekter (SOU 2007). I den svenske utredningen gjøres det også et forsøk på å kvantifisere disse økonomiske effektene, basert på et «lavt» og et «høyt» scenarie for klimaendringer. Det er imidlertid en rekke økonomiske effekter som er utelatt.

Utenom arbeidet gjort av det såkalte lavutslippsutvalget

<sup>34)</sup> Ø. Hermansen, sekretær for NOU 2006:16, pers. komm. Faktorer og forhold som kan tenkes å være viktige er kort presentert i kapitlet om Fiskeri og havbruk

<sup>35)</sup> I tråd med det vi har omtalt som institusjonell kapasitet vil dermed også utdanningssystemet, forskningspolitikken og kvaliteten og innretningen på innovasjonssystemene være viktige faktorer som påvirker dette aspektet av den institusjonelle kapasiteten.

(NOU 2006), som har sett på mulige tiltak og relaterte kostnader for å redusere utslippene av klimagasser i Norge med to tredjedeler fram mot 2050, har det ikke vært gjort noe lignende arbeid som det gjort i SOU 2007:60. Relatert til de funksjoner og næringer som særlig er belyst i denne delutredningen kan vi peke på sannsynlige kvalitative effekter, men kun med liten sikkerhet og enda mindre mulighet for kvantifisering. Hvordan ulike tekniske og økologiske systemer vil påvirkes av klimaendringene, basert på kart med klimarelaterte parametre, er i seg selv vanskelig og innebærer mye usikkerhet. Til dette kommer usikkerheten knyttet til levetiden for teknologiske systemer og løsninger, og framtidige nyvinninger (SOU 2007), inkludert kostnads- og nyttesiden for disse.

Dersom det er mulig å gjøre tilfredsstillende vurderinger både av kostnader forbundet med skader av klimaendringer dersom man ikke gjør noen tilpasninger, og tilpasningskostnader, kan man gjøre nytte-kostnadsanalyser til hjelp ved utvelgelse av de sektorer eller områder hvor ulike tilpasningstiltak kan være mest aktuelle. Når forebyggende tiltak kan implementeres samtidig som normalt planlagte investeringer og vedlikehold likevel gjennomføres, kan det ventelig redusere kostnadene forbundet med de forebyggende tiltakene betydelig (SOU 2007).

På et overordnet nivå diskuteres det i rapporten Vulnerability and adaptation to climate change in Europe (EEA 2005) tre økonomiske muligheter relatert til tilpasningsarbeid. Det ene er de markedsmuligheter som kommer av å utvikle teknologi og tjenester for klimatilpasning, og da særlig de som er forbundet med å være tidlig ute med dette (EEA 2005)<sup>35)</sup>. Det andre er mulige vinn-vinn-situasjoner knyttet til tilpasningstiltak, altså tiltak som minimerer negative konsekvenser av klimaendringer og samtidig har positive effekter på annen måte – sosialt, miljømessig eller økonomisk. Det tredje er såkalte «no-regret» strategier, altså med tiltak som vil være fornuftige å gjennomføre uansett hvilket klimascenarie som blir virkelig. For alle disse nevnes det i rapporten konkrete eksempler fra landene i EU.

I den regionale konteksten som ligger til grunn for NorACIA, ville en samlet vurdering av de mulige økonomiske effektene av klimaendringene for ulike kommuner og regioner innebære at man måtte summere opp kostnader og gevinster for alle effekter i alle sektorer. Vår begrensede forståelse av mekanismene og interaksjonene i dette komplekse samspillet medfører at dette ikke vil være oppnåelig i overskuelig framtid, selv om man kan lage modeller som vurderer noen viktige effekter for noen sektorer. Gjennomgangen i kapittel 4 gir oss imidlertid et inntak til hvorvidt de ulike effektene representerer kostnader eller gevinster for de enkelte funksjoner eller næringer. Eskeland & Flottorp (2006) gjør en slik gjennomgang for Arktis. Styrken på effektene (og dermed nivået på kostnader og gevinster), og effektene av interaksjonen mellom dem, er imidlertid høyst uvisse.

De forventede konkrete klimaeffektene på infrastruktur

(gjennom vind, nedbør, flom, skred, gjengroing, råte) representerer utelukkende kostnadssiden.<sup>36)</sup> Potensielle gevinster er knyttet til generelle strategier som innovasjon for å styrke infrastrukturen gjennom nye materialer og så videre. Gitt lokaliseringen av de industrielle forskningsmiljøene, er det rimelig å anta at uten bevisste grep i utdanningspolitikken og FoU-innsatsen, så vil denne typen gevinster trolig havne utenfor landsdelen.

Fordelingen av kostnader og gevinster i landbrukssektoren er mer sammensatt. Det er stor usikkerhet knyttet til hvordan utsiktene til et beiteareal som er redusert i både omfang og kvalitet, økte kjøre- og tråkkaskader, dårligere frostherding og økt fare for skadeorganismer eventuelt vil motvirkes kostnadsmessig av lengre vekstsesong. Situasjonen er tilsvarende sammensatt for reindriftsnæringa hvor den forlengede vekstsesongen, på samme måte som for landbruket, vil kunne gi positive økonomiske effekter. Bedre vinterbeiteforhold i de kystnære områdene trekker i samme retning. Dette motvirkes imidlertid av reduksjon i sommerbeiteområdene og mer usikre vintre i kontinentale områder.

Innen fiskerierne vil forventningene om økning i kommersielle bestander i nord være positivt for næringa, men på lengre sikt er det stor usikkert om hvordan fordelingen mellom ulike fiskerier, regioner og fartøygrupper vil være. For havbruk vil en viss økning i sjøtemperatur bidra til økt produktivitet, men de samme forhold øker risikoen for parasitter.

Som nevnt (kap. 4) har vi per i dag verken tilstrekkelig forståelse av de enkelte klimaeffekter – eller av hvordan de samvirker, forsterker eller motvirker hverandre – til å gi estimerer på omfanget av slike effekter for samfunnssektorer eller utvalgte funksjoner på lokalt eller regionalt nivå.

### 5.3 Identifisering av sårbare befolkningsgrupper

Arbeidet med å utvikle analysestrategier for å identifisere dem som forventes å bli mest berørt av klimaendringer kan ikke avgrenses til kommuner og næringssektorer. De positive og negative effektene av klimaendringer vil fordele seg på et allerede differensiert sosialt system, og det å identifisere særlig utsatte grupper vil være viktig for å ivareta hensyn til liv, helse, velferd og verdighet. Innenfor rammen av ACIA og en rekke andre klimarelaterte prosjekter og initiativer er betingelsene for de nordlige urfolkernes vedlikehold og utvikling av sin økologiske tilpasning og livsform viet sentral plass, og dette er videreført innen NorACIA.

#### 5.3.1 Samene – urfolk i nord

De nordlige urfolks historie, praksiser, utfordringer og utviklingsmuligheter ble adressert i de ulike tematiske bidragene i ACIA-arbeidet, og særlig fokusert i sluttrapportens kapittel 3 («The Changing Arctic: Indigenous Perspectives»)

og kapittel 12 («Hunting, Herding, Fishing, and Gathering: Indigenous Peoples and Renewable Resource Use in the Arctic»).

Disse aspektene er også knyttet til problemstillinger gitt av lange historiske hendelsesforløp, med kolonialisering, marginalisering i og av nasjonalstater, men også i nyere tid av etnopolitisk mobilisering, rettighetskamp og, som i Norge, statens anerkjennelse av samenes urfolksstatus, egenart og beskyttelseskrav, blant annet formulert i Grunnlovens § 110a fra 1988. Denne paragrafen bygger på Artikkel 27 i FN-konvensjonen om sivile og politiske rettigheter, og stadfester at det «paaligger Statens Myndigheter at lægge Forholdene til Rette for at den samiske Folkegruppe kan sikre og utvikle sit Sprog, sin Kultur og sit Samfundsliv.»

Urfolk i nordområdene har historisk vært avhengige av å overleve i, og tilpasse seg til, krevende og varierende naturforhold. Den kunnskapen som gjennom generasjoner er akkumulert gjennom praksis og erfaring har vært en nødvendig ressurs for overlevelse, og representerer en rik kilde til erfaringskunnskap om både arktiske naturforhold, og til interaksjonen mellom natur og samfunn. I det nordlige Fennoskandia har samene i sitt dagligliv og næringsutøvelse vært nødt til å forhold seg til skiftende vær- og klimaforhold over flere tidsskalaer: fra plutselige værromslag, via sesong- og årsvariasjoner til lengre (dekadiske) perioder med varmere og kaldere klima (Tyler et al. 2007).

Urfolkenes og lokale aktørers akkumulerte kunnskap er en rik kunnskapskilde, men er ennå i liten grad integrert med vitenskapelig kunnskap for å utvikle kunnskapsbasen for å møte klimautfordringene (Smit et al. 2008). Erfaringene med samarbeid mellom forskere og nordlige urfolk, peker så langt på at det er en rekke forutsetninger som bør oppfylles for å oppnå effektiv medvirkning. (Dowsley 2009; Pearce et al. 2009). En fellesnevner som kan nevnes er likeverdig og vedvarende samarbeid. I forlengelsen av de top-down-baserte indikatorstudiene i NorACIA fremstår nettopp utviklingen av bottom-up forankrede indikatorer – i dialog med samene og deres organisasjoner – som en nødvendig og lovende tilnæringsmåte (jfr. EALÁT, IPY). Denne orienteringen ligger klart i forlengelsen av de perspektiver som ble trukket opp i sluttrapporteringen fra ACIA (Huntington et al. 2005). Samtidig som de historiske erfaringene med reindrift (så vel som høsting av andre naturressurser) under skiftende klima- og værforhold har bidratt til en viktig erfarings- og kunnskapsbase, reiser de forventede klimaendringene kvalitativt nye utfordringer. Både omfanget av og hastigheten på de allerede registrerte og de påregnelige klimaendringene er såvidt store at det gir grunn til bekymring. I tillegg kommer at nordlige urfolksamfunn også er utsatt for stress fra en rekke eksterne økonomiske og sosiale faktorer som påvirker mulighetene til å videreføre tradisjonelle livsformer (Nuttall et al. 2005). Dette omfatter også samiske livsformer i Norge, selv om sjøsamer, markebygd-samer og bofaste innlandssamer (dálon) foreløpig har fått begrenset politisk oppmerksomhet og sårbarheten for deres

<sup>36)</sup> Førland et al. (2007) ser på utviklingen i naturulykker som følge av klimaendringer, inkludert utviklingen i skadetakster etter slike ulykker i perioden 1996–2005.

næringsmessige og kulturelle tilpasninger foreløpig er lite utforsket.

Norges forpliktelser er imidlertid klare. I tillegg til de forpliktelser som ligger i Grunnlovens § 110a, har Norge ratifisert ILO-konvensjon nr. 169, hvor artikkel 2 slår fast at:

«Håndverk, bygde- og lokalt basert virksomhet, naturallusholdning og tradisjonell virksomhet for vedkommende folk, som jakt, fiske, fangst og sanking, skal anerkjennes som viktige faktorer for å opprettholde deres kultur, økonomiske selvberging og utvikling. Når det er aktuelt, skal regjeringene sikre at slik virksomhet blir styrket og fremmet, med deltakelse av disse folk.»

I den grad en næring betraktes som «tradisjonell virksomhet for vedkommende folk», er det altså ikke et spørsmål om dette skal betraktes som en viktig faktor i henhold til konvensjonens målsetning, det er et krav om at virksomheten «skal anerkjennes som viktig faktor».

Tradisjonsbegrepet blir dermed sentralt i formidlingen av forholdet mellom utøvelsen av en (i dette tilfellet) naturressursrelatert praksis og dens betydning kulturelt så vel som økonomisk. (Borch et al. 2009; Riseth et al. 2009; se også NOU 2006 om de materielle forutsetningene for samenes totale kulturutøvelse). I og med at de aktiviteter og virksomheter som eksplisitt nevnes i konvensjonen i det vesentlige har koplinger til naturgrunnlaget, synes det klart at klimaendringer med særlig negative konsekvenser for de samiske aktiviteter som her er nevnt, aktualiserer spørsmålet om en rettslig forpliktelse for nasjonale myndigheter til å vie klimaeffekter på samisk næringsutøvelse og samfunnsnivå særlig oppmerksomhet.

### 5.3.2 Andre sårbare grupper

Datamaterialet produsert innen, og i tilknytning til, NorACIA, tillater ikke særlig spesifisert identifisering av slike grupper. Det generelle bildet i den internasjonale litteraturen om klimaendringer er at de aktører og grupper som allerede er sårbare og marginaliserte, også tenderer å være særlig sårbare overfor klimaendringenes effekter. De indiaktortilnæringer som har blitt utviklet og anvendt innenfor NorACIA er ikke egnet til identifisering av slike grupper.

Når det gjelder ekstremvær og naturskader som følge av flom og skred, så er det de samme befolkningsgruppene som er særlig utsatte, som dem som generelt er utsatt i beredskapssituasjoner – for eksempel barn, syke og de eldste eldre (de som er minst mobile). Hvis vektorbårne sykdommer spres lettere under endrede klimaforhold, vil dem som i utgangspunkt har dårlig helsetilstand/immunforsvar være mest utsatt.

Når det gjelder langsomme klimaendringer som over tid kan ha negative effekter på næringssektorer, er sårbarheten vanskelig å identifisere. På individnivå er det i utgangspunktet rimelig å anta at for eksempel eldre sysselsatte, gjerne kombinert med lav utdanning eller en utdanning som er lite konvertibel til andre sektorer, vil være mest utsatt. Men et

slikt resonnement kan gjøres irrelevant hvis det samtidig er en høykonjunktur med stor etterspørsel etter arbeidskraft. Sårbarhet vil også variere avhengig av om analyseenheten er personer, hushold eller lokalsamfunn. En person som mister sitt arbeid lokalt, kan skaffe seg nye arbeids- og karrieremuligheter gjennom flytting. Dette kan oppleves som et byrdefullt tap for den enkelte, men det kan også – eventuelt etter en tilvenningsperiode – erfares som en ny start. For lokalsamfunn og kommuner vil imidlertid utflytting typisk oppleves som fraflytting – et tap av lokalsamfunnsmedlemmer, skattebetalere og naboer.

I mangel av regionalt spesifiserte klimascenarier med kjente effekter på naturgrunnlag og samfunnssektorer, vil en diskusjon om hvilke grupper som er særlig utsatte vanskelig bli mer konkret enn denne type generelle resonnementer. Slike resonnementer kan være mer eller mindre plausible, men sårbarhet og utsatthet for klimaeffekter blir da ikke operasjonaliserbare begreper, men er mer analoge med det som er kalt «sensitizing concepts»,<sup>37)</sup> og retter oppmerksomheten mot kvalitative dimensjoner ved sårbarhet som er relevante i forhold til effekter av klimaendringer.

---

## 6 Diskusjon og oppsummering

---

Utgangspunktet for denne utredningen har vært at effekter av klimaendringer påvirker folk og samfunn både direkte og indirekte. Klimaendringene påvirker regioner, aktører og sektorer i ulik grad og på ulike måter, og i utgangspunktet må vi være åpne for at effektene av noen klimaparametre oppleves positivt og andre negativt. De samfunnsmessige konsekvensene av klimaendringene slik de kommer til uttrykk i klimascenariene kan som nevnt forsterkes eller motvirkes av generelle samfunnsmessige utviklingstrekk, som kan ha sine årsaker i prosesser og mekanismer som ikke primært relaterer seg til klimaendringer og -effekter – for eksempel demografi (flyttemønster og bostedsvalg), globale markedseffekter for lokale produsenter og politisk fastsatte rammevilkår for kommuneøkonomi og næringsutvikling. Både klimakostnader og klimagevinster for regioner og næringer kan forsterkes eller dempes som følge av slike faktorer.

Effekter av klimaendringer på folk og samfunn avhenger av en rekke forhold. Et samfunns klimasårbarhet er avhengig av eksponering for klimaendringer, følsomhet for endringene, og evne til å tilpasse seg klimaendringene. I tillegg til det som er gitt av naturmessige forhold kan folk og samfunn aktivt dels gjøre tilpasninger for å redusere følsomheten for endringer, og dels kompensere for ulemper ved å utnytte positive muligheter som oppstår på grunn av klimaendringene. Dette fordrer imidlertid at det er personlig og institusjonell kapasitet til tilpasning. Hvilke andre faktorer

---

<sup>37)</sup> «A sensitizing concept ... gives the user a general sense of reference and guidance in approaching empirical instances. Whereas definitive concepts provide prescriptions of what to see, sensitizing concepts merely suggest directions along which to look.» (Blumer 1954).

utover klimaendringene som påvirker folk og samfunn, og på hvilken måte og hvor sterkt, er også viktig. Man må altså ha et bredt perspektiv på klimaendringene. Noen grupper, sektorer og næringer er presset utgangspunktet, og når klimaendringer kommer i tillegg, vil disse kunne rammes hardt (multistress-situasjon). Urfolk i Arktis generelt, og samer i Norge, er en slik gruppe. Noen næringer eller regioner er dobbelt klimafølsomme. De vil bli negativt rammet både av selve klimaendringene, og av de klimapolitiske tiltak som iverksettes for å redusere klimagassutslippene og -konsentrasjonen i atmosfæren. Vinterturismesektoren kan være en slik sektor, da klimaendringene kan føre til mindre snø og kortere sesong, og klimapolitikken gjør transport til den europeiske periferien dyrere gjennom avgifter på CO<sub>2</sub>-utslipp.

I NorACIA pågår det forsøk med ulike metoder for å bestemme og vurdere sårbarhet for klimaendringer. Vestlandsforskning har gjort såkalte top-down undersøkelser av kommuners sårbarhet i et makroperspektiv, basert på statistikk. CICERO og Samisk høyskole har gjort bottom-up baserte undersøkelser hvor lokale aktørers forståelse og kontekstualisering av effekter av klimaendringene har vært viktige faktorer. En egen rapport fra dette arbeidet er under bearbeidelse. Top-down metodikken gir imidlertid mulighet for en første skanning av hvor man bør gjøre mer detaljerte undersøkelser, mens bottom-up metodikken gir bedre muligheter for å forstå lokale aktørers komplekse multi-stressor situasjon, og utforme realistiske og fornuftige tilpasningstiltak.

Denne delutredningen har fokusert på effekter av klimaendringer for folk av samfunn, mens NorACIAs delutredning 5 ser på tilpasning og avbøtende tiltak. Siden samlet sårbarhet for klimaendringer avhenger sterkt av evne og mulighetsrom for tilpasning, er det ikke mulig å gjøre en oppsummering av ulike sektorer og gruppers sårbarhet kun basert på perspektivet i delutredning 4. Vi har heller ikke gjort noe forsøk på en slik oppsummering, verken her eller i delutredning 5. Gitt kunnskapsstatus for klimaprojeksjonene, effekter på fysiske og økologiske forhold, sårbarhetskartlegging i norsk Arktis og den store usikkerhet som er heftet med alt dette, så vil det på dette stadiet også være en nokså spekulativ øvelse.

Hvordan økosystemene på mer detaljert nivå vil respondere på klimaendringer er en sentral usikkerhetsfaktor (jfr. Nor-ACIAs delutredning 3), og når det gjelder samfunnsmessige effekter forsterkes dette ytterligere av den sosiale kompleksiteten. Denne usikkerheten tilsier også at man skal utvise forsiktighet når denne kunnskapen legges til grunn for konsekvensrike vedtak både med hensyn på forvaltning og investeringer. De underliggende analyser og utredninger som omhandler klimateffekter på samfunnsmessige funksjoner og næringer representerer en voksende og verdifull kunnskapsbase særlig når det gjelder diskusjoner av de kvalitative aspektene ved effektene av klimaendringer – med andre ord faglige resonneringer om hvilken type klimateffekter som trolig vil være de viktigste for ulike funksjoner

og sektorer. Samtidig viser NorACIAs delutredning 1 til at den romlige oppløsningen som ligger i dagens regionale klimamodeller (som NorACIAs RCM) ikke er tilstrekkelig som utgangspunkt for mer detaljerte effekt- og tilpasningsstudier.<sup>38)</sup> Dette gjør det svært vanskelig å knytte den kvalitative forståelsen av klimaendringenes påvirkning på infrastruktur – eller på den naturlige produktiviteten i de naturressursbaserte næringer – til mer bestemte regionale og lokale konsekvenser.

Vi har i denne utredningen valgt å ikke gjenta den mer detaljerte presentasjonen av hvordan de nordnorske kommunene scorer på de enkelte indikatorene som er utviklet i egne prosjekter innenfor NorACIA (se Groven et al. 2006; West & Hovelsrud 2008). Begge disse rapportene konkluderer med at de indikatorer som er forsøkt utviklet for å identifisere klimasårbarhet må betraktes som forholdsvis grove og tentative, og må videreutvikles i dialog med de aktuelle aktører lokalt (kommuner, næringsaktører, berørte grupper og aktører). Denne lokale forankringen er også et sentralt poeng i EALÁT-prosjektet<sup>39)</sup> som ferdigstilles i 2010.

Det er store kunnskapshull når det gjelder å forstå og predikere effektene av klimaendringer på folk og samfunn. Klimaforskningen er imidlertid svært dynamisk, noe som gjør det krevende å skulle identifisere de mest presserende kunnskapshullene. Innenfor Forskningsrådets NORKLIMA-program foregår en rekke prosjekter relevante for tematikken i denne utredningen. Blant annet er det arbeidet videre med kunnskapsstatus og videreutvikling av indikatorer for bruk i kommunesektoren (Heiberg et al. 2008), og høsten 2008 hadde NORKLIMA er utlysning med særlig fokus på økonomiske og samfunnsmessige aspekter av klimaendringene. I det denne delutredningen ferdigstilles har det også kommet en «underlagsrapport» til Klimatilpasningsutvalget som søker å gjøre opp status nasjonalt for flere sektorer og områder (Aaheim et al. 2009).

Det er av grunnleggende betydning også for analyser av de samfunnsmessige konsekvensene av klimaendringer at kunnskapshullene knyttet til klimaendringene i seg selv adresseres, samt deres effekt på det fysiske og økologiske/biologiske miljøet (Førland et al. 2009). Dette vil være viktig for den naturlige sårbarhet folk og samfunn har overfor klimaendringer. En ellers tilnærmet lik naturlig sårbarhet kan gi helt ulik samlet effekt av klimaendringer avhengig av den sosioøkonomiske sårbarheten til lokalsamfunn og regioner, folk og sektorer.

Det er flere faktorer og forhold som da spiller inn, slik det

---

<sup>38)</sup> NorACIAs regionale klimamodell har 25x25 km oppløsning på nedskaleringen. Operasjonelle værvarslingsmodeller ved met.no har en romlig oppløsning på 1–8 km (Jan Erik Haugen, met.no, pers.komm.). Det gjøres nå forsøk med studier som bruker 1x1 km oppløsning på klimascenarioer (Grete Hovelsrud, CICERO, pers.komm.).

<sup>39)</sup> Mer informasjon om EALÁT-prosjektet finnes her: <http://icr.arcticportal.org/en/ealat.html>

er diskutert i både Loeng (2008), Groven et al. (2006) og West & Hovelsrud (2008). West & Hovelsrud (2008) understreker at klimasårbarhet må forstås i lys av hvordan klimaendringer samvirker med andre faktorer (jfr. også Aaheim 2009). En forutsetning for å øke kvaliteten på sårbarhetsvurderingene er videreutvikling av metoder for å kunne vurdere hvordan effekter av klimaendringer samvirker med samfunnsendringer som ikke skyldes klima. Det innebærer å ta i bruk og forbedre metoder for å lage sosioøkonomiske scenarier, og å kunne koble disse med nedskalerte klimascenarier (Loeng 2008). Groven et al. (2006) omtaler dette som å kunne gjøre dynamiske framskrivninger av samfunnsendringer, og ikke bare statiske framskrivninger. For å identifisere de sentrale dimensjonene ved disse komplekse situasjonene som aktører, næringer og kommuner står overfor, vil regionale perspektivanalyser og samfunns-scenarier med forankring i den enkelte næring/sector – eller region – kunne være en produktiv strategi for å utvikle kunnskapsgrunnlaget. Når det gjelder analyser av de enkelte næringssektorer vil dette kreve inngående kjennskap til den substansielle aktiviteten i næringen, til næringens organisering og det relevante rammeverk (offentlig forvaltning og næringspolitikk), teknologiske utviklingstrekk, utviklingen i de relevante markeder og så videre. Betydningen av å gjøre helhetlige vurderinger når klimasårbarhet vurderes, understrekes også (Groven et al. 2006), noe som vil innebære et multistressor-perspektiv.

Den indikatorbaserte vurderingen av kommunal klimasårbarhet (Groven et al. 2006), tar utgangspunkt i indikatorer utviklet av Aall & Norland (2003). Indikatorsettet er modifisert som følge dels av økt innsikt om forholdet mellom klima og samfunn, og dels av økt innsikt i hva som er det tilgjengelige datagrunnlaget for aktuelle indikatorer (Groven et al. 2006). Dette demonstrerer hvordan det å anvende metodikk for vurdering av klimasårbarhet også fører til en forbedring av metodikken. Det gir også et større fokus på hvilke data som bør samles inn framover for å bedre kunne vurdere sårbarhet og effekter av klimaendringer. Groven et al. (2006) vurderer datakvaliteten for hver av de indikatorene som er brukt. Forfatterne konkluderer med at det

er størst usikkerhet knyttet til indikatorene for naturlig sårbarhet. Groven et al. (2006) ser for seg at deres top-down metode bør suppleres med lokale vurderinger både av klimaendringer og sosioøkonomisk sårbarhet.

I forlengelsen av dette resonnementet viser West & Hovelsrud (2008) til hvordan en steds- og kontekstbasert sårbarhetsanalyse bør inkludere:

- Dokumentasjon av lokale sårbarhetsfaktorer.
- Identifikasjon av hvordan lokalsamfunn er følsomme overfor kombinerte effekter av endringer i klima med endringer i sosioøkonomiske og biofysiske forhold.
- Analyse av hvordan sosiale, økonomiske og biofysiske forhold kan forventes å endre seg.
- Vurdering av lokalsamfunns tilpasningsevne.

West & Hovelsrud (2008) understreker at kompleksiteten knyttet til ulike faktorer og interaksjoner mellom biofysiske, sosiale, økonomiske, politiske, legale og institusjonelle forhold ikke bør nedtones, men at det gjør det nødvendig å utvikle metoder for klimasårbarhetsanalyser som tar hensyn til denne kompleksiteten.

Strategier for å dekke de sentrale kunnskapsbehov på feltet bør forankres i brede og langsiktige hensyn, ikke minst knyttet til den samlede husholdning av samfunnets ressurser. En forbedret forståelse av effektene av klimaendringer, også i et lokalt/regionalt perspektiv, er nødvendig både for å gjøre klimaendringene relevante for handling lokalt, men også for å bidra til en hensiktsmessig og langsiktig vurdering av spørsmål knyttet til kostbar infrastruktur, og gjennom det også forhold som påvirker den overordede samfunnsstruktur (eksempelvis bosetningsmønster). Samtidig som denne langsiktigheten er viktig, så presenteres stadig nye og overraskende funn som setter nye rammer for hvilke oppgaver og problemer som anses som mest presserende og kritiske. For den anvendte forskningen stiller dette også krav til fleksibilitet og evne til å reorientere perspektiver og forskningsspørsmål i forhold til slik ny erkjennelse. Dette inngår som en viktig del av samfunnets institusjonelle kapasitet for å tilpasse seg klimaendringene.

## 7 Referanser

- ACIA 2005. Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press.
- Adger WN, Agrawal S, Mirza MMQ, Conde C, O'Brien K, Pullin J, Pulwarty R, Smit B & Takahashi K 2007. Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. In Parry ML et al. (ed): *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Pp. 717-743. Cambridge University Press.
- Andersen IL 1976. Overvintringsskader på eng. Særtrykk nr 48. Statens forskningsstasjon.
- Aunan K & Romstad B 2008. Strong coasts and vulnerable communities: potential implications of accelerated sea-level rise for Norway. *Journal of Coastal Research* 24(2), 403-409.
- Bioforsk Nord 2009. Høringsuttalelse til foreløpig versjon av denne rapport av 18.05.09.
- Blumer H 1954. What is wrong with social theory. *American Sociological Review* 18, 3-10.
- Bokhorst S, Bjerke JW, Bowles FW, Melillo J, Callaghan TV & Phoenix GK 2008. Impacts of extreme winter warming in the sub-Arctic: growing season responses of dwarf-shrub heath land. *Global Change Biology* 14, 2603-2612.
- Borch T, Buanes A, Karlsen GR & Olsen F 2009. Sjølaksefiske i sjøsamiske områder – rettigheter og kulturell betydning. Rapport 1/2009, Norut.
- Cairns D & Moen J 2004. Herbivory influences tree lines. *Journal of Ecology* 92, 1019-1024.
- Direktoratet for naturforvaltning 2007. Klimaendringer – tilpasninger og tiltak i naturforvaltningen. Rapport 2007-2, Direktoratet for naturforvaltning.
- Dowsley M 2009. Community clusters in wildlife and environmental management. *Polar Research* 28, 43-59.
- Drange H, Marzeion B, Nesje A & Sorteberg A 2007. Opptil én meter havstigning langs Norskekysten innen år 2100. *Cicerone* 2/2007, 29-31.
- DSB 2008. Havnivåstigning. Estimer av fremtidig havnivåstigning i norske kystkommuner. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.
- Duve B 1995. Biologiske krabbefelt kan redde arter fra drivhusdøden. *NaFo.nytt* 5/1995:8. Naturviterforbundet.
- EEA 2005. Vulnerability and adaptation to climate change in Europe, EEA Technical report No 7/2005. European Environmental Agency.
- Eide A & Heen K 2002. Economic impacts of global warming: a study of the fishing industry in North Norway. *Fisheries Research* 56, 261-274.
- Eide A 2007. Economic impacts of global warming: the case of the Barents Sea fisheries. *Natural Resource Modeling* 20, 199-221.
- Eide A 2008. An integrated study of economic effects of and vulnerabilities to global warming on the Barents Sea cod fisheries. *Climate Change* 87, 251-262.
- Eikebrokk A 2007. Sårbarhet i vannforsyningen. Hvordan bør VA-bransjen møte klimautfordringene? Foredrag 17.10.2007. [http://www.tekna.no/ikbViewer/Content/20346/\(09\)%20Bj%C3%B8rnar%20Eikebrokk.pdf](http://www.tekna.no/ikbViewer/Content/20346/(09)%20Bj%C3%B8rnar%20Eikebrokk.pdf)
- Eilertsen SM, Sveistrup T, Volden B, Igeland B & Schjelderup I 2000. Vinterskader på eng i Nord-Norge vinteren 1997-1998. Rapport 12/2000. Planteforsk.
- Eilertsen SM & Samuelsen RT 2003. Klimaendringer og fenologi – konsekvenser for landbruket i Nord-Norge. Planteforsk.
- Eira NI 1984. Boazobargi giela. (Reindeer management work language). Diedut 1984:1.
- Eskeland G & Flottorp L 2006. Climate change in the Arctic: a discussion of the impact on economic activity. In Glomsrød S & Aslaksen I: *The economy of the North*. Statistics Norway.
- Fenger J (ed) 2007. Impacts of climate change on renewable energy sources: their role in the Nordic energy system. A comprehensive report resulting from a Nordic Energy Research project. Nord 2007:003. Nordisk Ministerråd.
- Ford JD & Furgal C 2009. Foreword to the special issue: climate change impacts, adaptation and vulnerability in the Arctic. *Polar Research* 28, 1-9.
- Ford JD, Smit B & Wandel J 2006. Vulnerability to climate change in the Arctic: a case study from Arctic Bay, Canada. *Global Environmental Change* 16/2, 145-160.
- Fylkesmannen i Finnmark 2008. Fylkes-ROS for Finnmark.
- Førland EJ, Amundsen H & Hovelsrud GK 2007. Utviklingen av naturulykker som følge av klimaendringer. Utredning på oppdrag fra Statens Landbruksforvaltning. CICERO Report 2007:03.
- Førland EJ, Hanssen-Bauer I, Haugen JE, Benestad R & Aadlandsvik B 2008. NorACIAs klimascenarier for norsk Arktis. met.no-rapport 09/08. Meteorologisk Institutt.
- Førland EJ, Benestad RE, Flatøy F, Hanssen-Bauer I, Haugen JE, Isaksen K, Sorteberg Å & Aadlandsvik B 2009. Climate development in North Norway and the Svalbard region during 1900-2100. Rapportserie 128. Norsk Polarinstittut.
- Gaare E, Tømmervik HA, Bjerke JW & Thanneiser D 2006. Overvåking av vinterbeiter i Vest-Finnmark og Karasjok: ny beskrivelse av fastrutene. NINA Report, vol. 204.
- Groven K 2005. Klimasårbarhet i bustadsektoren. Lokal sårbarhetskartlegging og klimatilpassing. Rapport 1/05. Vestlandsforskning.
- Groven K, Sataoen HL & Aall C 2006. Regional klimasårbarhetsanalyse for Nord-Norge. Norsk oppfølging av Arctic Climate Impact Assessment (NorACIA). VF-rapport 4/06. Vestlandsforskning.
- Grønland A 2009. Virkning av klimaendring på arealbruk i norsk Arktis. Bioforsk rapport vol. 4 nr. 109.
- Gunn A & Skogland T 1997. Responses of caribou and reindeer to global warming. In Oechel WC et al. (eds): *Global change and Arctic terrestrial ecosystems*. *Ecological Studies* 124. Pp. 189-200. Springer.
- Haugen JE & Debernard J 2007. Regionale klimascenarier for transportsektoren i Norge – en oppdatering. Norsk meteorologisk institutt.
- Heiberg E, Aall C, Amundsen H, Storm H, Høyer KG, Næss LO, Solstad SP & Hovelsrud GK 2008. Indikatorene for lokale klimasårbarhetsanalyser. Kunnskapsstatus og skisse til en metode for utprøving i norske kommuner. Rapport 5/2008. Vestlandsforskning.
- Huntington H, Fox S, Berkes F, Krupnik L, Whiting A, Zacharof M, McGlashan G, Brubaker M et al. 2005. The changing Arctic: indigenous perspectives. In Arctic Climate Impact Assessment. Pp. 61-98. Cambridge University Press.
- Høstmålingen AS & Sveistrup TE 1999. Måling av tele, snø og overvintringsskader i eng i Nord-Norge vinter og vår 1998-1999.
- Høstmålingen, AS & Sveistrup TE 2001. Måling av tele, snø og overvintringsskader i eng i Nord-Norge vinter og vår 1999-2000.
- Hågvar S 1994. Kan biologiske krabbefelt redde arter fra drivhusdøden? *Biolog* 2/3 1994, 25-28.
- IMR 2006. Climate and fish. How does climate affect our fish resources? Focus on marine research 2-2006. Institute of Marine Research.
- Innbjør L, Amundsen H, Eskeland GS, Hovelsrud GK & Torvanger A 2008. Klimautvikling og avgiftspolitik: rapport om forventede klimaendringer i Nordområdene med vekt på Finnmark. Rapport 2008:02. CICERO.
- Instanes A 2005. Klimaendringer og konsekvenser for fundamentering og infrastruktur i kalde strøk. Frost i Jord 2005. Statens Vegvesen.
- Instanes A, Anisimov O, Brigham L, Goering D, Khrustalev LN, Ladanyi B & Larsen JO 2005. Infrastructure: buildings, support systems, and industrial facilities. In Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press.
- 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. In Solomon S et al. (eds). Cambridge University Press.
- Janbu T 2008. Fra presidenten: klima og helse. *Tidsskrift for den Norske Legeforening* 128, 22-37.
- Jenkins RA, Madsen J, O'Connell M, Wisz MS, Tømmervik H & Mehlum F 2007. Prediction of the distribution of Arctic-nesting pink-footed geese under a warmer climate scenario. *Global Change Biology* 14, 1-10.
- Jernsletten N 1994. Tradisjonell samisk fagterminologi. I Storm D et al. (red): *Festskrift til Ørnulv Vorren*. Tromsø Museums Skrifter XXV, 234-253. Universitetet i Tromsø: Tromsø Museum.
- Karlsen SR, Tolvanen A, Kubin E, Poikolainen J, Høgda KA, Johansen B, Danks FS, Aspholm P, Wielgolaski FE & Makarova O 2008. MODIS-NDVI based mapping of the length of the growing season in northern Fennoscandia. *International Journal of Applied Earth Observation*. *Geoinform* 10, 253-266.

- Kleven T 2005. Klimaendringer og lokal sårbarhet: Noen faglige overveielser for et forskningsopplegg. NIBR-rapport 2005:15. Norsk institutt for by- og regionforskning.
- Krokene P, Økland B & Christiansen E 2007. Insektskader.
- Kullman L 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.
- Kvande T & Lisø KR 2004. Klima 2000 og bruk av klimadata ved planlegging, utforming og lokalisering av bygninger. Seminar om bruken og nytten av klimadata i Norge 12.10. 2004, Byggforsk.
- Larsson H 2002. Hur påverkas fjällen av klimatförändringen? *Boazodiehettu* 1-02 (11) 6–7.
- Larsen A 1994. Herding og avherding hos engvekster. Informasjonsmøte i jord- og plantekultur Midt-Norge 1994. FAGINFO 1994 4, 15–22.
- Leivestad HH, Groven K, Aall C, Selstad T, Høydal ØA, Nilsen AS & Serigstad S 2008. Naturskade i Hammerfest kommune. Samfunns- og klimascenarier for 2025 og 2060. Notat 7/2008. Vestlandsforskning.
- Lie I, Riseth JÅ & Holst B 2008. Samisk reindrift i et skiftende klimabilde. Rapport 2008:8. Norut Alta.
- Loeng H (red) 2008. Klimaendringer i Barentshavet. Konsekvenser av økte CO<sub>2</sub>-nivåer i atmosfæren og havet. Rapportserie nr. 126. Norsk Polarinstittutt.
- Lomakka L 1958. Norra Fennoskandias jordbruk. Del 1. *Nordisk Jordbruksforskning* 40.
- Lorentzen T 2008. Modeling climate change and the effect on the Norwegian salmon farming industry. *Natural Resource Modeling* 21(3), 416–435.
- Magga OH 2006. Diversity in Saami terminology for reindeer snow and ice. *International Journal of Social Science* 58 (187), 25–34.
- Magga OH 2008. Avslutning. In Matheiesen SD et al. (red): *Reindeer herder's vulnerability network study EALÁT*. Rapport workshop nr. 1. NORACIA. Polárjahki, 69–70.
- Mittenzwei K & Stornes OK 2007. Nordnorsk jordbruk og WTO. NILF-rapport 2007-6. Norsk Institutt for landbruksøkonomisk forskning.
- Moen A 1999. National Atlas of Norway: Vegetation. Norwegian Mapping Authority.
- Mårell A, Hofgaard A & Danell K 2006. Nutrient dynamics of reindeer forage species along snowmelt gradients at different ecological scales. *Basic and Applied Ecology* 7 (1), 13–30.
- Nordisk Ministerråd 2008. Betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming. TemaNord 2008:507.
- NOU 2006:16. Strukturvirkemidler i fiskeflåten, Fiskeri- og kystdepartementet.
- NOU 2006:18. Et klimavennlig Norge. Miljøverndepartementet.
- NTP (Nasjonal transportplan) 2007. Virkninger av klimaendringer for transportsektoren. Rapport fra en tverrfaglig arbeidsgruppe.
- Nuttall M, Berkes F, Forbes B, Kofinas G, Vlassova T & Wenzel G 2005. Hunting, herding, fishing, and gathering: indigenous peoples and renewable resource use in the Arctic. Chapter 12 in ACIA, *Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment*. Pp. 649-690. Cambridge University Press.
- Nybø S, Strann KB, Bjerke JW, Tømmervik H, Hagen D & 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. Norsk institutt for naturforskning.
- Næss LO, Norland IT, Lafferty WM & Aall C 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, Tompkins H, Eriksen S & Prestrud P 2004. Climate Vulnerability in the Barents Sea ecoregion: a multi-stressor approach. CICERO Report 2004:07.
- Ottesen P 2005. Helseeffekter av klimaendringer. Folkehelseinstituttet.
- Parry ML, Carter TR & Konijn NT (eds) 1988. The impact of climatic variations on agriculture. In *Dodrecht: Assessment in cool temperate and cold regions*. Kluwer.
- Pearce TD, Ford JD, Laidler GJ, Smit B, Duerden F, Allarut M, Andrachuk M, Baryluk S, Dially A, Elee P, Goose A, Ikummaq T, Joamie E, Kataoyak F, Loring E, Meakin S, Nickels S, Shappa K, Shirley J & Wandel J 2009. Community collaboration and climate change research in the Canadian Arctic. *Polar Research* 28, 10–27.
- Petorelli N, Weladji RB, Holand Ø, Mysterud A, Breie H & Stenseth NC 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.
- Prato T 2008. Conceptual framework for assessment and management of ecosystem impacts of climate change. *Ecological Complexity* 5 (4) 329–338.
- Pruitt WO 1984. Snow and living things. In Olson R et al. (eds): *Northern ecology and resource management: memorial essays honoring Don Gil*. Pp 51–77. The University of Alberta Press.
- Putkonen J & Roe G 2003. Rain-on-snow events impact soil temperatures and affect ungulate survival. *Geophysical Research Letters* 30 (4), 1188.
- Reinert E, Aslaksen I, Eira IMG, Mathiesen S, Reinert H & Turi EI 2008. Adapting to climate change in reindeer herding: The nation state as problem and solution. Working papers in technology, governance and economic dynamics no. 16. Tallin University of Technology.
- Riseth JÅ, Solbakken JI & Kittl H 2009. Meahcásteapmi Guovdageainnus. Naturbruk i Kautokeino. Fastboendes bruk av meahcci i Kautokeino kommune og konsekvenser ved etablering av naturvernrområder. Rapport (Foreløpig). Utredningsoppdrag for Fylkesmannen i Finnmark, Miljøvernavdelingen. Samisk Høgskole. Samisk Forskningsinstitutt.
- Rognli OA 1988. Species aspects of breeding herbage varieties for northern marginal regions. *Journal of Agricultural Science in Finland*. 60(1), 181–189.
- Ruog I 1964. Jähkakaska sameby (Jähkakaska Sami village). Särtryck ur Svenska Landsmål och Svenskt Folkliv.
- Ryd Y 2001. Snö – en renskötare berättar. (Snow – a reindeer manager's narrative). Ordfront.
- Sara MN 1999. Praktisk beitebruk—tradisjonelle kunnskaper (in Norwegian). *Rangifer Report* 3, 93–101.
- SFT 2008. Klimatilpasninger – Veiledning om mulige tiltak i avløpsanlegg. Veileder TA-2317/2008. Statens Forurensningstilsyn.
- Shaver GR, Canadell J, Chapin III FS, Gurevitch J, Harte J, Henry G, Ineson P, Jonasson S, Melillo J, Pitelka L & Rustad L 2000. Global warming and terrestrial ecosystems: A conceptual framework for analysis. *BioScience* 50(10), 871–882.
- Smit B & Wandel J 2006. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change* 16, 282–292.
- Smit B, Hovelrud G & Wandel J 2008. CAVIAR: Community adaptation and vulnerability in Arctic regions. University of Guelph, Department of Geography, Occasional Paper No. 28.
- Solberg S 2007. Effekter av klimaendringer på skogens helsetilstand. I Solberg S & Dalen LS *Abiotiske skader. Viten fra skog og landskap*, 3/07.
- Solberg S & Dalen LS (red) 2007. Effekter av klimaendring på skogens helsetilstand, og aktuelle overvåkingsmetoder. *Viten fra Skog og landskap* 3/07. Norsk Institutt for skog og landskap.
- Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (eds) 2007. Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- SOU 2007:60. Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Klimat och sårbarhetsutredningen. Statens offentliga utredningar. Miljödepartementet. Bilaga B27.
- Stammler F 2008. Sosial og økonomisk tilpasning til endringer i Yamal Nenets reindrift. IPY EALÁT og ENSINOR. In Mathisen SD et al. (ed): *Reindeer herder's vulnerability Network study EALÁT*. NORACIA. Polárjahki, 54–58.
- Stenevik EK & Sundby S 2007. Impacts of climate change on commercial fish stocks in Norwegian waters. *Marine Policy* 31, 19–31.
- Statens kornforretning 1997. Stabile avlinger i Nord. Med bakgrunn i erfaringer fra 1995. Tromsø.



- St.meld nr. 34 (2006-2007): Norsk klimapolitikk. Miljøverndepartementet.
- St.meld nr. 16 (2008-2009): Nasjonal transportplan 2010–2019. Samferdselsdepartementet.
- Svendsen S 1994. La artene få vandre! *Natur & Miljø Bulletin* 26.03.1994.
- Svonni LG 1983. Fjellrenskøtselns årsykel sett ur en helhetsbedømming av markbehovet och hur olika orsakskedjor styr detta behov. *SOU Report* 1983: 67.
- Teigland J 2003. Klimaendring og norsk reiseliv. VF-rapport 6/2003. Vestlandsforskning.
- TemaNord 2008. Fisheries management and Climate change in the Northeast Atlantic Ocean and the Baltic Sea. *TemaNord Report* 2008:595.
- Tryland M, Godfroid J & Arneberg P (eds) 2009. Impact of climate change on infectious diseases of animals in the Norwegian Arctic. *Kortrapport* 010. Norsk Polarinstitutt.
- Tuhkanen S 1980. Climatic parameters and indices in plant geography. *Acta Phytogeogr. Suecica* 67, 1–105.
- Turi J 1966 [1910]. *Turi's Book of Lapland*. (Original tittel: *Muittalus Samid Birra*.) The Netherlands: Anthropological Publications.
- Tyler NJC, Turi JM, Sundset MA, Strøm Bull K, Sara MN, Reinert E, Oskal N, Nellemann C, Mccarthy JJ, Mathiesen SD, Martello ML, Magga OH, Hovelsrud GK, Hanssen-Bauer I, Eira NI, Eira IMG & Corell RW 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, 191–206.
- Tømmervik H, Johansen B, Tombre I, Thanheiser D, Høgda K-A, Gaare E & Wielgolaski FE 2004. 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 JÅ, Karlens SR & Wielgolaski FE 2005. Endringer i vekstsesongen i Fennoskandia og Kola i perioden 1982–1999 og betydning for reindriften. The 13th Nordic Conference Rangifer Report No. 10: on Reindeer and Reindeer Husbandry Research, 89–98.
- Tømmervik H, Johansen B, Riseth JÅ, Karlens SR, 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.
- UNEP 2001. Nellemann C, Kullerud L, Vistnes I, Forbes BC, Husby E, Kofinas GP, Kaltenborn BP, Rouaud J, Magomedova M, Bobiwash R, Lambrechts C, Schei PJ, Tveitdal S, Grøn O, Larsen TS 2001. *GLOBIO. Global Methodology for Mapping Human Impacts on the Biosphere. The Arctic 2050 Scenario and Global Application*. UNEP/DEWA/TR.01-3.
- Valen B 2008. Klima og helse. *Tidsskrift for den Norske Legeforening* 2008:128, 23, 48–50.
- Venn K 2007. Effekter av klimaendringer på skogens helsetilstand. *Soppsykdommer, Viten fra Skog og Landskap* 3/07, 22.24.
- Vilhjálmsón H, Hoel AH, Agnarsson S, Arnason R, Carscadden JE, Eide A, Fluharty D, Hønneland G, Hvingel C, Jakobsson J, Lilly G, Nakken O, Radchenko V, Ramstad S, Schrank W, Vestergaard N & Wilderbuer T 2005. Fisheries and Aquaculture. Chapter 13 in *ACIA (Arctic Climate Impact Assessment)*.
- Volden B, Sveistrup TE & Eilertsen SM 2000. Vinterskader i eng. Årsaker og forebyggende tiltak. *Planteforsk Grønn forskning*. 2000(10):10 hefter.
- Weladji RB & Holand Ø 2003. Global climate change and reindeer: effects of winter weather on the autumn weight and growth of calves. *Oecologia* 136 (2), 317–323.
- West J & Hovelsrud GK 2008. Climate change in Northern Norway. Toward an understanding of socio-economic vulnerability of natural resource-dependent sectors and communities. *CICERO Report* 2008:04. Cicero.
- Woodward FI 1987. *Climate and plant distribution*. Cambridge University Press.
- Aaheim A, Dannevig H, Ericsson T, van Oort B, Innbjør L & Rauken T 2009. Konsekvenser av klimaendringer, tilpasning og sårbarhet i Norge. Rapport til Klimatilpasningsutvalget. Rapport 2009:04. CICERO.
- Aall C & Norland IT 2003. Indikatorer for vurdering av lokal klimasårbarhet. Rapport 15/2003. Vestlandsforskning.
- Aall C, Ekström F, Heiberg E & Storm H 2009. Lokal sårbarhet for klimaendringer. Demonstrasjon av metoder for kartlegging av den institusjonelle sårbarheten for klimaendringer. Rapport 06/2009. Vestlandsforskning.
- Aanes R 2007. Report from workshop to NorACIA February 2007: Ecological effects of variations and changes in climate in northern ecosystems. Norsk Polarinstitutt.