

# Klimaendringer i Nord-Norge og på Svalbard

Presentasjoner og oppsummeringer fra fagmøtet  
«Klimaendringer i norsk Arktis:  
Kunnskapsbehov og tilpasningsstrategier for infrastruktur»

Tromsø 21.-22. juni 2005





Kortrapportserie nr. 3

# Klimaendringer i Nord-Norge og på Svalbard

Presentasjoner og oppsummeringer fra fagmøtet  
«Klimaendringer i norsk Arktis:  
Kunnskapsbehov og tilpasningsstrategier for infrastruktur»

Tromsø 21.-22. juni 2005

Norsk Polarinstitutt er Norges sentralinstitusjon for kartlegging, miljøovervåking og forvaltningsrettet forskning i Arktis og Antarktis. Instituttet er faglig og strategisk rådgiver i miljøvernsaker 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.*

Norsk Polarinstitutt 2005

**Adresse/Address**

ACIA2

Norsk Polarinstitutt/Norwegian Polar Institute

Polarmiljøsentret/ Polar Environmental Centre

N-9296 Tromsø

Norway

acia@npolar.no

**Forsidebilde:** Sebastian Gerland, Norsk Polarinstitutt  
**Teknisk red.:** Gunn Sissel Jaklin, Norsk Polarinstitutt  
**Design/layout:** Audun Igesund, Norsk Polarinstitutt  
**Trykket:** Oktober 2005  
**ISBN:** 82-7666-226-9  
**ISSN:** 1502-0924

---

## Forord

---

Den internasjonale prosessen Arctic Climate Impact Assessment (ACIA) gjennomført under Arktisk Råd har dokumentert at klimaet i vår del av Arktis endrer seg dobbelt så raskt som det globale klimaet, og at en må regne med at dette kommer til å fortsette. Dersom en slik betydelig klimaendring finner sted, må en forvente at også at de sosioøkonomiske og økologiske konsekvensene vil bli store. Det er derfor grunn til å følge utviklingen nøye og sørge for til enhver tid å ha et godt og oppdatert kunnskapsgrunnlag tilgjengelig, som dekker både naturvitenskapelige forhold og effektene på økosystem og forskjellige samfunnssektorer.

Det har fra norsk side vært en intensjon at ACIA-prosessen skulle være starten på et langsiktig nasjonalt og internasjonalt arbeid for å bedre kunnskapene om klimaprosesser, klimaendringer og effekter av disse i Arktis. Miljøverndepartementet har besluttet å videreføre det nasjonale arbeidet med ACIA i ACIA2-prosessen, blant annet gjennom oppretting av et sekretariat lagt til Norsk Polarinstitutt og bevilgning av penger til både forvaltning- og forskningsrelaterte aktiviteter og prosjekter. Målet er å stimulere til fortsatt stor faglig innsats for å dekke opp anbefalingene i ACIA-rapporten, og å sørge for at myndighetene har fortløpende tilgang til kunnskap om klimautviklingen og konsekvensene av klimaendringer i den norske delen av Arktis. Den norske hovedstrategien er på den ene siden å bedre kunnskapsgrunnlaget og lage tilpasningsstrategier for de mest utsatte samfunnssektorene, og på den andre siden å tette kunnskapshull slik de er beskrevet i ACIA-rapportene.

Fagmøtet om «klimaendringer i norsk Arktis: Kunnskapsbehov og tilpasningsstrategier for infrastruktur» var et ledd i arbeidet med å vurdere nærmere kunnskapsgrunnlaget og tilpasningsbehovet for en del av samfunnssektoren. Fagmøtet var en oppfølging av et tilsvarende fagmøte som ble avholdt i januar 2002. Målsettingen med fagmøtet var å skape en arena for nye samarbeidsrelasjoner og legge grunnlaget for iverksettelse av nye og spennende utredningsoppgaver.

Denne rapporten gir en sammenstilling av presentasjonene (noen av disse er på engelsk) som ble gitt på møtet og en oppsummering av de diskusjoner som fant sted. Birgit Njåstad (Norsk Polarinstitutt) har vært ansvarlig for sammenstillingen av rapporten.

Spørsmål angående rapporten eller fagmøtet kan rettes til:

ACIA2  
Norsk Polarinstitutt  
Polarmiljøsenteret  
9296 Tromsø

acia@npolar.no

Tromsø, oktober 2005

Christopher Brodersen  
Leder, sekretariatet for ACIA2  
Norsk Polarinstitutt

## Innhold

---

Forord .....	3
Oppsummering og konklusjoner ....	5
Arbeidsgruppe1: Samferdsel.....	5
Arbeidsgruppe 2: Energi- og kraftforsyning .....	6
Arbeidsgruppe 3: Bosetting .....	8
Sammendrag av presentasjonene.	9
ACIA: En oppsummering av arbeidet med fokus på nøkkelfunn av betydning for norsk Arktis.....	9
ACIA Infrastruktur: En oppsummering med fokus på konklusjoner av betydning for norsk Arktis .....	10
Strategi for norsk oppfølging av ACIA (ACIA2) .....	10
GeoExtreme: Skred og geofare i det fremtidige klima .....	11
Klimaendringer og betydningen for kystteknikken. Kunnskapsbehov .....	12
Klimaendringers innflytelse på skredfare og fremkommelighet på vegnettet.....	12
Klimaendringer og samferdsel .....	12
Klimaendringer og vassdrag ..	14
Klimaendringer og kraftforsyning.....	14
Impacts of Climate Change on Renewable Energy Sources and their role in the Nordic Energy System	15
Is og ising.....	16
Petroleumsutvinning og klimaendringer .....	16
Klimatilpasning av boliger og bomiljø i værharde strøk.....	16
Klimaendringer, grunnforhold og konstruksjon .....	17
Deltakerliste .....	18
Forkortelser .....	19

## Oppsummering og konklusjoner

Norsk Polarinstitutt inviterte til fagmøte om klimaendringer i norsk Arktis og kunnskapsbehov og tilpasningsstrategier for infrastruktur i Tromsø 21.-22. juni 2005. Møtet samlet ca 45 deltagere fra ulike etater og organisasjoner med interesser innenfor samferdsel, kraft, energi og bosetting (deltakerliste finnes bak i rapporten).

På et tilsvarende fagmøte arrangert i 2002 ble en rekke utfordringer, kunnskapshull/ utredningsbehov og tiltak i forhold til samferdsel, energiforsyning og bosetting identifisert. Rapporten fra det fagmøtet er tilgjengelig på [www.acia.npolar.no](http://www.acia.npolar.no). I de tre årene siden den gang har ACIA-arbeidet blitt fullført, og det har samtidig blitt jobbet med mange relevante og viktige prosesser og prosjekter nasjonalt og internasjonalt. Formålet med 2005-fagmøtet om infrastruktur, var følgelig å ta tak i konklusjonene fra forrige fagmøte og diskutere følgende på bakgrunn av utviklingen over de siste årene:

- Har vesentlige kunnskapshull blitt tettet?
- Hvilke vesentlige forhold mangler vi fremdeles kunnskap om?
- Hva må prioriteres for å tette kunnskapshull og utvikle hensiktsmessige tilpasningsstrategier i Nord-Norge og på Svalbard?
- Hvilke prosesser bør iverksettes?

Presentasjonene gitt i plenum viser at mye spennende har skjedd i løpet av de siste årene og det pågår mange prosesser og prosjekter av relevans mht. kunnskapsinnhenting og tilpasningsstrategier for infrastruktur i et endret klimabilde (sammendrag av presentasjonene finnes i denne rapporten).

Presentasjonene og diskusjonene i arbeidsgruppene på fagmøtet viste imidlertid at det er et fortsatt behov for å fokusere på problemstillingene (sammendrag fra de tre arbeidsgruppene følger). Nedenfor er listet noen av de overordnede konklusjonene som kom frem i diskusjonene og som det bør tas høyde for i utformingen av det videre arbeidet med klimaendringer og tilpasningsstrategier:

- ACIA-prosessen har bidratt til å peke på en rekke viktige forhold relatert til klimaendringer og infrastruktur, og det har blitt gjort mye relevant forsknings- og utredningsarbeid nasjonalt og internasjonalt de siste årene. Det er imidlertid fremdeles behov for å jobbe aktivt for å få informasjonen ut til relevante aktører, og kunnskapen må tilgjengeliggjøres og operasjonaliseres slik at man får økt kunnskap og innsikt på alle nivå i alle sektorer. Det er også viktig at nøkkelaktører som forsikringselskapene, Kommunenes sentralforbund (KS), Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), m.fl. blir involvert i slike prosesser.
- Den regionale oppløsningen på klimascenariene er fremdeles for dårlig til at man kan

gjøre tilfredsstillende sårbarhets- og tilpasningsvurderinger i mange tilfeller, og det er av vesentlig betydning at det jobbes videre med å forbedre de regionale modellene. Det er i denne sammenheng behov for at det skapes en god dynamikk og dialog mellom brukere og klimaforskere slik at det blir fokusert på at modellene skal produsere informasjon som er til nytte for brukerne.

- Lange tidsserier er grunnleggende for å forstå klimaendringer og iverksette tilpasningsbehov. Det må settes søkelys på å opprettholde de viktigste tidsseriene og sikre finansiering av disse. Spesielt påpekes det at det for norsk Arktis sin del er stor mangel på data fra Barentshavsområdet.
- Usikkerhet er en vesentlig faktor som hindrer at det blir satt tilstrekkelig fokus på klimatilpasning i sektorene da det er for risikabelt å planlegge med for store usikkerhetsmarginer. Usikkerhet må kvantifiseres og formidles, og det må jobbes med å redusere usikkerheten i scenariene.
- I noen sektorer har man begynt å følge opp klimaendringene mht. tilpasningstiltak (endrede standarder/dimensjonering, kartlegging, mv.), men i mange tilfeller er det fremdeles ikke et tema som tas alvorlig i planleggings- og gjennomføringsfasen. Det er nødvendig å se nærmere på sannsynlige klimalaster for kritiske elementer ifm. infrastrukturtiltak.
- Det eksisterer allerede mye informasjon og en rekke gode brukerverktøy i forhold til klimaendringer. Det er imidlertid usikkert om informasjonen er lett tilgjengelig for alle relevante aktører. Dersom eksisterende informasjon er vanskelig å finne og/eller vanskelig å bruke, vil den ha liten nytteverdi for aktørene.

I sammendragene fra de tre arbeidsgruppene fremkommer det en rekke spesifikke og konkrete beskrivelser av kunnskapshull og forslag til prosesser som bør iverksettes innenfor den enkelte sektor, og det henvises til disse for nærmere detaljer. Følgende overordnede forslag til tiltak/prosesser gikk igjen i alle tre arbeidsgruppene og bør vurderes som prioriterte i det videre arbeidet:

- Det må arbeides videre med å øke tilgjengeligheten på informasjon og data. Aktuelle tiltak: 1) Utarbeide «vær varsom plakater» om klimalaster rettet mot lokale aktører, 2) destillere ACIA-rapporten for lokalpolitikere og 3) opprette en Internettportal med lenker til informasjon og verktøy.
- Målrettet innsamling av data og bearbeiding må gjøres slik at bidragsyttere ser nytten av den innsats som gjøres. Blant annet kan man gjennomføre et prosjekt hvor problemstillingen knyttet til klimaendringer for en kommune/ sektor operasjonaliseres. Dette kan deretter benyttes som et godt eksempel overfor befolkning og andre kommuner/sektorer, for å illustrere betydningen av klimaendringer og behovet for planlegging og tilpasningsstrategier.

- Behov for å skape møteplasser for ulike aktører. Blant annet bør man arrangere en konferanse rettet mot lokale aktører hvor ACIA kan omsettes i praktisk handling (hva betyr ACIA for deg og meg).

Avslutningsvis ble også følgende momenter framhevet:

- Parallelt med at det jobbes med tilpasningsstrategier mv., må det fortsatt rettes søkelys mot tiltak for å redusere den menneskeskapte påvirkningen på klimaet.
- Sektorene i Norge må ta på alvor det ansvar de har med hensyn til tilpasningsstrategier i forbindelse med klimaendringer.
- Det er av vesentlig betydning at det utvikles målrettede verktøy som gjør kunnskap tilgjengelig og brukervennlig for relevante aktører.
- Det må fortsatt være fokus på å skape arenaer for kunnskapsformidling og kunnskap-sutveksling.

## Arbeidsgruppe 1: Samferdsel

### Oppsummering og konklusjoner

Gruppede medlemmer:

Jan-Otto Larsen (Vegdirektoratet) Gruppelider

Lars-Evan Petterson (NVE)

Ole-André Helgaas (Statens vegvesen, Region Nord)

Viggo Aronsen (Statens vegvesen, Region Nord)

Ole Christian Ødegaard (Vegdirektoratet)

Toril Skoglund (Troms fylkeskommune)

Kåre Flaate

Karen Pinholt (MD)

Alf Tørum (NTNU)

Christian Jaedicke (NGI)

Tore Furevik (UiB/Bjerknessenteret)

Gry Rogstad (Vegdirektoratet)

Øystein Overrein (Norsk Polarinstitutt) Referent

Følgende deler av samferdselssektoren er berørt av klimaendringer:

- Veinettet
- Jernbane
- Flyplasser
- Havner

En nærmere presentasjon av sektoren og forestående utfordringer er gitt i oppsummeringen av tilsvarende arbeidsgruppes arbeid på forrige fagmøte 10.-11. januar 2002. Fagrapporten kan hentes opp på ACIA's hjemmeside ([www.acia.npolar.no](http://www.acia.npolar.no)).

Ut fra diskusjonen i gruppa er følgende punkter notert ned og presenteres i tilknytning til de fire spørsmål vi var bedt å besvare:

## Har vesentlige kunnskapshull blitt tettet?

- Gjennom ACIA har en klart å samle og synetisere alle typer data fra ulike disipliner. Det har gitt en god oversikt over hva som foregår.
- Flere av de kunnskapshull som ble fokusert på under fagmøtet i 2002 har ført til at ulike prosesser er igangsatt, men uten at en er i mål ennå. Bl.a. er et skredprosjekt – GeoExtreme i gang. Erosjon og flomskader registreres på veinettet. En ny veidatabank med felles GIS-base kommer nå på plass.
- En har tatt hensyn til at endringer er på gang ved å tilpasse dimensjonering i veianlegg. Bl.a. dimensjonerer vegvesenet nå for sørpeskred.
- Registrering av kvikkleireområder og områder med marin leire har pågått i Trøndelag og Sør-Norge i 20 år. Nå lages det risikomodeller for kvikkleire.
- Overvåking av sprekksoner i fjell på Nordvestlandet og i Troms foregår. Utrasninger her vil generere flodbølger.
- En har fått mer kunnskap om hva vi kan forvente av bølger og stormflo.
- En har fått økt kunnskapen om erosjons-sikrende tiltak ved kysten og langs elver.
- Det er gjort beregninger over hva det vil koste å sikre norske havner ved hevet havnivå.
- En har fått i gang tverrfaglige prosesser og har fått økt fokus på det vi vet lite om.

## Hvilke vesentlige forhold mangler vi fremdeles kunnskap om?

- Innenfor kystteknikk: Fremtidig endring av bølgeforhold, strømforhold og dimensjonering for slike endringer. Langsiktige strømmåledata og bølgedata er viktig sett på bakgrunn av økt skipstransport langs kysten – bl.a. oljetankskip fra Nordvest-Russland. Andre problemfelt vil være overskylling av kaier og moloer, behov for heving av bygninger, stranderosjon m.m.
- Hvilket scenario en vil få regionalt mht. klimautvikling og nedbør er fortsatt usikkert.
- Det er behov for å få kvantifisert usikkerheten i klimascenariene. Modellene ser ut til å bli bedre. IPY vil bidra.
- Samfunnets kostnader ved klimarelaterte transportproblemer må beregnes og presenteres overfor politikere og myndigheter.
- Sammenstilling av konsekvensdata.
- Klimamodeller og virkninger på permafrost og høyfjellsproblematikk.
- Samferdsel/veinett på permafrost. Hva skjer med veinettet på Svalbard?
- Havnivåendringer.

## Hva må prioriteres for å tette kunnskapshull og utvikle hensiktsmessige tilpasningsstrategier i Nord-Norge og på Svalbard?

- Ved planlegging av sikringstiltak må det tas høyde for at en er inne i en periode med klimaendring. Bl.a. innenfor Statens Vegvesen er dette helt nytt. Ingen har forholdt seg til klimaendringer før. Alle fagmyndigheter må ta inn over seg at endringer skjer.

- Ved drenering av veier må det tas høyde for økte nedbørsmengder.
- Det trengs flere borehull for måling av jordtemperatur.
- Behovet er stort for å sikre fortsatt drift av lange tidsreier. Det må være større grad av forutsigbarhet mht finansiering av lange tidsreier inn i fremtiden.
- Det er for dårlig dekning av meteorologiske målinger i Barentshavet og i norsk høyfjell.
- Bedre klimaovervåking trengs! Ansvarlige myndigheter må prioritere overvåkningsprogrammer (NP, Meteorologisk Institutt, Kystverket m.fl.).
- Det må utvikles bedre varslingsystemer for ekstremvær og bølger.
- Målestasjoner for registrering av flomskred må etableres.
- Informasjonen må samles. AREALIS er ett (av flere) redskap her.
- Nye flomberegninger for damsikkerhet med utgangspunkt i endrete nedbørsmengder må gjøres. Kontakt mellom de nordiske land er her viktig.

## Hvilke prosesser bør iverksettes?

- Forsikringsbransjen burde vært koblet inn i prosessen.
- Målrettet innsamling av data og bearbeiding må gjøres slik at bidragsyttere ser nytten av den innsats som gjøres.
- Det må arbeides videre med å øke tilgjengeligheten på data. Et problem er at kartdata basert på GIS er alt for dyre.
- Det bør i sterkere grad etableres internasjonal og nordisk samarbeid på samferdselssektoren. Samarbeidsprosjekter kan søkes finansiert over Nordisk Ministerråd.
- Politikerne må bevisstgjøres faglig.
- Det bør skje en tilpasning til en situasjon med større skipstrafikk langs kysten.
- Det bør tas initiativ til møter der andre sektorer inviteres og informeres.
- Klimamodeller må kjøres og det må samarbeides med andre store klimainstitutter utenfor Norge.
- Tilpasningsstrategier må iverksettes for å redusere utslipp av klimagasser.
- I det videre arbeidet med forebyggende tiltak i felt må en ha hensynet til biologisk mangfold i bakhodet.

Til slutt: DSB, Kystverket, AVINOR og Jernbaneverket berøres alle av klimaendringer og er sentrale på samferdselssektoren. De burde alle vært til stede på fagmøtet. Det samme gjelder NGU, Statens kartverk og Samferdselsdepartementet.

## Arbeidsgruppe 2: Energi- og kraftforsyning

### Oppsummering og konklusjoner

Gruppedeltakere:

Arne Instanes (OPTICONSULT AS)

Gruppeleder

Øivind Christophersen (SFT)

Kristinn Einarsson (Orkustofnun, Island)

Ståle Enge (Statnett SF)

Svein Fikke (Statnett)

Eirik Førland (met.no)

Sebastian Gerland (NP)

Lars Grande (UNIS, NTNU)

Per Tore Lund (NVE)

Einar Nygaard (Statoil)

Alf Olaussen (Statnett – Region Nord)

Marit Pettersen (MD)

Gunnar Sander (NP) Referent

### Generelt

Innledningene på møtet fokuserte mye på elektrisitet fra vannkraft, samt noe på petroleumsutvinning i Barentshavet. Det er viktig å få fram at energi ikke er lik elektrisitet, selv om det dominerer norsk produksjon og stasjonært forbruk. Vi må diskutere og planlegge for hele spekteret av både behov (hvilken energikvalitet trengs for å løse hvilke oppgaver) og forsyning (hvilke energikilder kan levere egnet energi til hvilke oppgaver). Her er det en mistilpasning i Norge med stort overforbruk av strøm i forhold til sluttbehovene og mangel på varme. Vi har et stivt forsyningssystem basert på elektrisitet som gir lite fleksibilitet i energiforsyningen. Samkjøring med nabolandene bedrer dette noe.

Gruppen diskuterte hovedsakelig tre temaer:

- Energiforbruket. Endringer som følge av klimaendringer og muligheter for å påvirke forbruket: totalt forbruk, energisammensetning, fordeling i tid.
- Energiforsyning. Perspektiver på ulike energiformer i lys av endret klima: Vil endret klima gi bedre eller dårligere vilkår for ulike energiformer? Endringer i energisektoren er også helt sentralt for å løse klimaproblemet: Hvilken type energi trengs for å dempe global oppvarming?
- Tilpasninger i forsyningssystemene som følge av klimaendringer. Nye utfordringer fra ising, ras, vind, osv. og dimensjonering av de ulike delene av systemene.

Referatet fra diskusjonen er strukturert rundt spørsmålene som var stilt.

## ACIA-rapporten og kunnskapshull

Rapporten gir en klar dokumentasjon på hva slags klimaendringer som er i gang i Arktis og at konsekvensene kan bli store. Dette har i seg selv vært et kunnskapshull.

Gruppen gikk imidlertid lite inn på spesifikke kunnskaper som var dekket. En grunn kan være at ikke mange av deltakerne hadde lest rapporten.

## Fortsatte vesentlige kunnskapshull

### Klimamodeller

Det er viktig med stadig forbedrede modeller som kan levere relevante data. RegClim er det viktigste pågående prosjektet som vil forbedre de norske modellene. Aktiviteter:

- Nye IPCC-scenarier (ny vurdering i 2007) legges inn og skal kjøres for 2071 – 2100. Tidshorizonten er valgt for å få et klarere klimasignal i forhold til «støyen» fra naturlig variasjon. Det vurderes nå hvilke modeller som er best egnet.
  - Bedre oppløseligheten, fra 50 x 50 km til 20 x 20 km.
- Dessuten finskalamodeller. Tunge å kjøre, men kan brukes for mer detaljerte studier i tid og rom, tilpasset bestemte brukerbehov. Egnet til å belyse samtidige hendelser.
- Usikkerhet og risiko; Frekvensfordelinger og ekstremer.

Ekstreme hendelser er viktig for dimensjonering av alle slags konstruksjoner, også i energiforsyningen. Vi trenger mer data om det, både fra målinger og modeller av framtida. Det er problematisk å modellere ekstremhendelser. Råd på kort sikt (de nærmeste ca 50 år): bruk observerte ekstremer.

### Observasjoner

Vi trenger bedre data for en rekke formål. Gruppen nevnte spesielt:

- Ising. Det er få data om islaster på kraftledningene, spesielt for regionalnettet (det som finnes av data er fra hovednettet).
- Barentshavet: Stor mangel på data. Betydning for klimaforståelse og klimamodeller generelt, for værvarsling i Nord-Norge (som er viktig bl.a. for kraftsektoren) og for aktiviteter i området, bl.a. petroleumssektoren.

Det er viktig å opprettholde eksisterende langtidsmålinger.

### Energiforbruket

Det er gjort beregninger i ACIA på hva varmere klima vil bety for redusert oppvarming. Men motsatt – behov for økt nedkjøling? Hva med effekter av vind og andre klimaelementer?

Perspektiver på ulike energiformer i lys av endret klima:

Vi trenger å få bedre kunnskap om dette. Noen antakelser:

- Vannkraft: Mer nedbør vil ha stor betydning for reservoarene, men utfordringer mht. fordeling over tid som kan få betydning både for dimensjonering av dammer og overføringsnett. Potensiale for å få ut mer av eksisterende anlegg uten å bygge ut nytt, som er hovedutfordringen nå, jfr. samla plan for vassdrag og politiske vedtak om at «de store vannkraftutbyggingenes tid er over».
- Vindkraft: Mer vind, mer effektivitet og bedret økonomisk potensiale? Kan i så fall gi mindre utbygginger og arealkonflikter. Klimamodellene imidlertid usikre på vind. Hvor vil den øke/minke og fordeling ekstremer – gjennomsnitt. En generell problemstilling med energiformen er ujevn produksjon. Svaret er lagring av vindenergi (høydebassenger, kjemisk lagring i batterier osv) og at vind vil være et nytt innslag i energiforsyningen som vil gi økt fleksibilitet totalt. Ulikt geografisk potensiale for vindkraft kan også bety behov for økt overføringskapasitet, avhengig av regional energibalans i landet.
- Bioenergi: Vi kan forvente økt tilvekst i skogen. Det er et stort problem at det selv i dag ikke tas ut og foredles (flis, pellets mm). Dette gir usikre leveranser og problemer med innfasing.
- Sol: Det blir varmere – men vi får flere skyer. Vil dette gi konsekvenser for bruk av passiv solvarme i bygninger og aktiv bruk til varme/strøm i energianlegg?

### Klimautvikling og endrede naturfenomener

En rekke klimarelaterte endringer i naturen kan få betydning for konstruksjoner i energisektoren. Gruppen trakk spesielt fram behovet for mer kunnskap om:

- Endrede skredtyper, som er relevant bl.a. for kraftnettet og kraftanlegg.
- Ising: Kombinert med vindlast, er ising viktig for dimensjonering av ledningsnettet og dermed for forsyningssikkerheten. Vil isingen flytte seg så problemene melder seg på andre deler av nettet enn i dag (fra kysten til innlandet)? Hvis det er vanskeligere tilgjengelig i fjellet, hva blir konsekvensen for vedlikeholdet og forsyningssikkerheten? Betydning for vindkraft?
- Nedbør og kraftmagasiner: Vil behovet for magasinkapasitet øke eller minske? Dette studeres nå i et nordisk prosjekt, jfr. innledning fra Einarsson (Orkustofnun, Island).
- Frekvenser av lyn, som vil kunne påvirke kraftforsyningen. Det finnes en database over hendelser (SINTEF Energiforskning AS (SeFAS) eller TransiNor AS – begge i Trondheim), men vi kan bare indirekte anta framtidig utvikling av lynfrekvens ut fra dagens klimamodeller.

Flere sammensatte problemstillinger krever at man kobler analyser. Ett eksempel er at forurensningstransport vil endres som følge av endret klima (jfr. AMAP, antakelse om redusert sukkertare – slamtransport).

### Tilpasninger

Norges byggstandardisering har ved tidligere revisjoner av standardene vurdert å legge inn sikkerhetsmarginer for klimaendringer. Det er hittil ikke gjort. I stedet er det lagt opp til jevnlig oppdateringer av dimensjonerende data for temperatur, vind, regn, snø, flom osv. etter hvert som vi får nye målinger. Anbefalingene har også vært at sikkerhetsmarginene må vurderes i forhold til konstruksjoners levetid og forholdet mellom investerings- og driftskostnader. Eksempelvis vil det være dyrt å heve kaier (lang levetid) tilpasset høyere vannstand eller springflo, slik at dette er et eksempel på en type konstruksjon hvor det vil være lurt å legge inn en ekstra margin ved bygging i dag. Gruppen mente at levetidsbetraktninger er en fornuftig tilnærming. Men den anbefalte at det bør legges inn dimensjonerende data også for framtidige klimasituasjoner.

Det ble stilt spørsmål om det er nødvendig å systematisere vurderingene av investeringsbehov i forhold til klimautfordringer ved å kreve økt bruk av risiko- og sikkerhetsanalyser. Problemstillingen er av interesse for spørsmål om samfunnsikkerhet, jfr. NOU om temaet og Direktoratet for sikkerhet og beredskap.

Utbyggere av f.eks. vann- og vindkraft bør utnytte at de kan få bedre klimadata fra finskalamodeller. Motsatt trenger modellene å få tilbakemeldinger på hva som er relevante data så modellene kan bli bedre.

### Hvilke prosesser bør iverksettes

Oppdatere byggestandarder på grunnlag av klimadata, jfr. over. Se nærmere på bruk av risiko- og sikkerhetsanalyser som grunnlag for dette?

Informasjonsspredning- og utveksling:

- Det er behov for å «oversette» ACIA fra Arktis til fastlandet og gå dypere inn i problemstillinger her.
- Miljøverndepartementet vil arrangere et seminar om tilpasninger til klimaendringer.

Mye kunnskap er spredd på mange sektorer. Det er behov for å dele og sammenstille informasjon gjennom møter – men også nye felles studier. Behov for å gå igjennom sektorene i forhold til klimaendringer og samfunnsikkerhet.

«Lavutslippsutvalget» skal vurdere hvordan Norge kan redusere utslippene av drivhusgas-



ser med 50 – 80%. Dette vil få betydning for energisektoren.

Energiforbrukets størrelse og sammensetning. Det er viktig å påvirke. Pris er essensielt for forbrukerne. Myndighetene kan bruke både avgifter (CO<sup>2</sup> mm), prisstrukturer (fastpris som nettleie kontra forbruk) og subsidier av spareutstyr, nye leveringssystemer for varme og nye energiformer, som trenger støtte i en introduksjonsfase. Men ikke bare pris, også informasjon, leverandører, lokal energiplanlegging mm, er viktig for forbrukerne. Lokalt er det store muligheter for å utnytte andre energibærere som overskuddsvarme fra industri, varmepumper mot hav og grunn mm. Dette krever distribusjonsnett for varme ved større systemer enn enkeltbygninger, som igjen må planlegges. Det ble i denne forbindelse vist til revisjon av Plan- og bygningsloven.

### Arbeidsgruppe 3: Bosetting

#### Oppsummering og konklusjoner

Gruppedeltakere:

Lene Edvardsen (Husbanken Hammerfest)

Gruppeleder

Asbjørg Fyhn (Troms fylkeskommune)

Grete Hovelsrud-Broda (CICERO)

Thomas Thiis (UMB)

Håvard Toresen (Miljøverndepartementet)

Birgit Njåstad (Norsk Polarinstitutt) Referent

#### Ramme for diskusjonen

De fire spørsmålsstillingene gitt fra møteledelsen ble brukt som utgangspunkt for den vidt-favnende diskusjonen i arbeidsgruppen.

1. Har vesentlige kunnskapshull blitt tettet gjennom ACIA-prosessen og andre relevante prosesser?
2. Hvilke vesentlige forhold mangler vi fremdeles kunnskap om?
3. Hva må prioriteres for å tette kunnskapshull og utvikle hensiktsmessige tilpasningsstrategier i Nord-Norge og på Svalbard?
4. Hvilke prosesser bør iverksettes?

#### Hovedkonklusjon

Arbeidsgruppen fastslo at det gjennom ACIA-prosessen har blitt pekt på en rekke viktige forhold relatert til infrastruktur og bosetting, og det har blitt gjort mye relevant forskning og utredningsarbeid både nasjonalt og internasjonalt over de siste årene. Kunnskapen er altså i stor grad til stede. Imidlertid var arbeidsgruppens medlemmer av den formening at det har skjedd lite ut mot de mest relevante aktørene, noe som ble påpekt som svakhet også på det forrige fagmøtet avholdt i 2002. Altså, kunnskapen har ikke blitt plassert i de riktige hullene. Det må derfor være en prioritet i det videre arbeidet å finne hullene! Klimaforskning og modellarbeid

er viktig, men det er like viktig å få opp fokus på problemstillingen og å få frem kunnskapen til relevante aktører, slik at aktørene i neste runde kan bidra til å fokusere forskningen på forhold som er relevant også for aktørene.

#### Mye kunnskap, men på gal plass?

Følgende momenter ble fremhevet i diskusjonen om mye kunnskap på gal plass:

- Det er generelt sett lite/dårlig bevissthet i forhold til strategisk tenking i (areal)planleggingen. Planleggere arbeider under press og kan ikke ta alle mulige hensyn. Alt man ikke kan se umiddelbare effekter av blir derfor rimeligvis ikke tatt med i planleggingen. Mangelfull kunnskap om klimaendringer hos aktørene tilsier derfor at det ikke vil bli tatt høyde for tilpasning til slike endringer.
- Tradisjonelt sett er det fokus på grøntareal i arealplanleggingen, og lite fokus på det «hvite arealet». Det er behov for økt bevissthet rundt hvilken klimasone Nord-Norge faktisk tilhører. Forbilder betyr mye. Kunnskap om klimaendringer og tilpasningsbehov må operasjonaliseres, og gode eksempler må fremheves for å øke fokus på alle nivåer.
- For at klimaforhold og klimaendringer skal bli ivarettatt på tilstrekkelig måte i arealplanleggingen må det foreligge et krav fra myndighetenes side om at dette skal ivaretas. Offentlig støtte kan være nødvendig for å få tilstrekkelig fokus på temaet i arealplanleggingen.
- Det er lettere for de store kommunene å ta tak i problemstillingen enn det er for de små kommunene med begrensede ressurser.
- Forsikringsbransjen er en viktig aktør i det å få fokus på problemstillingen. Det finnes eksempler der boliger/bygninger har blitt ødelagt av værrelaterede forhold og hvor forsikrings-selskapet etter å ha utbetalt forsikring søker regress hos kommunen med grunnlag i at det var kommunens «feil» at det var planlagt for boliger/bygninger i slike sårbare områder.
- Usikkerhet er en vesentlig faktor som hindrer at det blir satt tilstrekkelig fokus på klimatilpasning. Det er for risikabelt å planlegge med for store usikkerhetsmarginer. Det er viktig å formidle usikkerhet, samtidig som det er viktig å legge frem så klare scenarier som mulig.
- Det fokuseres ofte på forhold rundt nedbør, vind, etc. når det er snakk om bosetting og klimaendringer, og sjelden har det blitt satt fokus på f.eks. den forventede havnivåøkningen som kan være vel så interessant i en tid hvor det er svært populært å legge nye boliger i strandkanten. Det finnes eksempler på kommuner som har tatt høyde for dette i sin planlegging (ved å sette krav om høydeavstand til havnivå for bygg/anlegg), men det er også mange eksempler på det motsatte.
- Det er også et spørsmål om det er relevante klimaverktøy (lett) tilgjengelig for de som er ansvarlig for lokal planlegging. Dersom eksisterende verktøy er vanskelig å finne og/eller vanskelig å bruke, vil disse ha liten nytteverdi for aktørene som er avhengig av enkle og

kostnadseffektive verktøy.

- Det mangler arenaer for å formidle kunnskap og problemstilling, og det er behov for varige nettverk hvor kunnskap kan formidles på hensiktsmessig måte. KS er en viktig aktør å trekke inn i arbeidet med å øke bevissthet og kunnskap om klimaendringer i kommunene.

#### Behov for mer kunnskap?

Til tross for at det i dag foreligger mer (og relativt mye) kunnskap om klimabelastninger relatert til bosetting, er det like fullt forhold som fremdeles krever mer kunnskap. Bl.a. ble følgende nevnt i diskusjonen:

- Opplysningen på informasjonen er fremdeles i høy grad ikke god nok til å kunne benyttes på lokalt (og regionalt) plan. Bedre oppløsning (modeller) er nødvendig. Det er viktig at de lokale (og regionale) aktørene er med i prosessen når det nå jobbes videre med en regional klimamodell for norsk Arktis.
- Det er behov for å se nærmere på hvilke klimalaster (for bygg/anlegg) som er sannsynlige under de ulike scenariene som nå foreligger.
- Ulne scenarier må tolkes på en mer entydig måte – usikkerhet må reduseres.
- Det er behov for å gjøre mer arbeid mht. å definere styrende parametre som er relevante mht. tilpasningsstrategier for bygg/anlegg. Er det f.eks.  $\Delta T$  eller ekstremverdier som er viktig for de ulike forholdene?
- Hvordan utnytter kommunene og andre aktører kunnskapen som eksisterer, og hva er det som hindrer dem fra å utnytte eksisterende informasjon? CICERO har utarbeidet prosjektsøknad knyttet til denne problemstillingen, og det vil være relevant å se på resultatene fra et slikt studium i det videre arbeidet med å finne de rette hullene for den eksisterende kunnskapen.
- Det er behov for å vurdere den nye kunnskapen om klimaendringer opp mot dagens standarder (mht. bolig/bygg), og evt. justere standarder på bakgrunn av dette.

#### Prosesser som bør iverksettes

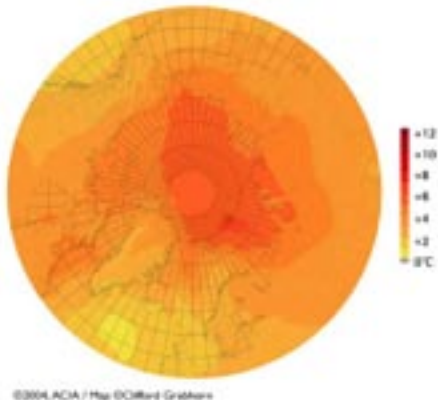
Følgende forslag til tiltak/prosesser kom frem under diskusjonen:

- Utarbeide en «vær varsom plakat» om klimalaster som antas å endre seg, rettet mot lokale aktører. Destillere ACIA-rapporten (med utgangspunkt i ACIA-faktaarkene) for lokalpolitikere til bruk i ulike fora.
- Øke fokus på problemstillingen klimaendringer og bosetting i relevante studier (planlaggingsfag, arkitektfag, etc.). Det bør i denne sammenheng skaffes en oversikt over hva som gjøres og ikke gjøres i dag og utredes videre hvordan problemstillingen rundt klimaendringer og tilpasningsstrategier best kan ivaretas i de relevante studiene. Et slikt utredningsprosjekt bør ha nasjonal forankring.
- Gjennomføre et prosjekt hvor problemstillingen knyttet til klimaendringer for en

kommune (f.eks. Tromsø, Målselv) operasjonaliseres. Et slikt prosjekt kan benyttes som et godt eksempel overfor befolkning og andre kommuner for å illustrere betydningen av klimaendringer og behovet for planlegging og tilpasningsstrategier. I et slikt prosjekt bør det bl.a. ses på effekter på naturlaster, sjøfronten, etc.

- Arrangere konferanse (relevante samarbeidspartnere kan være Husbanken, ACIA (NP), KS, CICERO) rettet mot kommunene (i Nord-Norge) som hovedmottaker, men også turistnæring og annen næring relevante aktører. Gjennom en slik konferanse bør man kunne omsette ACIA i praktisk handling (hva betyr funnene i ACIA for deg og meg?). Presentere scenario for Tromsø (eller andre relevante kommuner) som eksempel på konferansen (se punktet ovenfor). Det vil være svært viktig å involvere KS i arbeidet med et slikt arrangement. Husbanken Hammerfest har interesse av å ta ledelsen på et slikt arrangement høsten 2006, dersom det er tilstrekkelig interesse hos potensielle samarbeidspartnere.
- Problemstillingen er så viktig at det bør vurderes om det bør opprettes et nasjonalt handlingsprogram/plan for tematikken. Dette vil bidra til å bygge opp om eksisterende og nye strukturer og legge grunnlag for nasjonale strategier relatert til tilpasningsstrategier for klimaendringer.
- Gjøre eksisterende klimaverktøy lett tilgjengelig i et brukervennlig format for relevante aktører. Utarbeide hensiktsmessige verktøy der disse ikke allerede eksisterer.

**Projected Surface Air Temperature Change 1990s–2090s in °C (Annual)**



## Sammendrag av presentasjonene

### ACIA: En oppsummering av arbeidet med fokus på nøkkelfunn av betydning for norsk Arktis

Jan-Gunnar Winther (winther@npolar.no)  
Norsk Polarinstitutt  
Polarmiljøseneteret  
9296 Tromsø

#### Innledning

Høsten 2000 vedtok ministermøtet under Arktis Råd å iverksette klimastudiet Arctic Climate Impact Assessment (ACIA) med det formål å:

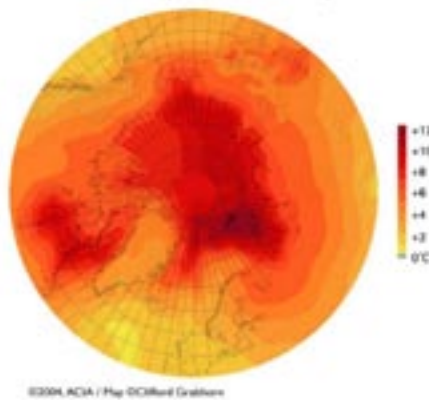
- å evaluere og integrere eksisterende kunnskap om klimavariasjoner, klimaendringer og økt UV-stråling i Arktis og å vurdere konsekvensene av disse, og
- å skaffe til veie nyttig og pålitelig informasjon til politikere, myndigheter, organisasjoner og befolkningen i nordområdene for å gi et bredere grunnlag for å fatte beslutninger på.

Resultatene fra ACIA-prosessen presenteres gjennom en omfattende vitenskapelig sammenstilling, først og fremst rettet mot forskningsmiljøet, og et syntesedokument rettet mot beslutningstakere og allmennheten generelt.

#### Noen nøkkelkonklusjoner fra ACIA

- Klimaendringer oppleves spesielt sterkt i Arktis. Gjennomsnittstemperaturen i Arktis har økt dobbelt så fort som i resten av verden de siste tiårene. Utbredt smelting av isbreer og havis samt stigende permafrosttemperatur, er også sterke signal på en kraftig oppvarming i Arktis. I løpet av dette århundret regner man med at disse klimatrendene vil akselerere som en følge av en fortsatt økning i klimagasskonsentrasjonene i jordatmosfæren.

**Projected Surface Air Temperature Change 1990s–2090s in °C (Winter: Dec–Feb)**



These maps show the projected temperature change from the 1990s to the 2090s, based on the average change calculated by the five ACIA climate models using the lower of the two emissions scenarios (B2) considered in this assessment. On these maps, orange indicates that an area is projected to warm by about 6°C from the 1990s to the 2090s.

- Mange kystsamfunn og -anlegg vil bli mer eksponert for stormer. Omfattende erosjon langs kysten vil bli et økende problem etter hvert som havnivået øker og havisen reduseres. Langs deler av kysten i arktiske områder vil permafrost som tiner gjøre landområder ved kysten mindre stabile og mer sårbare. I noen tilfeller er lokalsamfunn og industrianlegg i kystområder allerede truet eller tvunget til å flytte, mens andre kan forvente økt risiko og større kostnader.
- I områder der grunnen tiner vil transport, bygninger og annen infrastruktur påvirkes. Etter hvert som frossen jord tiner vil mange bygninger, veier, rørledninger, flyplasser og industrianlegg sannsynligvis bli mindre stabile, noe som krever betydelige ombygginger, vedlikehold og investeringer. Fremtidige utbyggingsprosjekter vil kreve tilpasninger som tar hensyn til den pågående oppvarmingen. Dette vil øke konstruksjons- og vedlikeholdskostnadene.
- Arktiske vegetasjonssoner vil svært sannsynlig endre seg, noe som vil medføre flere typer konsekvenser. Også dyrearters mangfold og utbredelse vil endres. Redusert mengde havis vil innebære en drastisk reduksjon av det marine leveområdet for isbjørn, sel som lever på is og noen sjøfugler. Noen arter trues av utryddelse. Reinsdyr/caribou og andre landdyr kommer sannsynligvis til å bli mer stresset ettersom klimaendringene endrer tilgangen til matressurser, yngleplasser og trekkruter. Arter forventes å bevege seg nordover både på land og i havet, noe som fører nye arter inn i Arktis, og dette vil igjen ha følger for noen av de artene som lever i Arktis.
- Enkelte fiskerier i arktiske havområder er viktige i global sammenheng og vesentlige bidragsyttere i den regionale økonomien. Noen av disse vil sannsynligvis bli mer produktive. Ferskvannsfiske som har stor betydning for lokal matforsyning kommer sannsynligvis til å lide under klimaendringene.

#### Globale konsekvenser av regionale endringer

- Den sesongmessige utbredelsen av overflatesmelting på innlandsisen på Grønland er blitt satellittovervåket siden 1979 og viser en trend mot større områder utsatt for smelting. Hvis innlandsisen på Grønland skulle smelte ned vil det gi en økning i det globale havnivået (ca. 7 meter) og vil følgelig påvirke mange av de lavtliggende befolkede områdene i verden. Det er imidlertid viktig å understreke at en eventuell nedsmelting vil ta lang tid.
- Smelting av isbreer og innlandsisen på Grønland, smelting av havisen i Arktis samt tilførsel fra elver som drenerer inn til Polbassenget bidrar til at mer ferskvann tilføres havene, noe som potensielt kan påvirke havstrømmene.
- Observasjoner over de siste 50 årene viser at havisutbredelsen i Arktis går tilbake i alle årstider, og at den største tilbakegangen skjer om sommeren. Klimamodellene viser en akselerering av denne trenden, med perioder med omfattende smelting stadig lenger utover

våren og høsten. Dette vil åpne for nye seilingsruter og forlengelse seilingssesongen. Åpning av nye seilingsruter og utvidet seilingssesong kan få store konsekvenser for transport og for tilgang til naturressurser.

## Konklusjon

Som de vitenskapelige resultatene i ACIA har vist, er klimaendringer en viktig og voksende utfordring for Arktis og for hele verden. Handling er påkrevd for å tilpasse seg den oppvarmingen som allerede foregår og som vil fortsette. Funnene i denne første ACIA-prosessen gir et vitenskapelig grunnlag for beslutningstakerne for å tenke gjennom, utarbeide og implementere de rette handlinger for slik å svare på denne viktige og vidtfaunende utfordringen.

## ACIA Infrastruktur: En oppsummering med fokus på konklusjoner av betydning for norsk Arktis

Dir. Ing. Arne Instanes (arne.instanes@opticonsult.no)  
Opticonsult AS  
Storetveitvegen 98  
5072 Bergen

Formålet med ACIA-utredningen var å: i) undersøke, vurdere og analysere hvordan klima og UV-stråling har endret seg i Arktis frem til i dag, ii) estimere hvordan endringene vil bli i perioden frem til år 2100, og iii) vurdere hvilke konsekvenser som kan forventes av endringene. I tillegg ser utredningen på mulige tilpasninger til et endret klima og metoder for respons til endringene. Presentasjonen ga et kort sammendrag av ACIA-rapportens kapittel 16 Infrastruktur og tok spesielt for seg temaer som er relevant for infrastruktur, fundamentering og bygging i kalde strøk i våre nordområder.

Presentasjonen tok for seg de fire hovedtemaene i kapitlet: Fysiske prosesser, infrastruktur i Arktis, planlegging/prosjektering og kunnskapshull.

Klimascenariene indikerer dramatiske endringer i temperatur og nedbør de neste 100 år. Endringene blir størst i Arktis, men fastlands-Norge vil også bli berørt. Konsekvensene for infrastruktur vil spesielt være knyttet til:

- Fundamentering av infrastruktur på løsmasser (geoteknikk), som er spesielt følsomt for oppvarming og tining av permafrost, og stigende grunnvannsnivå/poretrykk forårsaket av store nedbørmengder. Det er konkludert med at observerte skader på infrastruktur ikke er direkte forårsaket av den oppvarmingen som er observert i perioden 1970-2000. Generelt sett er det som oftest byggearbeidene og konstruksjonene som er hovedårsakene til opptredende skader. Videre oppvarming vil kunne akselerere eksisterende problemer og initiere nye. Tekniske løsninger for å hindre oppvarming av grunnen må derfor vurderes.

- Skredaktivitet. Økning i nedbør og stormfrekvens vil føre til økt frekvens av flom, erosjon og skred. Konsekvensen av dette kan bli økt frekvens av stengte veier, jernbaner og flyplasser. Økt skred- og flomfare sammen med økt behov for kommunikasjonslinjer og økende befolkningstetthet (i områder med industriell utvikling) vil berøre drift, vedlikehold og beredskap av infrastruktur og trafikkavvikling og kan øke risikoen for ulykker knyttet til skred og flom.
- Kysterosjon. Økte muligheter for sjøtransport langs kysten. Mer åpent vann vil sannsynligvis føre til mer bølgepåkjenning med påfølgende erosjon. Økt termo-erosjon pga. smelting av permafrost. Havnivåøkning (0,2 til 0,9 meter) vil øke kysterosjonen.
- Havområder. Mindre is vil gi lengre sesong for skipstransport. Dette vil også gi muligheter for økt tilgang til naturressurser langs den arktiske kysten og polhavet.

Klimaendringer vil påvirke eksisterende infrastruktur i regionen og ny utvikling i området. Teknologiske løsninger for å håndtere konsekvensene av de estimerte klimaendringene finnes, og tilpasning til et endret klima blir derfor mer et økonomisk spørsmål enn et teknologisk.

Spesielt i diskontinuerlig permafrostområder og kystsoner utsatt for erosjon kan konsekvensene av klimaendringene bli dramatiske.

## Strategi for norsk oppfølging av ACIA (ACIA2)

Grete Hovelsrud-Broda (ghb@cicero.uio.no)  
CICERO  
Postboks 1129 Blindern  
0318 Oslo

ACIA2-programmet « Klimautvikling i norsk del av Arktis »

ACIA har dokumentert at klimaet i Arktis endrer seg nesten dobbelt så raskt som det globale klimaet, og at en må regne med at dette kommer til å fortsette. Dersom en slik betydelig klimaendring finner sted, må en forvente at også at de sosioøkonomiske og økologiske konsekvensene vil bli store. En klimaendring kan ikke betraktes isolert fra andre faktorer. Det er derfor grunn til å følge utviklingen nøye, og sørge for å ha et godt og oppdatert kunnskapsgrunnlag tilgjengelig som dekker både naturvitenskapelige forhold og effektene på økosystem og forskjellige samfunnssektorer.

Ett av elementene i den norske oppfølgingen av ACIA er å utvikle et langsiktig tverrfaglig program som kan vurdere og syntetisere relevante forskningsresultater, og delvis også bidra til å skape ny kunnskap, med overordnede målsetninger om å:

1. Gi et helhetlig og oppdatert bilde av konsekvensene og utfordringene Norge står ovenfor ved en klimaendring i Arktis. Dette skal blant annet baseres på nedskalerte regionale klimamodeller og oppdaterte scenarier for å vurdere sannsynlig klimautvikling for området.
2. Gi grunnlag for å fastslå hvilke samfunnssektorer og økologiske systemer som er mest sårbare, og prioritere hvilke tiltak og institusjonelle grep som vil gi størst samfunnsmessige gevinst ved tilpasning til klimaendringer.
3. Gjøre kunnskapen mer tilgjengelig og forståelig for brukerne og publikum.
4. Identifisere kunnskapsmangler og gi grunnlag for å prioritere de mest beslutningsrelevante FoU-aktiviteter.

De økonomiske ressursene som nå er tilgjengelige gjennom ACIA2-bevilgningen vil være tilstrekkelige til å utvikle de viktigste elementene i et slikt program og skape et godt utgangspunkt for en videre utvidelse og økt finansiering fra andre kilder (f eks EU, Forskningsrådet, IPY og Nordisk Ministerråd). Programmet ledes av en faglig styringsgruppe med representanter fra Norsk Polarinstitutt, CICERO Senter for klimaforskning, Havforskningsinstituttet og Meteorologisk institutt. Den geografiske avgrensning er satt til det nordlige Norge med spesiell fokus på Barentshavet og Svalbard, men det langsiktige målet er at det nasjonale norske programmet skal kunne tilpasses og eventuelt utgjøre en kjerne i et program for oppfølging av ACIA sub-region I.

## Elementer i programmet

### A. Klimascenarier

Det fremkommer i ACIA rapporten at det fortsatt er stort behov for økt kunnskap om klimasystemet og om regionale klimaendringer i nordområdene. En fundamental begrensning i dagens forsøk på å forstå og simulere koblingene mellom hav, atmosfære og det terrestriske systemet i et regionalt perspektiv er de store ulikhetene mellom den romlige gitteroppløsningen til globale klimamodellene og skalaen til regionale prosesser. ACIA2-programmet vil se nærmere på:

- Hva vil skje med snødekke, permafrost og værutvikling? Data til bruk i effektstudier.
- Forbedre romlig oppløsning i nordområdene.
- Øke forståelsen for koblingen mellom hav, atmosfære og det terrestriske.
- Bedre scenariene for det marine miljø.
- Beregne usikkerheten i scenariene.
- Dynamisk nedskalering av klimascenariene.

### B. Prosessforståelse

De ulike klimamodellene gir størst spredning i resultatene, det vil si størst usikkerhet, i Arktis. Det er to hovedgrunner for dette: 1) spesielt store naturlige klimavariasjoner på høye nordlige breddegrader svekker signalet fra økt drivhuseffekt og 2) spesielt store vansker i modellene

med å beskrive klimavariasjoner i Arktis. De forenklete prosessbeskrivelsene som benyttes i klimamodellene er oftest utviklet ved lavere breddegrader der klimaet er svært annerledes enn det er i Arktis. Modellering av klima i Arktis kan forbedres ved bruk av finere romlig oppløsning både i hav, atmosfære og på land ved mer spesifikke beskrivelser av prosesser knyttet til skyer, luftlaget nærmest bakken, is, snø, havsirkulasjon og ferskvannsbudsjettet. ACIA2-programmet vil se nærmere på:

- Å øke forståelsen av prosessene som styrer klimasvingninger og endringer.
- Å utvikle metoder for regionale scenarier.
- Endringer i klima og påvirkningene på de nordgående varme havstrømmene.
- Regionale konsekvenser av globale klimaendringer.
- Betydning av regionale hav–is–atmosfæriske interaksjoner.
- Periodiske signaler i klimatisseriene.
- Forholdet mellom regionalt havklima North Atlantic Oscillation (NAO) og Arctic Oscillation (AO).

### C. Biologiske effekter

Det er stor usikkerhet om hvilken betydning følgene av de observerte og forventede klimaendringene vil ha for oseanografiske prosesser og de marine økosystemer. I programmet vil det være et mål å utvikle klimaeffekt-scenarier for «norske» hav- og landområder, i første rekke med fokus på Barentshavet og Svalbard som «case-studies». ACIA2-programmet vil se nærmere på:

- Klimaeffektscenarier for norske hav og landområder.
- Kvantifisering av relasjoner mellom klima og populasjoner av marine organismer.
- Effektene av fremtidige klimaendringer på det marine økosystemet.
- Endringer i utbredelse av økonomisk viktige arter.
- Utvikle modeller av det fysiske miljøet til bruk i effektstudier.

### D. Virkninger på folk og samfunn

Det er fiskeriene, olje/gassvirksomheten og turisme som er de viktigste økonomiske sektorene i det aktuelle området som kan påvirkes av klimaendringer, men også vannkraft, jordbruk og reindrift kan være viktige sektorer i økonomisk og politisk sammenheng. Generelt vil også infrastruktur kunne være utsatt. ACIA2-programmet vil se nærmere på:

- Fiskeri, olje og gass: Endring i vind–bølgeforhold, polare lavtrykk, isgrensen og havtemperatur.
- Jordbruk, reindrift: Vekstforhold, tørke, erosjon, snø, frost/tineperioder.
- Energiproduksjon: Vannkraft, vind, oppvarmingsbehov.
- Infrastruktur: Snølast, flom, urban avrenning, ising, ekstreme vindforhold.
- Turisme: Temperatur og snøforhold, sol/skyforhold, nedbørshyppighet.

## GeoExtreme: Skred og geofare i det fremtidige klima

Christian Jaedicke (christian.jaedicke@ngi.no)  
Norges Geotekniske Institutt  
Sognsveien 72  
0855 Oslo

Geohazards, Climate Change and Extreme Weather Events (GeoExtreme)

A four year project planned by: International Centre for Geohazards (ICG) with partners Norwegian Geotechnical Institute (NGI) and Geological Survey of Norway (NGU); Bjerknes Centre for Climatic Research (BCCR); Centre for International Climate and Environmental Research (CICERO); Norwegian Meteorological Institute (met.no) Project coordinators: Lars Harald Blikra (ICG/NGU) and Anders Solheim (ICG/NGI).

### Background and objectives

Geohazards are events related to geological features and processes that cause loss of life and severe damage to property and the natural and built environment. The most common disasters in Norway are related to avalanches, landslides and floods, exemplified by historical documentation. Geohazards are often triggered as a function of distinct meteorological conditions, in particular extreme weather events, such as major storms, heavy rain and snowfall. Quick-clay slides represent a particularly high risk in eastern and central Norway, but do also occur in parts of western and northern Norway. Snow avalanches affect large parts of western and northern Norway and is the geohazard which most frequently leads to loss of lives and infrastructure damage in Norway. Large rock avalanches, which can generate devastating flood waves (tsunamis), are most common in western Norway and in the Troms area in northern Norway. Debris avalanches and floods are common in most parts of Norway. The number of deaths caused by all types of slides and avalanches in Norway over the past 150 years exceeds 2000, of which snow avalanches are responsible for more than 1500. Statistically, about 10 large slides and avalanches are expected to occur in Norway the next 50–100 years, each with possibly 20–100 deaths, unless preventive planning and actions are made. The society has become more vulnerable to geohazards as a consequence of increased use of susceptible areas.

In addition to a general warming, regional climate models predict an increase in the frequency and strength of extreme weather events in Norway over the next 50 years (RegClim). This may lead to an increase in the frequency of situations leading to geohazards. It should be noted, however, that a climate induced increase in geohazards is not unequivocal. The snow avalanche danger may, for instance, decrease in some regions due to increasing elevation of both the snow line and the timber line.

To point at the threat of hazards is an effective way to illustrate to the public the importance of climate change and its possible consequences. It is nevertheless unclear what implications even unambiguous indications on more severe hazards should have for some of the core issues in climate policy making, such as adaptation and prevention. Relatively few studies have till now studied the socioeconomic costs of hazards in the perspective of the risk and drawn implications for climate policy.

There is an obvious need for an improved understanding of the relationships between meteorological conditions and geohazards, as well as their socio-economic consequences, to plan for mitigation measures in order to minimise future damage and loss of lives. The present project aims at integrating natural and social sciences with the following main objectives:

- To establish relationships between meteorological conditions (triggering factors) and geohazards in the form of avalanches and slides based on past (historical) records for Norway.
- To produce high-resolution climatic scenarios for the next 50 years, as input to assessments of the frequency and dimensions of future geohazard events.
- To establish geohazard scenarios for the next decades in selected regions of Norway based on the above historical records and climate scenarios.
- To assess the socio-economic consequences of geohazards for the Norwegian society with reference to past experience and develop risk-based predictions for the socio-economic consequences of future climate and geohazard scenarios.
- To derive policy implications with a focus on the society's ability to learn by experience and increase its preparedness.

The challenges related to geohazards under a near future changing climatic regime receive particular focus in a recent document from the Norwegian government (St.meld. nr. 39, 2004). The Ministry of Justice and the Police have given the Norwegian Directorate for Civil Protection and Emergency Planning (DSB) a task to establish and maintain contact with the NORKLIMA programme to increase the directorate's preparedness. In this proposal, we focus mainly on different types of gravity-driven mass movements (snow avalanches, debris and clay slides, and rock slides), as the flood problem is covered in another proposal to NORKLIMA (INFRAHEC, by NVE and partners). We will treat flood events to some extent, since they often are connected to slides. However, acquisition of new data on floods will not be a part of the present project, as contact is established with project INFRAHEC, for exchange of data and experience.

## Klimaendringer og betydningen for kystteknikken. Kunnskapsbehov

Alf Tørum (alf.torum@ntnu.no)  
NTNU  
7491 Trondheim

Innlegget tar utgangspunkt i den foreløpige rapporten: Tørum: Change of waves, storm surges, sea level rise and arctic ice conditions due to possible climate change in the time period 2000–2100. Impact on harbour, coastal and arctic engineering in Norway – research needs. 80 sider.

Kystteknikk er: Bygging av konstruksjoner i kystsonen (moloer, kai, mm.), og som er utsatt for bølger og strøm. Erosjon av sandstrender.

Viktig for kystteknikken: Bølger, vannstander (middelvann, tidevann og stormflo), landheving og noen ganger strøm.

Mindre viktig for kystteknikken: Nedbør, vind (bortsett fra at vinden genererer bølger).

Bølger: Resultatene fra CICERO tyder på at det ikke blir noen vesentlige endringer i dimensjonerende bølger langs norskekysten, bortsett fra i nordområdene, hvor det kan bli 10-15% økning. Det er usikkerhet knyttet til anslagene om nordområdene ut fra usikkerhet om hvor isgrensen vil komme til å gå.

Stormflo: Resultater fra CICERO tyder på at det ikke kommer til å bli vesentlige endringer i stormflo langs norskekysten.

Havnivåheving: Det er usikkert hvor mye havnivået vil stige. Det er antydning av en heving på ca. 40 cm i de nærmeste hundre år.

Landheving: Landhevingen i Oslo er ca. 4 mm/år og i Trondheim ca. 3 mm/år. På disse stedene vil landhevingen holde tritt med havnivåhevingen. Langs kysten for øvrig er landhevingen 0-2 mm/år.

Havnivåhevingen vil utgjøre den største trusselen i relasjon til infrastruktur i kystsonen:

- Overskylling av moloer og piler – kostnad med å heve kaiene, kaiskur mm.
- Økt stranderosjon og sanddyneerosjon
- Generelt økt oversvømmelse av lavtliggende områder og lavtliggende vegger, hus, mm.

Is:

- Redusert sjøis vil gjøre det lettere å utvinne olje og gass, skjønt det kan bli økende isbergaktivitet.
- Åpning av Northern Route

Usikkerheter:

- Det er hittil sagt lite om usikkerheten på anslagene om klimarelaterte endringer av bølger, stormflo og havnivåheving.

## Klimaendringers innflytelse på skredfare og fremkommelighet på vegnettet

Jan-Otto Larsen (jan-otto.larsen@vegvesen.no)  
Vegdirektoratet  
Postboks 8142 Dep  
0033 OSLO

Vegnettet ligger pr. i dag utsatt for skred på en rekke strekninger. Mest utsatt er vegene på Vestlandet og i Nord-Norge. Statens vegvesen har i en foreløpig oversikt fra 2001 (Intern rapport nr 2186) kommet til den konklusjon at riksvegnettet har 1771 skredpunkter fordelt på 542 strekninger. I et forsiktig anslag på hvor kostbart det er å sikre riksvegene opp til et tenkt tilfredsstillende risikonivå har det blitt antydning en sum på kr. 15 milliarder. I tillegg kommer skredproblemer på fylkesveger og kommunale vegger.

Statens vegvesen har utarbeidet en fylkesvis oversikt over hvor vegnettet er mest skredutsatt, med forslag til tiltak. Detaljplanene blir utarbeidet etter hvert som det bevilges penger til de enkelte tiltak i henhold til prioriteringsplaner som for tiden er under utarbeidelse på regionnivå. Inntil fysiske tiltak er bygd har vegnettet som ligger utsatt for snøskred fått utarbeidet beredskapsplaner for drifting av skredutsatt veg. I disse beredskapsplanene er det lagt stor vekt på sikkerhet for trafikkanten og personell som brøyter og vedlikeholder vegen. Det vil si at vegen primært skal være stengt når skred går og ikke åpnes igjen før skredfaren er over. Dette fører til at vegger som ligger utsatt for snøskred i utgangspunktet har begrenset fremkommelighet i vinterhalvåret.

Hele grunnlaget for varsling av snøskred, lokalisering av forebyggende tiltak, og dimensjonering og utforming av skredsikring er basert på historiske opplysninger om hvor skred går, hvilke værforhold som fører til skred, hvor ofte de går og med hvilken størrelse de opptrer. Disse opplysningene gir grunnlag for en risikovurdering for trafikkanten og driftspersonell, og danner grunnlaget for utforming og dimensjonering av skredsikringstiltak.

Våre høyfjellsveger får i dag restriksjoner ved sterk vind, og de stenges gjerne under sterk kuling eller liten storm. I tillegg er det vanlig å innføre kolonnekjøring ved vind sterkere enn frisk bris/liten kuling. Både kolonnekjøring og stenging av vegene senker fremkommeligheten og er eksempelvis en stor belastning for næringslivet i distriktene.

Et endret klima er forventet å føre til økt temperatur, økt nedbør og nedbørsintensitet, økt stormaktivitet og stormstyrke. Økt temperatur fører sannsynligvis til en økt frekvens av våte snøskred og sørpeskred der det hovedsakelig går tørre snøskred i dag i lavereliggende områder

(under 800 – 1000 m o. h.). I høyereliggende områder kan det samle seg mer snø med den følge at større snøskred med lengre utløp kan forekomme. Dette kan igjen føre til at områder som ikke har vært rammet av skred vil kunne nås av skred i framtida. Dessuten kan skredene bli større i kjente skredutsatte områder.

Økt nedbør i form av regn og nedbørsintensitet vil kunne føre til at vi får økt frekvens av sørpeskred og flomskred, jordskred. For øvrig vil vi kunne få skred på steder som tidligere ble ansett for å være trygge. Dette vil kunne føre til at antall skredpunkter på vegnettet vil øke, som igjen vil føre til at vi får økt behov for sikring. De sikringstiltak som er bygd kan vise seg å være utilstrekkelige. Vi vil dessuten måtte forholde oss til nye dimensjonerende laster, som også kan føre til dyrere konstruksjoner.

Økt kuling og stormaktivitet vil dessuten kunne føre til økt frekvens av kolonnekjøring og stengning av høyfjellsvegene, som er direkte knyttet til regulariteten på hovedtrafikkårene.

## Klimaendringer og samferdsel

Kaare Flaate (kflaate@online.no)  
Bernhard Herresv 6  
0376 Oslo

### Utgangspunkt

Vi vil få et varmere klima i årene som kommer med en antydning av en økning på 1° til 6°C i middeltemperatur løpet av hundre år. Dette vil føre til mer nedbør (10 til 20 %) og større nedbørsintensitet samt økt frekvens av stormer, økt stormstyrke, større bølger og større springflo. Nedbør i lavereliggende områder forandrer seg fra snø til mer regn og det kan bli større snømengder høyt til fjells.

### Virkinger på vegnettet

Erosjon og flom

Større vannmengder og høyere vannstand øker erosjonsfaren for fyllinger mot vassdrag og for brufundamenter i elveløpene. Flom kan også gå over vegen og svekke veglegemet.

Drenering

Dagens retningslinjer for drenering er ikke dimensjonert for en stor endring i nedbøren. Utviklingen vil kreve større kapasitet på alle deler av dreneringen f. eks. slik som kulverter og grøfter. Nye krav nå!

Year	Place	Type of geohazard	Loss of life
1345	Gauldalen	Quick-clay slide	500?
1625	Bakklandet, Trondheim	Quick-clay slide	20
1679	Several in Sunnmøre	Snow avalanche	130
1701	Navelsaker, Nordfjord	Snow avalanche	14
1702	Borregård	Quick-clay slide	14
1727	Sunnylven	Snow avalanches	20
1731	Skafjellet i Stranda	Rock slide	17
1733	Øvre Oldendalen	Snow avalanche or rockslide	Many
1737	Storlidalen, Oppdal	Snow avalanche or debrisflow	18
1755	Ørsta	Snow avalanche	17
1756	Langfjorden, Romsdal	Rock slide	32
1760	Dale, Rissa	Quick-clay slide	17
1768	Skjea i Sørums	Quick-clay slide	16
1770	Hjørundfjord	Snow avalanche	27
1780	Ulvik kommune	Rock slide and tsunami	Many
1789	Eastern Norway ("Storofsen")	Debris flows and floods	68
1810	Pollfjellet, Lyngen	Rock slide and tsunami	14
1811	Arnafjord, Sogn	Rock slide and tsunami	45
1816	Tiller	Quick-clay slide	15
1846	Nibbedalen, Sunnmøre	Snow avalanche	18
1846	Sæter i Synnølv	Snow avalanche	18
1860	Luster	Snow avalanche	18
1868	Nordvestlandet og Oppdal	Snow avalanche	161
1893	Verdalen	Quick-clay slide	112
1905	Loen	Rock slide and tsunami	61
1906	Steine, Vestvågøy	Snow avalanche	20
1913	Skjåk	Snow avalanche	13
1934	Tafjord	Rock slide and tsunami	41
1936	Loen	Rock slide and tsunami	73
1956	Skredbukta, Sigerfjord	Snow avalanche	13
1956	Lofoten	Snow avalanche	21
1986	Vassdalen	Snow avalanche	16



Figure 1. Number of deaths caused by avalanches and slides in the different Norwegian counties registered in historical archives (Source: Skrednett.no).

Table 1. Large slide and avalanche disasters in Norway (1345-1986) (from NGU)

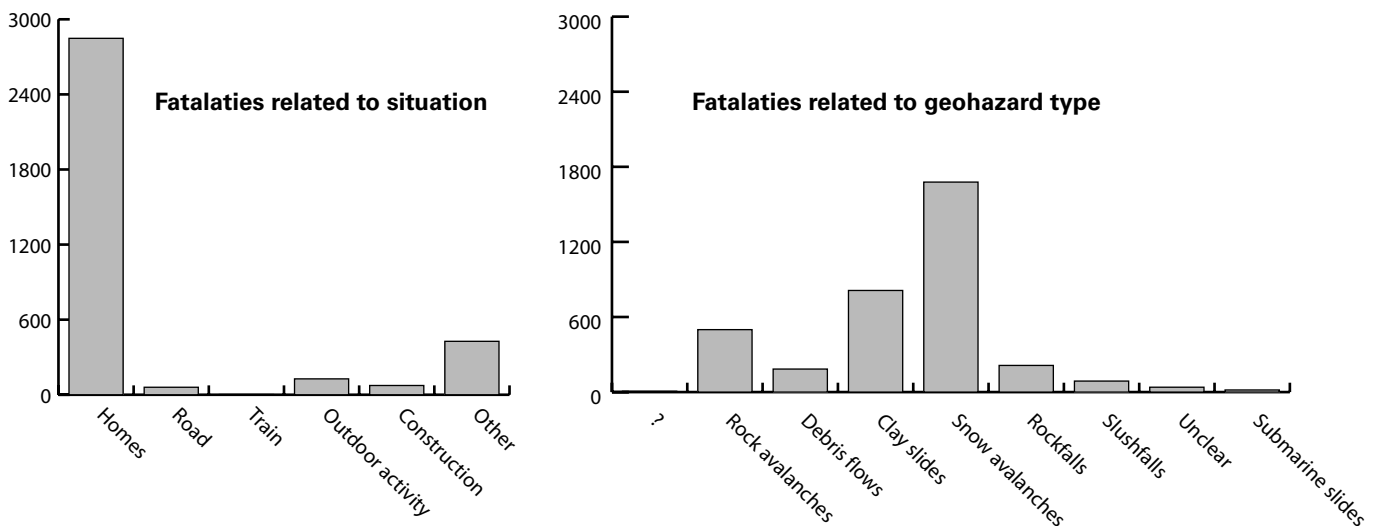


Figure 2. Number of fatalities related to situation and type of geohazard (Source: Skrednett.no).

Skredaktivitet (snøskred, leirskred, jordskred, steinsprang)

Skredaktiviteten vil i sin alminnelighet øke dersom det blir et varmere klima, men det er vanskelig å angi størrelse og omfang for dette. En må regne med at skredene kan forekomme på nye steder.

Vegens bæreevne

En klimaendring kan enkelte steder redusere dekkelevetiden og andre steder øke den. Den totale endring er så liten at den vil være vanskelig å påvise på grunn av andre forhold som påvirker levetiden.

Snø og vind

Mer snø i høyfjellet og mer vind på utsatte veger kan endre forholdene for framkommelighet.

### Virkninger på jernbanenettet

Når det gjelder erosjon, flom, drenering, skred og snø er problemstillingene som for vegnettet.

### Virkningene for luftfarten

Tilstrekkelig drenering under de endrede nedbørforhold må ivaretas. Ellers er det vel i første rekke endringer i stormfrekvens og stormstyrke som vil påvirke regulariteten i luftfarten.

### Virkningene for sjøtransporten

Kaier kan bli oversvømmet som følge av høyere springflo og moloer kan bli utsatt for større påkjenninger enn det tidligere var regnet med på grunn av endret havnivå og større bølger.

### Situasjonen i permafrostområder

I områder med permafrost vil et varmere klima føre til at den aktive sone går dypere ned og at permafrosten blir borte i enkelte områder. Der hvor grunnen ikke er tinstabil vil en få større ujevnheter og setninger enn tidligere med de ulemper dette har for infrastrukturen i samferdsel. De fleste skader som oppstår skyldes likevel ikke klimaendringer, men utførelsen av bygg og anleggsarbeider.

Utviklingen gjør det imidlertid enda viktigere å sørge for å bevare den «naturlige» varmebalansen. Overflatevann vil for eksempel drastisk forsterke den tiningen som måtte være en følge av høyere temperatur. Erfaringen viser at det er stillestående vann som har den største effekt på tineprosessen omkring infrastrukturen for samferdsel og på konstruksjoner for andre formål.

### Hva bør vi gjøre?

Klimamålinger: Det gjøres temperaturobservasjoner i dype borehull i permafrost. Det er ønskelig med et par stykker i tillegg til de som vi allerede har og at de blir supplert med klimastasjoner på samme sted.

Bølgemålinger: Bølgemålinger der hvor slike mangler, for eksempel i Barentshavet.

Erosjon og flom: Følge utviklingen på landsbasis gjennom blant annet vassdragsvesenets registreringer og prosjekter. Spesiell oppmerksomhet rettes mot mulig erosjon rundt brufundamenter.

Hendelser og skader: Systematisk oppfølging av hendelser på veg og jernbanenettet forårsaket av skred, flom, og erosjon og analyse av disse data over årrekker.

Bæreevneutviklingen: Dette følges rutinemessig opp av Statens vegvesen.

Permafrostområder: Systematisk oppfølging av veger og andre konstruksjoner på Svalbard: Tilstandsregistreringer med vurdering av årsaker til endringer og mulige skader sammenholdes med geologi, klima og temperaturen i grunnen. (En ideell oppgave for geologi og teknologi ved UNIS.)

En gjennomgang av erfaringer fra andre land bør gjøres med tanke på norsk næringsliv i utlandet.

Samarbeid: Det er viktig med engasjement fra de «permanente» institusjonene for innsamling og oppbevaring av data slik som Meteorologisk institutt og Vassdragsvesenet i tillegg til de statlige etatene som har ansvaret for den daglige driften (veg, jernbane, sjø, luft) og forskningsinstitusjonene.

---

## Klimaendringer og vassdrag

---

Lars-Evan Pettersson (lep@nve.no)  
Norges Vassdrags- og energidirektorat  
Postboks 5091 Majorstua  
0301 Oslo

Hydrologisk avdeling ved NVE er landets nasjonale institutt for hydrologi. Dette innebærer bl.a. at avdelingen eier og driver et hydrologisk stasjonsnett og at avdelingen administrerer landets hydrologiske database. De hydrologiske dataene er med på å dokumentere hva som faktisk skjer i vassdragene, og de danner grunnlag for diverse hydrologiske analyser og for fremstilling av hydrologiske produkter.

Det hydrologiske stasjonsnettet omfatter stasjoner for vannstand, vannføring, vanntemperatur, sedimenttransport, snø, markvann og grunnvann, inklusive teledyp og grunnvannstemperatur. I tillegg måles breers massebalanse og frontposisjon, istykkelse og snø. En stor del data leveres av kraftverkseierne, som opplysninger om vannføring ved kraftverk, magasin vannstand og snømålinger i reguleringsområdene. Av de ca. 560 vannføringsstasjonene som for tiden er i drift, overføres data fra ca. 250 til NVE i sann tid. Rundt 110 vannføringsstasjoner finnes i de tre fylkene Nordland, Troms og Finnmark, mens fire vannføringsstasjoner ligger på Svalbard.

Data fra vannføringsstasjonene gir oss informasjon om hvordan avrenningsforholdene er fordelt over året i de forskjellige delene av norsk

Arktis. De danner også grunnlag for å beregne det årlige totalavløpet til havet fra de forskjellige delene av Norge, noe som er utført for perioden 1961-2003. Et annet viktig produkt er avrenningskartet for Norge, som viser gjennomsnittlig avrenning i perioden 1961-1990. Dette kartet er basert på en nedbør-avløpsmodell med rutenettoppløsning på én km<sup>2</sup>. Temperatur- og nedbørdata benyttes som input i modellen, som er kalibrert mot data fra et stort antall vannføringsstasjoner i landet. Modellen simulerer bl.a. snømagasinets utvikling og gir som resultat konsistente kart over nedbør, fordampning og avrenning.

Den nevnte nedbør-avløpsmodellen benyttes også for å simulere hydrologiske forhold i et endret klima. Forskjellige klimascenarier benyttes og resultatene må anses som meget usikre. For Finnmark ser det ut til at et varmere og fuktigere klima gir noe mindre avrenning, særlig i de laveste områdene langs kysten og inne på vidda. Dette skyldes sannsynligvis at effekten av økt fordampning er større enn effekten av økt nedbør. I høyereliggende strøk i Troms og Nordland blir det større avrenning. Den største effekten i Nord-Norge blir sannsynligvis at avrenningen forskyves i tid – avrenningen om vinteren og våren blir større mens avrenningen om sommeren blir mindre.

Arealplanlegging langs vassdrag og dimensjonering av anlegg i og langs vassdrag baseres ofte på flomberegninger. Et endret klima byr på utfordringer for hydrologen, fordi de lange tidsserier for flommer som tidligere har vært benyttet for flomberegning kanskje ikke lenger vil være et godt grunnlag for slike beregninger. Vannføringssimuleringer ut fra klimascenarier ser ut at gi både større og hyppigere flommer enn tidligere i store deler av Nord-Norge.

De viktigste hydrologiske konsekvensene av et endret klima er sannsynligvis økt ferskvannstilsig til havet, at vi vil oppleve større og hyppigere flommer, noe som igjen kan føre til hyppigere oversvømmelser, hyppigere isganger enkelte steder, hyppigere ras samt økt erosjon og sedimenttransport.

På Svalbard er klimautviklingens konsekvenser usikker. Et varmere klima kan føre til store forandringer i det aktive laget og til permafrostens utbredelse, og det kan føre til stor bresmelting, større vannføring og flommer i elvene og økt erosjon og sedimenttransport.

---

## Klimaendringer og kraftforsyning

---

Alf Olaussen (alf.olaussen@statnett.no)  
Statnett - Region Nord-Norge  
Raipas  
9509 ALTA

### Innledning

Forrige fagmøte vedr. effekter av klimaendringer på infrastruktur fant sted i Tromsø 10. og 11. januar 2002. Det ble på dette møtet fastslått



at det var kraftnettet som var det mest sårbare. Dette er en konklusjon jeg støtter. Jeg vil konkludere dette ytterligere, og si at det er kraftledningene som er de mest sårbare i forbindelse med en klimaforverring. Koblingsanlegg/transformatorstasjoner vil være mindre utsatt.

### Utviklingstrekk i kraftbransjen

Man har siden Energiloven (1991) ble vedtatt beveget seg fra et regulert til et markedsbasert system. Dette gir mindre kontroll med magasinfylling og stiller større krav til kraftnettets evne til overføring av elektrisk energi mellom geografiske områder (regioner).

Investeringene i nettet har siden begynnelsen av 1990-tallet vært lave. Det er derfor nærliggende å anta at standarden på kraftnettet (elverksbransjen sett under ett) er dårligere i dag enn for 15 år siden, samtidig som nettet er høyere belastet.

En presset kraftbalanse i Norge og Norden stiller krav til nettoimport av kraft, noe som øker avhengigheten av transmisjonsnettet.

En generell nedbemanning i bransjen medfører at man har mindre personellressurser å sette inn ved havarier.

Miljøhensyn fører til at kraftledninger konsentreres i felles traséer, noe som gjør dem utsatt for ras og samme type (ekstreme) klimapåkjenninger.

Det kan ikke leses av statistikk fra 1988 og fram til i dag at værpåkjenninger har medført flere driftsforstyrrelser (utkobling av enkeltledninger/transformatorer) i kraftnettet f.o.m. 132 kV og oppover. Imidlertid kan det se ut som om frekvensen av driftsforstyrrelser som følge av lyn øker.

### Vind/is

Både transmisjons- og distribusjonsnettet er utsatt.

Vind kan medføre sammenslag som gir kortvarige utkoblinger.

Vind kombinert med is kan medføre mastehavariet – noe som kombinert med andre feil i nettet kan medføre langvarige avbrudd.

Statnetts kraftledninger er konstruert for å tåle en isbelastning på 4 – 110 kg/m (avhengig av hvor utsatt ledningsseksjonen antas å være).

### Atmosfærisk ising

#### – påvirkning på kraftledninger

(basert på presentasjon utarbeidet av Svein Fikke – meteorologisk konsulent – tidl. Statnett SF)

Man opererer med flere typer atmosfærisk ising:

- Våt snø – opptrer over hele landet og medfører stor islast på kort tid.
- Ising i skyer – opptrer bare i fjellet (over skybasis).
- Underkjølt regn – lite problem for kraftledningene i Norge.

- Rim – medfører ingen problemer.

Høyere temperatur gir høyere vanninnhold i luften, noe som igjen medfører mer nedbør og høyere vanninnhold i skyer. Større tilgang på «atmosfærisk vann» kan gi oftere ising og større islaster. Høyere frekvens av sterk vind gir kraftledningene mer «juling» (utsving og galoppering) – særlig kombinert med mer og oftere islast.

Klimaendring vil kunne føre til:

- Langs kysten – sjeldnere våtsnø.
- Innlandet – oftere og mer våtsnø.
- Langfjella – oftere og mer våtsnø – mindre skyis under ca. 900 m - mer skyis over ca. 900 m.
- Nord-Norge – mer våtsnø – mindre skyis under 600-700 m.

Dette vil kunne gi større kombinerte laster av is og vind i hele landet utenom i kyststrøkene.

### Ras

Felles traséer for kraftledninger (av miljøhensyn) i rasutsatte områder utgjør et problem. Ett ras kan «ta ut» to (eller flere) ledninger samtidig.

### Konklusjon

Økt frekvens av vind, is og ras vil gi økt hyppighet av utfall av kraftledninger (med mindre tiltak iverksettes). Samtidig belastes/utnyttet kraftnettet stadig hardere, og samfunnet blir stadig mer avhengig av en stabil strømforsyning. Vi snakker altså om en mulig økning både i sannsynlighet for og konsekvens av utfall, noe som gjør at den samlede risikoen øker.

---

## Impacts of Climate Change on Renewable Energy Sources and their role in the Nordic Energy System

---

Árni Snorrason, Jóna Finndís Jónsdóttir og Kristinn Einarsson (ke@os.is)  
Orkustofnun  
Grensásvegi 9  
108 Reykjavík  
Island

«Climate and Energy» (CE) is an ongoing Nordic research project with funding from the Nordic Energy Research (NEFP) and the Nordic energy sector. The main objective of the project is to make a comprehensive assessment of the impact of climate change on renewable energy resources in the Nordic area including hydro-power, wind power, bio-fuels and solar energy.

Motivation. Some of the main hydrological system components are very sensitive to climate change; some of them have a strong feedback to the hydrological system while others change sys-

tematically with climate. Wind fields and storm probabilities may also change. The Arctic region is warming rapidly. This has regional and worldwide hydrological implications. The research community, the European Union, UNESCO's International Hydrological Programme, the World Meteorological Organisation's Hydrology and Water Resources Programme and the International polar year 2007-2008 all encourage research on climate change and its effects. This research project only covers a limited area but it both benefits from other research projects and contributes to the larger picture. In each of the Nordic countries there are active and ongoing national projects in the field of climate research and climate impact assessment. This project integrates their work on both a regional North Atlantic-Nordic-Baltic scale, as well as for cross cutting subjects. The first phase of the project was invoked as «Climate, Water and Energy» (CWE) shortly after the Intergovernmental panel on climate change presented their third assessment report in 2001. The ongoing second phase (CE) takes a broader view on all renewable energy resources and will terminate at the end of year 2006.

Role of renewable energy sources. As a result of the attempts to reduce the human impact on the global climate, the already prominent renewable energy sources will play an increasing role in the Nordic Countries. Since the projected climate changes will in turn influence both the energy requirements and the possibilities of energy production there is a need for evaluation of the impact of climate change on energy production. Furthermore, extreme weather events resulting in e.g. floods, draughts or high wind speeds could impact the operation of the energy system.

Project structure and management. The Climate and Energy project organization is a matrix structure. The project manager is responsible for the overall management of the project with the assistance of the steering group and the reference group, which maintains a direct link with the Nordic energy sector. There are five thematic working groups (hydropower – hydrological models, hydropower – snow and ice, wind, bio-fuels and solar energy) and five crosscutting groups (climate scenarios, statistical analysis, energy systems, information management and final report). The research group is large (over 100 researchers are involved) and spread over eight countries.

Principal research components and some preliminary results. The ultimate result of the project will be a comprehensive report discussing as many aspects as possible of the impact of climate change on energy production. It involves a review of the results of the individual subprojects and apparent gaps will be filled with literature review from adjacent projects. The CE project, and some of its preliminary results, was presented at the Arctic Climate Impact Assessment November 2004 conference in Reykjavik, and additional findings were discussed at a mid-term project meeting in Norrköping in May 2005.



## Is og ising

Sebastian Gerland (gerland@npolar.no)  
Norsk Polarinstitutt  
Polarmiljøseneteret  
9296 Tromsø

Sea ice and icebergs in the Arctic are important for climate related processes, for the ecosystem, and for human activities and infrastructures. Sea ice influences the climate, and it can work as a climate change indicator. At the Norwegian Polar Institute, sea ice research focuses on process studies related to the energy and mass balance of sea ice, and long-term monitoring of ice concentrations, thickness and dynamics. Main working areas are the Fram Strait, Svalbard fjords and the Barents Sea.



## Petroleumsutvinning og klimaendringer

Einar Nygaard (enyg@statoil.com)  
Statoil  
4035 Stavanger

I forbindelse med offshore og onshore olje- og gassutbygginger i den norske delen av Arktis vil det være behov økt kunnskap om naturdata (oseanografi og meteorologi). For å etablere robuste og pålitelige designkriterier for naturdata er det nødvendig med et omfattende datagrunnlag. Foreløpig finnes dette kun for Tromsøflaket.

Det vil blant annet være nødvendig med omfattende bølge- og vindmålinger. Det vil også være nødvendig å etablere et nytt «hindcast» for bølger og vind for norsk Arktis (en forstudie til dette er allerede igangsatt).

Parametre som er spesielle for Arktis og som det er nødvendig med økt kunnskap om er; sjøis, isfjell, polare lavtrykk og ising. Det vil være nødvendig med pålitelig statistikk omkring sjøis når det gjelder blant annet isdrift, istykkelse og skrugarder. Isfjell vil kunne være dimensjonerende for både installasjoner og rørledninger. Det vil si at installasjoner enten må designes slik at de tåler en kollisjon eller at de må kunne frikobles på en effektiv måte. Det er også knyttet stor usikkerhet til ising på grunn av sjøsprøyt. Det meste av kunnskapen omkring dette er fra fartøy som har vært i et området i en kort periode. Det er lite dokumentasjon fra installasjoner som har stått eksponert gjennom en hel vinter.

Det er et faktum at værvarselet for nordområdene er mindre pålitelig enn andre steder på norsk sokkel. I forbindelse med økt oljeaktivitet i nordområdene vil det bli behov for å utføre kritiske operasjoner. Mange av disse operasjonene har strenge værkrakterier, og et godt værvarsel vil være nødvendig. Manglende observasjonsgrunnlag og urolig vær i vinterhalvåret er de to viktigste årsakene til at værvarselet er mindre pålitelig i nordområdene enn andre steder på norsk sokkel.

Vinterscener fra Hammerfest (Foto: Husbanken, Hammerfest regionkontor)

Modeller for varsling av sjøis og isfjell må etableres og valideres (dette er delvis gjort allerede). For å gjøre dette på en god måte vil det være nødvendig med økt observasjonsgrunnlag for sjøis- og isfjelldrift.

## Klimatilpassing av boliger og bomiljø i værharde strøk

Lene Edvardsen  
(lene.ragnhild.edvardsen@husbanken.no)  
Husbanken – Regionkontor Hammerfest  
Postboks 480  
9615 Hammerfest

Husbanken ønsker å fremme gode boliger i gode bomiljøer ved å ha fokus på stedstilpassing. Det er også et sentralt mål for oss å bidra til effektiv ressursbruk og bruk av miljøvennlig energi i boligsektoren. Forskning, aktivt utviklingsarbeid, rådgivning, informasjon, veiledning og samarbeid med private og offentlige aktører i byggebransjen er nødvendige forutsetninger for å nå ønsket resultat.

I Norge har vi mange værharde strøk. I disse områdene er det særlig viktig at boligplanleggingen tar hensyn til det lokale klimaet. Det bidrar til å redusere de årlige kostnadene for eieren og

bedrer brukskvaliteten i boligen og til uteområdene. Husbanken har vært og er en aktiv deltaker i utviklingsarbeid på dette området og har utgitt brosjyrer og veiledningshefter, produsert multivisjonsprogram, støttet forskningsprosjekt, arrangert kurs- og konferanser samt deltatt med foredragsholdere på konferanser i Norge og i utlandet.

Hva innebærer klimatilpassing? Klimatilpassing av bebyggelse foregår med ulike hensikter og på mange nivå. En kan skille mellom tre hovedmål:

1. Redusere slitasje og skader på bygninger og bygningsdeler.
2. Redusere energitap fra boligene.
3. Bedre bruksegenskapene til boligene og til uterom som for eksempel terrasser, gater, gangveier, inngangspartier, lekeplasser.

Dette kan oppnås ved tiltak på ulike nivå:

1. God lokalisering av bebyggelsen.
2. God gruppering av bygningene i forhold til hverandre, til topografi og til vegetasjon.
3. God orientering av bygninger og grupper av bygninger.
4. God utforming av bygningsvolumene.
5. Gode disposisjoner som organiserer aktiviteter i og rundt bygningene.
6. God utforming av bygningsdeler og konstruksjoner.
7. God detaljering og gode valg av materialer.
8. Godt vedlikehold.

Det som må sees i tett sammenheng med klimatilpasningen er hvordan man mest effektivt kan redusere energitap fra boligene. Kunnskap om energiøkonomisering i bygninger har økt de siste årene, og det er fra Kommunal- og regionaldepartementet utarbeidet en egen miljøhandlingsplan. Energi er en ressurs som må forvaltes med omtanke. Energifrisene øker, og reservene minker. I tillegg resulterer bruk av en del energikilder i økte forurensningsproblemer. Hensynet til vårt miljø og til våre etterkommere tilsier derfor at vi må redusere energiforbruket vårt ganske betydelig.

Kvalitet og miljø er avhengig av at den enkelte bolig settes inn i en overordnet plansammenheng, og det er kommunen som har det overordnede planansvaret. Den enkelte bolig inngår i en større fysisk og sosial sammenheng. Mulighetene for å oppnå gode bolig- og miljøkvaliteter avgjøres i stor grad av forhold som den enkelte utbygger ikke tar hånd om. Endringene fra å bygge ut rene boligområder til å bygge i og forbedre eksisterende urbane miljøer, stiller større krav til kommunal planlegging enn tidligere.

Mange kommuner sliter med manglende kapasitet og kompetanse til å håndtere disse oppgavene. Det er derfor en utfordring for kommunene å legge opp en strategi som på sikt styrker planleggingen. På den annen side vil klare rammebetingelser og overordnede planer gjøre saksbehandlingen for hvert enkelt boligprosjekt enklere, og i neste omgang kunne spare kommunen for resursbruk og utgifter til denne fasen av byggesaken. Ved at aktuelle aktører i et boligprosjekt kommer tidlig inn i planleggingsfasen og arbeider i forkant, har man den beste muligheten for å ta hensyn til steds- og klimatilpasning. Ikke minst med tanke på å omsette forskning i praktisk handling.

---

## Klimaendringer, grunnforhold og konstruksjon

---

Dir. Ing. Arne Instanes (arne.instones@opticonsult.no)  
Opticonsult AS  
Storetveitvegen 98  
5072 Bergen

Denne presentasjonen viste konsekvenser av klimaendringer på infrastruktur gjennom tre eksempler.

### Eksempel 1

#### Endring i tinedybde og permafrosttemperatur pga temperaturøkning

Det ble vist eksempler på teoretisk beregning av tinedybde for permafrost på Svalbard. I tillegg ble det presentert beregninger for banelegemet på Svalbard Lufthavn basert på historiske data (1910-2000) og to klimascenarier (2000-2050). Da banen ble bygd på midten av 1970-tallet var teoretisk tinedybde i underkant av 0,9 meter. Dette kan øke til mellom 1,3 og 1,5 meter i løpet av de neste 50 år. Det er mulig å håndtere, men vil kunne utløse økte vedlikeholdskostnader. Det antas at en positiv effekt av en global oppvarming vil være at teleskader i områder med sesongfrost vil bli redusert.

### Eksempel 2

#### Stabilitet av skråninger

Eksemplet tok for seg spørsmål knyttet til:

- hva som forårsaker instabilitet av skråninger ved store nedbørmengder
- om det er mulig å forutsi slike hendelser
- hvordan stabilitet av skråninger blir påvirket av store nedbørmengder

### Eksempel 3

#### Energiforbruk i bygg

Dette eksemplet viste hvordan energiforbruk i bygg kan reduseres ved å øke isolasjonstykkelser i vegger, tak og gulv. Videre ble det presentert beregninger for redusert energiforbruk ved et varmere klima i Arktis.

## Deltakerliste

Fagmøte om klimaendringer i norsk Arktis:  
Kunnskapsbehov og tilpasningsstrategier for infrastruktur

Navn	Institusjon	E-post
Aronsen, Viggo	Statens vegvesen, Region nord	viggo.aronsen@vegvesen.no
Brodersen, Christopher	Norsk Polarinstitutt	brodersen@npolar.no
Christophersen, Øyvind	Statens forurensningstilsyn	chr@sft.no
Edvardsen, Lene	Husbanken	lene.ragnhild.edvardsen@husbanken.no
Einarsson, Kristinn	Orkustofnun, Hydrologisk avd.	ke@os.is
Enden, Dag Trygve	Olje- og energidep.	dte@oed.dep.no
Enge, Ståle	Statnett SF	stale.enge@statnett.no
Fikke, Svein M.	Statnett	s.fikke@online.no
Flaate, Kaare		kflaate@online.no
Furevik, Tore	UiB/Bjerknessenteret	tore@gfi.uib.no
Fyhn, Asbjørg	Troms fylkeskommune	asbjorg.fyhn@tromsfylke.no
Førland, Eirik	Meteorologisk institutt	e.forland@met.no
Gerland, Sebastian	Norsk Polarinstitutt	gerland@npolar.no
Grande, Lars	UNIS-AT, NTNU-IVT-BAT-Geoteknikk	lars.grande@unis.no
Grønvik, Sidsel	Norsk institutt for naturforskning	sidsel.gronvik@nina.no
Hald, Morten	Universitetet i Tromsø	Morten.Hald@ig.uit.no
Helgaas, Ole-André	Statens vegvesen, Region nord	oleanh@vegvesen.no
Hovelsrud-Broda, Grete	CICERO	grete.hovelsrud-broda@cicero.uio.no
Instanes, Arne	Opticonsult AS	arne.instanes@opticonsult.no
Jaedicke, Christian	Norges Geotekniske Institutt	christian.jaedicke@ngi.no
Kibsgaard, Anne	Norsk Polarinstitutt	kibsgaard@npolar.no
Koc, Nalan	Norsk Polarinstitutt	nalan.koc@npolar.no
Larsen, Jan-Otto	Statens vegvesen Vegdirektoratet	jan-otto.larsen@vegvesen.no
Lund, Per Tore Jensen	Norges vassdrags- og energidirektorat	tjl@nve.no
Løbersli, Else Marie	Direktoratet for naturforvaltning	else.lobersli@dirnat.no
Njåstad, Birgit	Norsk Polarinstitutt	njaastad@npolar.no
Nygaard, Einar	Statoil	enyg@statoil.com
Olaussen, Alf	Statnett SF, Vedlikeholdsdiv.	
Region Nord-Norge	alf.olaussen@statnett.no	
Olbjørn, Ulrik	Statoil	ulriko@statoil.com
Orheim, Olav	Norsk Polarinstitutt	orheim@npolar.no
Overrein, Øystein	Norsk Polarinstitutt	overrein@npolar.no
Pettersen, Marit Viktoria	Miljøverndepartementet	Marit.Viktoria.Pettersen@md.dep.no
Pettersen, Lars-Evan	NVE	lep@nve.no
Pinholt, Karen	Miljøverndepartementet	karen.pinholt@md.dep.no
Prick, Angelique	UNIS	ipa@unis.no
Rogstad, Gry	Statens Vegvesen Vegdirektoratet	gry.rogstad@vegvesen.no
Rosland, Audun	Statens forurensningstilsyn	audun.rosland@sft.no
Sander, Gunnar	Norsk Polarinstitutt	sander@npolar.no
Skoglund, Toril	Troms fylkeskommune	toril.skoglund@troms-f.kommune.no
Tangen, Helge	Meteorologisk institutt	helget@met.no
Thiis, Thomas	Universitetet for Miljø og Biovitenskap	thomas.thiis@umb.no
Toresen, Håvard	Miljøverndepartementet	havard.toresen@md.dep.no
Tørum, Alf	NTNU	alf.torum@ntnu.no
Winther, Jan-Gunnar	Norsk Polarinstitutt	winther@npolar.no
Ødegaard, Ole Christian	Vegdirektoratet	ole.odegaard@vegvesen.no

Tidspunkt	Program	Innleder
<b>Tirsdag 21. juni</b>		
12:00	Velkommen og introduksjon	Christopher Brodersen, Norsk Polarinstitutt
12:10	ACIA: En oppsummering av arbeidet med fokus på nøkkelfunn av betydning for norsk Arktis.	Jan-Gunnar Winther, Norsk Polarinstitutt
12:40	ACIA Infrastruktur: En oppsummering med fokus på konklusjoner av betydning for norsk Arktis.	Arne Instanes, Opticonsult
13:10	Strategi for norsk oppfølging av ACIA (ACIA 2)	Grete Hovelsrud-Broda, CICERO
<b>Infrastruktur: Overordnede problemstillinger</b>		
13:40	GeoExtreme: Skred og geofare i det fremtidige klima	Christian Jaedicke, NGI
13:55	Klimaendringer og betydningen for kystteknikken. Kunnskapsbehov	Alf Tørum, NTNU
14:15	KAFFEPAUSE m. fremvisning av filmen "Impacts of a warming Arctic"	
<b>Samferdsel: Kunnskapsstatus, kunnskapsbehov og mulige tilpasningsstrategier</b>		
14:35	Klimaendringers innflytelse på skred	Jan Otto Larsen, Vegdirektoratet
14:55	Klimaendringer og samferdsel	Kaare Flaate
<b>Fornybare energikilder: Kunnskapsstatus, kunnskapsbehov og mulige tilpasningsstrategier</b>		
15:15	Klimaendringer og vassdrag	Lars-Evan Petterson, NVE Statnett
15:35	Klimaendringer og kraftforsyning	Alf Olaussen
15:55	Impacts of Climate Change on Renewable Energy Sources and their role in the Nordic Energy System	Kristinn Einarsson, Orkustofnun, Island
16:25	KAFFEPAUSE m. fremvisning av filmen "Impacts of a warming Arctic"	
<b>Petroleum: Kunnskapsstatus, kunnskapsbehov og mulige tilpasningsstrategier</b>		
16:45	Is og ising	Sebastian Gerland, Norsk Polarinstitutt
17:05	Petroleumsutvinning og klimaendringer	Einar Nygaard, Statoil
16:00	Oppsummering og avslutning	
<b>Bosetting: Kunnskapsstatus, kunnskapsbehov og mulige tilpasningsstrategier</b>		
17:25	Klimaendringer og det bygde miljø	Lene Edvardsen, Husbanken H-fest
17:45	Klimaendringer, grunnforhold og konstruksjon	Arne Instanes, Opticonsult
18:05	Oppsummering og fordeling av arbeidsgrupper	Christopher Brodersen, Norsk Polarinstitutt
18:30	Middag	Arktika
<b>Onsdag 22. juni</b>		
08:30	Arbeidsøkt 1	Arbeidsgruppene
10:30	KAFFEPAUSE	
11:00	Arbeidsøkt 2	Arbeidsgruppene
12:30	LUNSJ	
13:00	Arbeidsøkt 3 Forberedelse av rapport/presentasjon	Arbeidsgruppene
14:30	KAFFEPAUSE	
15:00	Presentasjon fra arbeidsgruppene	Arbeidsgruppene
15:30	Diskusjon	Alle

---

## Forkortelser

---

ACIA	Arctic Climate Impact Assessment
CICERO	Centre for International Climate and Environmental Research
DSB	Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap
IPY	International Polar Year
KS	Kommunenes sentralforbund
MD	Miljøverndepartementet
NGI	Norges geotekniske institutt
NGU	Norges geologiske undersøkelse
NP	Norsk Polarinstitutt
NTNU	Norges tekniske og naturvitenskapelige universitet
NVE	Norges vassdrags- og energidirektorat
SFT	Statens forurensningstilsyn
UiB	Universitetet i Bergen
UMB	Universitetet for miljø- og biovitenskap
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNIS	Universitetssenteret på Svalbard