



Nordiskt forsknings- samarbete om klimat- förändringen och dess konsekvenser i Arktis

Kartläggning av kunskaps- och koordineringsbehovet

Gaia Consulting Oy
NordForsk

Nordiskt forskningssamarbete om klimatförändringen och dess konsekvenser i Arktis
Kartläggning av kunskaps- och koordineringsbehovet

TemaNord 2007:580

© Nordiska ministerrådet, Köpenhamn 2007

ISBN 978-92-893-1562-3

Tryck: Expressen Tryk & Kopicenter

Omslag: Kjell Olsson

Layout: Publikationsenheten

Omslagsfoto: Nikolaj Bock, norden.org

Upplaga: 250

Tryckt på miljövänligt papper som uppfyller kraven i den nordiska miljösvanemärkningen.

Publikationen kan beställas på www.norden.org/order. Fler publikationer på

www.norden.org/publikationer

Printed in Denmark

Nordiska ministerrådet

Store Strandstræde 18

DK-1255 Köpenhamn K

Telefon (+45) 3396 0200

Fax (+45) 3396 0202

Nordiska rådet

Store Strandstræde 18

DK-1255 Köpenhamn K

Telefon (+45) 3396 0400

Fax (+45) 3311 1870

www.norden.org

Det nordiska samarbetet

Det nordiska samarbetet är ett av världens mest omfattande regionala samarbeten. Det omfattar Danmark, Finland, Island, Norge och Sverige samt de självstyrande områdena Färöarna, Grönland och Åland.

Det nordiska samarbetet är politiskt, ekonomiskt och kulturellt förankrat och är en viktig partner i europeiskt och internationellt samarbete. Den nordiska gemenskapen arbetar för ett starkt Norden i ett starkt Europa.

Det nordiska samarbetet vill styrka nordiska och regionala intressen och värderingar i en global omvärld. Gemensamma värderingar länderna emellan bidrar till att stärka Nordens ställning som en av världens mest innovativa och konkurrenskraftiga regioner.

Innehållsförteckning

Förord	7
Sammanfattning	9
Summary	11
Yhteenveto	13
1. Inledning	15
1.1 Bakgrund och behov av kartläggning	15
1.2 Kartläggningens intressenter	17
1.3 Nordisk styrka – förutsättningar för samnordisk forskning	18
1.4 Samarbetsmekanismer och potentiella nordiska åtgärder	20
2. Projektets syfte, fokus och metoder	25
2.1 Syfte	25
2.2 Fokus och metoder	25
2.2.1 Fokus	25
2.2.2 Geografiska avgränsningar	27
2.2.3 Metoder	28
2.2.4 Kriterier för prioritering av nordisk forskning	30
3. Kunskaps- och koordineringsbehov av nordisk klimatforskning	33
3.1. Inledning till analys av den vetenskapliga forskningssituationen	33
3.2 Klimatmodeller och -scenarier	34
3.2.1 Det tematiska området & de centrala drivkrafterna för forskning	34
3.2.2 Forskningsaktiviteternas status	36
3.2.3 Kunskapsluckor och överlappning	41
3.3 Klimatprocessernas effekter (terrestriskt och marint)	42
3.3.1 Det tematiska området & de centrala drivkrafterna för forskning	42
3.3.2 Forskningsaktiviteternas status	44
3.3.3 Kunskapsluckor och överlappning	51
3.4 Samhällens sårbarhet och anpassningsstrategier	54
3.4.1 Det tematiska området & de centrala drivkrafterna för forskning	54
3.4.2 Forskningsaktiviteternas status	56
3.4.3 Kunskapsluckor och överlappning	62
3.5 Övervakning – plattformar för övervakning av miljö och klimat	64
3.5.1 Beskrivning av Det tematiska området & de centrala drivkrafterna för forskning	65
3.5.2 Övervakningsaktiviteternas status	67
3.5.3 Övervakningsluckor och överlappning	73
4. Preliminära förslag till samnordiska forskningsprioriteter	75
4.1 Bearbetning och identifikation av prioritetsinitiativ inom ramen för ARKUFO-workshop	75
4.2 Nordiska prioritetsområden och förslag till prioritetsinitiativ	77
4.2.1 Klimatmodeller och -scenarier	77
4.2.2 Klimatprocessernas effekter	80
4.2.3 Samhällens sårbarhet och anpassningsstrategier (”multiple stressors”)	84
4.2.4 Övervakning av miljö och klimat	89
4.2.5 Övergripande gemensamma teman	93

5. Konklusioner och rekommendationer	95
Källor	99
Bilaga I: ARKUFO Workshop program och deltagarlista.....	101
Bilaga II: Medlemmar i Referensgruppen.....	105
Bilaga III: Preliminär lista av nationella övervakningsnätverk, övervakningsstationer och parametrar i Norden.....	107
Bilaga IV: Utvalda forskningsaktiviteter, rapporter, projekt och undersökningar som tagits i betraktande under ARKUFO-kartläggningen	111

Förord

Denne studien inneholder en kartlegging av kunnskaps- og koordineringsbehovet for en forskningssatsing på klimaet og miljøforandringene i Arktis. Det er altså spørsmål om et i høyeste grad aktuelt og viktig område, og jeg er svært glad over at vi nå har fått denne rapporten.

Ved hjelp av innspill fra utvalgte klimaforskere og representanter for nasjonale forskningsråd i Norden har man funnet fram til 13 forsknings- og overvåkingsinitiativ der nordisk samarbeid kan by på særlige fordeler for de arktiske områdene. Initiativene man er kommet fram til kan generelt sett sammenfattes i to hovedområder:

- Initiativ for fordypet kunnskap om klimautviklingen i Arktis gjennom modellering og observasjoner av atmosfæriske, marine og terrestre klimaparameter samt
- Initiativ for fordypet kunnskap om klimautviklingens påvirkning på økosystem og samfunn, utvikling av risikoanalyser, tiltaks- og tilpasningsstrategier

De nordiske land har identifisert klima- og miljøspørsmålene som et av de felles strategiske samarbeidsområdene. Også statsministrene utpekte på sitt møte i juni 2007 spørsmål om klima, energi og miljø som et av tyngdepunktene i en framtidig nordisk toppforskning.

Som alltid når det gjelder det nordiske bør man konsentrere seg om områder der nordisk samarbeid kan by på særskilte fordeler for de nordiske land og komplettere andre nasjonale, regionale eller internasjonale initiativ. Denne rapporten viser på en gledelig måte at det fins flere slike muligheter for Norden å gjøre en betydningsfull innsats innenfor området arktisk forskning.

Miljøsituasjonen i Arktis var et av hovedtemaene for det norske formannskapet i Nordisk Ministerråd i 2006. Finland har i sitt formannskapsprogram 2007 blant annet tatt hensyn til det arktiske samarbeidet som skjer i det Internasjonale Polarårets tegn 2007–2008.

Jeg gleder meg til å delta i spennende diskusjoner om framtidige nordiske arktiske aktiviteter og forventer at Norden også i fortsettelsen kommer til å sette sitt stempel på førsteklasses arktisk forskning.



Øystein Djupedal
Kunnskapsminister

Sammanfattning

Det arktiska området, som utgör en unik del av geosfären, har upplevt omfattande förändringar såväl i naturmiljön som i samhällssystemen under de senaste decennierna. Fortsatta utsläpp av växthusgaser kommer med stor sannolikhet under 2000-talet att leda till en global uppvärmning som är större än den vi upplevt under 1900-talet. De senaste forskningsresultaten har identifierat Arktis som ett av de områden som drabbas mest av klimatförändringens konsekvenser.

De nordiska länderna har identifierat klimat- och miljöfrågorna som ett av de gemensamma strategiska samarbetsområdena. Även om klimatförändringen är ett globalt problem, finns det flera argument för de nordiska länderna att fokusera en del av sina resurser speciellt på klimatforskning i de arktiska områdena. Samtidigt är det ytterst väsentligt att förstå, att de snabba förändringarna som pågår i olika arktiska områden inte sker isolerat utan i ett tätt nätverk av återkopplingsmekanismer som är kopplade till andra regionala och globala processer.

När det gäller arktiska klimatfrågor bör förverkligandet av det nordiska samarbetet koncentreras på områden där samarbetet kan erbjuda speciella fördelar för de nordiska länderna och Arktis i sin helhet. Samtidigt ska samarbetet noggrant tillvarata och komplettera andra nationella, regionala eller internationella initiativ.

Denna kartläggning har analyserat förutsättningarna för nordiskt forskningssamarbete i anknytning till klimatförändringen och dess konsekvenser i Arktis. Genom att identifiera prioriterade områden och forskningsinitiativ, där nordisk styrka på ett konkret sätt kan vara till nytta för de nordiska länderna, ska kartläggningen tjäna som ett viktigt planeringsverktyg för nordisk klimatforskning i Arktis.

Kartläggningen har inkluderat en expertanalys av forskningsstatus, luckor, överlappning och potentiella samnordiska synergieffekter. Analysen har utgjort grunden för identifikation av samnordiska prioriteter inom kartläggningens tematiska fokusområden – *Klimatmodeller- och scenarier*, *Klimatprocessernas effekter*, *Samhällens sårbarhet och anpassningsstrategier*, *Övervakning* samt *Övergripande klimatfrågor*.

Med hjälp av bidrag från utvalda klimatforskare och representanter från nationella forskningsråd i Norden har 13 forsknings- och övervakningsinitiativ identifierats där nordiskt samarbete kan erbjuda speciella fördelar för de arktiska områdena. Generellt kan de identifierade initiativen sammanfattas i två huvudområden, dvs. i) initiativ till fördjupade studier i klimatutvecklingen i Arktis genom modellering och observationer av atmosfäriska, marina och terrestra klimatparametrar samt ii) initiativ till fördjupade studier i klimatutvecklingens påverkan på ekosystem

och samhälle, utvecklande av riskanalyser, åtgärds- och anpassningsstrategier. Överhuvudtaget lyfter kartläggningen starkt fram sammankopplingarna mellan olika klimatprocesser och det ökade behovet av multidisciplinärt och sektorövergripande arbete med integrerad lokal kunskap.

De identifierade initiativen täcker inte uttömmande alla forskningsluckor och behov i den arktiska klimatforskningen, men representerar forskningsfrågor där ett klart behov för framsteg existerar och där nordiskt samarbete med stor sannolikhet kan erbjuda speciell nytta. Initiativen utgör härmed en solid bas för forskningssamfund och beslutsfattare att utgående från kartläggningens tematiska fokusområden diskutera de forskningsfrågor och initiativ som ska prioriteras för långsiktigt nordiskt klimatforskningssamarbete i Arktis.

Det finns flera olika alternativ till att precisera, planlägga och genomföra de identifierade prioritetsinitiativen, beroende bl.a. på tillgången till finansiella resurser, intresse hos de nationella forskningssamfunden samt på politisk vilja bland nordiska beslutsfattare. Således behöver vi nu en aktiv och öppen debatt om hur valda initiativ optimalt ska föras vidare i olika frågor, bl.a. i) med vilka andra samarbetskonstellationer (nationellt, regionalt, internationellt) forsknings- eller övervakningsinitiativen kan sammankopplas eller koordineras, ii) på vilken policynivå av nordiskt samarbete initiativen ska förverkligas, och iii) med vilka instrument och inom vilken tidsfrist initiativen ska realiseras och finansieras.

Vissa initiativ eller steg kan påbörjas med relativt begränsade resurser. Långsiktigt samarbete förutsätter däremot mer omfattande satsningar och ett klart engagemang för samarbete hos de nationella forskningsråden och beslutsfattarna för forskningsfinansiering i de nordiska länderna. Förverkligandet av samarbete och realiseringen av den samhälleliga nytta som forskningssamarbetet kan medföra kräver därtill ett aktivt sektorövergripande samarbete mellan andra beslutsfattare inom den offentliga och privata sektorn.

Vi får regelbundet färsk forskningssamfund som ger besked om klimatändringens konsekvenser som i snabb takt fortskrider i Arktis. Klimatforskning på hög nivå ökar samhällets förståelse av klimatprocesser och förbättrar möjligheterna till välinformerade beslut om minskning av utsläpp och om anpassning. Genom noggrant utvalda, gemensamma forsknings- och övervakningsinitiativ kan de nordiska länderna bidra till en mer hållbar utveckling för samhällena och ekosystemen i Arktis.

Summary

The Arctic region, which represents a unique part of the world, has experienced extensive changes to the natural environment and its social structure over recent decades. Continued levels of greenhouse gas emissions will more than likely lead to global warming during the 21st century more serious than that seen during the 20th century. The latest research has identified the Arctic as one of the areas which will be worst affected by the consequences of climate change.

The Nordic countries have identified climate and environmental issues as areas of common strategic cooperation. Whilst climate change is a global problem, there are a number of reasons why the Nordic countries should focus some of their resources on climate research in the Arctic region in particular. It is also very important to understand that the rapid changes taking place in the Arctic are not isolated, but are closely linked to other regional and global processes.

The realisation of Nordic cooperation within Arctic climatic issues should concentrate on ways of offering specific benefits to the Nordic countries and the Arctic as a whole. Furthermore, it should take careful consideration of and complement other national, regional or international initiatives.

The report has analysed the conditions necessary for Nordic cooperation within research on climate change and its consequences in the Arctic. By identifying priorities and research initiatives by which Nordic strengths can be converted to Nordic benefit, the report will serve as a vital planning tool for Nordic climatic research in the Arctic.

The report includes expert analysis on research status, gaps, overlaps and potential regional synergies. The analysis has provided the background for identification of regional priorities within the thematic focus of the report: *Climate models and scenarios*, *The effects of climatic processes*, *The vulnerability of society and adaptive strategies*, *Monitoring* and *General climatic issues*.

Assisted by the input from selected climate researchers and representatives from national research councils in the Nordic region, 13 research and monitoring initiatives have been identified, for which Nordic cooperation can offer special benefits for the Arctic. The initiatives identified can in general be divided into two categories, i) initiatives for more in-depth understanding of climatic development in the Arctic by modelling and observations of atmospheric, marine and terrestrial climate parameters, and ii) initiatives for more in-depth understanding of the effect of climatic development on the ecosystem and society, the development of risk analyses, measures and adaptive strategies. On the whole, the report

strongly emphasises the relationship between various climatic processes and the increased need for multidiscipline and inter-sector work with integrated local knowledge.

The initiatives identified do not cover all research gaps and needs within Arctic climatic research, but represent research issues where a clear need for progress exists and where Nordic cooperation will in all probability be of particular benefit. They therefore represent a solid base for researchers and decision-makers to discuss which research issues and initiatives ought to be prioritised for long-term Nordic climatic research cooperation in the Arctic.

There are already several different alternatives defining, planning and executing the prioritised initiative identified, related to the availability of financial resources, the interest of the national research societies and political will amongst Nordic decision-makers. As such, the next step must be active and open debate on how the initiatives selected can be best put into practice, with regard to such as, i) What other cooperative constellations (national, regional, international) can the research or monitoring initiatives be linked or coordinated with?; ii) At what policy level of Nordic cooperation should the initiative be implemented?; and iii) With what instruments and within what timeframe should they be realised and financed?

Certain initiatives or steps can be started with relatively limited resources. On the other hand, long-term schemes will require significant investment and clear commitment to cooperation from the national research councils and decision-makers for research finance within the Nordic countries. Realisations of cooperation and its social benefits can also require active inter-sector cooperation between other decision-makers within the public and private sectors.

The most recent research yields regular warnings of the consequences of climate change which is rapidly taking place in the Arctic. Climatic research at high level boosts society's understanding of the climate process and improves the chances of well-informed decisions on the reduction of emissions and adaptation. By implementing carefully selected research and monitoring initiatives, the Nordic countries can contribute to sustainable development for society and the ecosystem in the Arctic.

Yhteenveto

Arktisella alueella, joka muodostaa ainutlaatuisen osan maailmaamme, on viime vuosikymmenien aikana tapahtunut huomattavia muutoksia sekä luonnossa että yhteiskuntajärjestelmissä. Jos kasvihuonekaasupäästöt jatkuvat, ne johtavat erittäin todennäköisesti suurempaan maailmanlaajuiseen ilmaston lämpenemiseen 2000-luvulla kuin minkä olemme kokeneet 1900-luvulla. Viimeisten tutkimustulosten mukaan arktinen alue on yksi alueista, joilla ilmastomuutosten seuraukset ovat kaikkein suurimmat.

Pohjoismaat ovat määritelleet ilmasto- ja ympäristökysymykset yhdeksi yhteisistä strategisista yhteistyöalueistaan. Vaikka ilmastomuutokset ovatkin maailmanlaajuinen ongelma, Pohjoismailla on monia syitä kohdistaa voimavarojaan erityisesti arktisen alueen ilmastontutkimukseen. Samaan aikaan on erittäin tärkeää ymmärtää, että arktisella alueella tapahtuvat nopeat muutokset eivät ole erillisiä ilmiöitä, vaan ne ovat kiinteässä yhteydessä muihin alueellisiin ja maailmanlaajuisiin prosesseihin.

Arktisen alueen ilmastokysymyksiin liittyvän pohjoismaisen yhteistyön tulee keskittyä kysymyksiin, joista on erityisetuja sekä Pohjoismaille että arktiselle alueelle kokonaisuutena. Samaan aikaan yhteistyössä tulisi huomioida kansalliset, alueelliset ja kansainväliset hankkeet ja täydentää niitä.

Tässä raportissa on analysoitu arktisen alueen ilmastomuutoksiin ja sen seurauksiin keskittyvän pohjoismaisen tutkimustyön edellytyksiä. Tunnistamalla priorisoituja kysymyksiä ja tutkimushankkeita, jotka mahdollistavat pohjoismaisen vahvuuden konkretisoinnin pohjoismaiseksi eduksi, tämä raportti toimii tärkeänä suunnittelutyökaluna Pohjoismaiden arktisen alueen ilmastontutkimukselle.

Raportti sisältää asiantuntija-analyysin tutkimustyön tämänhetkisestä tilasta, sen puutteista, kaksinkertaisesta työstä ja mahdollisista yhteispohjoismaisista synergioista. Analyysi on luonut pohjan yhteispohjoismaisten priorisointien tunnistamiselle seuraavilla teema-alueilla: *Ilmastomallit ja -skenaariot, ilmastoprosessien vaikutukset, Yhteiskunnan haavoittuvuus ja sopeutumisstrategiat, Seuranta sekä Yleiset ilmastokysymykset*.

Erityisesti valittujen ilmastontutkijoiden ja Pohjoismaiden kansallisten tutkimusneuvostojen edustajien avulla on tunnistettu 13 tutkimus- ja seurantahanketta, joiden suhteen pohjoomainen yhteistyö arktisella alueella voi tarjota erityisetuja. Yleisesti ottaen tunnistetut hankkeet voidaan jakaa kahteen pääluokkaan, ts. i) hankkeet, jotka koskevat syvemmän tiedon hankkimista arktisen alueen ilmastonkehityksestä mallien avulla ja tarkkailemalla ilmakehän, meren ja maaperän ilmastoparametrejä sekä ii) hankkeet, jotka koskevat syvemmän tiedon hankkimista ilmastonkehityksen vaikutuksesta ekojärjestelmään ja yhteiskuntaan, sekä riskianalyysi-

en, toimenpiteiden ja sopeutumisstrategioitten kehittämistä. Raportissa korostetaan ylipäättään vahvasti eri ilmastoprosessien välistä suhdetta sekä lisääntyvää tarvetta tehdä monitieteistä ja sektorit ylittävää työtä yhdistettynä paikalliseen tietämykseen.

Tunnistettut hankkeet eivät kata täydellisesti kaikkia arktisen ilmastontutkimustyön puutteita ja tarpeita, mutta ne edustavat tutkimuskysymyksiä, joissa on selvä tarve edistyä ja joiden selvittämisessä pohjoismaisesta yhteistyöstä on hyvin todennäköisesti erityisiä etuja. Hankkeet antavat täten tutkimusyhteisölle ja päätöksentekijöille hyvät edellytykset keskustella siitä, mitä tutkimuskysymyksiä ja hankkeita tulisi priorisoida arktista aluetta koskevan pitkän tähtäimen pohjoismaisessa ilmastontutkimusyhteistyössä.

Valittavana on monia eri vaihtoehtoja mitä tulee tunnistettujen priorisoitujen hankkeiden tarkentamiseen, suunnitteluun ja toteutukseen, ja ne riippuvat muun muassa rahoitusmahdollisuuksista, kansallisten tutkimusyhteisöjen osoittamasta kiinnostuksesta sekä pohjoismaisten päätöksentekijöiden poliittisesta tahdosta. Siksi seuraavaksi tarvitaankin aktiivinen ja avoin keskustelu siitä, kuinka valitut hankkeet voidaan toteuttaa käytännössä koskien muun muassa i) mihin muihin yhteistyömuotoihin (kansallisella, alueellisella ja kansainvälisellä tasolla) tutkimus- ja seurantahankkeet voidaan liittää tai miten ne voidaan koordinoida, ii) millä pohjoismaisen yhteistyön tasolla hankkeet voidaan toteuttaa, ja iii) millä instrumenteilla ja millä aikataululla hankkeet toteutetaan ja rahoitetaan.

Jotkut hankkeet ja toimenpiteet voidaan käynnistää suhteellisen rajoitetuilla resursseilla. Toisaalta pitkäaikainen yhteistyö edellyttää huomattavia investointeja ja selvää sitoutumista yhteistyöhön kansallisilta tutkimusneuvostoilta ja Pohjoismaiden tutkimusrahoituksen päätöksentekijöiltä. Yhteistyön toteuttaminen ja yhteiskunnallisen hyödyn saavuttaminen tutkimusyhteistyöllä voi vaatia myös aktiivista sektoreiden ylittävää yhteistyötä muiden julkisen ja yksityisen sektorin päätöksentekijöiden välillä.

Uusimmat tutkimustulokset varoittavat säännöllisesti ilmastomuutosten suurista seurauksista arktisella alueella. Korkean tason ilmastontutkimus parantaa ilmastoprosessien ymmärtämistä kansalaisten keskuudessa ja yhteiskunnan mahdollisuuksia tehdä perusteltuja päätöksiä päästöjen vähentämisestä ja niiden sopeuttamisesta. Huolellisesti valittujen yhteisten tutkimus- ja seurantahankkeiden avulla Pohjoismaat voivat osaltaan varmistaa arktisen alueen yhteiskunnan ja ekojärjestelmän kestävä kehityksen.

1. Inledning

1.1 Bakgrund och behov av kartläggning

Klimatförändringen anses idag vara en av de största utmaningarna som moderna samhällen möter. De fysiska, ekologiska, sociala och ekonomiska påverkningarna som kan väntas när växthusgashalterna i atmosfären ökar är mycket omfattande. Även om nationella klimatstrategier tillsammans med internationella förhandlingar kan leda till en minskning av utsläppen och till stabilisering av växthusgashalten i atmosfären, måste de nordiska länderna och arktiska samhällena under de kommande decennierna räkna med fortsatta effekter av klimatförändringen och anpassa sig bättre till de redan pågående förändringarna.

Klimatsystemet, som förändras på grund av naturliga och av människan orsakade utsläpp, är ett komplicerat system med kopplingar mellan hav, land och atmosfär. Effekterna av klimatförändringen, bl.a. stigande temperaturer, extrema väderväxlingar, förändringar i nederbörd, torka, UV-strålning osv. är inte jämnt fördelade över världen, beroende bl.a. på havsströmmar, landområdenas beskaffenhet (t.ex. vegetation, fuktighet) samt på atmosfäriska förhållanden. I den internationella klimatpanelens rapporter uppskattas medeltemperaturen globalt stiga med 1,1 till 6,4 grader Celsius fram till år 2100 (IPCC, 2007)¹. Enligt de senaste forskningsresultaten är uppvärmningen över Arktis och landområdena på norra halvklotet betydligt större – över Arktis cirka dubbelt så kraftig som det globala medelvärdet. Även i Arktis förekommer stora variationer i effekterna av klimatförändringar och därigenom variationer i sårbarheten mellan olika regioner. Förändringarna i de arktiska områdena, liksom i andra områden, sker inte isolerat utan i ett nätverk av multipla återkopplingsmekanismer vad beträffar både regionala och globala klimatprocesser.

Medan de nordiska länderna har identifierat klimat- och miljöfrågorna som ett av de gemensamma strategiska samarbetsområdena, definierar Nordiska Ministerrådets *Nordisk strategi för klimat och miljögifter i Arktis* speciella mål för det nordiska samarbetet i de arktiska områdena – ”De nordiska länderna ska arbeta tillsammans för att öka och sprida kunskap om klimatförändringen i Arktis och dess konsekvenser regionalt och globalt, med avsikt att minska utsläppen av växthusgaser enligt klimat-

¹ Gränsvärdena utgör min-max värden och beaktar osäkerheter i samband med uppskattningar, som har medeltemperaturen under åren 1980–1990 som referenspunkt. Förutom de arktiska områdena lyfter IPCC fram bl.a. Afrika söder om Sahara, Small Islands och asiatiska megadeltan som områden som kommer att påverkas mer av klimatförändringens konsekvenser.

konventionens långsiktiga målsättning”². Naturligtvis formas dessa strategiska samarbetsområden och prioriteter i huvudsak genom den internationella klimatpolitiska agendan som EU aktivt velat främja under de senaste åren. Som den nordiska strategins delmål lyfter man fram utnyttjandet av kunskapen om klimatändringen i Arktis för att påverka internationella fora i syfte att begränsa utsläpp av växthusgaser, för att under stöda anpassningen till pågående och kommande climateffekter. Ett annat delmål är att understöda utvecklingen av kunskap i speciellt viktiga områden samt av långsiktig övervakning av prioriterade miljöindikatorer.

För att effektivt kunna uppnå dessa gemensamma målsättningar och för att optimalt kunna utnyttja existerande nationella forskningsresurser och nordiska synergieffekter, har Nordiska Ministerrådet startat en process (nedan Arkufo-process) för att systematiskt kartlägga existerande kunskaps- och samordningsbehov samt förutsättningar för långsiktigt nordiskt forskningssamarbete om klimatförändringen och dess konsekvenser i Arktis.

På basis av Nordiska Rådets rekommendation 18/2005 beslutade Nordiska Ministerrådet (MR-U) att utföra en avgränsad förstudie, som ur Nordiskt perspektiv identifierade ett antal preliminärt intressanta forsknings- och samordningsbehov. Förstudien rekommenderade en grundlig kartläggning och föreslog att analysen skulle fokusera på följande fyra tematiska områden i) klimatscenarier, ii) processförståelse, iii) samhällens sårbarhet och anpassningsstrategier och iv) övervakning.³

Denna kartläggning, som utförts under februari–augusti år 2007 är en fortsättning på Arkufo-processen enligt rekommendationerna från förstudien. Kartläggningen bygger på ett stort antal vetenskapliga undersökningar om accelererande klimatförändringar i Arktis och om dess orsaker och konsekvenser.⁴ Kartläggningen, som gjorts under NordForsks koordination⁵, har uppmärksammat ett stort antal relevanta nationella forskningsstrategier och satsningar, regionala initiativ och nätverk (bl.a. Nordiska Rådet, Arktiska Rådet, Barentsrådet) och internationella forskningsinitiativ (bl.a. EU, IPCC, ISAC⁶ och IPY⁷).

² Nordisk strategi för klimat- och miljögifter i Arktis 2006–2008. Se även Nordiska Ministerrådets Arktiska Samarbetsprogram 2006–2008.

³ TemaNord 2007:511: Klimaendringer i Arktis – Studie 5. Forstudie till kartläggning i kunnskaps- och koordineringsbehov av nordisk forskningssamarbeid. Förstudien utfördes av CICERO – Senter for klimaforskning, Norge. www.norden.org/pub/uddannelse/forskning_hojereudd/sk/TN2007511.pdf.

⁴ Internationella undersökningar som analyserats omfattar bl.a. ACIA (2005), AHDR (2004), NARP (2005), ICARP II (2005), IPCC (2007), Global Outlook for Ice and Snow, UNEP (2007). För en fullständig lista, se Källor.

⁵ NordForsks mission är att bidra till att befästa och vidareutveckla Norden som en av världens mest dynamiska regioner för forskning och innovation. NordForsk strävar till att kontinuerligt identifiera och stöda aktiviteter där nordiskt forskningssamarbete ger mervärde – NordForsk hänvisar här till ”Nordisk Styrka”. Se även Inforuta 1 NordForsk, eller <http://www.nordforsk.org/>.

⁶ The International Study of Arctic Change (ISAC) är ett långsiktigt multidisciplinärt program som studerar effekter av förändringar (omfattande fysikalisk-kemiska, ekologiska, och socioekonomiska – kulturella ändringar) på det cirkumpolara arktiska systemet. Se även bilaga IV och <http://www.iasc.se/isac.htm>

⁷ Det Internationella Polaråret 2007–2008 (International Polar Year, IPY), engagerar över 200 forskningsprojekt från mer än 60 länder och har övergripande fokus på klimatfrågan samt den mänskliga

I första kapitlet presenteras kartläggningens bakgrund, intressenter och förutsättningar för nordiskt forskningssamarbete och i andra kapitlet ges en överblick av Arkufo-processens syfte, fokus och arbetsmetoder. Analysen av klimatforskningens status, kunskapsluckor och överlappning beskrivs i kapitel 3. I kapitel 4 identifieras prioritetsinitiativ för samnordiskt samarbete inom klimatforskning och övervakning. Kartläggningens konklusioner och rekommendationer presenteras i kapitel 5.

1.2 Kartläggningens intressenter

De nordiska länderna har en speciell roll i de arktiska områdena, bl.a. genom den betydande andelen skandinavisk befolkning som bor i de arktiska och subarktiska regionerna. De nordiska länderna förvaltar betydliga land- och havsområden i Arktis och de nordiska länderna har förutom en särskild geografisk närhet också ett långvarigt, kontinuerligt och historiskt band till de arktiska områdena. Även om andra länder visar ett ökande intresse för arktisk forskning, bl.a. på grund av den kritiska betydelse som förändringarna har i Arktis för globala klimat- och miljöförändringar, har de nordiska länderna en unik möjlighet – men samtidigt också ett ansvar – för kunskapsuppbyggnad i anknytning till Arktis. Denna speciella roll kommer tydligt fram t.ex. i de gemensamma prioriteter som Norge, Danmark och Sverige enats om för åren 2006–2012 när dessa länder har ordförandeskapet i Arktiska Rådet⁸ – klimatfrågan är ett av de fem prioriterade områdena. Prioritetsinitiativen som ska konkretiseras bygger i stort på rekommendationerna från Arctic Climate Impact Assessment (ACIA) rapporten⁹.

Arkufo-processen (se nedan bild 1) ska tjäna som ett viktigt planeringsverktyg för nordisk klimatforskning i Arktis genom att identifiera områden och forskningsinitiativ, där nordiskt samarbete kan skapa speciella fördelar – dvs. där nordisk styrka kan konkretiseras till nordisk nytta – och samtidigt komplettera andra nationella eller internationella klimatforskningssatsningar. Denna kartläggning ska presenteras och diskuteras av de nordiska parlamentarikerna och ministrarna vid Nordiska Rådets session i oktober–november 2007 och rapporten ska i övrigt vara till nytta för nordiska forskningssamfund och beslutsfattare inom olika samhällssektorer.¹⁰ Rapporten är riktad såväl till de nationella forskningsråden,

dimensionen, dvs. befolkning, kulturer och samhällen i Arktis och Antarktis. Se även <http://www.ipy.org/>

⁸ Se http://www.arctic-council.org/News/Formannskapsprogram_ArcticCouncil.pdf

⁹ ACIA rapporten ger en omfattande värdering och analys av klimatändringens konsekvenser för miljö och samhällen i Arktis. Utredningen utarbetades på beställning av det Arktiska rådet, dvs. av de åtta arktiska länderna – Canada, Danmark, Finland, Island, Norge, Ryssland, Sverige, USA – med bidrag från ca 250 forskare.

¹⁰ De nordiska statsministrarna beslutade att intensifiera satsningarna på det nordiska kunskaps- och innovationsområdet då de möttes i Finland den 18–19. juni 2007. Nordiska Ministerrådet skall före sommaren 2008 utarbeta ett förslag till hur nordisk toppforskning och nätverk mellan nordiska toppforskningsenheter och aktörer på innovationsområdet skall förstärkas. Områden som skall prioriteras

som har en central roll i finansiering av nationella forskningsinitiativ, till nationella forskningsinstitutioner och organisationer, som till andra finansieringsinstitutioner. Rapporten kan även tjäna de nationella myndigheterna, bl.a. i deras roll som finansierare av forskning genom en stark polycyståndpunkt. Rapporten ges ut tillsammans med ett kort sammandrag för beslutsfattare.

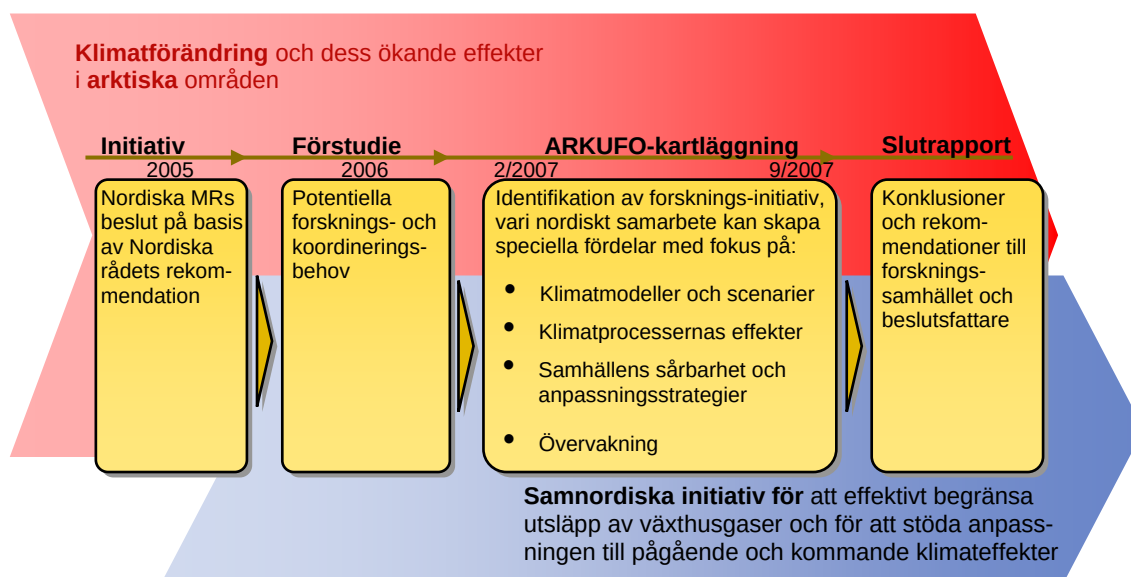


Bild 1. Schematisk beskrivning av Arkufo-processen

1.3 Nordisk styrka – förutsättningar för samnordisk forskning

De nordiska länderna har uppnått internationellt ledande positioner på flera olika samhällsområden och har som region på ett framgångsrikt sätt lyckats sammankoppla ett öppet marknadssystem med ett fungerande välfärdsamhälle. "Den nordiska modellen" i sin helhet ger de nordiska länderna, som möter liknande utmaningar inom miljö- och klimatfrågor, en bra utgångspunkt för aktivt samarbete inom klimatforskningen. Naturligtvis bygger nordiskt samarbete på de individuella ländernas styrka och formas av en kombination av nationella intressen. Effektiva och hållbara samnordiska aktiviteter inom klimatforskning tar dessa intressen i betraktande, bygger på systematiskt identifierade nordiska synergieffekter och skapar allmänt taget förutsättningar för framgångsrikt nordiskt och internationellt forskningssamarbete.

Det internationella forskningssamarbetet ger deltagande länder och institut tillgång till bl.a. en större kunskapsbas och möjligheter till en mer

speciellt högt omfattar bl.a. innovationer, klimatfrågor, energi och miljö samt välfärdsforskning och hälsa.

effektiv användning av begränsade resurser samt andra stordriftsfördelar. Jämfört med annat internationellt forskningssamarbete ger nordiskt samarbete en möjlighet att fokusera speciellt på nordiska (eller arktiska) problem. I vissa fall kan det också vara enklare och snabbare att genomföra ett nordiskt projekt i stället för t.ex. ett EU-projekt. I allmänhet har den offentliga sektorns roll varit av avgörande betydelse i främjandet av samarbetet, genom att bl.a. stimulera samarbetet mellan de främsta forskarna och genom att eliminera hinder för det samt att sprida kunskaper om internationella projekt. I det internationella forskningssamarbetet har den offentliga sektorn identifierat bl.a. följande utmaningar:

- försäkra att information som skapas globalt är tillgänglig nationellt/lokalt
- identifiera områden där internationellt samarbete är mest förnuftigt
- garantera tillräckliga resurser för internationellt samarbete
- förstärka och skydda nationella kompetenser genom att hindra forskarflykt och genom att samtidigt locka de främsta forskarna
- öka kunskapsflöden mellan forskargrupper
- stöda utveckling av forskningsinfrastruktur
- eliminera flaskhalsar i reglering

Mekanismerna för främjande av samarbetet inom klimatforskningen skiljer sig inte mycket från andra vetenskapsområden. En speciell utmaning i klimatforskningen är bl.a. datainsamling och databehandling. Upprätthållandet av övervakningsstationer, insamling samt databehandling och modelleringskapacitet kan kräva långsiktiga investeringar och betydande IT-resurser. Ytterligare krav på samarbetet i klimatforskningen uppstår genom dess multidisciplinära karaktär och dess effekter på alla delar i samhället. Således existerar flera potentiella områden för nordiskt samarbete och den stora utmaningen är att identifiera speciellt de områden som – vid sidan av lokala, nationella eller internationella initiativ – bäst gynnas av samnordiska insatser.

I alla de nordiska länderna finns det flera klimatforskningsgrupper och forskare som stöds av olika offentliga aktörer på nationell nivå. Klimatforskning är högt prioriterad också i de flesta europeiska länderna samt t.ex. i USA och Kanada. Relativt få grupper fokuserar däremot främst på arktiska frågor. Det internationella samarbetet inom klimatforskning är välutvecklat och flera nordiska forskare och forskningsgrupper deltar i olika projekt bl.a. inom EU:s ramprogram, under Arktiska Rådet, inom Barentsrådet eller t.ex. under Internationella Polaråret (IPY 2007–2008). En effektiv utveckling av nordiskt samarbete bör ta hänsyn till de övriga existerande strukturerna för samarbete.

Speciellt samarbetet inom EU har en stor betydelse för de nordiska länderna. EU:s sjunde ramprogram för aktiviteter inom området *forskning och teknisk utveckling* är EU:s huvudinstrument för att stöda forskning under åren 2007–2013. Det sjunde ramprogrammet bygger på EU:s Lis-

sabonstrategi med målet att utveckla EU till den mest konkurrenskraftiga, dynamiska och kunskapsbaserade ekonomin i världen till år 2010. En viss del av resurser i det sjunde ramprogrammet tilldelas till en bättre förståelse och hantering av frågor som handlar t.ex. om klimatförändring och hur man kan stöda forskningsinfrastruktur på flera sätt¹¹. Det sjunde ramprogrammet kan också stöda nya regionala initiativ och grupper, t.ex. i Norden, inom det europeiska forskningsområdet (*The European Research Area, ERA*). EU vill öka samarbetet mellan nationella och regionala forskningsfinansiärer och bidrar med medel till detta genom ERA-Net-satsningen.

De viktigaste nationella aktörerna inkluderar bl.a. forskningsråd och privata stiftelser i anknytning till samarbetet och dess finansiering. I detta sammanhang är det även viktigt att förstå den finansiering som den privata sektorn bidrar med till klimatforskning – ofta med anknytning till anpassningsåtgärder och teknologier för att begränsa utsläpp av växthusgaser.¹² En del av finansiering för klimatforskning tilldelas också av de nationella forskningsråden med ansvar för innovation.

1.4 Samarbetsmekanismer och potentiella nordiska åtgärder

Samarbetet på nordisk nivå kan förverkligas på flera olika sätt och nivåer. De övergripande principerna för det sätt på vilket nordiskt samarbete kan bidra till effektiv samnordisk klimatforskning kan uppskattningsvis delas i följande generella kategorier:

- Gemensam prioritering av forskningsområden
- Samordning av nationella forskningsaktiviteter och -resurser
- Delta i (gemensam) i utvecklingen av internationella forskningsprogram
- Katalysering av diskussion
- Produktion av information, kommunikation och rådgivande tjänster
- Tilldelning av finansiella resurser till samnordiskt arbete

I utvecklingen av samarbetet bör beslutsfattarna beakta frågor som berör i) optimala samarbetskonstellationer, ii) policynivå, på vilken samarbetet ska förverkligas, och iii) konkreta instrument för finansiering och realisering av samarbetet (se nedan bild 2).

¹¹ Europaparlamentets och rådets beslut nr 1982/2006/EG av den 18. december 2006.

¹² T.ex. industrins andel av all finansiering för forsknings- och utvecklingsarbetet var mellan 60 – 70 % i Danmark, Finland och Sverige och 40 – 50 % på Island och i Norge år 2003. Källa: Eurostat.

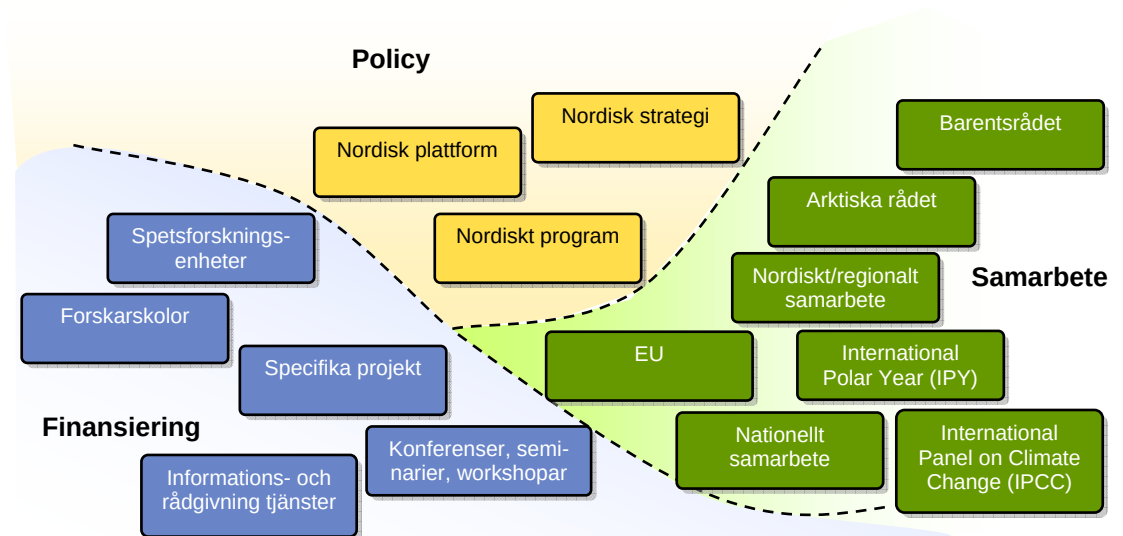


Bild 2. Olika alternativ för samnordisk linje, finansiering och samarbete.

Gemensam prioritering av forskningsområden har som förutsättning att den skapar tillräckligt mervärde till alla delaktiga länder. Ifall en tillräcklig politisk vilja och ett vetenskapspolitiskt engagemang av de nationella forskningsrådena och beslutsfattarna existerar, har de nordiska länderna också möjlighet att skapa en gemensam strategi och härmed ett solidare partnerskap för nordisk klimatforskning.

De nationella forskningsrådena har flera olika finansieringsformer till sitt förfogande. De kan finansiera bl.a. specifika forskningsprojekt och –program, forskningens infrastruktur i nationella spetsforskningsenheter och vid andra institut, forskarutbildning och samarbete i nätverk på nationell eller internationell nivå. Alla nordiska länder genomför nationella initiativ i klimatforskning, varav vissa kan ha likadana målsättningar och överlappningar på nordisk nivå. Det är möjligt att hitta synergieffekter mellan de nationella intressena t.ex. genom att anknyta utvalda forskningsinitiativ till ett nordiskt forskningsprogram eller genom att skapa en arktisk plattform för klimatforskning. Syftet i de samnordiska aktiviteterna borde vara att minska fragmentering och överlappning i klimatforskning. I vissa fall vore det speciellt viktigt att avsikten är att skapa en tillräcklig kritisk massa för att ge goda förutsättningar för framgångsrik forskning.

Förutsättningarnas och problemens likheter kan ge de nordiska länderna möjligheter att delta med en gemensam agenda i internationella samtal och förhandlingar om forskning samt policyformulering. Samarbetet kan t.ex. få uttryck i gemensamma initiativ till EU eller gemensamma riktlinjer i klimatfrågor inom Arktiska rådet. Genom att man samarbetar förstärks möjligheterna att påverka internationella klimatpolicyprocesser,

t.ex. under UNFCCC¹³ samt finansieringsbeslut, t.ex. inom EU. Således är det viktigt för politiska beslutsfattare och de nationella forskningsrådena att ta hänsyn till nordiska samarbetsmöjligheter när det fattas beslut om övrigt internationellt samarbete.

Nordiskt samarbete kan locka de globalt främsta forskarna att delta i nordisk forskning p.g.a. relativt större resurser och uppmärksamhet speciellt på arktiska frågor. Samarbetet mellan forskarna kan dra nytta av förbättrad informationsförmedling och rådgivande tjänster. Informations-tjänsterna kan bestå av t.ex. distribution av information när forskningsinstituten inte själva har förmågan att initiera samarbete eller när dessa inte är medvetna om existerande möjligheter till samarbete. Kommunikation och spridning av forskningsresultat till media och samhället i allmänhet kan öka forskningsresultatens synlighet på internationell, nordisk, nationell och lokal nivå. Olika instrument för stöd av sådana samarbetsformer och nätverk existerar redan, bl.a. hos NordForsk (se nedan inforuta 1).

Inforuta 1: NordForsk¹

NordForsk etablerades år 2005 som ett självständigt nordiskt organ för forskningssamordning under Nordiska Ministerrådet för utbildning och forskning (MR-U). NordForks mission är att bidra till att befästa och vidareutveckla Norden som en av världens mest dynamiska regioner för forskning och innovation och därigenom förstärka ländernas internationella konkurrenskraft och säkra befolkningens levnadsvillkor. NordForsk har tre funktioner:

- Samordning av väsentliga forskningsprioriteringar i Norden
- Finansiering av relevanta nordiska forskningssatsningar tillsammans med nationella organ för forskningsfinansiering
- Policyrådgivning för Nordiska Ministerrådet och etableringar av ett forum för forskningspolitisk debatt

Olika NordForsk instrument inkluderar: NCoE program (Nordic Center of Excellence / Nordisk Spetsforskningsenhet), tematiska program, PhD-program, nätverk för nationella CoE, nätverk för nationella forskarskolor, forskarnätverk, forskarskolor och -kurser, såddmedel, NORIA symposier och forum för dialog.

¹ Källa: NordForks strategi 2006-2009, <http://www.nordforsk.org/>

Forskningsinfrastruktur i Norden kan finansiellt understödhas med flera redan existerande nordiska instrument. Verktyg som NordForsk kan erbjuda omfattar t.ex.:

¹³ FN:s klimatkonvention (United Nations Framework Convention on Climate Change).

- NORIA-net program, med målsättningen att öka samarbetet mellan finansieringsorganisationerna för forskning och innovation i de nordiska länderna
- Nordiska spetsforskningsenheter som kombinerar existerande nationella forskningscentra i syfte att öka kvalitet, effektivitet och konkurrenskraft av och uppmärksamhet på nordisk forskning (se även inforuta 2 nedan).
- Nordiska nätverk av nationella spetsforskningsenheter, med målsättningen att stöda samarbetet mellan framgångsrika forskningsgrupper.

Inforuta 2: Nordiska Spetsforskningsenheter
(*Nordic Centers of Excellence, NCoE*)

Nordiska spetsforskningscentra är ett av de nya och framgångsrika initiativen till att stimulera forskningsmiljöerna i Norden. Ett NCoE skall främja forskarrörlighet, utbildning och utbyte mellan nordiska forskargrupper genom etablering av nätverk med minst tre nordiska länder eller geografiska centra som ställer specialiserad utrustning till forskarnas förfogande. Forskarutbildning skall specifikt ingå i ett eller flera av spetsforskningscentras aktiviteter. Målet för samnordiska spetsforskningscentra är:

- att göra den nordiska forskningen synligare och attraktivare i Europa och världen
- att garantera att de nordiska resurserna, i synnerhet kostsam infrastruktur, används så effektivt och smidigt som möjligt
- att stödja kreativa och effektiva forsknings- och forskarutbildningsmiljöer
- att skapa en nordisk kritisk massa
- att öka rörligheten framför allt bland unga forskare
- att åstadkomma tvärvetenskapligt samarbete
- att åstadkomma en ändamålsenlig specialisering i de nordiska länderna inom forskning och kompetens
- att integrera de nordiska spetsforskningsenheterna i de nationella forskningssystemen

NCoE-programmet om Global Change (2003–2007) innehåller följande spetsforskningscentra med betydande aktiviteter inom klimatforskning:

- Research centre on biosphere-aerosol-cloud-climate interactions
- The dynamics of ecological systems under the influence of climatic variation
- Nordic centre for studies of ecosystem carbon exchange and its interactions with the climate system
- The Nordic centre for luminescence research

2. Projektets syfte, fokus och metoder

2.1 Syfte

Denna kartläggning identifierar kunskaps- och samordningsbehovet av nordiskt forskningssamarbete kring klimatförändringen och dess konsekvenser i Arktis. Således belyser undersökningen förutsättningarna för en fortsatt och långsiktig nordisk forskningssatsning på klimat- och miljöförändringar i Arktis samt dessa förändringars konsekvenser för befolkningen i området. Undersökningens konklusioner och rekommendationer ska fungera som ett viktigt planeringsinstrument när man tar beslut om det framtida samarbetet och dess finansiering inom nordisk klimatforskning.

Arbetet har utgått från förstudiens fyra breda tematiska forskningsområden och genom en grundlig analys identifierar kartläggningen konkreta prioritetsområden där nordiskt samarbete kan bidra med en ny dimension av arktisk forskning, speciellt i förhållande till andra samarbetskonstellationer eller till regionalt samarbete inom de nordiska länderna (se kapitel 3 och 4). Kartläggningen kan bidra till en gemensam nordisk forsknings-satsning och förhandlingsposition, vilket inom internationella klimatpolitiska förhandlingar kan gynna alla de nordiska länderna.

I samband med de identifierade prioritetsområdena värderas möjligheter för institutionellt samarbete. Därtill presenteras framstående forskningsorganisationer och nätverk, som borde uppmärksammas när praktiska mekanismer, bl.a. finansieringsansvar och driftsansvar av infrastruktur utarbetas för att konkretisera prioritetsinitiativen (se kapitel 4). På samma sätt granskas även de roller som de nationella forskningsrådena och NordForsk kan ha i kommande satsningar på nordiska prioritetsområden inom klimat- och miljöförändringar i Arktis.

2.2 Fokus och metoder

2.2.1 Fokus

Klimatforskningen utgör ett utomordentligt brett och multidisciplinärt forskningsfält med ett flertal återkopplingsmekanismer och osäkerhetskomponenter mellan klimatprocesserna. Kartläggningen har utgått från den preliminära analys som gjorts i förstudien för att avgränsa och identi-

Klimatfrågorna som analyserats i detalj inom dessa tematiska områden presenteras i kapitel 3. Med bild 3 beskrivs Arkuto-kartläggningens fokusering på en allmän nivå med hjälp av IPCC:s strukturbild för klimatproblematik och forskning (IPCC, 2001). De detaljerade forsknings- och koordinationsfrågor inom dessa tematiska områden, som analyseras i kapitel 3, framhäver klimatforskningens multipla interaktioner och multidisciplinära krav.

De samhälleliga processer som skapar växthusgaserna och de olika åtgärderna för att minska utsläppen är redan i blickpunkten inom ramen för ett stort antal nationella och internationella initiativ (se bild 3, ovan – nere till höger) med ökade finansiella satsningar, även från den privata sektorn¹⁴. De nordiska länderna förbereder för tillfället sina långsiktiga nationella klimatstrategier för åren 2020–2050, sina positioner för de internationella klimatförhandlingarna och de konkreta åtgärder (inkl. ekonomiska, teknologiska, politiska och juridiska insatser samt forsknings-satsningar) som kommer att krävas för att nå de sannolikt allt strängare klimatmålen för utsläppsminskningar efter den första Kyotoperioden 2008–2012.¹⁵

Medan fokusering i allmänhet är mindre på de ekonomiska processer som skapar växthusgaserna och åtgärder som ska minska utsläppen lyfter analysen i följande kapitel starkt fram behovet av att förstå klimatfrågornas olika förbindelser – t.ex. att hållbara åtgärder för anpassning måste verka i samma riktning som hållbara åtgärder för att begränsa utsläppen. Kartläggningen belyser interrelationerna mellan dessa åtgärder bl.a. genom de biologiska och samhälleliga gränser för anpassning som lyfts fram. Kartläggningen tar även hänsyn till de arktiska områdenas betydelse som källa för växthusgaser i framtiden. Trots att omfattningen av ekonomiska aktiviteter inte är betydande här har de arktiska områdena en viktig betydelse för det globala klimatet och för flera återkopplingsmekanismer som t.ex. kan skapa omfattande ändringar i GHG-balansen och som därför ingår i granskningen.

2.2.2 Geografiska avgränsningar

De arktiska områdena kan definieras t.ex. med avseende på temperatur, skogsgräns, permafrost, havsis, polcirkeln eller olika politiska konventioner¹⁶. I denna kartläggning följer den geografiska avgränsningen de över-

¹⁴ De nationella och internationella kraven kommer att även ge upphov till omfattande finansiella satsningar i nya produktions- och konsumtionsteknologier och forskning som granskar kostnader och nyttan av olika förmildrings- och anpassningsåtgärder och således främjar kostnadseffektiva policyalternativ.

¹⁵ De nordiska statsministrarna betonade vid sitt möte i Finland den 18–19. juni vikten av det nordiska samarbetet inom klimatpolitiken och ansåg att Norden globalt borde framstå som en föregångsregion i minskningen av växthusgaser.

¹⁶ Enligt temperatur definieras områden som arktiska om deras medeltemperatur inte överskrider +10 grader Celsius i juni, dvs. de områden som är norr om +10 C isotermin. I havsområden definieras gränsen för de arktiska områdena enligt istäckets varaktighet under vintern.

väganden som presenterats i förstudien. Fokus i denna kartläggning ligger på Nordens arktiska områden, medan det praktiska arbetet här inkluderar Norden i sin helhet. Således följer avgränsningen inte strikt den definitionen som använts för Arktis i samband med ACIA, AMAP¹⁷ eller AHDR¹⁸ t.ex., utan i praktiken tar kartläggningen hänsyn till alla de fem nordiska länderna och de självstyrande områdena.

2.2.3 Metoder

Kartläggningen bygger på en systematisk genomgång och på analysen av existerande forskningsresultat och av pågående initiativ för att ur nordisk synvinkel identifiera kunskaps- och samordningsbehov när det gäller klimatförändringen och dess konsekvenser i Arktis. Arbetet har utförts under februari–augusti 2007 i samarbete med ledande klimatexperter från de nordiska länderna i en arbetsprocess som har omfattat följande huvudsteg:

- i. En översikt av förstudiens resultat med förslag till modifikationer av de fyra tematiska områdena, dvs. kartläggningens fokus. Definition av kriterier som kan utnyttjas då forskningsbehov analyseras och prioriteras ur nordisk synvinkel
- ii. Desk study, dvs. preliminär analys av klimatforskningens status, kunskapsluckor & överlappning och potentiella samnordiska behov.
- iii. Arkuko-workshop, med bidrag från ledande klimatexperter från de nordiska länderna, översikt och diskussion om en preliminär analys. Identifikation av samnordiska prioritetsinitiativ (se nedan inforuta 3 samt kapitel 4.1 för arbetsmetoder under workshopen).
- iv. Komplettering av analysen av relevanta existerande forskningsinsatser, kunskapsluckor, överlappning och samordningsbehov samt nordiska synergieffekter.
- v. Syntes och rapportering, presentation av kartläggningens konklusioner och rekommendationer.

Medan kartläggningens fokus fastställdes i början av processen, har upprepade arbetsmetoder (inkl. workshop, referensgruppsmöten, expertkommentarer) utnyttjats för att tillåta att nya insikter från forskning och kommentarer från ledande nordiska institutioner och experter inom klimatfrågor kommer till uttryck under hela arbetsprocessen.

¹⁷ Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) är en av Arktiska Rådets fem arbetsgrupper, som genomför och samordnar övervakning av föroreningar, växter, djur och människor i Arktis.

¹⁸ Arctic Human Development Report (AHDR, 2004)

Inforuta 3. Projektets organisation, klimatexperter och ARKUFO-workshop

På initiativ av Nordiska ministerrådet (härefter NMR) har Arkufo kartläggningen koordinerats av NordForsk med rådgivning och guidning från forskningsråd i de nordiska länderna (se bilaga II för medlemmarna i referensgruppen). Gaia Consulting Oy har genomfört och rapporterat huvudstudien, i nära samarbete med klimatexperter från Norden. Vid översikt och analys av forsknings- och koordinationsbehov inom de tematiska områdena har kartläggningen under våren - sommaren 2007 haft tillgång till fyra klimatexperter från Norden, med centrala och direkta bidrag till analys och konklusioner i kapitel 3. Dessa experter är

- Jens Hesselbjerg Christensen, Head of Programme, PhD, Danish Climate Centre, Danish Meteorological Institute: 3.2 Klimatmodeller och -scenarier
- Bruce Forbes, PhD, Research Professor at Arctic Centre, University of Lapland, Finland: 3.3 Effekter av klimatprocesser i Norden (terrestriskt, marint)
- Louise Simonsson, PhD, Centre for Climate Science and Policy Research, Linköping University, Sweden: 3.4 Samhällens sårbarhet och anpassningsstrategier
- Odd Rogne, Senior Advisor AMAP & IPY IPO, Oslo, Norway: 3.5 Övervakning

ARKUFO workshopen som ägde rum den 31.5-1.6.2007, (se bilaga I för workshopsprogram och deltagare) utgjorde en central arbetsfas under kartläggningen och har bidragit till analys och identifikation av nordiska prioritetsinitiativ som presenteras i kapitel 4. Baserat på förslag från referensgruppen inbjöds till workshopen ca 30 klimatexperter från Norden, med mångsidig kunskap inom kartläggningens olika tematiska områden. Med deltagare från alla de nordiska länderna fungerade ARKUFO workshopen:

- som forum för expertdiskussion och komplettering av pågående analys av forsknings- och övervakningsstatus, samt
- som ett centralt forum för skapande av konsensus och identifikation av samnordiska prioritetsinitiativ för klimatforskning och övervakning i Arktis, vilka presenteras i kapitel 4

Under Arkufo-processen har de nationella forskningsråden vid behov dessutom utnyttjat utomstående nationella experter för att via Referensgruppen ge substans- eller policyguidning åt kartläggningen.



Foto: Knut R. Steffensen

2.2.4 Kriterier för prioritering av nordisk forskning

Inom nordiskt samarbete har man som övergripande målsättning för nordisk forskning definierat 1) att utveckla de nordiska länderna till ett av världens mest dynamiska områden inom forskning och innovation och 2) att förbättra de nordiska ländernas internationella konkurrenskraft och levnadsförhållandena i de nordiska länderna. Flera olika alternativ existerar för att uppnå dessa mål och i vissa fall kan samnordiska initiativ skapa de bästa förutsättningarna för att effektivt kunna nå målsättningarna.

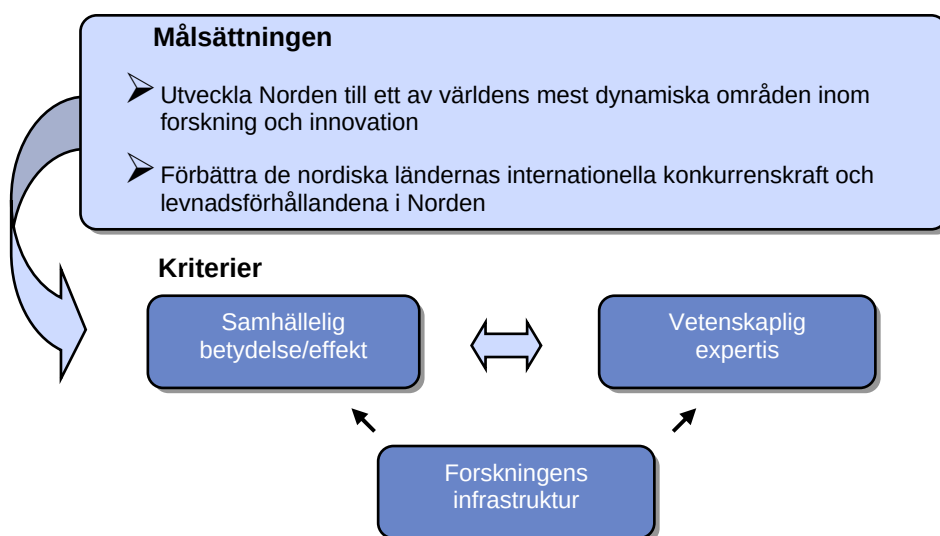


Bild 4. Målsättning för nordisk forskning

Under Arkuko-kartläggningen har forsknings- och samordningsbehoven analyserats med hjälp av tre kompletterande kriterier som var och en bidrar till möjligheten att framgångsrikt uppnå målen. Således har man i analysen beaktat frågor i förhållande till framstående vetenskapsmän, forskningens infrastruktur och forskningens samhällseliga betydelse (se ovan bild 4). På basis av de gemensamma målen för nordisk forskning utarbetades under Arkuko-processen mera detaljerade kriterier, bl.a. vetenskaplig kvalitet i existerande forskning, framtida potential, synlighet eller samhällselig nytta, för att analysera den arktiska klimatforskningens status och därefter identifiera nordiska prioriteter (se nedan bild 5).

Med bidrag från klimatforskare i de nordiska länderna identifierar den i kapitel 3 presenterade klimatforskningens statusanalys ett flertal kunskapsluckor och samordningsbehov som är av intresse för klimatforskningen i de arktiska områdena. Tillsammans med representanter för nordiska forskningsråd och beslutsfattare för forskningspolicy har man utgående från dessa områden och forskningsinitiativ identifierat områden där nordiskt samarbete kan skapa speciella fördelar och komplettera existerande nationella eller internationella forskningsinsatser (se även 2.2.3 och bilaga I: Arkuko-workshop). Prioritetsinitiativen som presenteras i kapitel 4 har granskats kritiskt i samband med kompletteringen av analysen av existerande forskningsinsatser, kunskapsluckor, överlappning och samordningsbehov samt nordiska synergieffekter.



Bild 5. Kriterier för analys av klimatforskningens status och nordisk prioritering under Arkuko-processen

3. Kunskaps- och koordineringsbehov av nordisk klimatforskning

3.1. Inledning till analys av den vetenskapliga forskningssituationen

Forskning i klimatförändring har accelererat snabbt sedan 1980-talet, trots att den hypotetiska länken mellan bildning av växthusgaser och uppvärmning av atmosfären och haven har identifierats redan tidigare. Idag utgör klimatfrågan ett enormt brett forskningsområde med stora utmaningar för de nationella och internationella forskningssamfunden och nätverken. På 1990-talet började finansieringsprogrammen i allt högre grad betona grundforskning och tillämpad forskning kring klimatförändringens drivkrafter och olika responsmekanismer. Allmänheten och de politiska beslutsfattarna har däremot endast under det senaste decenniet bytt sin skepsis mot en insikt om att en betydande förändring är på gång och att de av människan orsakade utsläppen delvis är ansvariga för dessa fenomen, troligtvis som en följd av både framsteg inom forskning och extrema väderförhållanden.

Analysen i detta kapitel bygger på bidrag från klimatexperter i de nordiska länderna, men representerar inte en uttömmande analys av alla eventuella forskningsluckor och samordningsbehov inom den arktiska klimatforskningen. Däremot bör analysen som möjliggjorts genom bidrag från ledande klimatforskare- och experter i de nordiska länderna betraktas som en fokuserad analys av forskningssituationen när det gäller de utvalda naturvetenskapliga och samhällsvetenskapliga frågorna. Analysen tillåter en systematisk prioritering av forskningsinitiativ, där samnordiska satsningar kan erbjuda speciella fördelar inom klimatforskning och övervakning.

Utgående från kriterier som gäller för en analys av klimatforskningens status, kunskapsluckor och samordningsbehov söker analysen svar på bl.a. följande frågor :

- Finns det speciella kunskapsluckor som omedelbart bör täckas?
- Inom vilka områden har nordiska forskare/forskningsinstitut producerat internationellt framgångsrika resultat och finns det förutsättningar för högklassig forskning i framtiden?
- Finns det möjligheter till nya upptäckter om forskningen sker på nordisk nivå snarare än på nationell nivå?
- Är nordisk forskning fragmenterad, har vi en hög grad av överlappning inom vissa områden?

- I vilka forskningsfrågor är en kritisk massa av avgörande betydelse för framgångsrik nordisk klimatforskning – är den nuvarande ”massan” tillräcklig?
- Är forskningssamarbetet tillräckligt aktivt eller kan nya kontakter och nätverk förbättra situationen betydligt?

Analysen i kapitel 3 har möjliggjorts med hjälp av centrala bidrag från fyra klimatexperter från Norden – Jens Hesselbjerg Christensen (kapitel 3.2), Bruce Forbes (kapitel 3.3), Louise Simonsson (kapitel 3.4) och Odd Rogne (kapitel 3.5).

3.2 Klimatmodeller och -scenarier

3.2.1 Det tematiska området & de centrala drivkrafterna för forskning

Ett klart budskap från ACIA (ACIA, 2005) var att ständigt bättre formulerade klimatmodeller och ökad upplösning ger mer realistiska simuleringar av det arktiska klimatet. Dvs. sådana modeller som innehåller flera och noggrannare beskrivna processer som är specifika för arktiska förhållanden tas ständigt fram för att man ska uppnå en mer korrekt och trovärdig beskrivning av nuvarande klimatförhållanden och också av det framtida klimatet med högre växthusgaskoncentrationer.¹⁹ Förbättrade modeller och scenarier kräver även bättre inputdata (denna fråga behandlas skilt i kapitel 3.5). Idealet vore en hög upplösning över hela klotet, men användningen av regionala klimatmodeller för Arktis med hög upplösning baserat på globala klimatmodeller i en grövre upplösning förväntas också kunna ge en betydligt bättre framställning av det arktiska klimatet i förhållande till de globala modellerna med grövre upplösning. Likaväl krävs modeller som kan ta i betraktande klimatändringens varierande konsekvenser i olika delar av Arktis.

En regional klimatmodell kan användas för beräkningar med hög upplösning för en bråkdel av de beräkningsresurser som krävs för att använda en global modell med samma upplösning. Därför är metoden intressant ur både vetenskaplig och praktisk synvinkel. De specifika processer som framhävs i ACIA, som kräver en förbättrad beskrivning av klimatmodeller, är relaterade till havsis och atmosfärens gränsskikt. Gränsskiktet i Arktis har speciella egenskaper, vilket gör det svårt att på traditionellt sätt beskriva det detaljerat i en klimatmodell. Havsisen däremot utgör en komplicerad koppling mellan atmosfären ovanför och havet nedanför och ställer krav både på en korrekt formulering av interna processer och på en

¹⁹ I enlighet med Arkuto-processens fokus överhuvudtaget, t.ex. beträffande scenarier, är fokus här inte på klimatförändringens socioekonomiska drivkrafter. Endast ett fåtal nordiska initiativ existerar för tillfället, och detta borde beaktas när samnordiska scenarier och strategier för minskning av utsläpp diskuteras.

tydlig beskrivning av såväl processer i atmosfären som marina processer för att en bra simulering ska vara möjlig.

Under de senaste åren har den accelererande avsmältningen av Grönlands inlandsis åstadkommit en betydlig aktivitet för att förstå dessa processer bättre. Den nya utvecklingen ställer frågor om förståelsen av strömningsprocesser i hela issskorpan och om de hittills gjorda uppskattningarna av den globala temperaturökningens betydelse för inlandsisens utveckling är tillräckligt bra grundade. Den senaste IPCC-rapporten (AR4, 2007) påpekar att det är oklart huruvida de nyaste observationerna – till följd av reducerad ismassa på Grönland – ger anledning till att revidera uppskattningarna om vattennivåns höjning under den fortsatta globala uppvärmningen.

Forskarna är fortfarande relativt osäkra på ytterligare ett specifikt arktiskt fenomen som en eventuell styrande kraft i klimatsammanhang. Det gäller betydelsen av de väsentliga förändringarna i permafrosten. Förändringar i permafrostområden kommer här att behandlas i samband med de möjliga återkopplingar till klimatsystemet, nämligen en ökad avsmältning och tillförsel av sötvatten till de arktiska haven, samt också möjligheten att en relativt svårbestämd mängd växthusgaser frigörs från ett tidigare fruset skikt.

Dessutom har en ständig debatt under flera år pågått bland klimatforskare om huruvida förändringar i sötvattentillförseln till arktiska vatten under den globala uppvärmningen kan leda till reduktion eller till och med ett sammanbrott av termohalincirkulationen som i hög grad är ansvarig för det jämförelsevis milda vinterklimatet i stora delar av västra och norra Europa. I den senaste IPCC-rapporten konstaterades att ett egentligt sammanbrott är osannolikt, men detta är ett område som vi behöver bättre insikt i, speciellt beträffande de centrala processerna samt en bättre beskrivning av dessa processer i klimatmodellerna.

Den nya forskningen pekar vidare på att variationer i havsströmmarnas cirkulation och värmetransport till Arktis dels kan förutses på basis av förhållandena längre ner i Sydatlanten. På det sättet ökar potentialen för att förutse klimatvariationer och de omedelbara förändringarna i Arktis i ett 10-års perspektiv.

Mot denna bakgrund verkar det vara klart att det, för att åstadkomma bättre klimatmodeller och därmed mer trovärdiga klimatprognoser för framtiden, krävs arbete för att ta alla de ovan nämnda klimatprocesserna in i klimatmodellerna på ett mer komplett sätt än fallet är nu – ett arbete i riktning mot Earth System Model (ESM)²⁰. Innan vi når dit finns det samtidigt ett behov av en bättre förståelse av många delprocesser som är speciellt knutna till arktiska förhållanden. I följande avsnitt presenteras en sammanfattning av forskningsarbetets aktuella status vartill forsknings-

²⁰ ESM representerar en utvidgning av begreppet klimatmodell. ESM är beteckningen för ett modellkomplex som grundar sig på de mest komplexa modellkomponenterna i atmosfären, hav, havsis, glaciärer, istäcke, landtyr (biosfären och jordmånsförhållandena), atmosfärs- och havskemi (med möjlighet till ytterligare utvidgning) samt växelverkan mellan alla komponenter.

luckor och potentiella forsknings- och samordningsbehov identifieras med sikte på att inom den nordiska forskningen nå den nödvändiga internationella nivån och kunna arbeta med ESM-modeller.

3.2.2 Forskningsaktiviteternas status

Att skapa regionala klimatmodeller

Numera finns teknisk expertis för att utföra simuleringar och operera med regionala klimatmodeller bara vid större centra, till exempel vid de meteorologiska instituten eller forskningsinstitutioner i Norden, bl.a. Bjerknes Centret i Bergen, Norge. I praktiken krävs en betydande teknisk insats för att bygga och ta i bruk modeller och även tillgång till omfattande databehandlingsresurser. För tillfället pågår både nationella projekt i nordisk regi och EU-samarbetsprojekt vid flera centra. Projekten fokuserar på användning av regionala klimatmodeller. EU-projekten ENSEMBLES²¹ och DAMOCLES²² följer upp de tidigare projekten PRUDENCE²³ och GLIMPSE²⁴, som alla haft deltagare från Danmark, Norge och Sverige. Deltagandet av de nordiska grupperna är mycket tydligt, men alla projekt fokuserar inte speciellt på Arktis. På nordisk nivå finns det ett klart behov av en bättre samordning – bättre tillgång till modellresultat – av simuleringar för Arktis, så att flera grupper som är intresserade av effektstudier kan ha nytta av dessa simuleringar (se även avsnitt 3.3). Ett intressant område som ständigt kommer fram i anknytning till simuleringar med hög upplösning är kopplade modellsystem som belyser sambandet mellan hav, havsis och atmosfär. Sådana system existerar hos enskilda forskargrupper, men en mer målinriktad användning har ännu inte ägt rum och borde prioriteras framöver. Nordiska grupper samarbetar för tillfället i flera EU-projekt inom detta område – t.ex. i PRUDENCE, ENSEMBLES och DAMOCLES.

Statistisk nedskalning

I motsats till regional klimatmodellering kräver statistisk nedskalning inte betydande IT-resurser för att kunna användas. Metoderna (och det är fråga om flera olika) har sin utgångspunkt i observerade, historiska sammanhang mellan lokala klimatparametrar och storskaliga synoptiska väderleksförhållanden och används i detta sammanhang på data från klimatmodeller (globala eller regionala). Därför finns det potentiellt flera grupper i Norden som kunde använda metoderna, men i praktiken har

²¹ ENSEMBLES-projektet (2004–2008) fokuserar på att kvantifiera osäkerheter i långsiktiga uppskattningar för klimatändringar. <http://ensembles-eu.metoffice.com/index.html>

²² DAMOCLES (Developing Arctic Modeling and Observing Capabilities for Long-term Environmental Studies) är ett integrerat is-atmosfär-hav-övervaknings- och forecastingsystem för att observera, förstå och kvantifiera klimatförändringar i Arktis. <http://www.damocles-eu.org/index.shtml>

²³ PRUDENCE (Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change risks and Effects), se <http://prudence.dmi.dk/>

²⁴ GLIMPSE (Global implications of Arctic climate processes and feedbacks, 2002–2005), se <http://www.awi-potsdam.de/www-pot/atmo/glimpse/>

endast ett fåtal städer (bl.a. Köpenhamn, Oslo och Göteborg), använt tekniken i betydande skala i vetenskapligt syfte. Det finns flera olika metoder som ser lovande ut, men tillsvidare pågår inte något systematiskt arbete, varken på nationell eller på internationell nivå och speciellt inte för Arktis. I EU:s regi har olika projekt inletts för att fylla denna lucka, men endast ett fåtal nordiska grupper har deltagit i dessa projekt (t.ex. STARDEX²⁵). Därför finns det ett klart behov att identifiera och syntetisera den nordiska erfarenheten på detta område. Då metoderna i sig inte kräver komplicerade beräkningar, är det möjligt att utföra beräkningar för flera olika klimatscenarier, vilket omedelbart tillåter väsentligt mer detaljerade uppskattningar av osäkerheter och sannolikheter för eventuella framtida studieobjekt. Då vi tillsvidare inte har större mängder information som är baserad på högupplösta (regionala) klimatmodeller kunde specifika applikationer för olika arktiska system med fördel prioriteras.

Extrema väder- och klimathändelser

När man diskuterar effekterna av klimatförändringar, på såväl naturliga system som samhällen, är extrema väderhändelser ett återkommande tema. I många fall är t.ex. djur, växter eller samhällenas olika sektorer (t.ex. industri, jordbruk) inte sårbara för långsamma förändringar i genomsnittliga väderförhållanden, men däremot för plötsliga och våldsamma förändringar i förekomsten av vissa väderfenomen, bl.a. stormar, högvatten, tunn is, plötsligt ökad sötvattensandel osv. På nordisk nivå har man inte fokuserat speciellt mycket på sårbarhet för ändringar i extrema väderrelaterade händelser i Arktis. En orsak till detta är att man inte har satsat på att definiera denna typ av händelser, bortsett från att studera extrema nederbörds mängder, vindförhållanden och dylikt. I Finland har olika nationella klimatprogram haft extrema klimatföreteelser som relativt viktigt tema på dagordningen. I EU-projektet PRUDENCE har det också utförts vissa studier av extrema förändringar i nederbörd och temperaturförhållanden, men på europeisk nivå. Enstaka studier fokuserade på vindförändringar, t.ex. kraftig vind, som har utförts inom PRUDENCE-programmet och också inom projektet "Climate and Energy" som finansieras av Nordisk Energiforskning²⁶. För att undersöka detta närmare behövs förmodligen en tvärfacklig insats, som dels kan definiera de extremer som är mest relevanta som undersökningsobjekt, dels göra undersökningar som baserar sig på observationer och på klimatmodeller. Den samlade expertisen finns i alla nordiska länder vid universiteten, meteorologiska instituten och klimatcentra samt inom vissa statliga organisationer.

²⁵ STARDEX (Statistical and Regional dynamical Downscaling of Extremes for European regions, 2002–2005), se <http://www.cru.uea.ac.uk/projects/stardex/>

²⁶ <http://www.nordicenergy.net/>

Klimatrelaterade utvecklingsmodeller för inlandsis och havsis

Tillsvidare har interaktionen varit relativt anspråkslös mellan de grupper som utvecklar och utnyttjar avancerade klimatmodeller och de grupper som arbetar med modellering av glaciärer och istäcken. Flera nordiska grupper (bl.a. i Köpenhamn, Reykjavik, Stockholm och Tromsø) arbetar med modellering av istäckena på Grönland, Island och Svalbard. Den stora internationella betydelsen av inlandsisens utveckling i Grönland har under de senaste åren dragit till sig ett brett intresse att i synnerhet undersöka istäckenas roll i klimatsystemet i kopplade hav-atmosfär-klimatmodeller. Men även på internationell nivå är det inbördes sammanhanget ett relativt nytt forskningsområde. I Danmark har man etablerat ett utvidgat samarbete mellan Center for Is og Klima vid Köpenhamns universitet och klimatmodelleringsgrupper med avsikt att koppla modeller för Grönlands istäcke med klimatmodeller. Man kan också identifiera en ökande kontakt mellan kryosfär- och modelleringsgrupper över landsgränser, om dock på idénivå, speciellt i Island och i Norge. Därför finns en stor potential för förstärkning av samarbetet mellan olika geofysiska discipliner i nordisk regi. Flera nordiska grupper arbetar på en bättre förståelse för och modellering av havsis (i Norge, Finland, Sverige och i Danmark). Traditionellt har dessa grupper varit starkt bundna till oceanografisk expertis, medan rollen och betydelsen av havsisen kopplad till klimatsystem har varit något mindre betydelsefull. En bättre förståelse för havsisen kunde därför anses attraktivt också på nordisk nivå.

Termohalin cirkulation

Även om det länge har varit erkänt att djuphavscirkulationen och klimatförändringar samverkar och potentiellt kan ge anledning till överraskningar under den gradvisa temperaturförändringen, är det fortfarande oklart i vilken omfattning den globala uppvärmningen leder till en väsentlig reduktion av den meridionala havscirkulationen, som spelar en viktig roll för värmeöverföring från sydligare väderstreck och subarktiska områden. Ny forskning tyder på att klimatvariationerna på multidekadisk nivå är knutna till förändringar i denna cirkulation. Därför är förbättrade klimatscenarier för de närmaste årtionden beroende av en bättre förståelse av dessa sammanhang. En av orsakerna till den bristande kunskapen anses vara att nuvarande havsmodeller inte har visats med den nödvändiga upplösningen för att studera de relevanta processerna tillräckligt detaljerat. Nya simuleringar med högupplösta havsmodeller anses därför önskvärda. En annan orsak är att många olika aktörer studerar detta område, från fysiska oceanografer och paleoklimatologer till forskare som använder kopplade hav-atmosfär-klimatmodeller. Flera nordiska grupper har varit engagerade i denna forskning genom årtionden (Köpenhamn, Bergen, Helsingfors, Reykjavik, Göteborg och Thorshavn). Med ökad fokus på Grönlands inlandsis och dess förändringar är det välgrundat att fokusera på den meridionala cirkulationen också av denna anledning. Även här

krävs ett interdisciplinärt samarbete mellan forskarna, och en nordisk plattform för ett brett samarbete kan därför anses viktig.

Permafrostdynamik i klimat under förändring

Terrestriska klimatmodeller har hittills inte haft fokus på förändringar under jordytan. Klimatmodeller har vanligen sitt lägsta gränsvillkor någon enstaka meter under jordytan. De hydrologiska processerna (men också andra relaterade processer) nere i jorden behandlas mycket förenklat och därför finns inte någon bra beskrivning av de förhållanden som har betydelse för permafrosten i jorden. Då det är möjligt att upptiningen av stora permafrostområden kan medföra konsekvenser för klimatsystemet vid frigörelse av metan och koldioxid i mängder som inte ännu är kända, finns det ett klart behov att studera växelverkan mellan klimat och permafrost mer detaljerat än hittills. Samarbetet mellan forskare som är intresserade av permafrost (t.ex. i Oslo, Nuuk, Köpenhamn, Svalbard, Stockholm, Rovaniemi) och grupper som använder klimatmodeller (alla nordiska länder) har hittills varit rätt anspråkslöst. Därför bör också detta område öppnas upp för tvärdisciplinärt nordiskt samarbete för att skapa synergi och en stark nordisk profil.

Kolkretsloppet i permafrostområden, på tundran och i havet

Som ovan nämnts finns det betydliga mängder kol lagrad i jorden. Kolet är för tillfället djupfryst i stora permafrostområden. På längre sikt kommer uppvärmningen att ändra dessa områden från att vara ett kolsvalg till en kolkälla och därmed möjligen medverka till ökad uppvärmning. En bättre förståelse av kolkretsloppet är nödvändig för att kunna reagera på förändringen. Nordiskt samarbete bl.a. med ledande ryska vetenskapsmän inom detta område är ytterst viktigt. Det finns redan en del initiativ, bl.a. EU-projekt, som bidrar till bättre kunskapsutbyte, t.ex. CARBO-North och CARBO-OCEAN, men också ny forskning vid Naturinstitutet i Nuuk går i denna riktning. Samtidigt med de naturliga förändringarna i den tempererade delen av världen bör också olika av människan orsakade förändringarna i landskapet tas upp, eftersom dessa i framtiden påverkar kolkretsloppet betydligt. Detta gäller förändringarna i skogsbruk och expansionen av detta i områden som för tillfället är tundra. För att belysa dessa processer behövs tvärfackligt samarbete med såväl naturvetenskaplig som samhällsvetenskaplig bakgrund (se även 3.3). Beträffande modellering krävs att man strävar till att ta med markanvändningen i nya klimatprognoser. Ett NCoE (Nordic Center of Excellence) under namnet "Utbytet av koldioxid och metan mellan atmosfären och ekosystemen" med deltagare från Danmark, Finland, Island och Sverige har bl.a. bidragit till forskningen inom detta område och till utvecklandet av den nordiska expertisen.²⁷

²⁷ Nordic Center of Excellence: *Utbytet av koldioxid och metan mellan atmosfären och ekosystemen*. Koordination från Lunds Universitet.

Ca 30 % av globala CO₂-utsläpp absorberas i dag i haven. Ny forskning tyder på att absorberingen reduceras i takt med den globala uppvärmningen. Detta är ett tema som har tagits upp i EU-projektet CARBO-OCEAN med flera nordiska deltagare. De av uppvärmningen orsakade förändringarna i istäcket i Arktis påverkar denna absorbering, men ämnet har inte undersökts tillräckligt. Den ökade CO₂-halten ökar surhetsgraden i haven ytterligare, vilket har stor betydelse för Arktis, då effekten är störst i kallt vatten. På nordisk nivå har vi tillgång till en betydande expertis som kan mobiliseras i projekt där man sammanför observationer och experiment med klimatmodeller som belyser kolkretsloppet.

Behandling av partiklar i klimatmodeller

Olika partiklar i atmosfären har en dokumenterad betydelse för det globala klimatet, speciellt på regional nivå. I den senaste IPCC-rapporten uppskattar man att den globala strålningsdrivningskomponenten från partiklar utgör hälften av påverkningen av växthusgaser, men med motsatt inverkan (dvs. avkylande effekt). Nerströms från de stora utsläppsområden är strålningsdrivningskomponenten naturligtvis ännu större, vilket kan ha en stor betydelse för Arktis. De nuvarande klimatmodellerna behandlar partiklar mycket rudimentärt och det finns därför ett klart behov att undersöka deras betydelse med en mer avancerad beskrivning av partikelprocesser i klimatmodellerna. Arbetet inom detta område pågår i EU:s regi med en betydande nordisk komponent. Forskningsområdet som sådant är inte profilerat på en bred nivå eller starkt prioriterat i nordisk regi och skulle därför kunna prioriteras högre. Ett NCoE under namnet "Klimatförändringens effekter på biosfären" med deltagare från Danmark, Finland, Norge och Sverige har bidragit till forskningen inom detta område och till utvecklingen av stark nordisk kompetens inom området.²⁸

Arktiska återkopplingar till det globala klimatsystemet

Det finns en rad specifika klimatrelaterade återkopplingar i Arktis, som alla har det gemensamt att konsekvenserna kan identifieras långt ifrån Arktis. Avsmältningen av Grönlandsisen och andra mindre istäcken bidrar till höjningen av vattennivån i haven globalt; den upptinande permafrosten bidrar till ökat utsläpp av växthusgaser från hittills frusen jordmån; stora förändringar i den arktiska atmosfärens rörelser (North Atlantic Oscillation eller NAO) kontrollerar vädret mellan vissa breddgrader; den globala uppvärmningen påverkar nord-syd temperaturgradienten, vilket ger anledning till förändrad värmetillförsel till och från Arktis via atmosfären; förändringar i sötvattenstillförseln till Arktis kan påverka den termohalina cirkulationen och i det yttersta fallet orsaka regional nedkylning över Nordeuropa i samband med den globala uppvärmningen. Det är således ytterst viktigt att förstå förändringarna i Arktis ur det globala

²⁸ Nordic Center of Excellence: Klimatförändringens effekter på biosfären (Biosphere-Aerosol-Cloud-Climate Interactions : BACCI). Koordinerad av Helsingfors universitet.

perspektivet – det finns en rad sk. teleconnections, som inte kan ignoreras bara för att man har huvudfokus på Arktis. Därför anses det mycket viktigt att försöka etablera synergieffekter mellan forskningsaktiviteterna i anknytning till förändringar i Arktis och effekterna av detta på annat håll, speciellt i de nordiska områdena. Expertisen inom dessa områden är tillgänglig i de flesta nordiska länderna, som vi redan har påpekat i de föregående punkterna.

3.2.3 Kunskapsluckor och överlappning

Flera specifika forskningsbrister och potentiella forskningsbehov har uppmärksamats i det ovanstående med avseende på det nuvarande forskningsläget i olika perspektiv. Därtill är det viktigt att påpeka att de beskrivna delområdena överlappar varandra något, eftersom klimatprocesser har återkopplingar på en bred tidsmässig och geografisk skala.

För att förstå de speciella arktiska klimatproblemen är det speciellt viktigt att betrakta dem i ett långt tidsperspektiv. Extrema händelser kan utvecklas på allt ifrån minuter och timmar till dagar, medan de processer som är knutna till aerosoler och väder betraktas i dag- eller veckoperspektiv. Processerna i haven sker under inflytande av klimatet under perioder som räknas i veckor till månader och till och med över årtionden eller ännu längre tid. Permafrostdynamiken och förändringar i istäcken sker över årtionden eller i istidsskala (under loppet av tiotusentals år).

Det är den enorma skalan av olika tidshorisonter som utgör den stora utmaningen när det gäller en bra förståelse av klimatprocesserna och speciellt när det gäller att göra realistiska beskrivningar med numeriska modeller av allt detta. Samtidigt sker processerna i en mycket varierande geografisk skala. För det mesta ligger nyckeln till förståelse av själva processerna i en beskrivning i liten eller mikroskala. Som exempel kan man nämna snötäcket: nederbördsbildning börjar med kondensationen av droppar eller snöflingor, som växer till en viss storlek och därefter faller ner till ytan och som med tiden växer ihop till en mer fast struktur, som dock karaktäriseras av skillnader i markens beskaffenhet (bergstruktur, vegetation, vattendrag m.fl.). Men klimatkonsekvensen av förändringar i snötäckets beskaffenhet blir på allvar realiserad först i regional, kontinental eller till och med global skala, då processerna aggregerar.

Den största forskningsluckan i klimatmodelleringens nuläge finns i beskrivningen av de processer som sker under extrema arktiska förhållanden och som för det mesta behandlar kryosfäriska processer. Isens makroegenskaper, då avsmältning och återfrysning sker, är fortfarande relativt dåligt kända. Övergången från flytande till fast vatten i Arktis utgör alltså ständigt den största barriären i förståelsen av det arktiska klimatet. Om man därtill lägger de svåra förhållandena för fältstudier i denna miljö har man en viktig förklaring till svårigheten att snabbt uppnå stora landvinningar inom klimatforskningen i Arktis.

3.3 Klimatprocessernas effekter (terrestriskt och marint)

3.3.1 *Det tematiska området & de centrala drivkrafterna för forskning*

Forskningskretsarna har arbetat för att öka vår förståelse för klimatförändringens mekanismer, drivkrafter och för att skärpa beskrivningarna av potentiella framtida utvecklingsvägar. Under det senaste decenniet kan man identifiera en allt intensivare strävan – bl.a. med hjälp av tvärvetenskapliga undersökningar och nya verktyg för att förbereda samhällen för framtida chocker – att bättre förstå klimatprocessernas effekter på ekosystem och samhällen samt olika möjligheter att minska dessa effekter och /eller öka resiliensen i arktiska socioekologiska system.

Klimatändringen kommer högst sannolikt att leda till en förflyttning av arktiska vegetationszoner och djurarternas utbredning. Detta kan medföra betydande ändringar i biodiversiteten i olika delar av Arktis. Forskningen i biodiversitet och ekosystemtjänster i arktiska ekosystem är av avgörande betydelse när man vill få bättre insikter i hur framtidens klimat kommer att påverka den arktiska naturmiljön.

Klimatändringens risker för ekosystem och ekosystemens olika tjänster har under de senaste åren stigit högt på forskningsagendan. Vissa intressegrupper betraktar den snabbt växande handeln med utsläppsätter – varmed ett negativt ekonomiskt värde ställs för utsläpp av kolpartiklar till atmosfären – som det enda sättet att svara på Kyotoprotokollens krav. Däremot betonar ett ekosystemperspektiv de positiva värden och tjänster som ett fungerande ekosystem erbjuder, såsom ren luft och rent vatten. Begreppet i sig har existerat redan länge, men forskning och operationella verktyg inom detta område är fortfarande relativt utvecklade.

Inom detta tematiska område fokuserar analysen av forskningsstatus och kunskapsluckor på följande frågor:

- Vilka av klimatförändringens effekter är mest kritiska för de centrala naturresurserna för befolkningen och samhällena i arktiska och nordiska områden?
- Vilka ekonomiska sektorer (inkl. fiske, jordbruk, skogsbruk, olje- och gasutvinning, renskötsel, jakt, turism) blir mest påverkade av klimat- och miljöförändringar?
- Hur stor är dels sårbarheten och dels anpassningskapaciteten inom dessa sektorer?

Frågor som berör biodiversitet och ekosystemtjänster behandlas integrerat i samband med analysens alla delar, eftersom dessa utgör grundförutsättningarna för ett hållbart utnyttjande av naturresurser – dvs. av alla ekonomiska sektorer i samhället.

Flera internationella processer och forskningsprojekt har behandlat dessa frågor under de senaste åren bl.a. ACIA, ICARP II²⁹, AHDR, Ster-undersökningen³⁰, BALANCE³¹, FINADAPT³² och TOLERATE³³. Vissa projekt ägnar sig åt effekterna av klimatförändringen i samhällen och natursystem i norr, både till lands och till sjöss³⁴. Till exempel ACIA strävade att speciellt integrera det lokala och regionala perspektivet som en kritisk komponent i den vetenskapliga granskningen. Den betonar att ursprungsbefolkningen i Arktis ständigt och över årtusenden har anpassat sig till förändrade klimatförhållanden. Flera kapitel av IPCC koncentrerar sig speciellt på den bristande anpassningskapaciteten inom forskningen och på utmaningar som den kommer att möta. En central fråga är huruvida klimatförändringens stressfaktorer – förutom klimatförändringen möter arktiska samhällen naturligtvis även andra utmaningar – kommer att överskrida samhällenas förmåga att reagera på och anpassa sig till förändringar i den lokala miljön. I de nordiska länderna, i de arktiska områdena och i norra Ryssland gäller frågan inte enbart ursprungliga kulturer, utan överhuvudtaget alla människor som arbetar i regionen inom mer eller mindre ”traditionella” näringsgrenar.

Enligt de värsta scenarierna kommer redan nu pågående klimatprocesser att totalt ändra ekosystemen. Detta kan resultera i förhållanden som inte lämpar sig för samhällen men som även kan leda till nya former av ekosystem med naturresurser tillgängliga för samhällen som har kunnat anpassa sig till de nya förhållandena. Enligt arkeologer har detta förekommit redan tidigare, då arktiska samhällen till exempel har bytt från landbaserade kulturer till havsbaserade kulturer och tillbaka. Beträffande andra samhälleliga utmaningar ledde nyligen Sovjetunionens upplösning till växlingar mellan renskötsel och jakt.

Stern (2007) betonar att anpassningen är en avgörande faktor för att reducera sårbarheten inför klimatförändringar – och även det enda sättet att behandla de effekter som inte längre kan undvikas under de kommande årtiondena. I de områden som kan ha en viss nytta av små mängder av uppvärmning, hjälper anpassningsåtgärder även att realisera nyttan. Men anpassningen är inte automatiskt ett lätt alternativ, anpassningen har vissa kostnader och kan bara reducera, inte avlägsna klimateffekterna, som starkt kommer att öka om inte utsläppen i atmosfären reduceras kraftigt.

²⁹ICARP II (second International Conference on Arctic Research Planning). Se *Arctic Research – a global perspective*, publicerat i September 2007. <http://www.icarp.dk/>

³⁰Stern, N. (2007) *The Economics of Climate Change: The Stern Review*.

³¹BALANCE (Global Change Vulnerabilities in the Barents Region: Linking Arctic Natural Resources, Climate Change and Economies, 2003–2005). <http://balance1.uni-muenster.de/>

³²FINADAPT (Den finska naturens och det finska samhällets förmåga att anpassa sig till klimatförändringen, forskningsprogram 2003–2005). <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=228161&lan=FI>

³³TOLERATE (Towards levels of required adaptation to cope with extreme weather events), 2006.

³⁴Se även ”Nasjonal handlingsplan for klimaforskning” – Styrking av strategisk helhet og langsiktighet i norsk klimaforskning. Rapport fra Klimaforskningsutvalget, Norges forskningsråd 2006.

3.3.2 Forskningsaktiviteternas status

Jordbruk och skogsbruk

Den internationella klimatpanelens senaste rapport (IPCC, 2007) konstaterar att jordbruket i södra delarna av Arktis är begränsat på grund av den korta och svala tillväxtperioden, brist på infrastruktur och liten lokal marknad, som beror på en begränsad population och långa avstånd till de stora marknadsplatserna. Den nordliga gränsen för jordbruk kan grovt beräknas på basis av kumulativa antalet dagar med en temperatur över $+10^{\circ}\text{C}$ ³⁵. I mitten av 2000-talet kan klimatuppvärmningen ha förflyttat gränsen några hundra kilometer norrut över stora delar av Sibirien och upp till hundra kilometer på annat håll i Ryssland, med liknande förflyttningar även i Nordamerika.

Således ger uppvärmningen troligtvis möjligheter till en expansion av jordbruk och skogsbruk. Medan naturskydd och skyddade områden är omfattande i Arktis, skyddar de enbart mot direkt mänsklig aktivitet, inte mot klimatorsakade förändringar av vegetationszoner – detta förutsätter beslut om vilka mål och metoder som gäller för naturskyddet i framtiden. Förutsättningar för anpassning existerar och den är naturligtvis konstant pågående. Intåget av nya arter och en utvidgning av tillväxtperioderna och förutsättningarna för jordbruk på höga breddgrader ger en möjlighet att öka den lokala, terrestriska livsmedelsproduktionens resiliens. Å andra sidan är biodiversitetens anpassningskapacitet i nuvarande arktiska ekosystem begränsad, eftersom systemens utsträckning sannolikt kommer att bli starkt reducerad på grund av kompressionen mellan den allmänna nordliga expansionen av skog, den nuvarande kustlinjen och långvariga översvämningar på nordliga kustvåtmarker när havets ytnivå stiger. Dessutom fortsätter markanvändningens krav på nya landområden att utgöra ett tryck på den arktiska miljön. Överhuvudtaget är det sannolikt att de arktiska arternas och ekosystemens sårbarhet för klimatändring och den bristande anpassningsförmågan kommer att leda till förflyttningar – vilket skett även tidigare – snarare än till snabb anpassning.

Granskningen av jordbruksfrågor i ACIA (2005) fokuserar huvudsakligen på skogsbrand, skogens roll som kolupptagare och temperaturdynamik samt tillbakakopplingar. Beträffande biodiversitet råder det osäkerhet om spridning, etablering och förändringarnas hastighet hos arter som är mer produktiva än de aktuella arktiska arterna, men som inte för tillfället förekommer eller som inte är vanliga i den arktiska vegetationen (t.ex. träd och större buskar). Begreppet "arter" är speciellt svårt i kontexten med mikroorganismer och även tillämpat på blommande växter. Den traditionella uppfattningen att det bara finns ett fåtal endemiska arktiska växtarter har blivit utmanad av nyare forskningsrön, men det är inte känt i vilken grad växttaxonomin är problematisk. Bl.a. Pan Arctic Flora (2007)

³⁵ Detta representerar dagar med tillräcklig hög temperatur för tillräcklig fotosyntes i arktiskt jordbruk (även kallade "growing degree days").

-projektet fokuserar på detta problem. Sådana problem måste lösas innan klimatförändringarnas effekter på biodiversiteten kan granskas systematiskt (ACIA 2005).

I Island höjer varmare klimatförhållanden i regel planteringsresultatet och speciellt tillväxten av (huvudsakligen) icke-inhemska träd. Omstrukturering av lantbruksekonomin betyder minskad lantbruksproduktion och ökad ekoturism och rekreationen stödjer omvandlingen av det isländska landskapet från en trädlös jordbruksregion till ett utbrett skogsområde.

Anpassningen kommer troligtvis att ske snabbast i de sektorer som är känsliga för marknadssignaler, t.ex. inom jordbruk och skogsbruk (Stern 2007). Vissa internationella undersökningar antyder att relativt enkla anpassningsåtgärder med låga kostnader som t.ex. ändrad planteringsperiod och ökad bevattning kunde reducera förlusterna vid produktion med minst 30–60 % i jämförelse med ingen anpassning alls. Anpassningens fördelar kan däremot realiseras bara av individer eller ekonomier med kapacitet att utföra sådana åtgärder.

Det är klart att den europeiska integrationen och globaliseringen kommer att påverka det nordiska jordbruket mer än klimatförändringen (BALANCE 2007). Även om en måttlig klimatförändring kan vara till fördel för jordbruket i den nordliga miljön, kommer jordbruket sannolikt att vara mer produktivt i andra europeiska regioner och härav följer att skillnaderna i produktiviteten inte kommer att försvinna i jordbruksproduktionen. Det är högst sannolikt att nordligare breddgrader blir odlingsbara, skördemöjligheterna ökar, tillväxtperioden blir förlängd och likaså utfodringsperioden för nötkreatur utomhus. Det finns även vissa nackdelar med förskjutningen av det odlingsbara området, t.ex. ökningen av skadeväxter och -djur.

I likhet med jordbruket kan även skogsbruket i de arktiska områdena gynnas av en måttlig klimatförändring. På lång sikt kommer betydande ändringar inträffa i nordiska boreala skogar beroende på ändrade klimatzoner. Det skogsbeklädda området i Barentshavregionen kommer att öka på grund av klimatförändringen, när skogsområdena förflyttas norrut, vilket möjliggör en tillväxt i skogsavverkning och träförädlingsindustri. Å andra sidan är nordliga skogar mycket sårbara mot biotiska och abiotiska skogsskador, bl.a. stormar, bränder, insekter, patogener och gnagare. Förflyttningen av skogszoner kommer att vara relativt långsam.

I södra Finland har tillväxtperioden förlängts med ca 10 dagar under tjugonde århundradet beroende på generellt varmare vår och höst (FINADAPT 2007). Klimatförändringen har redan skapat flera effekter på biodiversiteten inklusive vårens tidigare ankomst och den nordliga utbredningen av de biogeografiska zonerna för dag- och nattfjärilar. Dessa har konsekvenser för migration av odlingar och träd norrut. Ökad torka kan ha negativa effekter på kärr, medan den förbättrar förhållanden för skogsbruket. Ekosystemtjänster som anses känsliga för klimatet i Finland innefattar skogar och jordbruk. Ökad översvämningsfrekvens och -

magnitud förväntas orsaka mer skador inom jordbruk än skogsbruk. Fortsatt temperaturuppvärmning förlänger tillväxtperioden och möjliggör odling av arter med högre skördepotential. Förutsättningarna för övervintande växter och betesmarker kommer också att gynnas. Lövfällande träd förväntas bli vanligare, trots att ökad fuktighet kan bli ett problem för både skogar och odlingar, speciellt i södra Finland, och leda till en minskning av granbeståndet. Ytterligare kan skadedjur, patogener och ogräs bli ett betydande problem, när de utvidgar sina områden norrut. Det ser ut att finnas ett behov för mera experimentell forskning om de hydrologiska processernas betydelse för skogar.

I allmänhet återstår stora osäkerhetsmoment i förståelsen av förväntade förändringar i biodiversiteten och detta bör undersökas mer detaljerat i relation till anpassningen inom skogs- och jordbruk. Planerad anpassning på basis av politiska beslut behövs sannolikt för att upprätthålla biodiversiteten på en önskad nivå. I detta syfte borde naturskyddsområdenas roll och betydelse granskas på nytt. Extremt väder, såsom torka (t.ex. somrarna 2003, 2006), stormar (t.ex. stormen Gudrun i södra Sverige 2005) eller översvämningar (t.ex. somrarna 2003 och 2007) har konsekvenser för det nordiska skogsbruket och jordbruket och granskas allt mer i nya forskningsinitiativ³⁶.

Olje- och gasutvinning

På grund av potentiella effekter på terrestriska ekosystem är tinande permafrost med förändringar och sänkning i jorden en betydande miljörisk i nordliga höga latituder i samband med klimatförändringar (IPCC 2007). Seriösa hot har kopplats samman med de effekter uppvärmning och tining av permafrost kan ha på infrastrukturen, speciellt konstruktionerna för olje- och gasutvinning samt på transportinfrastrukturen. Detta är speciellt viktigt i nordöstra Ryssland. Förändringar i markanvändning, knutna till infrastrukturutvecklingen, kan skapa termal erosion, även utan klimatuppvärmning.

Ett minskat havsistäckte från tidigare havsissmältning och senare frysnings leder antagligen till en öppning av navigationsrutter genom Nordostpassagen och Nordvästpassagen för längre perioder av året och på så sätt till ökad utforskning av olje- och gasreserver (ACIA 2005). Detta ökar sannolikt riskerna för oljeutsläpp och hotet för marina ekosystem.

I allmänhet är energiförsörjningen den andra sektorn som utöver jordbruk och skogsbruk sannolikt är mest mottaglig för marknadssignaler – dvs. en sektor som är dominerad av slutprodukter som köps på internationella marknader och som reagerar starkt på de globala marknadspriserna (Stern 2007). En av fördelarna av ökad vinter/våravrinning kan vara ökad potential för vattenkraftsproduktion, trots att de årliga variationerna också

³⁶ Se t.ex. ISTO (Det finska forskningsprogrammet om anpassningar till klimatförändringar), 2006–2010. <http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/ymparisto/ilmastopolitiikka/sopeutumistutkimusohjelma.html>

kan öka³⁷. Minskningar i behovet av uppvärmning förväntas vara större än ökningen av behovet för avkylning i de flesta delar av de nordiska länderna och energikonsumenter väntas ha nytta av detta (FINADAPT 2007).

För tillfället är de effekter på ekosystemnivån som är förknippade med markanvändningen inom energisektorn av större omfattning än de som är förknippade med klimatförändringarna. Situationen kan däremot förändras genom oftare förekommande extrema väderhändelser som har en negativ effekt på traditionella näringar, t.ex. bete, jakt och fiske (ENSINOR 2007).

Fiske

Sötvatten

I allmänhet har klimatförändringar och förändringar i UV-strålningsnivåer i Arktis sannolikt omfattande effekter och påverkar sötvattenarter genom förändringar i näringskällorna, förändringar i fysisk och kemisk miljö, habitat, och generellt i olika processer inom sötvattenekosystemen (ACIA 2005). Tillsvidare förstår vi inte i tillräcklig grad det arktiska sötvattenssystemet, och dess inbördes förhållande till klimat- och andra miljövariabler. Likaså råder det brist på långsiktig övervakning av sötvatten och integrerade hydroekologiska forskningsprogram i Arktis, vilket försvårar analysen av den potentiella framtida utvecklingen. Flera arktiska sötvattenssystem är utsatta för ett stort antal miljöstressfaktorer eller störningar, inklusive förändrade hydrologiska system och förändringar i vattenkvaliteten som är en följd av förändringar i landskaps- och markanvändning (t.ex. olje- och gasutvinning).

IPCC (2007) noterar att sådana åtgärder som hjälper att modifiera sätten att utnyttja naturresurserna (t.ex. förändringar i ”skörde”strategier) är viktiga anpassningsalternativ i samhällets perspektiv. Svårigheterna att följa sådana anpassningsstrategier kan vara störst för lokala samhällen som lägger stor kulturell och social vikt vid traditionella sätt att utnyttja sötvattenresurserna.

Klimatförändringen kommer antagligen att leda till högre genomsnittstemperatur i havs- och sjövattnen (BALANCE 2007). Dessa temperaturförändringar kommer att påverka fiskpopulationerna och med stor sannolikhet leda till förflyttning av kallvattenfiskar norrut och till förbättrade levnadsförhållanden för fiskar i varmvatten. Sammantaget kommer det totala fiskbeståndet antagligen att växa på grund av ett varmare klimat.

Produktiviteten i vattensystem förväntas öka när de isfria perioderna blir längre, trots att algblomningar kan bli mer frekventa och vissa arter, t.ex. laxfiskar, kan lida av det (FINADAPT 2007).

³⁷ Se även “Impacts of Climate Change on Renewable Energy Sources, Their role in the Nordic energy system”, Nord 2007:003.

Hav

Flera aspekter i interaktionen mellan atmosfär och hav samt mellan klimat och marinekosystem kräver bättre förståelse innan de förväntade responserna på klimatförändringen kan uppskattas med tillräcklig sannolikhet (ACIA 2005). ACIA producerade en del kvalitativa svar på frågor i anknytning till klimatförändringen, men det visade sig svårt att beräkna icke-lineära effekter eller interaktioner mellan flera olika arter. Pålitlig kvantitativ information om de marina ekosystemens reaktion på klimatförändringen saknas alltså fortfarande. I allmänhet visar det sig sannolikt att en lindrig uppvärmning kommer att förbättra förhållandena för några av de viktigaste kommersiella fiskbestånden, likaså för fiskodlingen. Inom en nära framtid kommer däremot den totala effekten av klimatförändringen på fiskbestånd antagligen vara av mindre vikt än effekter av de politiska åtgärder som styr fisket .



Foto: Harry Zilliacus

IPCC (2007) konstaterade att Barents hav och de isländska vatten kan anses vara subarktiska, trots deras relativt höga latituder. De karaktäriseras av en relativt hög produktivitet och ett resilient djuphavsfiskbestånd samt av stora pelagiska bestånd, bl.a. sill och lodda. I historiskt perspektiv har dessa varierat betydligt såväl räknat i biomassa som i fångstvolym. Däremot anses haven kring Grönland vara arktiska och karaktäriseras av långsamt växande kommersiella arter. Detta område har hög produktivitet i vissa delar av havet, men är känsligt för variationer i hydrografiskt klimat och kommersiellt fiske. Fiskodlingen kan drabbas av skador eftersom laxfiskar är vana vid kalla vatten. En annan risk med klimatuppvärmningen är utbredningen av sydliga parasiter och patogener till arktiska vatten (BALANCE 2007).

Jakt och betesbruk

Beträffande jakt men även betesbruk ligger fokuset på migrerande djur där ansvaret för management naturligtvis överskrider lokala intressen (ACIA 2005). Ett hållbart bevarande och utnyttjande av flyttande och vitt utbredda arter kräver brett deltagande av alla som är intresserade av arktiska ekosystem. Detta kräver att samarbetet utvecklas från det lokala till att innefatta regionalt, nationellt och internationellt samarbete. Klimatförändringen kan inte förstås i isolation från andra miljöförändringar, t.ex. de snabba sociala och kulturella förändringarna och globaliseringen. Arktiska samhällen har tidigare upplevt och upplever idag tryck från flera olika håll som hotar den begränsade jakten och betesbruket. Förutsättningarna för jakt och bete bestäms i stor utsträckning av olika resurshanteringsystem, reglering av markanvändning och markrätten samt globala marknader. Det finns ett stort behov av en bättre förståelse för omfånget av dessa miljöbetingade, sociala, politiska och ekonomiska problem samt för utmaningarna i en miljö som ändras mycket snabbt (Forbes et al. 2006; ENSINOR 2007; EALAT 2007).

Renskötseln står för bara en liten del av den regionala ekonomiska produktionen. Den totala årliga omsättningen från hela renköttindustrin i Norge motsvarar omsättningen vid en medelstor fiskodling (Turi 2002). Men betesdriften är fortfarande en viktig näringsgren för ett stort antal familjer på landsbygden i nordliga Fennoskandien och i Ryssland. Den sker i nära anknytning till flera andra former av markanvändning och näringsgrenar (bl.a. jakt, skogsbruk, jordbruk, gruvsdrift, turism) och bör uppmärksammas även i detta perspektiv.

Effekter av klimatförändringen på nordisk renskötsel är antagligen mest negativa – betesmarkernas kondition är en nyckelfaktor när djupet och karaktären av snötäcket förändras. Speciellt betesmarker som är tillgängliga även på vintern är av avgörande betydelse (BALANCE 2007). Enligt vissa undersökningar anses renskötseln höra till de sektorer som har den lägsta anpassningskapaciteten till klimatförändring (FINADAPT 2007).

Kreatursuppfödare är själva oroliga för förändrade snö- och isförhållanden på betesmarker, t.ex. för tung snö som håller sig längre på vårbetesmarker eller frysning som lämnar ogenomträngliga islager på vinterbetesmarker (Turi 2000). En annan fråga är hur klimatförändringen kommer att påverka betesmarkernas biodiversitet, t.ex. ökningar av mindre smakliga växtarter på bekostnad av bättre foderväxter.

Sjöfart

En reducerad utsträckning och tjocklek av havsisen kommer mycket sannolikt att öka möjligheten för export av naturresurser och annan handel som sker sjövägen över nya nordliga sjöfartsrutter (ACIA 2005). Reducerad havsis i kustområden vid Norra ishavet leder mycket sannolikt till en förlängd sjöfartssäsong. Exploateringen av kontinentalsocklarna och en

större användning av sjöfartsrutter vid kusten kommer troligen att ha betydande sociala, politiska och ekonomiska konsekvenser för alla som är bosatta i de arktiska kustområdena, likaså längs Nordostpassagen som omger de nordiska länderna.

Sjöfarten över Norra ishavet kan möjligen också öka den ekonomiska lönsamheten av handeln med jordbruksprodukter, speciellt av de produkter som är unika för regionen i fråga och således öka utvecklingen av det kommersiella jordbruket långt norrut. Förmånlig arktisk sjöfart kan mycket sannolikt ge en prisförmån som möjligen kan stimulera produktionen av unika arktiska handelsvaror, t.ex. renkött från sådana områden där exporten är alltför dyrt för tillfället.

Turism

Konventionell turism, ekoturism och resor i anknytning till forskningsprojekt kommer förmodligen att öka när de arktiska områdena blir mer tillgängliga (IPCC 2007). Förbättrade möjligheter att utnyttja Nordvästpassagen och Nordostpassagen kommer antagligen att skapa nya möjligheter för kryssningssjöfart. I vissa fall har längre och varmare somrar och ett mindre sommaristäcke i Nordamerika redan lett till sådan utveckling i Arktis. Ökad ekoturism kan också öka intresset för att skydda naturen i vissa områden. Att dra nytta av dessa potentiella positiva effekter kräver dock institutionell flexibilitet och olika former av ekonomiskt stöd.

Ökad turism kombinerad med ett varmare klimat kan möjligen öka risken för invasion av patogener och parasiter till Arktis, vilket är en viktig faktor för både biodiversitetens och ekosystemens integritet (ACIA 2005). Naturskyddsområden kan inte ensamt garantera ett tillräckligt täckande och oavbrutet skydd av arktiska ekosystem som både påverkas av klimatförändring och utsätts för tryck från ökad turism. En hållbar hantering av förhållandet mellan turism och naturliv i Arktis kräver samarbete på regional, nationell och internationell nivå. Eftersom marina arter i naturen är mest tillgängliga och således också lockande för turister som besöker Arktis, utgör sjöfartsbaserad turism ett stort hot för den arktiska naturen. Etablerandet av speciella områden för att garantera fortplantningsförmågan i naturen kommer även i fortsättningen att vara en viktig del i naturskyddet i Arktis i en förändrad miljö. De flesta turistföretagen som är verksamma i Arktis är baserade utanför Arktis. Därför bör riktlinjer och regleringar för hantering av turismens effekter på naturen omfatta bilaterala eller multilaterala överenskommelser och samarbete. För att garantera att riktlinjerna följs, och för upprätthållandet av reglering, krävs också samarbete mellan länderna. För lokala samhällen kan turismen erbjuda en kompletterande näring vid sidan av hållbart utnyttjande av förnybara resurser.

Framtidsmöjligheterna för vinteraktiviteter, t.ex. skidåkning i Barentshavregionen, kommer relativt sett att gynnas, medan motsvarande aktiviteter praktiskt taget blir omöjliga på flera andra ställen i världen med

fortsatt klimatändring (BALANCE 2007). T.ex. i södra Finland kommer rekreationen att påverkas av ett årligen avtagande snötäcke. I norra Finland kan ett uppvärmt klimat öka efterfrågan på skidåkningsmöjligheter, men på längre sikt finns en risk för att förhållandena försämrats. (FINADAPT 2007).

Å andra sidan kan sommarsäsongen bli varmare och relativt bekvämare i jämförelse med flera andra regioner i världen. Nordiskt rekreativt fiske kan lida något, eftersom antalet fångstarter såsom t.ex. laxfiskar möjligtvis kommer att minska. Motsvarande effekter kan förväntas i hela Fennoskandien.



Foto: Harry Zilliacus

3.3.3 Kunskapsluckor och överlappning

Inom ett brett tematiskt område som behandlas i detta kapitel finns det en mängd forskningsluckor och potentiella behov av vidare information angående klimatförändring och dess konsekvenser i Arktis. Denna undersökning har tagit upp några av de viktigaste faktorerna ur nordiskt perspektiv och i synnerhet lagt märke till behov av forskning och samarbete där det nordiska samarbetet kan ha en speciell roll.

I allmänhet återstår stora osäkerhetsfaktorer i bedömningen av potentiella reaktioner i den framtida biodiversiteten och detta bör undersökas mer detaljerat. Förståelsen av skogens utbredning på tundran baserar sig t.ex. på ett relativt begränsat antal enskilda undersökningar med varierande mål. En samordnad cirkumpolär undersökning av trädgränsens förflyttning samt ett initiativ till övervakning av processen behövs för att hitta svar på frågor om hur och varför denna gränslinje håller på att förändras och på förändringens betydelse ur globalt perspektiv (ACIA 2005). Samtidigt måste

också problem med växttaxonomin lösas innan effekterna av klimatförändringen på skogens och tundrans biodiversitet kan bedömas tillförlitligt.

Vi behöver mer gedigen insikt i flera aspekter av interaktionen mellan atmosfär och hav samt mellan klimat och marina ekosystem. Detta kan endast uppnås genom systematisk övervakning och forskning, vilket kräver långsiktiga satsningar inom vissa områden (se även kapitlen om klimatmodellering och övervakning). I marin miljö förväntas den höjda vattentemperaturen leda till en ökad risk för skadlig algbloomning och till ökad förekomst av andra skadeväxter och föroreningar. Forskningen bör bl.a. fokusera på en eventuell ökning av sådana risker som en följd av en framtida ökning av sjöfarten.

Den stigande havsnivån är förknippad med betydande risker inklusive ökad våghöjd, eventuella översvämningar och erosion som hotar kustområdenas ekosystem och infrastruktur, vilket förmodligen leder till ökade kostnader (ACIA 2005). I samband med förändringar i existerande infrastruktur och byggande av ny, bör man beräkna kostnader och nyttan av olika alternativ med/utan modifikationer och med potentiella nya klimat-effekter.

Bedömningen av effekterna av olje- och gasutvinning eller av gruv-drift på de arktiska ekosystemen har visat sig vara en komplicerad sak och lyfter fram det faktum att det ofta är svårt att skilja på klimatförändringens effekter och andra förändringar. Således stöter man på motsvarande utmaningar med åtgärderna för att reducera effekterna av infrastruktur och ekonomisk utveckling på ekosystem. Retrospektiva studier kan möjligen hjälpa att skilja åt ändringar knutna till klimatförändringen från nyare effekter knutna till direkta och kumulativa effekter som orsakas av människan. Sådana undersökningar skulle optimalt omfatta lokala aktörer (t.ex. varaktigt bosatta) för att uppnå en bättre förståelse av resiliensen i arktiska socioekologiska system.

Vad beträffar renskötseln, bör den framtida forskningen lägga vikt på förståelsen av klimatförändringens effekter inom en bredare kontext av snabba sociala och ekonomiska förändringar och försöka bestämma skillnaderna mellan förändringarna som förekommer som ett resultat av samhälleliga, kulturella och ekonomiska händelser och förändringar som orsakas av fysiska processer (Forbes et al. 2006; ENSINOR 2007; EALAT 2007).

Inom turismen betraktas klimatförändringen som en positiv faktor bland flera aktörer vars verksamhet omfattar naturbaserade sommaraktiviteter. Däremot anser flera vinteraktivitetsarrangörer att de befinner sig i farozonen. Regionala klimatscenarier behövs för att informera turistindustrin om eventuella förändringar och det behövs forskning om hur den ökade arktiska turismens kontinuitet kan garanteras i framtiden.

Med tanke på den centrala roll som den offentliga jordbrukspolitiken har i regionen, är det viktigt att identifiera nationella och internationella policyåtgärder som kan hjälpa att anpassa expansionen av specifika skör-

dar i Arktis och det subarktiska området (ACIA 2005). Kostnaderna av att genomföra anpassningen, speciellt övergångs- och inlärningskostnader när jordbrukssystemet förändras, har ännu inte bedömts tillräckligt detaljerat.

Angående anpassningskapaciteten i allmänhet, har den internationella klimatpanelen (IPCC 2007) konstaterat att i) många arktiska samhällen redan har varit tvungna att anpassa sig till klimatförändringar och förmågan att återhämta sig från chocker, vilket ursprungsbefolkningen har klarat under tusentals år, har nu satts på prov; ii) samhällen måste anpassa sig till klimatförändringar i sina lokala miljöer genom förändringar i hanteringen av naturresurser samt näringsgrenar (t.ex. jakt, betesdrift); iii) förutom klimatförändring även multipla stressfaktorer tillsammans med externa och interna, sociala, kulturella, ekonomiska och politiska krafter utmanar denna anpassningsförmåga.

Generellt diskuteras anpassningen i IPCC inte i speciellt stor omfattning och den information som presenteras kommer huvudsakligen från Nordamerika. Panelen konstaterar att övergången till mer fasta samhällen bl.a. genom reducerad mobilitet har begränsat anpassningsförmågan för vissa arktiska befolkningsgrupper³⁸. Ökat deltagande i avlönat arbete har därtill minskat antalet individer i samhället som producerar mat av lokala naturresurser. Det finns ett ökat behov av integrerade undersökningar av olika typer av anpassningsförmåga, både planerad och naturlig anpassning, snarare än konventionella sektorstudier (de nordiska ländernas anpassningskapacitet behandlas mer detaljerat i kapitel 3.5 om samhällens sårbarhet och anpassningsstrategier). Samtidigt behövs specifik och praktisk ledning, som är anpassad till aktörerna i olika sektorer. Ett brett deltagande av aktörer i anpassningsforskningen kan hjälpa att garantera att undersökningarna är relevanta och resultaten begripliga (FINADAPT 2007).

Vad forskningsluckor beträffar, presenterar Arkuko-processen den allmänna slutsatsen att det finns ett behov att inte bara rikta sig till övervakning av arter och/eller habitat, utan även ett behov att göra kritiska och syntetiska analyser vid olika institutioner som styr resursanvändningen. Bristen på så kallade co-management-regimer är en central orsak till svag anpassningsförmåga vad beträffar vissa förnybara resurser³⁹. Forskningen över flera olika ekonomiska sektorer som påverkas av klimatförändringen bör således prioriteras högt. Det kan finnas ett ökat värde i att jämföra t.ex. arkeologiska studier av socioekologiska system med analyser av nuvarande utmaningar i samhällen som redan drabbas av klimatförändringen. Samtidigt måste den nordiska vetenskapliga gemenskapen vara speciellt uppmärksam på multipla faktorer, t.ex. kombinerade klimatförändringar och förändringar i resursanvändningen och hur detta kan påverka anpassningsförmågan i de nordiska länderna.

³⁸ En klar majoritet av befolkningen i Arktis är idag bosatt i urbana miljöer.

³⁹ Se Forbes, B.C., et al (2006)

3.4 Samhällens sårbarhet och anpassningsstrategier

3.4.1 Det tematiska området & de centrala drivkrafterna för forskning

Forskningen kring samhällens sårbarhet och anpassning inför klimatförändringen och klimatrelaterade risker pågår inom flera vetenskapliga discipliner och har blivit ett relativt etablerat internationellt forskningsfält. Definitioner av begrepp, ramverk och koncept skiljer sig något beroende på den vetenskapliga disciplin som utgör grunden för forskningen, men inom klimatforskningen används IPCC:s definitioner oftast⁴⁰.

Anpassningen i klimatförändringssammanhang syftar till de förändringar som verkställs i samhället för att möta effekterna av ett förändrat klimat och som kan ske på olika nivåer i samhället och genom flera olika aktörer. Den kan vara planerad eller ske autonomt, vara kort- eller långsiktig, och vara teknologisk, beteendemässig eller policyrelaterad. Grupper, regioners och verksamheters sårbarhet för dagens klimatrisker kan bli allvarligare, speciellt i kombination med andra faktorer och processer (så kallade *multiple stressors*) som påverkar system och samhällen. Exempel på sådana faktorer är resurshantering, globalisering av ekonomin, konflikter, fattigdom, sjukdomar, demokrati och jämlikhetsförhållanden. Det är därför skäl att ha som målsättning att anpassningsstrategierna integreras med andra verksamhetsområden, t.ex. resurshantering, miljövard, krishantering och fysisk planering.

Anpassningskapacitet är ytterligare ett begrepp som har introducerats för att tydliggöra att anpassningsalternativ inte självklart är tillgängliga eller kan utnyttjas eller implementeras av alla grupper, samhällen, sektorer och länder. De faktorer som avgör anpassningskapaciteten inför klimatförändringar omfattar bl.a. ekonomisk status, teknologi, infrastruktur, utbildning, institutionell organisation och effektivitet och socialt kapital. De nordiska länderna har i sin helhet en relativt hög anpassningskapacitet. Däremot har flera händelser (t.ex. värmeböljan i Europa 2003, stormen Gudrun i Sverige 2005 och orkanen Katrina i USA 2005) visat att en hög anpassningskapacitet inte i alla lägen garanterar framgångsrik anpassning och hantering av klimatrisker.

En god förmåga att hantera och klara av hot och kriser reducerar sårbarheten. Denna förmåga beror exempelvis på välstånd, teknologi, utbildning, information, infrastruktur och jämlik tillgång till resurser och demokratiska rättigheter. Olika studier har visat att denna förmåga tidigare kan ha varit tillräcklig i flera samhällen och system men att den inte

⁴⁰ *Vulnerability (sårbarhet)*: "The degree to which a system is susceptible to, or unable to cope with, adverse effects of climate change" and seen as a function of "the character, magnitude, and rate of climate variation to which a system is exposed, its sensitivity and adaptive capacity" (IPCC 2001, p 995). *Adaptation (anpassning)*: "Adjustments in natural and social systems in response to actual or expected climatic stimuli or their effects, which moderates harm or exploits beneficial opportunities" (IPCC 2001, p 982)

har utvecklats i takt med nutida miljöförändringar (se exempelvis ACIA 2005 och IPCC 2001; 2007).

Effektiva insatser för hållbar utveckling kan reducera sårbarheten inför klimatförändringen genom att förbättra anpassningskapaciteten och öka resiliensen och stabiliteten i system och samhällen. Hittills har dock endast ett fåtal nationella strategier explicit inkluderat anpassningen till klimatförändringen (IPCC WG II 2007, EEA 2005). Frågan om hur milenniemålen kan nås beror därför också till stor del på hur klimatförändringen hanteras. Ett antal forskningsprojekt har inletts inom detta område.

Europa och Norden har generellt sett en ambitiös målsättning för minskade utsläpp av växthusgaser i syfte att mildra klimatförändringen (*mitigation*). Därtill har medvetenheten ökat om att anpassning också krävs för att naturmiljön, samhällen och befolkning ska må väl i framtiden. De nordiska länderna har kommit olika långt i arbetet med nationella strategier men samtliga länder har en uttalad politisk vilja att arbeta både med mitigation och anpassning⁴¹ för att möta och mildra klimatförändringen.

Denna del behandlar olika samhällens sårbarhet och anpassningsförmåga inför klimatförändringar och här presenteras övergripliga teman som har identifierats som kritiska områden för den aktuella forsknings- och policydiskursen. En kort översikt av forskningsläget följs av en analys av kunskapsluckor och forskningsbehov i nordiskt perspektiv.

Som utgångspunkt för den kommande diskussionen i detta avsnitt kan Füssels (2005) förklaringsmodell av sårbarhet (se tabell 1) bidra till en systematisk analys. De fyra grupperna av sårbarhetsfaktorer i tabellen utgör sammantaget en sårbarhetsprofil för ett system eller ett samhälle. "Responskapacitet" används här som ett samlat begrepp för samhällets förmåga att hantera kortsiktiga variationer i väder och klimatrisker samt dess anpassningskapacitet, dvs. dess förmåga att anpassa sig till långsiktiga klimatförändringar. Vogel & O'Brien (2004) betonar också att sårbarheten är multidimensionell (varierar beroende på plats, nivå och inom sociala grupper), skalberoende (tid, rum, organisation, system) och dynamisk (karaktär och drivkrafter förändras och varierar över tid). Dessa parametrar måste också beaktas för att nå en djupare insikt i de drivkrafter och kritiska faktorer som skapar sårbarhet.

⁴¹ Danmark lade fram ramverket för sin nationella anpassningspolicy 2005; Norge indikerade redan i sitt "white paper" no 25 2002–2003 att konsekvenser och anpassning är viktiga aspekter för framtida bebyggelse och att miljön i Arktis är speciellt sårbar; Sverige har ingen direkt nationell anpassningspolicy men under hösten 2007 kommer en omfattande statlig utredning (denna initierades efter stormen Gudrun 2005) "klimat- och sårbarhetsutredningen" att lägga fram sitt betänkande; Island har till följd av de stora osäkerheterna som omger klimatförändringsdebatten ännu inte uppmärksammat anpassningsfrågorna i lika stor utsträckning; Finland har en nationell anpassningsstrategi från 2005 och har precis som Danmark utsett ett ansvarigt departement för att hantera anpassningsfrågorna.

Tabell 1. Klassificering av sårbarhetsfaktorer för sårbarhetsprofiler enligt Füssel (2005)

	Socioekonomiska	Biogeofysiska
Interna	Responskapacitet (t.ex. sociala nätverk, tillgång till information, ekonomiska resurser)	Känslighet (t.ex. topografi, miljöförhållanden i dagens klimat)
Externa	"Externa sociala faktorer" (t.ex. nationella policies, bistånd, globaliserad ekonomi)	Exponering (t.ex. havsnivåförändringar, stormar, svår torka)

Forskningsområdet kan numera betraktas som accepterat och prioriterat då både forskarkretsarna och beslutsfattarna till stor del är överens om att de utsläpp av växthusgaser som hittills förekommit, och som förväntas fortsätta, leder till klimatförändringar (IPCC 2007 WG I). Dessa förändringar kommer att ha konsekvenser för miljön, samhället och ekonomin och därför är olika former av anpassning nödvändiga. Däremot har man ännu inte i tillräcklig grad identifierat och förstått barriärer, begränsningar, möjligheter och kostnader. Den forskning som bedrivs inom området försöker förklara hur geografiska och klimatrelaterade riskfaktorer tillsammans med institutionella, politiska och ekonomiska faktorer skapar sårbarhet och påverkar anpassningsmöjligheterna. Dagens forskning siktar också på att förstå och analysera de anpassningsstrategier och processer som är mest effektiva för att reducera riskerna och minska sårbarheten samt att identifiera möjligheter att mildra eller optimera effekterna av klimatförändringarna. Generellt bedrivs dock mer forskning *för* anpassning än *om* anpassning. Vetenskapen kan förklara vad som skapar sårbarhet och hur samhällen kan bli mer robusta under rådande förhållanden, vilket kan fungera som en vägledning till att identifiera mekanismer som kan användas och utvecklas för att skapa potentiella positiva förändringar. Vetenskapen kan också kritiskt analysera sårbarheten hos system där anpassningen, både för kort- och långsiktiga variationer och förändringar, är så begränsad att den utgör en risk.

3.4.2 Forskningsaktiviteternas status

Sårbarhet och anpassning på olika nivåer i samhället
("multiple stressors")

Inom detta forskningsområde finns flera välutvecklade och vedertagna begrepp, teoretiska modeller och ramverk. Dock saknas empiriska studier och praktiska tillämpningar i den teoretiska förståelsen av komplexitet mellan olika skalor, mellan och inom system samt interaktioner mellan flera faktorer som driver och sammantaget skapar sårbarhet. Exempel på externa faktorer som ofta diskuteras som "stressfaktorer" som driver eller bidrar till sårbarheten är fattigdom och socioekonomiska förhållanden, globalisering, infrastruktur, institutionell funktion, organisation och effektivitet, den ekonomiska (världs)marknadens resurshantering, demokratiska förutsättningar, jämlikhet och konflikter. Exempel på interna stress-

faktorer är hälsa, legitimitet och maktposition (vilka ofta är relaterade till etnicitet, ålder och kön) begränsningar inom diversifiering och/eller förflyttningar, tillgång till utbildning och information, försäkringsmöjligheter och sociala nätverk. De studier som har behandlat den typen av frågeställningar har företrädesvis analyserat samhällen och miljöer utanför de nordiska länderna (Simonsson et al manuskript 2007a). I Norge har man gjort fallstudier som visar att det finns flera samverkande faktorer som kan bidra till sårbarhet inför klimatförändringar och där regioner diskuteras ur ett nationellt perspektiv (se t.ex. O'Brien et al 2004). Arktis har också studerats med avseende på sårbarhet i ett historiskt perspektiv, vilket har kompletterats med deltagandestudier, bl.a. för ACIA, av ursprungsbefolkningars situation i dagens samhälle. Dock påpekas det i ACIA-rapporten att vi saknar integrerade bedömningar av sårbarheten och att de faktorer som undersöktes inte nödvändigtvis behöver vara de mest kritiska samt att de kan behöva kompletteras med en analys av andra faktorer.

IPCC:s rapport (2007 WG II) konstaterar att arktiska samhällen anpassar sig till klimatförändringen men att både externa och interna faktorer påverkar deras anpassningskapacitet. Här framhålls även att ursprungsbefolkningarnas traditionella livsstil och försörjning hotas trots deras historiska resiliens mot förändringar och trots kapaciteten att hantera liknande risker varför investeringar behövs för att anpassa, och i vissa fall förflytta, infrastruktur och samhällen. ACIA-rapporten (2005; kap 17) påpekar att politiska och ekonomiska förhållanden påverkar befolkningens anpassningsförmåga positivt eller negativt. Som exempel kan man nämna den befolkning som försörjer sig på renskötsel. Idag är de generellt mer sårbara för år med isbeläggning på betesmarkerna då annan markanvändning, administrativa gränser och statliga regler (nationella, regionala och kommunala) och institutionella faktorer hindrar flexibla lösningar och kreativ respons på förändrade förhållanden. Nu förhindras i vissa fall flyttningar som tidigare kunde ske på ett mer obehindrat sätt.

De forskningsinsatser som svarar på det ökade behovet av kunskap för planering och beslutsfattande när det gäller anpassning har gradvis ändrats från vetenskapliga analyser inom specifika system och sektorer till mer policynära integrerade bedömningar och med fler deltagare som representerar avnämare. FINADAPT i Finland och UKCIP i Storbritannien är exempel på denna utveckling. Trots att framsteg har gjorts i bedömningar och analyser av sårbarhet och anpassningsförmåga, återstår fortfarande ett behov av en ökad insikt i sambanden mellan olika processer. UKCIP fungerar som en kommunikator mellan forskare, praktiker, sektorsföreträdare, beslutsfattare och andra som arbetar med klimatförändringar. Denna verksamhet har visat sig vara mycket framgångsrik och studierna inom detta program har påvisat vikten av en ökad insikt i sådana processer som driver sårbarhet och anpassning men som inte är direkt sektorsspecifika.

Anpassningsstrategier och processer för beslutsfattande för anpassning

Anpassningen till klimatförändringar är ett relativt nytt studie- och policyområde i Europa. EEA (2005) sammanfattar de största hindren för anpassning till klimatförändringar i Europa som en kombination av följande huvudfaktorer: (i) de stora osäkerhetsmomenten vid bedömning av konsekvenser, sårbarhet och anpassning i anknytning till klimat och klimat-scenarier; (ii) kunskapsluckor gällande underliggande orsaker till sårbarhet och teorier om anpassning; (iii) avsaknad av kunskap om policy och institutionellt stöd; och (iv) otillräcklig samordning mellan sektorer och länder.

Som tidigare påpekats, kan anpassningsmetoderna variera. Smithers och Smith (1997) har gjort följande distinktioner mellan olika anpassningsstrategier och aktiviteter, kopplat till 1. avsikt (omedvetet eller som resultat av avsiktliga beslut) 2. styrning (privat eller offentlig, direkt eller indirekt statligt inflytande), 3. skala (lokal, sektorsorienterad eller nationell, individer som beslutsfattare eller kollektiva processer), 4. timing av responsen (före, under eller efter en händelse), 5. tidsperspektiv (kortsiktig/akut eller permanent/långsiktig), 6. form (teknologisk/strukturteknisk eller beteendeorienterad/institutionell) och slutligen, 7. effekt (att underhålla ett system eller möjliggöra en transformation till ett nytt tillstånd). På FN-arenan har behovet av att erkänna klimatanpassning som en viktig policyfråga varit en stor angelägenhet för utvecklingsländerna, även om klimatanpassningen idag också ses som en viktig angelägenhet mer generellt. Kunskapen om hur klimatrelaterade risker hanteras idag och de utmaningar som finns denna hantering, ses ofta som ett nödvändigt första steg för att möjliggöra en mer generell klimatanpassning.

Bland exemplen på forskning som efterfrågas av beslutsfattare och av forskningskretsarna ser vi hur synergieffekterna mellan klimatpolicymål och andra policymål i global och europeisk skala kan uppstå för de nordiska länderna. I dag sker sådan forskning mest på global nivå. Naess et al 2005 visar i en studie från Norge att klimatanpassningen på lokal nivå beror på och kan försvåras av sådana faktorer som t.ex. centralisering vs decentralisering av ansvar, lokala maktstrukturer, och personligt snarare än institutionellt och organisatoriskt lärande. En viktig slutsats från deras studie är att det finns ett generellt behov av att analysera klimatanpassningar i olika delar av världen och i olika nationella, regionala och lokala sammanhang.

Det finns en väletablerad grundforskning i de nordiska länderna som studerar beslutsfattande och styrningsprocesser, vilket kombinerat med kunskap inom riskhantering och riskuppfattning kan utgöra en teoretisk och empirisk kunskapsbas som kan användas på studier om anpassningen till klimatförändringar. Ett antal specifika fallstudier som direkt behandlar klimatrisker och/eller klimatförändringar i flera nordiska länder på lokal- och sektorsnivå har nyligen avslutats eller pågår i flera av de nordiska länderna. Dessa behandlar oftast översvämningsrisker, höjning av havsytan och potentiella problem för infrastrukturen. Forskningen är både

policyrelaterad och relaterad till metodutveckling och teknik, men samordningen mellan de separata forskningsprojekten förefaller anspråkslös och färre forskningsprojekt studerar nationella och regionala anpassningsprocesser (dvs. forskning *om* anpassning) än metoder och tekniker *för* anpassning inom sektorer och på lokal nivå.

Nationella och europeiska forskningsprogram bidrar till en förståelse av anpassning och relaterade möjligheter, hinder och barriärer. Det finns dock många viktiga forskningsbara frågeställningar och kunskapsluckor inom detta angelägna område. Nordisk forskning kan sannolikt ge ett väsentligt bidrag till den internationella vetenskapsfronten på detta område och flera nyligen inledda nationella forskningsprogram inom de nordiska länderna har påbörjat forskning kring dessa frågor.

När klimatfrågan utvecklas från att gälla fastställandet av olika klimatscenarier och konsekvenser till att bli en fråga om anpassning, implementering och integrering av klimathänsyn för att hantera sårbarheten för framtida klimatförändringar, krävs en bredare kunskapsbas och mer omfattande samverkan mellan naturvetare, samhällsvetare och teknologer samt aktörer och avnämare i samhället. De stora osäkerhetsmoment som anses ha omgärdat klimatförändringar och klimatscenarier har antagits vara en av de viktigaste anledningarna till att flera aktörer inte har inlett konkreta åtgärder för anpassning inför potentiella konsekvenser av klimatförändringar (se exempelvis Nilsson 2007). Studier om hur kunskapskommunikation och uppfattning om klimatrisker sker, pågår i begränsad omfattning inom ramen för enskilda forskningsprojekt. En större generell förståelse av dessa processer och deras betydelse för anpassning kunde bidra till en ökad förståelse av hur beslutsfattande och implementering av klimatanpassningsåtgärder sker mellan olika nivåer i samhället. Inom UKCIP sker tillämpade studier som efterfrågas och grundar sig på avnämarnas riskförståelse och bedömningar om kunskapsluckor beträffande klimatförändringar och deras associerade konsekvenser, sårbarhet, anpassningskrav och möjligheter osv. UKCIP arbetar intensivt med kunskapskommunikation vilket de har mycket gedigen erfarenhet av, men utför själva ingen direkt forskning inom kommunikationsforskningsfältet.

Anpassningskapacitet på lokal nivå – förmåga till anpassning för gradvisa och snabba förändringar samt för extrema väderhändelser

På internationell nivå är detta område tämligen väl studerat men då oftast inom forskningen kring risker och naturkatastrofer inklusive fallstudier från utvecklingsländer. I de nordiska länderna har man också gjort flera enskilda fallstudier. Dessvärre saknas en mer generell förståelse och synsamt en jämförbarhet mellan forskningsresultat från olika sektorer och områden. Integrerade bedömningar saknas också och därför bör denna typ av forskning kompletteras och diskuteras i nära samband med sårbarhetsanalyser och variationer i anpassningskapacitet till snabba klimatför-

ändringar på olika nivåer i samhället (se ovan *Sårbarhet och anpassning på olika nivåer i samhället*).

Anpassningsområdets respons har ofta varit en följd av stora (ekonomiska) förluster p.g.a. extrema väderhändelser. De åtgärder som har implementerats och införts, har huvudsakligen riktats till en reduktion av sårbarheten i olika sektorer och samhällsområden i anknytning till aktuella klimatvariationer och extrema förhållanden. Fortfarande saknas dock i många europeiska länder proaktiva program och åtgärder som är avsedda att klara konsekvenserna av ett framtida klimat och långsiktiga förändringar (EEA 2005).

Anpassningsfrågorna har diskuterats i samband med hållbar utveckling, förebyggande krishantering av naturkatastrofer och väderrelaterade risker, fysisk planering osv. Studierna är dock oftast relativt begränsade på så sätt att de endast fokuserar på ett specifikt problem eller hot (t.ex. översvämningsskydd i en viss del av ett avrinningsområde). Fallstudierna är också vanligen formade med tanke på en specifik sektor och har en specifik lokal fokus och saknar därför samordning och integrering med andra sektorer och/eller regioner inom och mellan länderna. Samordningen av anpassningsstrategier och åtgärder länderna emellan kunde också vara bättre (EEA 2005). Riskhanteringen kunde vara mer effektiv genom internationella och sektorsövergripande insatser som exempelvis internationella och regionala övervaknings- och varningssystem, utvecklingsarbete, utbyte och samordning av metoder för riskkartering, utbildning och information för lokala och regionala beslutsfattare och andra avnämare.

Storbjörk (2006) har i sina fallstudier i svenska kommuner visat att utmaningen att omsätta riskmedvetande i praktisk handling främst är beroende av det politiska stödet och en uttalad politisk prioritering, tidsfaktorn (akuta behov vs potentiella och långsiktiga), förekomsten av osäkerhet om risker, konflikter med andra intressen i den fysiska planeringen (t.ex. lokaliseringsönskemål för attraktiv exploatering av vattennära bebyggelse), händelsestyrda prioriteringar (frekvens, återkomst och allvaret av inträffade händelser), men dessa är inte nödvändigtvis en garanti för ett ökat riskmedvetande. En fungerande riskhantering bedöms vidare kräva såväl kontinuitet som fungerande organisatoriska lösningar med en tydlig fördelning av ansvar. En slutsats från Storbjörks studie är att anpassningskapaciteten framstår som synnerligen viktig i den internationella anpassningslitteraturen och behöver studeras ytterligare inom ramen för nationella förhållanden. O'Brien et al (2007) diskuterar frågan om anpassningskapacitet i en nordisk kontext där slutsatsen också är att höga nationella anpassningskapacitetsnivåer kan dölja barriärer och begränsningar för anpassning.

Studiet av dagens och framtidens sårbarhet för klimatrelaterade risker och hot hos andra grupper än ursprungsbefolkningen i Norden och Arktis utgör inget stort forskningsfält. En viktig uppgift för att anpassningsstrategier ska bli så effektiva som möjligt är att undersöka på vilka sätt kli-

matförändringens risker återspeglas i olika sociala kontexter. Vissa sociala grupper är mer sårbara, inte enbart p.g.a. geografisk position, utan också p.g.a. ekonomiska, politiska och kulturella faktorer. Samhälleliga förändringar tillsammans med biogeofysiska förändringar har ökat befolkningens sårbarhet för klimatrelaterade risker och har underminerat vissa aspekter av anpassningskapaciteten. Detta gäller även för länder med hög anpassningskapacitet. Kunskap och analyser av riskhantering och beslutsfattande strategier kan skapa bättre förutsättningar för hållbara policymålsättningar och anpassningsstrategier som minskar sårbarheten hos dessa grupper. Exempelvis kan traditionella möjligheter till riskhantering ha reducerats eller eliminerats genom att nomader har blivit bofasta samt att regler och lagar har införts som begränsar riskerna på land och i havet. Många ekonomier är dock diversifierade och både urbana och rurala samhällen är en del av den globala ekonomin och därför är panarktiska samarbetsprojekt och transnationella nätverk av stor betydelse även inom detta område. Framtida internationella relationer i Arktis kommer troligen att karaktäriseras av flera olika faktorer, inklusive det att icke-statliga aktörer har en större roll (speciellt ursprungsbefolkningar och miljöorganisationer) och av internationella förhandlingar, konventioner och överenskommelser med fokus på hållbar utveckling som ett policymål (ACIA 2005).

IPCC (2007) väntar sig att vissa ekosystem i Arktis kommer att vara speciellt sårbara för klimatförändringarna. Frågor kring bevarande och skydd av naturmiljö som en buffert mot kommande påfrestningar kan också studeras i detta sammanhang och knyts till frågan om anpassning. Genom att anpassa sig till negativa och/eller positiva konsekvenser av klimatförändringen kan således även andra utvecklingsmål uppnås samtidigt (t.ex. naturskydd, ekonomisk tillväxt/begränsade förluster, stabilt samhällsliv osv.). Som vi tidigare har påpekat, kan forskningen kring synergieffekter mellan olika policymål och internationella överenskommelser belysa hur anpassningsstrategier kan fungera effektivt. Sådana mål är exempelvis bevarandet av den biologiska mångfalden, målsättningarna för hållbar utveckling och milleniemålen. Hållbar utveckling har dock inte alltid samma innebörd och kan uppfattas på olika sätt av olika intressenter. Young efterlyser i ACIA-rapporten (2005) en diskurs om en hållbar utveckling som tillgodoser krav och ansatser att identifiera och analysera arktiska förhållanden där ekologiska, sociala och kulturella karaktäristiska faktorer analyseras tillsammans med interna och externa hot som kan vara unika för Arktis.

Forskningen bör även förhålla sig till samhällets förmåga att aktivt arbeta för att mildra klimatproblemet (*mitigation*) eftersom en hög anpassningsförmåga beror på både resiliens/robusthet och på förmågan att hantera hot. Här behöver vi således studier i energipolitik, biobränsleproduktion, markanvändning osv. I anknytning till anpassning är det viktigt att påpeka att "No-regret"-åtgärder är sådana som kan motiveras under alla tänkbara klimatscenarier, vilket även inkluderar ett så kallat nollalternativ

som innebär avsaknaden av klimateffekter som orsakas av människans verksamhet. Beslut och åtgärder av denna typ har positiv effekt redan idag och ökar anpassningsförmågan. Detta diskuteras bl.a. av FINA-DAPT (Carter 2007).

3.4.3 Kunskapsluckor och överlappning

Klimatforskningen i Norden har hittills främst varit av naturvetenskaplig karaktär och olika forskare har producerat studier om klimatförändringarnas konsekvenser. Följderna av framtida klimatförändringar kommer till viss del att styras av interaktionen mellan biogeofysiska och sociala förändringar, och de kommer att vara olika för olika sociala grupper. En stor del av klimatforskningen har fokuserat på de stora fysikaliska systemen, naturvetenskapliga konsekvensanalyser och i mindre grad på makrosociala delar av detta fenomen. Samhällets sårbarhet har nyligen fått stor politisk betydelse i flera nordiska länder men den samhällsvetenskapliga forskningen med specifik inriktning på klimatförändringsproblematiken och nordiska förhållanden har tillsvidare en förvånansvärt anspråkslös omfattning (Simonsson m.fl. manuskript 2007b).

Initiativen till att identifiera anpassningsbehov och till att förbättra anpassningskapaciteten hos system och samhällen inleds med en analys och bedömning av vem och vad som är sårbart, för vilka faktorer samt vilka sätt och vilken kapacitet som är tillgängliga för att möjliggöra anpassning till förändrade risker. Flera forskare anser att effekterna av multipla faktorer, skalor, anpassningskapacitet och hinder för anpassning inte kan utföras och förstås om system, sektorer och nivåer studeras separat. De flesta bedömningar av konsekvenser och sårbarhet till följd av klimatförändringar i Europa har hittills gjorts för specifika sektorer och ekosystem, vilket endast ger en begränsad insikt i det som klimatförändringar verkligen innebär för samhället och dess olika funktioner. O'Brien m.fl. diskuterar risken med att inte uppmärksamma behov av studier som klarlägger indirekta effekter (utöver de direkta sektoriella) och hur faktorer och processer mellan och inom sektorer, regioner, och samhällen i kombination kan bidra till att både vinnare och förlorare kan identifieras. Adger & Vincent (2005) påpekar också att nationella bedömningar av sårbarhet inte är tillräckliga för att anpassningsarbetet inför klimatförändringar ska kunna ske effektivt. Risk- och sårbarhetsanalyser bör därför utföras på flera nivåer: på lokal och regional nivå, inom ekosystem och inom sociala grupper. Man kan tillägga att urbana och rurala miljöer och interaktionen mellan dessa också bör studeras mer systematiskt. Här krävs kunskapsuppbyggnad för nordiska förhållanden, något som kan utgå från existerande forskning.

Såsom ovan konstaterats, karaktäriseras forskning om sårbarhet i Norden och Europa främst av sårbarhetsanalyser på regional och sektoriell nivå. Däremot är den forskning som har utvecklingsländer som utgångs-

punkt ofta mer fallstudiebaserad och sker i en mer lokal skala där fattigdoms- och så kallade försörjningsfrågor (*livelihood*) är fokus för analyserna. Diversifierade hushållsekonomier som bygger både på direkt naturresursutnyttjande och lönearbete existerar också i Norden och i Arktis. En viktig fråga är om och hur denna typ av försörjning bidrar till minskad eller ökad resiliens mot klimatförändringarnas konsekvenser.

Naturkatastrofer och krishantering kopplas också ofta ihop med analyser av extrema väderförhållanden klimatrisker, klimatförändringar, sårbarhet och anpassningsstrategier. Dagens forskare är medvetna om att konsekvenserna av klimatförändringar kommer att variera i olika regioner. Vetenskapsmännen strävar till ökad insikt om konkreta ändringar och om vilka kostnader och risker man kan vänta sig för platser, sektorer och grupper. Man har gjort vetenskapliga fallstudier och utredningar kring extremförhållanden i Europa och Norden men det finns inte ännu någon publicerad samlad analys.

På senare tid har olika forskningsprojekt inletts i anknytning till anpassning med relativt väl utvecklade ramverk för konceptet anpassning (främst teknologiska anpassningsåtgärder), men forskningen kring anpassningsprocesserna är marginell. Nyligen har man också börjat utveckla metoder för att bedöma möjligheter till implementering av anpassningsstrategier. Testningen och validering återstår. Forskningen kring kommunikation, attityder och uppfattning om klimatrisker och klimatförändringar har främst utförts på individnivå ("allmänheten"). När dessa studier kompletteras med forskning inom och mellan organisationer och institutioner på olika nivåer, tillförs en viktig dimension till förståelsen av anpassningsprocesser.

Det sammanlagda, stora antalet studier som utförts av konsekvenser, sårbarhet och anpassning i Europa har genererat tillräckligt med kunskap för att motivera att anpassning måste ske men den är otillräcklig för effektiv planering av anpassning. Den är även otillräcklig för en rigorös utvärdering av anpassningspolicymål och åtgärder. De flesta studierna har endast identifierat anpassningsmöjligheter men inte djupare analyserat dessa. Det finns ingen större forskningsvolym om processerna vid beslutsfattande för anpassning, vilka förhållanden eller drivkrafter som stimulerar eller hindrar anpassningen, och hur andra icke-klimatrelaterade faktorer påverkar dessa processer. Det har inte heller forskats mycket kring roller och ansvarstagande hos individer, samhällen, privata och statliga institutioner, regeringar och EU. Mer forskning och bedömningar behövs för att beslut om anpassning ska fungera och vara hållbara på lång sikt och för att de ska vara grundade på en gedigen kunskapsbas. Vi behöver fler fallstudier där sårbarhet och anpassning som bygger på de senaste teoretiska förklaringsmodellerna (vilket omfattar integrerade bedömningar där flera faktorer och skalor beaktas), för att öka förståelsen av nordiska och arktiska förhållanden, vilket bör vara ett uttalat mål. Ett organiserat samarbete mellan länderna skulle möjliggöra forskning av

hög kvalitet. Förståelsen av hur klimatfrågan och strategierna för hållbar utveckling kan integreras är en stor utmaning för de nordiska länderna och den övriga världen. Forskning om hur anpassningen inför klimatförändringar kan länkas till och förenas med arbetet med hållbar utveckling på flera nivåer i samhället (lokalt till globalt) bör således prioriteras inom detta tema.

Vidare krävs forskning om hur en hög nationell anpassningskapacitet kan dölja barriärer och hinder för anpassning och för vilka grupper. Individer, hushåll, samhällen, nationer och globala institutioner och organisationer reagerar och agerar olika på informationen om klimatförändringar och därför bör även multipla skalor och dess interaktioner beaktas. De tillgängliga forskningsresultaten är ännu otillräckliga för att kunna klargöra hur dessa fungerar. Inom de nordiska länderna har vi stora möjligheter att designa forskningen med jämförande studier där regionala slutsatser och generella mönster kan analyseras.

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att man i den del av tabell 1 (se ovan), som berör den biogeofysiska sfären, beskriver forskning av hög kvalitet som finns samlad i de nordiska länderna och som kan användas för att öka förståelsen inom detta tema även om de interna faktorerna ("känslighet") fortfarande behöver studeras ytterligare för att kunna användas som utgångspunkt för en komplex och djup förståelse av samhällets sårbarhet. Däremot medger forskarna att de ännu inte helt förstår de faktorer som ingår under den socioekonomiska sfären i tabell 1 och att kunskapsluckor existerar. Framförallt saknas empiriskt material av till-

räcklig volym för att man ska kunna göra en integrerad komplex analys. Även i denna del är de externa faktorerna inom vissa områden bättre förstådda av forskare än de interna. Då det för närvarande vidtas flera åtgärder och fattas beslut för anpassning både i de nordiska länderna och i Europa, kan man utveckla flera fokuserade fallstudier som specifikt behandlar frågor kring beslutsfattandet, begränsningar, möjligheter och hinder, samt hur anpassningsalternativens potential kan utvärderas.



Foto: Harry Zilliacus

3.5 Övervakning – plattformar för övervakning av miljö och klimat

3.5.1 Beskrivning av Det tematiska området & de centrala drivkrafterna för forskning

Övervakningen av miljön har traditionellt omhändertagits av tre olika huvudgrupper:

- nationella organisationer (meteorologiska institut, miljöorganisationer osv.)
- forskningsinstitut och organisationer med forskningsfokus
- lokala (observations-) organisationer

Kommunikationen mellan dessa aktörer har tills nyligen varit begränsad. Data och information som dessa övervakningsorganisationer har producerat har varit en viktig insats för vetenskaplig forskning, informationsprodukter och prognoser samt för olika beslut och uppläggning av politiken. Helhetsbilden av övervakningsaktörer, nätverk, användare samt potentiella samhälleliga fördelar presenteras i bilden nedan, som också fungerar som ram för analysen i detta kapitel.

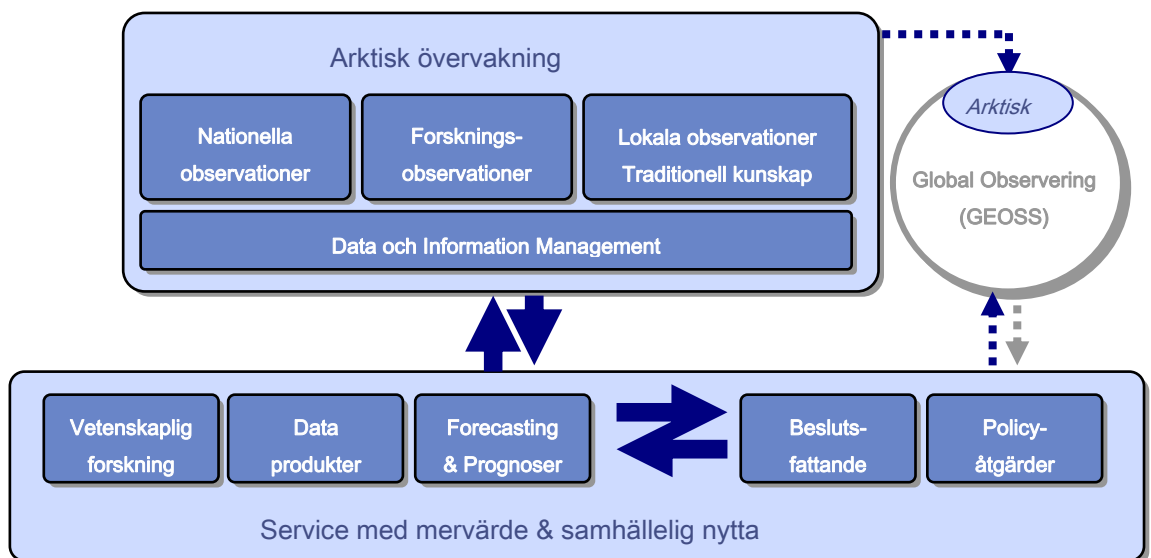


Bild 6. Denna bild illustrerar flödet av information från observationsorganisationerna, utnyttjandet av data och information samt arktisk observationsverksamhet som en del av det globala observationssystemet. Klimatförändringen är ett exempel på en förändring som har en lokal och regional betydelse och där data från arktiska regioner behövs för att förstå globala förändringar. GEOSS – the Global Earth Observations System of Systems – är avsett som ett integrerat system som får input från alla globala observationssystem.

En annan dimension av övervakningen är det geografiska området som granskas, vilket kan grupperas på följande sätt:

- globala nätverk (t.ex. väderobservationer)
- cirkumarktiska områden (t.ex. Arktiska rådet, som främjar samarbetet mellan nationella organisationer i medlemsländerna angående t.ex. biodiversitet och föreningar eller tematiska observationsnätverk som är grundade av forskningssamfund); och
- observationsnätverk som fokuserar på ett specifikt område, t.ex. de nordiska länderna (t.ex. SCANNET, se nedan).

En viktig dimension, som också är en av de centrala utmaningarna vid övervakning, är hållbarhet, dvs. tillräcklig kontinuitet vid övervakning. Värdet av observationer och övervakning ökar över en längre tid, vilket vanligtvis kräver flera års betydande investeringar. Nationella organisationer, som har inriktat sig på att uppfylla vissa sociala behov (t.ex. väderobservationer, observationer av miljöförändringar osv.), har i regel vunnit kampen om långvarig finansiering och kunnat garantera en viss hållbarhet för en längre tid. Även forskningssamfunden och lokala observationer kan uppfylla viktiga samhälleliga behov – förutsatt att det finns fungerande samarbetsmekanismer.

Medan övervakningen för några decennier sedan mest utfördes av nationella aktörer – tidvis länkad till globala nätverk, t.ex. väderobservationer – har gränsöverskridande fenomen, t.ex. de ökade klimatförändringarna och transport av föreningarna genom luften eller havsströmmar ökat behovet av internationellt samarbete. Samarbetet har skett mellan statliga organisationer eller forskningsgrupper från olika länder. Det växande antalet internationella miljökonventioner är en indikator för det ökade behovet av övervakning över gränserna. Upprättandet av sådana avtal är dock mycket byråkratiskt och ett effektivt realiserande av dessa i olika medlemsländer är en arbetsdryg process.

Forskningsgrupper som fokuserar på frågan *varför fenomen sker eller förändras*, kan vanligtvis inleda sina observationer mycket snabbare än regeringarna kan göra det. Forskningssamfunden lyckas få igång observationer och få ut resultat på relativt kort tid. Medan forskningsgrupperna ofta fokuserar på forskningsfrågor med kort till medellångt tidsperspektiv har dessa grupper en värdefull insikt i data och processer som kompletterar den hos nationella organisationer. Forskare inom nationella organisationer och forskare vid forskningsinstitut och i forskningsgrupper har inte alltid haft nära kontakt med varandra, trots att det ibland undersöker samma problem. Under de senaste åren har vi sett positiva ändringar i detta förhållande och likaså har lokala observationer involverats bättre. Medan den generella indelningen i tre olika observations- eller övervakningsaktörer fortfarande förekommer, speciellt i vissa större länder, har en positiv utveckling skett i Norden och de nordiska länderna står idag i förgrunden för integrerade observationer.

Detta kapitel behandlar pågående övervakningsaktiviteter ur den nordliga dimensionens synvinkel och tar också hänsyn till den nordiska övervakningen i den internationella kontexten. Analysen i detta kapitel är fokuserad speciellt på samordnad användning av forskningsdata, övervakning av extrema händelser samt omfattande övervakning av växthusgaser och aerosoler. Granskningen identifierar luckor och överlappningar i nuvarande övervakningsinsatser och lägger grunden för identifiering av potentiella nordiska synergieffekter och för samordnade framtida insatser (se kapitel 4).

3.5.2 Övervakningsaktiviteternas status

Nordisk dimension

Med hänsyn till ekonomiska, sociala och kulturella system (rörande centrala sociala bekymmer, nivåer och strukturer av ekonomisk välfärd, utbildningssystem samt forskningssamfund osv.) har de nordiska länderna flera gemensamma drag som kan fungera som potentiella källor till synergieffekter i fokuserat samarbete.

Ett ökat övervakningsbehov baserar sig på internationella avtal som har uppstått på basis av gemensamma sociala bekymmer och miljöproblem. Väl utvecklade *nationella organisationer* i de nordiska länderna erbjuder en god möjlighet att delta i internationella diskussioner och att påverka t.ex. innehållet i internationella avtal som kräver nationell övervakning. Trots att invånarantalet i de nordiska länderna inte är speciellt stort, erbjuder det nordiska samarbetet en unik plattform när det behövs en samstämmig och stark åsikt vid det internationella förhandlingsbordet. En viss ansvarskultur – ”när avtalet väl är upprättat ska det också verkställas” – kan anses vara en styrka för de nordiska länderna, också i övervakningen.

Nordiska *forskningssamfund* är relativt små och ibland är deras storlek vid den kritiska gränsen. Inom vissa områden har den nordiska forskningen däremot nått en hög internationell nivå och stimulering av det nordiska samarbetet inom vissa noga valda områden kan leda till värdefulla vetenskapliga framsteg med kostnader och nytta i relativt bra proportion – förutsatt att samnordiska synergieffekter i övervakning är effektivt utnyttjade. Som ovan nämndes har nordiska forskningssamfund ett bättre samarbete med statliga övervakningsorganisationer än vad som är fallet i många delar av världen. Ändå finns det utrymme för förbättringar i detta avseende samt i att utveckla vidare observationer av forskningssamfund.

I allmänhet är *lokala observationer* i de nordiska länderna ännu relativt outvecklade. Det finns bra exempel på framgångsrikt samarbete mellan lokala observationer och forskargrupper. Lokala observationer kommer sannolikt att öka i framtiden tillsammans med en förbättrad medvetenhet i lokala gemenskaper om hur observationerna kan förbättras och vilka observationer som upplevs som de viktigaste. En stor internationell

konferens kring dessa teman ordnas senare år 2007 och de nordiska länderna bör noggrant betrakta slutsatserna av denna konferens och överväga hur lokala observationer kan integreras i den nordiska regionen⁴². Det ökade kunskapsbehovet om lokal och regional anpassningskapacitet och anpassningsåtgärder kommer troligtvis också att öka intresset för och efterfrågan på lokala observationer.

Tillgängligheten av övervakningsdata är ett område där det finns goda möjligheter till förbättringar både inom de nordiska länderna och internationellt. Det nordiska samarbetet kan bygga vidare på flera nationella och internationella initiativ, i likhet med t.ex. Norges forskningsråds initiativ där man har utnämnt tematiska grupper med representation för både statliga verksamheter och forskningssamfund för identifiering av viktiga långvariga dataserier (se även nedan *Samordnad användning av dataserier*). Ett annat sätt är att stöda en samordnad datapolicy och gemensamma hanteringssystem, vilket innebär att det finns en överenskommelse om standardiserade sätt att göra observationer, gemensamt definierade standarder för kvalitetskontroll, dataförvaring, tillgänglighet osv. IPY har utvecklat ett sådant dokument som kunde fungera som modell i utvecklingen av det nordiska övervakningssamarbetet.

Nordisk övervakning och den övriga världen

De nordiska länderna är starkt engagerade i internationell övervakning, men kunde internationellt uppnå ännu bättre resultat genom att utnyttja den samarbetskultur mellan statlig övervakning och forskningsobservationer som har utvecklats längre här än i de flesta andra länder. I detta samarbete finns utsikter för vidare utveckling av övervakningen och här kan de nordiska länderna ha en ledande roll. Statliga organisationer har ett nationellt ansvar att tillhandahålla övervakningsdata (och därför har de också en långvarig finansiering), medan forskningssamfund kan komplettera och berika den statliga övervakningen produktivt genom relevanta observationer, processförståelse och färsk forskningresultat.

Ett nyligen påbörjat initiativ, SAON (Sustained Arctic Observing Network)⁴³ syftar till detta och strävar efter att involvera lokala observationer i utvecklingen av övervakning. SAON-approachen baserar sig på en ny internationell undersökning (Towards an Integrated Arctic Observing Network/AON, 2006) och ett annat initiativ som leds av Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR) använder samma tillvägagångssätt för Antarktis. Ur den nordiska synvinkeln är det även viktigt att uppmärksamma ett annat nyligen påbörjat program, ISAC (the International Study of Arctic Change⁴⁴), som har som målsättning att observera

⁴² "Indigenous Peoples" Forum on Environmental Monitoring in the Arctic. Den fyra dagar långa konferensen, som hålls mot slutet av 2007 i Ottawa, Kanada, har som syfte att granska hur kapacitet, kunskaper och synpunkter av den lokala befolkningen kan vägleda övervakning av miljö och beslutsfattandet i Arktis (IPY-projekt nr 396)

⁴³ Alla nordiska länder är för tillfället involverade i det cirkumarktiska SAON-nätverket. Se även bilaga IV.

⁴⁴ ISAC <http://www.iasc.se/isac.htm> Se även Bilaga IV.

och förstå karaktäristiken av det arktiska systemet (inklusive den sociala dimensionen och dess respons på förändring), men samtidigt även med avsikten att förbättra samordningen av övervakningssystemen i Arktis.

Det internationella polaråret (IPY, International Polar Year) kommer troligtvis att skapa en stor mängd nya observationer. Det finns över 20 IPY-observationsprojekt i Arktis och nordiska forskare är engagerade i många av dem. Omkring 15 projekt har fått en betydande finansiering, men deras fortsättning efter år 2008 är ännu oklar. IPY:s övervakningsprojekt – deras resultat och framtida öde – är värda att studera när nordiskt övervakningssamarbete utvecklas, både för organisationer med nationellt övervakningsansvar och för organisationer som finansierar forskning i de nordiska länderna.

Övervakningsnätverk och -stationer

Informationen om de övervakningsnätverk och övervakningsstationer som har etablerats i de nordiska länderna (liksom i hela arktiska området) är delvis bristfällig, likaså saknas tillräcklig information om aktiviteternas omfattning på de aktuella ställena. För att förbättra situationen samlar bl.a. Arktiska rådet information om nationella övervakningsnätverk, övervakningsstationer och parametrar från varje medlemsland⁴⁵ genom sina AMAP- och CAFF-arbetsgrupper. Eftersom det inte finns någon fullständig kartläggning av existerande nätverk och stationer i de nordiska länderna och i den arktiska regionen presenterar vi här några exempel på intressanta initiativ och nätverk:

1. *SCANNET (Scandinavian/North European Network of Terrestrial Field Bases)* är ett nätverk av terrestriska fältbaser, forskningsstationer och användargrupper som samarbetar för att förbättra komparativa observationer och tillgängligheten till information om miljöförändringar i norr. Nätverket har initierats av forskningssamfund och deras fältbaser och stationer finns i Abisko, Arctic Station, Banchory, Bioforsk, Bottenviken, Finse, Kevo, Kilpisjärvi, Kolari, Litla-Skard, Ny-Ålesund, Oulanka, Samoylov, Sermilik, Tarfala, Vindelfjällen och Zackenberg (se kartan nedan, bild 7)

SCANNET:s mål är att underlätta forskningen kring effekterna av globala förändringar på områden kring Norra Atlanten, att övervaka förändringarna i realtid och att göra den existerande informationen om dessa förändringar lätt tillgänglig. SCANNET har sammanställt databaser och metadatabaser som omfattar flera olika miljöparametrar och ekologiska parametrar som observeras vid stationerna och som har samlats in genom olika experiment. Sammanställd information från SCANNET-regionen om klimatvariabilitet, klimatförändringsscenarier, biodiversitet, arternas evolution, fenologi och

⁴⁵ En fullständig överblick var inte ännu tillgänglig under hösten 2007 när detta ARKUFO-dokument publicerades. Se bilaga III för en preliminär överblick.

aktörernas iakttagelser av miljöförändringar är tillgänglig på SCANNET:s webbsida.



Bild 7. SCANNET förenar 18 terrestriska fältstationer kring Nordatlanten
(källa: <http://www.scannet.nu>)

2. Klimatförändring och energi

Vi har en lång samarbetstradition mellan de nordiska hydrologerna i hydrologisk modellering på vattenkraftsektorn och i undersökningsarbetet kring den globala uppvärmningens effekter på vattenresurser. De flesta hydrologerna arbetar vid nationella institut och i nationella organisationer som är ansvariga för omfattande hydrologiska övervakningssystem i sina egna länder. Nationella övervakningsdata används i olika nationella syften (t.ex. i samband med hydroelektrisk kraftproduktion, översvämningsskador osv.) men även i samband med nordiska projekt (bl.a. nordiska energiforskningsprojekt). Detta forskningsområde involverar en omfattande expertis och övervakningsdata från olika forskningsinstitutioner. De nationella övervakningsstationerna är belägna vid de viktigaste flodområdena och dessa kompletteras av snömätningar i respektive avrinningsområden. Forskningsgemenskapen bidrar med glaciologiska data och undersökningar kring glaciärdynamik. Därtill görs omfattande massbalansmätningar av glaciärer i avlägsna områden, framförallt av klimatforskare.

3. Hav

Haven övervakas huvudsakligen av nationella organisationer med marin fokus, men olika forskningsinstitut och grupper bidrar i betydande utsträckning. Övervakningen utförs regelbundet genom fasta hydrologiska snitt för mätning av variabler som är viktiga för att

förstå både havets levande organismer, strömcirkulationen och andra geofysiska aspekter.

Ur det nordiska klimatperspektivet är speciellt Nordatlanten av intresse, eftersom smältande Grönlandsis, smältning av mindre arktiska glaciärer och havsis i Arctic Basin-området samt ökat inflöde från älvar kan påverka den termohalina cirkulationen (se även kapitel 3.2). Alla större förändringar i cirkulationen kan ha allvarliga effekter i den nordiska regionen och i stora delar av Europa. Det finns viktiga sund vad beträffar övervakningen på axeln Grönland-Island-Färöarna i söder och axeln Grönland-Spetsbergen-Barentshav i norr. Av dessa sund övervakas flertalet idag (undantaget ett område mellan Färöarna och Norge samt norra Barentshavsområdet), men dessa övervakningsaktiviteter baserar sig huvudsakligen på projektfinansiering (dvs. korttidsfinansiering), vilket också gäller för en stor del av övervakningen som utförs av nationella organisationer.

4. *Befolkningen*

Övervakningen av klimatförändringens effekter på befolkningen och samhällen har tillsvidare baserat sig på användningen av klimatförändringsdata från andra system. Frågan har tagits upp av samhällsvetenskapliga forskare som utvecklar sociala indikatorer som anses viktiga att övervaka. Således har vi inom detta område ännu inget systematiskt övervakningsnätverk med fasta parametrar, men vissa projekt och en mängd data existerar redan och det är mycket sannolikt att någon form av nätverk kommer att utvecklas i framtiden. Samtidigt hjälper olika former av nedskalningsteknik för lokala scenarier att utveckla anpassnings- och mitigationsforskningen, som i ökad grad kompletteras av lokala observationer.

Samordnad användning av dataserier

För tillfället finns det flera arktiska dataserier som har samlats in genom att använda olika övervakningsmetoder och med varierande regler för tillgänglighet osv. Därtill är de publicerade observationerna ofta cirka 2 år gamla, eftersom forskarna vill bearbeta materialet innan informationen offentliggörs. Detta cirkumarktiska problem bör erkännas och lösas. IPY:s datapolicy erbjuder en lösning till detta problem (för IPY:s godkännande krävs att organisationen behandlar observationsdata systematiskt och att data är snabbt tillgängliga för andra aktörer), och är ett alternativ som kunde tas i bruk av alla arktiska övervakningsnätverk.

Informationen om tillgängliga dataserier är dock bristfällig i nuläget. Således vore det fördelaktigt att som första steg ta reda på vilka slag av data som existerar. Informationen existerar splittrat bland forskare som arbetar inom sina specifika områden och kan möjligtvis vara tillgänglig vid vissa större datacentra i de nordiska länderna, men för övriga användare (se bild 5) är det däremot en mycket komplicerad procedur att försöka få en överblick över tillgänglig information.

Ett intressant initiativ för att lösa detta problem togs nyligen av Norges forskningsråd i samarbete med vissa nationella miljöorganisationer, för att kartlägga existerande långa tidsserier inom miljöövervakning och -forskning⁴⁶. Huvudavsikten var att skapa en sammanfattning av existerande långa serier och garantera kontinuiteten för de viktigaste av dessa. Projektets rapporter ger en bra nationell helhetsbild på de parametrar som övervakas och vilka slag av övervakningsdata som är tillgängliga samt evaluerar deras värde (parametrarna som behövs för långvarig övervakning) och samhällets behov. En motsvarande undersökning på nordisk nivå (med resultaten tillgängliga på Internet), kunde skapa en robust bas för det nordiska samarbetet, göra nordiska data mer tillgängliga för användare i de nordiska länderna samt mer synliga för internationella aktörer och forskare.

Övervakning av extrema händelser

De flesta parametrar som täcker t.ex. is, temperatur, havsströmmar, nederbörd, vind och stormar i Arktis, i Barentshavet, i de nordiska länderna samt i Baltikum, övervakas av nationella meteorologiska institut och nationella marinforskningsinstitut.

De mest extrema händelserna som kan tänkas i de nordiska länderna är förknippade med betydande förändringar i havscirkulationen, vilket i värsta fall kan leda till en ny istid i norra Europa. Ökad smältning av havsisen i Norra Ishavet är en variabel som kan ha en sådan effekt. För tillfället övervakar Norge och Tyskland strömningen av detta smältvatten söderut genom Framstredet (havsområdet mellan Grönland och Spetsbergen).

En annan betydande variabel och ett fokusområde är utvecklingen av Grönlands istäcke. Flera aktiviteter pågår i anknytning till övervakning och modellering av Grönlands is och danska forskare och institutioner har en ledande roll på detta område (se även 3.2.2 *Klimatscenarier för utveckling av inlandsis och havsis*). En tredje variabel är smältningen av arktiska glaciärer som hittills har bidragit med 80 % av det nya färskvattnet som tillförts havet. Havsströmmar och strömningar mellan Grönland och Island, Island och Färöarna samt Färöarna och Norge bevakas likaså. Kontinuiteten i denna övervakning är dock ifrågasatt, eftersom flera delar av övervakningsaktiviteter är projektfinansierade.

Det vore värdefullt att skapa en gemensam nordisk databas om extrema händelser (relaterade till klimatet) med tanke på allmän information – inte minst med tanke på anpassningsåtgärderna. Ett flertal redan existerande databaser (t.ex. CRD-databasen om katastrofer⁴⁷) kunde fungera som modell för att introducera en gemensam nordisk databas.

⁴⁶ I denna serie finns flera rapporter: "Lange tidsserier for overvåkning og forskning" och "Viktige klimadataserier" (Oslo 2003, 64 sidor) är mest relevanta i denna kontext. Rapporterna kan laddas ner på NCR:s webbsida: <http://www.forskningsradet.no>

⁴⁷ CRD-databasen är tillgänglig på <http://www.em-dat.net>

Ökad övervakning av växthusgaser och aerosoler

Flera nordiska observatorier är engagerade i övervakningen av växthusgaser inklusive de flesta växthusgaserna. Zeppelin-stationen (Ny-Ålesund, Svalbard) är unik med tanke på att den ligger bortom de lokala utsläppen (ovanför inversionslagret), så att stationens data beskriver situationen på ett större område i Arktis.

Den nordiska övervakningen av växthusgaser (och forskningen) har en intressant internationell potential, eftersom övervakning av växthusgaser utförs i alla nordiska länder inklusive Grönland. Nordiska grupper är också engagerade i övervakningen av växthusgaser i norra Ryssland. Aerosoler (inklusive sot) har övervakats på Zeppelin-stationen och i Pallas under 6–8 år. En viktig användare av övervakningens resultat är Nordic Centre of Excellence: Global Change – Research Centre on Biosphere-Aerosol-Cloud-Climate Interactions (BACCI, se även kapitel 3.2.2 *Behandling av partiklar i klimatmodeller*).

Paleoklimatiska studier kan bidra med ett viktigt tillägg till övervakningen av klimat, eftersom de ökar längden av tidsserierna betydligt och ytterligare hjälper att förklara varför klimatförändringarna har skett tidigare. Djupiskärnor kan ge information om växthusgaser och aerosoler (som dagens avancerade atmosfäriska observatorier gör för nutiden) och bottensediment kan ge likadan information. Internationella forskningsprojekt som arbetar med djupiskärnor är speciellt intressanta för de nordiska länderna samt för flera IPY-projekt som studerar paleoklimatiska förändringar i bottensediment.

Satelliter är en källa till allt mer miljödata och av speciellt intresse för studiet av avlägsna områden. Nya satelliter har hög resolution och gör det möjligt att upptäcka förändringar i vegetation, glaciärer, havsisens utsträckning osv. Då man kombinerar satellitobservationer med fältobservationer på utvalda ställen kan man få en utmärkt överblick över större områden. Detta utnyttjas dock i väldigt liten utsträckning på grund av de relativt höga kostnaderna, men en viss mängd data från satelliter kommer att bli tillgänglig till ett lägre pris under det internationella polaråret, vilket torde leda till ökad användning.

3.5.3 Övervakningsluckor och överlappning

Övervakningsaktiviteternas hållbarhet, framförallt finansieringens kontinuitet, är det största enskilda problemet som rapporterats både av terrestriska och marina övervakningsnätverk. EU har understött utvecklingen av några nätverk, t.ex. SCANNET och ENVINET, men bara för en begränsad period (4–6 år). Samma problem gäller övervakningen av havsområden (bl.a. Nordatlanten), då största delen av de pågående övervakningsaktiviteterna har projektfinansiering garanterad endast för en kort tid.

En annan central utmaning inom övervakningen gäller tillgängligheten av data. Övervakning är en långtidsaktivitet och kräver därför en betydlig

insats. Som slutprodukt får man information av hög kvalitet som kan användas av flera aktörer som en del av forskningen, prognoser och politiskt beslutsfattande. Som analysen ovan (3.5.2.) visar, är den nuvarande tillgängligheten av övervakningsdata inte tillräcklig. I en idealsituation skulle alla användare ha en okomplicerad, fri och öppen tillgång till data och information som motsvarar internationella standarder. Vissa framsteg i detta avseende har redan gjorts på nationell nivå, men eftersom klimatändringen utgör en global utmaning borde initiativ som kan säkra en bättre tillgänglighet till data vara av stort intresse för alla nordiska och internationella parter.

Nordatlanten kan påverkas i mycket hög grad av klimatförändringen, vilket i sin tur kan leda till betydande effekter bl.a. i alla nordiska länder. Övervakningen inom detta område arrangeras delvis av nationella marin-institut, i vissa fall med hjälp av projektfinansiering under en kort tid och i vissa fall sker ingen övervakning alls. Enligt analysen verkar det finnas möjligheter att förbättra samarbetet och hållbarheten av den nordiska insatsen för övervakning av Nordatlanten.

Angående forskningen i klimatförändringens effekter har IPCC (IPCC, 2007) identifierat systematisk övervakning av växthusgaser och aerosoler överallt som ett viktigt utvecklingsobjekt. Arkufo-analysen av pågående forsknings- och övervakningsaktiviteter bekräftar att både övervakning av och forskning i växthusgaser och aerosoler pågår på det nordiska planet. Den omfattande expertis som finns på nordisk nivå (t.ex. Nordic Centre of Excellence, BACCI) kombinerat med vissa unika övervakningsstationer (t.ex. Ny-Ålesund, Pallas) ger en bra möjlighet att svara på identifierade internationella och regionala forskningsbehov.

4. Preliminära förslag till samnordiska forskningsprioriteter

4.1 Bearbetning och identifikation av prioritetsinitiativ inom ramen för ARKUFO-workshop

Utgående från en systematisk analys av forskningsstatus, kunskapsluckor och överlappning, presenterade i kapitel 3, bearbetades ett antal forsknings- och övervakningsinitiativ under Arkufo-processen, där nordiskt samarbete kan erbjuda speciella fördelar för de nordiska länderna. En central arbetsfas i denna process utgjordes av ARKUFO-workshopen, med insatser från ca 30 ledande klimatexperter från de nordiska länderna som representerade mångsidig expertis inom kartläggningens olika tematiska områden. I bild 8 nedan beskrivs workshopprogrammet och syftet på en allmän nivå (se bilaga I för detaljerat workshopprogram och deltagarlista).

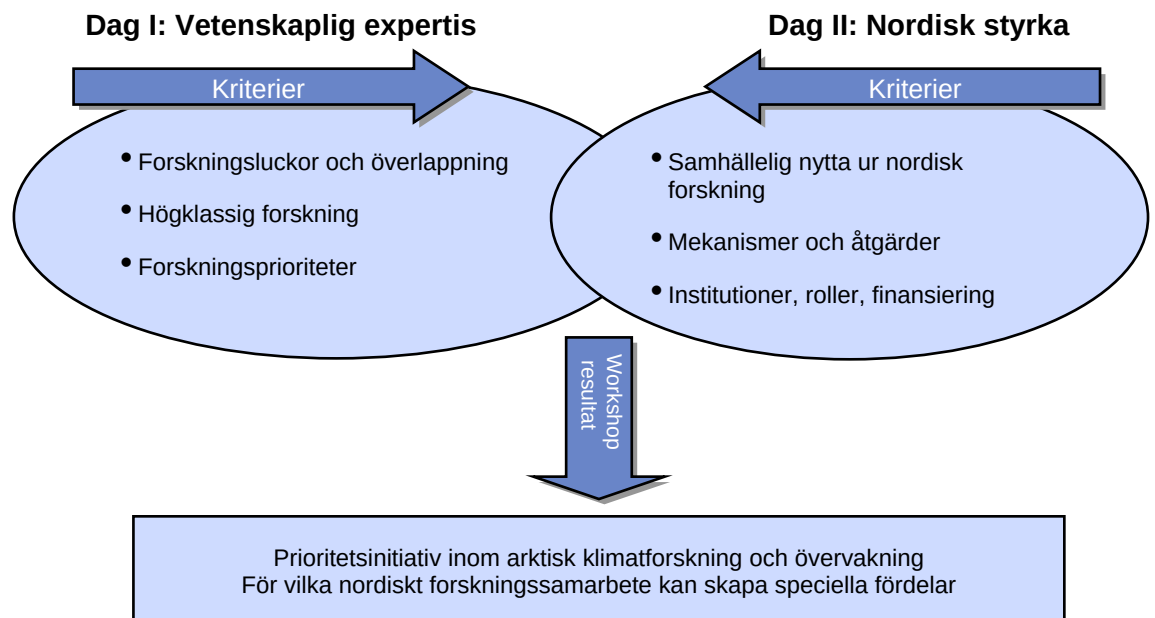


Bild 8. Workshopprogram och syfte

Med deltagare från alla nordiska länder fungerade workshopen som forum för:

- expertdiskussion och komplettering av analysen av forsknings- och övervakningsstatus inom kartläggningens fyra tematiska områden
- skapande av konsensus och identifikation av samnordiska prioritetsinitiativ för klimatforskningen och övervakningen i Arktis.

Under Arkuko-processen har ett flertal forskningsluckor och samordningsbehov identifierats inom klimatforskningen och övervakningen inom de arktiska områdena. ARKUFO-workshopen har lyft fram 13 prioritetsinitiativ som förslag till samnordisk forskning på basis av målsättningarna för nordisk forskning och kriterier som har bearbetats gemensamt under processen. Dessa prioritetsområden har identifierats med hjälp av bidrag från ledande nordiska klimatexperter och representanter för nationella forskningsråd i de nordiska länderna. Vissa prioritetsområden är mer riktade till att lösa ett specifikt forskningsproblem, medan andra representerar mer omfattande satsningar för datainsamling och forskningsinfrastruktur.

I kapitel 1.4 har vi gett förslag till flera olika alternativ för att precisera, planlägga och implementera samnordiska prioritetsinitiativ – beroende bl.a. på tillgången till finansiering, intresse hos de nationella forsknings-samhällena samt på politisk vilja bland nordiska beslutsfattare. Medan initiativen som identifierats under ARKUFO-processen inte på ett uttömmande sätt täcker alla forskningsluckor och -behov, representerar dessa preliminära projektbeskrivningar initiativ där ett klart behov av insatser har identifierats och där nordiskt samarbete med stor sannolikhet kan erbjuda speciella fördelar och speciell nytta för de nordiska länderna. Initiativen har grupperats under fyra tematiska områden samt ett speciellt tvärvetenskapligt tema. I samband med varje prioritetsinitiativ beskrivs existerande nordiska styrkeområden, den potentiella nyttan av nordiskt forskningssamarbete, synergieffekter samt synpunkter för implementering. Vad beträffar resurser för implementering av initiativen ger rapporten preliminära riktlinjer och uppskattningar (sammanlagt eller per år), som har bearbetats av ARKUFO-workshopen⁴⁸.

⁴⁸ Beträffande Nordiska Spetsforskningsenheter (NCoE), som föreslagits i vissa prioritetsinitiativ har en genomsnittlig årlig budget på 1 miljoner euro (totalt) använts som jämförelsepunkt när behov av finansiella resurser preliminärt uppskattats. Se <http://www.nordforsk.org/>

4.2 Nordiska prioritetsområden och förslag till prioritetsinitiativ

4.2.1 Klimatmodeller och -scenarier

Det är viktigt för klimatprognosernas trovärdighet i framtiden att modellerna kan beskriva de viktigaste och mest kända klimatprocesserna på ett realistiskt sätt. Det finns flera klimatprocesser vi förstår endast i begränsad utsträckning, vilket gör klimatprognoser baserade på hav-atmosfär-klimatmodeller svåra, om inte rentav problematiska. I de nordiska länderna finns det forskningsgrupper som är aktiva inom alla de centrala kompetensområden som är nödvändiga för att kunna ta itu med de vetenskapliga problemen på listan av utvalda frågor inom klimatmodeller och -scenarier.

Emellertid är avståndet mellan de fackliga områdena och traditionen för interdisciplinärt samarbete ännu betydligt, dock med enstaka undantag. För att kunna göra bättre klimatmodeller och scenarier för framtiden behövs en solidare integration av olika professionella miljöer. Naturligtvis är detta ingen lätt uppgift, men vi kunde ha stor nytta av pilotprojekt som kan knyta samman klimatmodellgrupper med forskare i permafrost, glaciärer och istäcke och atmosfärfysiker, oceanografer och hydrologer. Vi har expertgrupper i de nordiska länderna, men inte tillräckligt mycket expertis i de enskilda länderna. Därför behövs ett nordiskt program, som är tillräckligt ambitiöst för att kunna främja de samlade nordiska expertresurserna som är tillgängliga för förståelsen och simuleringen av regionala klimatförändringar i Arktis. Till en början borde vi etablera en bättre kontakt mellan de olika forskningsmiljöerna som beskrivs inom enskilda delområden i avsnitt 3.2. Inom flera områden sker yrkesarbetet i relativt isolerade miljöer med bara ett eller möjligen några enstaka specialiteter.

Ett förstärkt nordiskt forskningssamarbete kring klimatförändringen och dess effekter i Arktis har förutsättningar att främja vår förståelse av förhållandena Grönlands inlandsis, havsis, permafrost och andra kryosfäriska processer och därigenom bidra till bättre beskrivningar av dessa i klimatmodellerna. Här kan de nordiska gruppernas samarbete ha en viktig roll även på det internationella planet i förhållande till det som nu sker på nationell nivå eller i enstaka forskargrupper.

På basis av analysen av forskningsstatus och potential för nordiska synergieffekter under Arkuto-processen kan tre tematiska prioritetsområden identifieras där nordiskt samarbete kan skapa speciella fördelar. De identifierade initiativen ökar effektiviteten av nordiska modelleringssatsningar och gör det möjligt för de nordiska länderna att fungera som en tydligare aktör i jämförelse med stora klimatcentra i Europa och i USA. Samtidigt säkerställer man att specifika nordiska och arktiska problemställningar kommer att bli högt prioriterade. De nordiska och arktiska samhällena kommer att dra nytta av en bättre förståelse av det arktiska (nordis-

ka) klimatet i allmänhet och få bättre klimatscenarier speciellt för regionen i fråga.

Ia Nordiskt Center för klimatmodellering

Tillräcklig kritisk mängd av gemensamma nordiska resurser med breda interdisciplinära kunskaper samlat under ett Nordiskt Center kan bidra till utvecklingen av mer avancerade klimatmodeller och –scenarier.

Nordisk styrka

Nordisk spetskunskap finns inom en rad discipliner som behövs för att utveckla ett holistiskt synsätt och för att bättre kunna identifiera forskningsluckor eller helt bristande forskning inom klimatmodellering. Alla nordiska klimatmodellgrupper vid universitet, meteorologiska institut, sektorforskningscentrum för hav, hydrologi och liknande fungerar i nätverk och har redan betydande nationala och internationella kontakter. Däremot saknas ett överordnat nordiskt samarbetsforum för en samordnad utveckling av nya modellkomponenter och en samkörning av analyser av simuleringar som har blivit genomförda vid olika centra.

Nordisk nytta

Nordiska användningsmiljöer, som redan har tillgång till de enskilda centras data i samband med nationella och internationella projekt kommer att ha nytta av en större och specifik samordnad mängd av klimatberäkningar i sina studier. En samlad nordisk insats kan fungera som ett betydande skyltfönster för de utmaningar som Arktis har och samtidigt ge en möjlighet för Norden att visa ledarskap när det gäller att förstå de arktiska klimatet.

Synergieffekter

En samlad nordisk kompetens kan bidra till en bättre beskrivning och förståelse av alla klimatprocesser och därmed bidra till en bättre simulering av klimatförändringar under detta århundrade. Med en gemensam plattform skulle enskilda nordiska initiativ bättre kunna sammanlänkas och vidareförmedlas till slutbrukare samt förbättra chansen att få finansiering av EU för nordiska klimatforskningsaktiviteter. Existerande institutioner kan komplettera varandras kompetenser när det gäller att utveckla nya klimatmodellmoduler och samtidigt skapa länkar till betydligt flera effektmodelleringsgrupper som ska kunna använda konsistenta och koordinerade klimatscenarier.

Synpunkter för implementering

För att kunna realisera initiativet på denna höga nivå krävs en betydande allokering av resurser – i kategorin ”>1 miljoner euro/år” - för systematisk samordning och systematiskt samarbete. Preliminärt kan denna satsning uppskattas motsvara typiskt 1 person per huvudaktör i varje nordiskt land för en period mellan 5–10 år.

Ib Nordisk specialgrupp för naturliga klimatvariationer på höga breddgrader

Modellering av klimatvariationer under de senaste 1 000–10 000 åren kan förbättra förståelsen över hurdana klimatvariationer som är möjliga inom de kommande 100 åren.

Nordisk styrka

Det finns redan en stor facklig och kompletterande expertis tvärs över de nordiska länderna. Universitetsgrupper, klimatcentra och meteorologiska institut har en bred kunskap om klimatutvecklingen över de senaste 10 000 åren och det finns redan nationella nätverk samt väletablerade internationella relationer.

Nordisk nytta

De förväntade resultaten kommer att bestå dels av bättre förutsägelser av klimatförändringar på mellanlång sikt, upp till 30 år framåt, och dels en reduktion av osäkerheter i scenarieberäkningar av utveckling under de följande seklen. Härvid ökas den gemensamma förståelsen av klimatförändringar i Arktis, varigenom fördelarna med långtidsplaneringen lättare ska kunna realiseras och anpassningsförmågan ökas.

Synergieffekter

Med en gemensam plattform kan enskilda nordiska initiativ bättre sammanlänkas och vidareförmedlas till de olika intressentgrupperna. Samtidigt förbättras chansen att få EU-finansiering till nordiska aktiviteter inom klimatforskningen. En gemensam satsning med synliga, internationellt ledande forskningsresultat understödjer utbildningen av nya forskare och 'outreach' aktiviteter.

Synpunkter för implementering

Med en relativt begränsad finansiering (" $< 50\,000$ euro/år") kan en viss samordning av pågående nationella och av EU-finansierade projekt kunna uppnås, bl.a. genom organisering av workshops med centrala parter som deltagare. Med en lite högre nordisk finansiering kan nya initiativ påbörjas inom en samordnad nordisk insats, huvudsakligen baserade på pågående aktiviteter. Med en bättre finansiering (" ~ 1 milj. euro/år") kan denna specialistgrupp bli ansvarig för en väsentlig del av bidraget till ovannämnda nordiska klimatmodellcentra. Initiativet kan realiseras med ett projekt som tar i 4–5 år.

Ic Integrerade scenarier för nordisk region

Integrerade scenarier ger möjlighet för utvecklingen av mer realistiska och användbara klimatmodeller. Sådana scenarier beskriver bl.a. atmosfärisk sammansättning och förorening, ändringar i landskapet, höjning av havsytans nivå och andra miljörelaterade ändringar, t.ex. biodiversitet, sjukdomsvektorer, tillsammans med samhällsmässiga förändringar, t.ex. demografi och ekonomi.

Nordisk styrka

Likhet i miljö, klimat och flera områden av ekonomisk aktivitet ger de nordiska länderna en bra utgångspunkt för samarbete i etablering av gemensamma nordiska integrerade scenarier. Det finns några grupper i nordisk region som har sysselsatt sig ingående med "integrerad evaluering" på internationell nivå. I regel har detta skett i nationella konsortier med statliga verksamheter och intressant delexpertis existerar också i universitetsmiljöer.

Nordisk nytta

De arktiska samhällena ska dra nytta av en bättre förståelse av de centrala sammanhangen mellan den regionala och lokala samhällsutvecklingen samt den arktiska (nordiska) klimatförändringen. Integrerade scenarier kan underlätta jämförelser av scenariobaserade studier i Norden och stimulera ett gemensamt perspektiv till miljöförändringar på lång sikt. Med tanke på flera gemensamma utmaningar kan sårbarhet och anpassningskapacitet gentemot framtida klimatändringars effekter bättre analyseras och en optimal policy-respons granskas på gemensam nordisk bas.

Synergieffekter

Baserat på en gemensam ram kan betydelsen av framtida klimatändringar analyseras effektivt ur ett nordiskt perspektiv. Nordisk klimatforskning kommer att förstärkas och fungera som en mer framstående internationell aktör på ett forskningsområde, där det bara är få – men dominerande – parter på det internationella planet.

Synpunkter för implementering

Med en relativt begränsad finansiering (" $< 50\,000$ euro/år") kan en viss överordnad sammanlänkning av tidigare och pågående nationella och av EU finansierade initiativ kunna uppnås, bl.a. genom organisering av workshops. Med en något högre finansiering kan nya integrerade analyser kunna utföras utgående från existerande forskningsgrund. Med en mera omfattande finansiering (" ~ 1 milj. euro/år") är det möjligt att utföra betydligt grundligare analyser på alla nivåer och utarbeta mera uttömmande, regionalt specifika scenarier. Detta kan realiseras med ett projekt på 3–5 år. Om resursen är tillräcklig kan detta initiativ utgöra en komponent i arbetet vid det ovannämnda nordiska klimatmodellcentret (konceptet kan här ses som en tvärgående insats över alla Arkufo-processens fyra tematiska områden, men förankrat i klimatmodellens tankegångar).

4.2.2 Klimatprocessernas effekter

I allmänhet skiljer sig de nordiska länderna mycket från det övriga Arktis då en relativt stor befolkning har varit bosatt på höga breddgrader i långa perioder, åtminstone sedan vikingatiden. Detta historiska perspektiv erbjuder speciella fördelar för nordiska länder med tanke på anpassningskapaciteten i ekosystem som specifikt omfattar människor.

Arkufo-processen har framhållit att dessa fördelar kunde bearbetas genom tvärvetenskapliga och tvärsektorala studier. De tematiska frågorna som granskats under processen har samtidigt lyft fram betydelsen av att inkludera alla centrala intressenter och lokala grupper i planering och hur viktigt det är att realisera forskningen och sprida resultaten av denna klimatforskning.

Då befolkningen både i och utanför Arktis fortsätter att uttrycka sin oro över förändringarna, måste forskningen konkret svara på dessa frågor och producera resultat som kan tjäna såväl policyprocesser som lokala samhällen – tillämpad forskning kring anpassningskapacitet borde således ha hög prioritet i framtiden. Inom detta tematiska område har tre prioriterade initiativ utkristalliserats under Arkufo-processen. Dessa kan bidra till gemensamma nordiska målsättningar för klimatforskning.



Foto: Knut R. Steffensen

Ila Klimatförändringens och människans roll i abrupt förändring av ekosystem

Klimatförändring tillsammans med många andra faktorer kommer att orsaka en ökad belastning på det arktiska ekosystemet. Satsning på forskning bidrar till att minska effekter av förändringar som kan vara överraskande snabba och stora.

Nordisk styrka

Inom nordiska forskningssamhällen existerar en stark empirisk forsknings-tradition och djup expertis i modellering av ekosystem. Nordiska forskare har en hög allmän kunskapsnivå i arktiska frågor. Denna baserar sig bl.a. på erfarenheter från långvarig nordisk bosättning i arktiska områden med olika typer av markanvändning och samhällsstrukturer. Förekomsten av en naturlig gradient (från boreal till arktisk) samt tillgång till fjärranalysdata data skapar även speciella förutsättningar för nordisk styrka.

Nordisk nytta

Existerande expertis och naturliga förhållanden ger tillgång till ett "naturligt laboratorium" som hjälper forskarna att förstå dynamiken i arktiska ekosystem. De nordiska samhällena kommer att dra nytta av bättre kunskap om sårbarheten och resiliensen till globala ändringar. Ur policyperspektiv kommer resultaten att bidra till utveckling och värdering av olika anpassnings- och mitigationsåtgärder.

Synergieffekter

Initiativet kan sporra utvecklingen av samordnade regionala program med förbättrade dataresurser för deltagande forskningscentra, universitet och nationella organisationer. Samarbetet kan även förbättra forskarutbytet och genom aktivt informationsutbyte understödja effektivare användning av nordiska resurser.

Synpunkter för implementering

Det behövs utveckling av samordnade nordiska forskningsprogram med forskarutbyte, gemensamma post-grad program och Virtual Centers of Excellence som i sin helhet kan uppskattas kräva en betydande allokering av resurser – i kategorin "> 1 miljoner euro/år" - för systematisk samordning och systematiskt samarbete på en tidsfrist minimum 5 år. Alternativt kan vissa aktiviteter lanseras med mer begränsade resurser på kortare sikt.

IIb Klimatförändringens inverkan på biodiversitet

Som följd av klimatförändringen förväntas arktiska vegetationszoner med mycket stor sannolikhet att förflyttas och djurarternas mångfald och spridning förändras. Ökad förståelse av biodiversitet hjälper att identifiera sårbarheter och planera åtgärder för att skydda biodiversiteten och det kan tjäna som ett system för tidig varning för andra områden.

Nordisk styrka

Existensen av omfattande bioklimatiska gränzoner och flera ”hotspots for biodiversities” på arktiska områden, den långvariga bosättningen på området samt långa tidsserier (50-100 år) om utvecklingen av flora och fauna ger nordiska forskare en unik möjlighet att granska förändringarna i olika ekosystem och biodiversitet på arktiska områden.

Nordisk nytta

Den existerande omfattande expertisen om arktisk biodiversitet tillsammans med ett välutvecklat nätverk av forskningsstationer norr kan utnyttjas för att öka förståelsen av biodiversitet, identifiera sårbarheter och planera åtgärder för att skydda biodiversitet, skapa naturreservat och bättre planera markanvändningen. Expertisen och nätverket kan tjäna som ett system för tidig varning för andra områden när det gäller förändringar i biodiversiteten.

Synergieffekter

Med tanke på den existerande expertisen och nätverken är det möjligt att bygga vidare på de nordiska synergierna t.ex. genom utveckling av en gemensam databas samt av en spetsforskningsenhet med fokus på upprätthållandet av biodiversitet på arktiska områden. Initiativet understöder arbetet mot de internationella målsättningar för biodiversitet som man enade sig om i Rio år 1992 och Johannesburg år 2002 och som har fastställts av EU.

Synpunkter för implementering

En omfattande långsiktig värdering av arktisk biodiversitet, samordnad av ett NCoE för biodiversitet, kräver en betydande allokering av resurser – i kategorin ”> 1 M€/år”. Alternativt skulle initiativet på medellång sikt kunna föras vidare med mer begränsade resurser och med hjälp av samordnade övervakningsprogram. På kort sikt, t.ex. med hjälp av existerande data och genom att repetera biodiversitetsundersökningar från de senaste 50–100 åren, kan vissa framsteg uppnås med begränsade resurser.

IIc Förändringar i permafrost

Samnordisk forskning kan öka förståelsen av effekter av klimatförändringar i permafrost, i synnerhet för transport och infrastruktur och när det gäller potentiella omfattande förändringar i balansen av växthusgaser (svalg/källa).

Nordisk styrka

Norra Fennoskandias fastland karakteriseras av sporadisk eller marginell permafrost och periglaciala särdrag, så som palsa, förväntas reagera först på klimatförändringen. Dessa naturliga förutsättningar, tillsammans med tillgång till långa dataserier och nordisk modelleringsexpertis skapar förutsättningar för nordisk excellens i permafrostforskning.

Nordisk nytta

De förväntade resultaten ökar förståelsen av effekter av förändringar i permafrost, i synnerhet för transport, underjordisk förvaring (t.ex. av avfall), och infrastruktur överhuvudtaget. De nordiska samhällena, men även internationella, kommer att dra nytta av bättre förståelse av potentiella förändringar i permafrost, balans av växthusgaser (svalg/källa) samt förändringar i vegetationen i permafrostområden.

Synergieffekter

Nordiska forskningsstationer kan utnyttja existerande nätverk med kompletterande dataserier och expertis. Effekter på transport och annan infrastruktur är i allmänhet begränsade till regioner (bl.a. Ryssland) med isrik permafrost där olje- och gasutvinning är betydande. Med hjälp av kunskap från nätverken kan även stora klimatrelaterade hydrologiska förändringar, som förväntas i arktiska floder, bättre tas tillvara i planeringen av framtida utvecklingsstrukturer.

Synpunkter för implementering

Implementering av initiativet bör starkt bygga på existerande nätverk såsom IPA (International Permafrost Association) och CALM (Circumpolar Active Layer Monitoring Program Network), eftersom permafrostfrågan studeras relativt aktivt av övervakningsorganisationerna. Initiativet kan föras vidare med kostnader i kategorin ”~ 100 000 euro/år” med en tidsfrist på över 5 år.

4.2.3 Samhällens sårbarhet och anpassningsstrategier (”multiple stressors”)

Norden har en stor vetenskaplig styrka i arbetet med klimatmodeller, scenarier och naturvetenskapliga konsekvensbedömningar. Forskningen kring olika sätt att applicera och använda dessa på ett praktiskt sätt för studier kring sårbarhet och anpassning i samhället sker med komplexa och tvärsektoriella analyser, där flera faktorer och nivåer beaktas. Utmaningen är stor, men kompetens och förmåga förefaller finnas samlad i de nordiska länderna. Forskning och modellering inom de ekonomiska vetenskapliga disciplinerna kan ytterligare komplettera klimatscenerierna med fokus på de arktiska områdena (se även 3.2, 3.3 och 3.5).

För att bedöma sårbarheten i Norden och Arktis som region och de nordiska ländernas anpassningsförmåga för att klara av och för att kunna dra nytta av fördelar som kan uppstå p.g.a. klimatförändringar, är det befogat att inleda forskning för att öka förståelsen av hur konsekvenser, sårbarhet och anpassning förhåller sig till varandra och för att identifiera var betydande kunskapsluckor finns. Denna forskning bör sättas in både med ett sektoriellt och ett tvärspektoriellt perspektiv för att bidra med en långsiktig och djup kunskapsbaserad förståelse av hur samhället och sociala grupper strategiskt kan agera på bästa sätt för att möta aktuella och framtida klimatförändringar och klimatrelaterade risker.

Avsaknaden av större samlade forskningsprojekt om sårbara grupper i nordiska och arktiska samhällen är en svaghet. Forskning inom humaniora och samhällsvetenskap (framförallt antropologi, geografi och utvecklingsstudier) har dock lång erfarenhet av studier inom detta område. De enskilda projekt som har utförts i Arktis bör fungera som en grund för identifiering av hur forskningen inom detta område kan stärkas och på vilket sätt erfarenheter från forskning om utvecklingsländer kan appliceras och bidra till vidare studier kring arktiska förhållanden.

Flera nordiska forskare och forskningsmiljöer arbetar med anpassningsfrågor på olika sätt och för olika områden och därför bör en gemensam insats göras för att belysa den viktiga frågan om vad som avgör anpassningskapaciteten för specifika regioner och sektorer idag och i framtiden genom teoretisk och tillämpad forskning. En syntes av drivkrafter, barriärer och hinder för anpassningsprocesser på olika nivåer och för olika sektorer i samhället kan troligen göras framgångsrikt, under förutsättning att forskning samordnas så att empiriskt material och fallstudier är jämförbara och kan generaliseras. Den nordiska forskningen har stor fördel av att samhällena och miljöerna är relativt likartade och att grundforskning, nätverk, statistik och data av god kvalitet är tillgänglig.

Forskning och praktiskt arbete kring hållbar utveckling är väletablerad i de nordiska länderna. Lämpligen bör dessa erfarenheter och kunskapen tas till vara för att identifiera hur redan existerande teknologi, institutioner och policymål kan utvecklas för att stärka resiliensen i klimatkänsliga sektorer, system och samhällsfunktioner. Studier om behov av nya institutionella funktioner på global, regional, nationell och nordisk nivå kan bidra till viktiga strategiska och kostnadseffektiva åtgärder som utförs för att minska sårbarheten. Genom att analysera institutionella och geografiska interaktioner bör forskningen kunna klarlägga var gemensamma anpassningsstrategier (*joint adaptation*) är nödvändiga och mest effektiva och hur "no regrets"-strategier bäst kan uppnås. Sådana viktiga synergieffekter mellan nationella, regionala och internationella klimatpolicies och andra relaterade policymål bör också kunna studeras närmare och bygga på pågående och avslutad forskning av hög kvalitet inom nordisk samhällsvetenskap (exempelvis inom statsvetenskapen). En gemensam

nordisk insats inom detta fält bör vara av strategiskt intresse för beslutsfattare och förhandlare.

På basis av analysen av forskningsstatus och potential för nordiska synergieffekter under Arkuko-processen kan fyra tematiska prioriteringsinitiativ identifieras där nordiskt samarbete kan skapa speciella fördelar:

IIIa Analys och identifiering av effektiva anpassningsprocesser (mellan nordiska länder)

Studier och utvärdering av anpassningsåtgärder och strategier (bl.a. med avseende på effektivitet, kostnader, begränsningar, och negativa bieffekter) kan kritiskt analysera beslutsfattande, synergier och konsekvenser som är sektorsövergripande samt återkopplingsmekanismer och länkar mellan mitigationspolicies och åtgärder.

Nordisk styrka

Flera forskare och forskningsinstitutioner i Norden har kunskap och erfarenhet från deltagande studier med en stark avnämranknytning vilket är en förutsättning för denna typ av forskning. Det finns även flera pågående forskningsprogram, forskare och institutioner som arbetar med liknande frågeställningar där en gemensam ansats skulle kunna utvecklas till forskning av hög internationell nivå.

Nordisk nytta

Forskning om globala och regionala effekter på nordiska länder och Arktis kan fungera som rådgivande för beslutsfattare och förhandlare i Norden. Gemensamma ”no regrets”- och ”best practice”-strategier kan kostnadseffektivt identifieras för de nordiska länderna.

Synergieffekter

Initiativet stärker nordisk kapacitetsuppbyggnad och erbjuder en god kunskapsbas för nordiska förhandlare men även värdefull kunskap på sektorsnivå och lokal och nationell nivå. Forskning av detta slag skulle även tydligt kunna bidra till den internationella forskningsfronten.

Synpunkter för implementering

En stark involvering av avnämare krävs och forskningen bör länkas till pågående forskning om sårbarhet och konsekvensbedömningar. Exempel på forskningsprogram och institutioner som kan konsulteras vid utformning och utförande av sådan forskning är: ISTO, IASSA, ADAM, CIRCLE ERANET, Oslo University, CICERO, CSPR, SEI, FNI, SYKE, Arctic Centre/ University of Lapland tillsammans med privata företag och statliga organisationer och myndigheter. För att resultat ska kunna valideras och forskning av högsta internationella klass ska kunna utföras krävs en satsning på 5–10 år med en allokering av resurser sammanlagt i kategorin ”min. 1M€”.

IIIb Komplexa sårbarhetsanalyser

Komplexa och integrerade sårbarhetsanalyser och riskkartläggning i en nordisk skala skulle både praktiskt bidra till samhällens anpassning i Norden men också till den teoretiska förståelsen av problemet vilket gagnar det internationella forsknings- och praktikersamhället. Sådan forskning kräver en stor kritisk massa och samlad kompetens i Norden.

Nordisk styrka

Flera forskningsinstitutioner, statliga organisationer och privata företag arbetar med liknande frågeställningar i Norden. Denna diversifierade expertis över de nordiska länderna möjliggör denna typ av mycket krävande komplex och interdisciplinär forskning vilket också skulle kunna kopplas till scenariobaserad forskning.

Nordisk nytta

Resultat från denna typ av studier erbjuder en kunskapsbas, information och praktiskt användbart material för policies och planering på lokal, nationell och regional nivå.

Synergieffekter

Framtida forskningsbehov med regional fokus kan identifieras tillsammans med anpassningsbehovet. Samarbetet med avnämare är viktigt för en väl fungerande kommunikation vilket bidrar till en snabb kunskapsöverföring.

Synpunkter för implementering

Forskningsprogrammet bör bygga på existerande forskning och en kartläggning och inventering av kunskap på nordisk nivå bör prioriteras och ligga till grund för utformningen. Denna kan kompletteras med en workshop med arktiska och nordiska experter och intressenter. Exempel på lämpliga forskningsinstitutioner som skulle kunna konsulteras är CICERO, Oslo University, SYKE, CSPR, Arctic Centre/University of Lapland och Stefanssonsinstitut på Island. Denna slags forskning kräver omfattande resurser, sammanlagt i kategorin ”min. 1 milj. euro”, och kan inte genomföras på mindre än 5 år.

IIIc Riskperception och klimatförändringar

Studier om uppfattningar om vad som utgör risk och sårbarhet vs möjligheter med klimatförändringar kan kritiskt analysera frågor om risk för vad och risk för vem (beroende på ålder, kön, försörjningsbas, rural/urban sektor, inkomst etc.). Studier på lokal nivå kan därefter integreras med regionala och nationella nivåer för att bättre utforma anpassningsstrategier.

Nordisk styrka

Det existerar forskning, kompetens och nätverk i Norden som behandlar dessa frågor och denna kunskap och erfarenhet skulle med fördel kunna bidra till en ökad förståelse av dessa frågor.

Nordisk nytta

Jämförelser och identifiering av generella mönster ökar kunskapen så att policies och beslutsfattare bättre kan bli informerade och erbjuda en överblick av den nordiska regionen.

Synergieffekter

Vid skapandet av nätverk involveras slutanvändare, avnämare, forskare och beslutsfattare vilket förbättrar kommunikationen och möjliggör effektiv kunskapsöverföring.

Synpunkter för implementering

Existerande nätverk så som de som utvecklats i forskningsprogram och vid forskningsinstitutioner kan utgöra basen vid sådan forskning. Exempel är: CAVIAR, RAINMAN; DAMOCLES, PLAN, Fennoboralis, Cicero, Nordregio, Nordic Network on fisheries, UKCIP och det kommande svenska forskningsprogrammet SWECIA. Denna forskning kräver mycket fältarbete varför tidsåtgången kommer att vara hög (minimum 5 år) och resurser i klassen ”~ 100 000 till 1 milj. €/år”.

IIIId Samhällens anpassning

Implementering av anpassningsåtgärder sker främst på lokal nivå och en förståelse för hur samhällen anpassar sig är viktig för utvecklandet av hållbara strategier i framtiden. Forskning av detta slag svarar på varför vissa samhällen och grupper klarar av risker och kriser bättre än andra, vilka som anpassar sig och varför samt analyserar responsmönster över tiden. Genom en historisk tillbakablick på både framgångsrika strategier och lösningar på problem samt mindre framgångsrika sådana kan klimataktorer i kombination med andra riskfaktorer analyseras och öka förståelsen av hur anpassning sker i samhällen och grupper.

Nordisk styrka

Flera nätverk existerar och information och databaser finns tillgängliga i Norden (t.ex. genom network of archives, IASSA och nordiska museer)

Nordisk nytta

Bättre underlag och förståelse på lokal nivå, där sociala grupper står i fokus, kan fungera som en mycket bra kunskapsbas för vidare studier om sociala gruppers sårbarhet i Norden, men också speciellt långsiktigt bidra till kunskap om anpassningsproblematiken i en samhällelig och kulturell kontext och leda till regionala interaktioner i Norden och Arktis.

Synergieffekter

Flera grupper och samhällen i Arktis förflyttar sig över administrativa gränser. Hur deras anpassning har skett tidigare kan vara vägledande för framtida anpassningsstrategier, där samarbete krävs mellan länderna i Arktis. Forskare som arbetar med dessa frågor skulle med fördel kunna konsulteras för design av en långsiktig databas för socioekonomiska faktorer och för statistik, vilket är ytterst värdefullt för forskning och utvärdering.

Synpunkter för implementering

Flera forskningsprogram som t.ex. ESF BOREAS, PLAN och NABO arbetar med dessa frågor och deras erfarenheter bör ligga till grund för utformningen av forskningsprogrammet. Forskningen förväntas ta minst 3 år och estimeras kräva en finansiell satsning i kategorin "flera 100 000 euro/år".

4.2.4 Övervakning av miljö och klimat

Under de senaste åren har vi fått mer detaljerade insikter i flera gränsöverskridande fenomen som exempelvis klimatförändring och transport av föroreningar och behovet av reorganisering av observations- och övervakningssystem har blivit erkänt. En omfattande nordisk eller arktisk övervakning är naturligtvis realistisk för enskilda aktörer men kan däremot uppnås genom systematiskt och koordinerat samarbete.

De redan existerande och potentiella nya nordiska synergieffekter i övervakningen kan i allmänhet förknippas med i) fokusering på ett gemensamt regionalt behov i stället för ett enskilt lands behov, ii) möjligheten att sammankoppla små övervakningsinitiativ som blir en del av ett

större nätverk (och således skapar en tillräcklig kritisk massa), och iii) bättre möjligheter att utveckla nya övervakningsmetoder och teknologier (på en gemensam, fokuserad marknad). T.ex. SCANNET, som inkluderar 18 terrestriska institut, har framgångsrikt kunnat utnyttja dessa synergieffekter. Övervakningsaktiviteter och nätverk inom andra forskningsområden (bl.a. atmosfär, hav, befolkning och samhällen) kan likaså dra nytta av dessa synergieffekter genom att utnyttja olika samarbetsformer på nordisk nivå.

Tillgång till data är en nyckelfråga för utvecklandet av ett bredare samarbete. Kunskap om data som redan existerar är en nödvändig grund för vidare utveckling av övervakningsaktiviteter. Denna kunskap kan även bidra till en bättre synlighet av de nordiska aktiviteterna samt öka intresset hos internationella aktörer, bl.a. EU, för nordisk klimatforskning och övervakning.

I analysen av pågående aktiviteter (3.5), t.ex. gällande övervakning av Nordatlanten, har vi påpekat att det finns vissa brister och att det finns ett behov av ett övergripande övervakningsinitiativ. Med tanke på den existerande högklassiga expertisen i nordisk modellering vore det logiskt att börja med klimatmodellering (se även 3.2) för att identifiera ett optimalt nätverk för observationer. En granskning av modelleringen kan vara ett sätt att identifiera brister i data och i geografiskt täcke, och således hjälpa att skapa en vägkarta för långsiktiga observationer. Därefter kunde statliga organisationer med övervakningsansvar för detta område och forskningsinstitutioner som är engagerade i övervakning utveckla en koherent plan för nordiska övervakningsaktiviteter i området.

Vad beträffar övervakningen av växthusgaser och aerosoler har de nordiska länderna möjligheter att bygga vidare på existerande nordiska resurser, dvs. utnyttja den existerande expertisen effektivt och eventuellt utveckla den med hjälp av nya övervakningsstationer eller förbättra de nuvarande observationsstationerna.

Under Arkufo-processen identifierades två prioritetsinitiativ på basis av en överblick av den nuvarande övervakningens status samt nordiska behov och synergieffekter.

IVa Observationer för ökad förståelse av klimatsystem

Kontinuerlig och systematisk övervakning hjälper samhällen att förstå klimatändring i arktiska områden och således identifiera tidiga varningssignaler och göra välinformerade beslut om optimala anpassnings- och mitigationsåtgärder.

Nordisk styrka

Alla nordiska länder har goda nationella övervakningsprogram som omfattar ett brett geografiskt område och ett urval av parametrar. Nordiskt observations- och övervakningssamarbete är ganska begränsat, men bra exempel på framgångsrikt samarbete i nordiskt övervakning existerar redan. SCANNET är ett nordiskt nätverk för terrestiska observationer. BACCI är ett annat framgångsrikt exempel på ett mer specialiserat nordiskt nätverk om interaktioner mellan biosfär-aerosol-moln-klimat. Nationella marina institut och anläggningar för marinforskning har hög expertis och i princip goda förutsättningar att implementera marin övervakning.

Nordisk nytta

Klimat- och miljöförändringar kan påverka samhällen och ekosystem på flera olika sätt och en stor del av förändringarna kan uppskattas med hjälp av modellering och klimatscenarier baserade på data från observationer. Med hjälp av systematisk övervakning och kontinuerliga observationer kan samhällen identifiera tidiga varningssignaler, som hjälper samhällen att anpassa sig t.ex. till mera extremt väder genom att minska sårbarheten av olika system eller förbättra återhämtningskapaciteten. Därtill kan ett förstärkt nordiskt övervakningssamarbete medföra synergier som ökar synligheten av och intresset för nordiska forskningsresultat på internationell nivå.

Synergieffekter

Nordiskt samarbete kan bidra till bättre tillgång till data. Övervakningen har till stor del utförts för att uppfylla nationella behov, bortsett från övervakning som en del av globala observationssystem (som t.ex. väderobservationer), och data har förblivit en 'nationell hemlighet', dvs. de är inte lätt tillgängliga för andra användargrupper. Nordiskt samarbete kan bidra även till mer allmän utveckling av infrastruktur för övervakning, bl.a. genom att skapa tillgång till ett större antal övervakningsstationer, accelererad utveckling av instrumentation, samt genom överenskommelser om gemensamma observationsstandarder.

Synpunkter för implementering

De centrala aktörerna i ett initiativ att förbättra existerande övervakningssystem inkluderar klimatforskningscentra i alla nordiska länder, meteorologiska institut, nationella marina övervakningsorganisationer och lokala observationer. Implementering bör ge möjlighet att förbättra den redan existerande övervakningen men därtill även identifiera de viktigaste bristerna (inkl. områden, parametrar) i övervakningssystemen i arktiska områden och en gemensam strategi för att effektivt täcka bristerna. Initiativet bör ha en tidsfrist på min 5–10 år och kostnaderna kan estimeras i kategorin "> 1 M€/år".

IVb Nordiska dataserier i klimatförändring

Tillgänglighet och kostnadseffektiv användning av slutprodukter från övervakningsaktiviteter, dvs. användning av klimat- och miljödata för samhällsliga och för forskningssyften kan förbättras genom aktivt nordiskt samarbete.

Nordisk styrka

Övervakningsdata från arktiska områden samlas för närvarande av nationella statliga övervakningsorganisationer samt av några forskningsgrupper, varav vissa tillhör internationella nätverk. Byggande på expertis från framgångsrika nordiska övervakningsaktiviteter och högklassig kunskap i datahantering skulle existerande data med begränsade insatser kunna göras tillgängliga till alla nordiska och internationella användare.

Nordisk nytta

Nordiska dataserier i klimatförändring kan serva användare i alla nordiska länder och fungera som en solid bas för samarbetet i övervakningsverksamheter och kan samtidigt stimulera nordiska forskningssamfund till ett djupare samarbete. Genom att skapa 'nordiska dataserier i klimatförändring' (eller en portal med nordiska klimatförändringsdata) kan det vara ett enkelt och kostnadseffektivt initiativ för att göra nordiska data lättare tillgängliga för alla användare och för att bidra till bredare nordiskt (och internationellt) forskningssamarbete och att göra nordiska data internationellt mer synliga, vilket kan fungera som modell för ett bredare internationellt samarbete.

Synergieffekter

Eftersom övervakning till största delen har utförts nationellt, är det troligt att initiativet drar nytta av synergier som uppstår av lättare och snabbare tillgänglighet till data samt effektivare och samordnad dataförvaring enligt gemensamt överenskomna standarder. Initiativet kommer mycket sannolikt att påverka hela övervakningsprocessen från observationer till publikation och användning av data.

Synpunkter för implementering

Konkreta förbättringar i tillgång till övervakningsdata samt i gemensamma initiativ för att samla in data från nationella och forskningsorganisationer och grupper kräver en stark insats från alla centrala nationella övervakningsaktörer i Norden. I jämförelse med utveckling och modifiering av själva övervakningssystemet är däremot kostnaderna för initiativet relativt begränsade. Det är troligt att kostnaderna stabiliseras efter uppbyggandet av databas, "i kategorin 100 000 euro", på en genomsnittlig årlig nivå (för årliga löpande kostnader och kostnader för uppdatering) i "kategorin ~ 50 000 euro". Baserat på ett samnordiskt beslut, katalyserat t.ex. genom en workshop, skulle detta prioritetsinitiativ kunna föras vidare och upprätthållas av ett kvalificerat institut (som lanserar nordiska dataserier eller en metadataportal). Sekretariat eller datacentra som redan känner till alla aspekter på klimatförändringsdata och de nödvändiga aspekterna på datahantering i internationella samband skulle kunna föra initiativet vidare.

4.2.5 Övergripande gemensamma teman

Klimatforskningen i Arktis och klimatforskning överhuvudtaget bör ta hänsyn till flera vetenskapsområden, både inom naturvetenskapen och inom samhällsvetenskapen. Medan klimatforskningens fokus även i de nordiska länderna i allmänhet har varit på naturvetenskapliga frågor, ofta på olika teknologiska aspekter av mitigation och anpassning, har Arkufoprocessen betonat behovet av mångsidig forskning av multidisciplinär karaktär⁴⁹. Detta behov uttrycks även i de initiativ som presenterats ovan under de breda fyra tematiska forskningsområden.⁵⁰

De nordiska samhällenas likartade kulturella, politiska och socioekonomiska aspekter ger goda fortsättningar för att dra nytta av gemensamma forskningsinitiativ med speciell fokus på klimatforskning av multidisciplinär och övergripande karaktär. Bland flera teman som diskuterades av klimatexperter under Arkufoprocessen⁵¹ lyftes här fram ett prioriteringsinitiativ, som kan bidra till gemensamma nordiska målsättningar för klimatforskning med speciell fokus på dessa behov.



Foto: Maria Nilsson

⁴⁹ T.ex. i Norge, har tyngdpunkten i klimatforskning varit naturvetenskaplig (52 % av resurserna), därefter teknologisk (42 %) och till sist samhällsvetenskaplig (6 %). Nasjonal handlingsplan for klimaforskning, Styrking av strategisk helhet og langsiktighet i norsk klimaforskning, 2006 (Norges Forskningsråd).

⁵⁰ Öppen kommunikation av forskningsresultat och awareness raising med hjälp av den nyaste förståelsen av klimatförändring identifierades under Arkufoprocessen som kritiska delar i processen för att bättre kunna föra forskningsresultat till beslutsfattande, men denna aspekt är inte med i Arkufokartläggningen och ingår inte i dess uppgift.

⁵¹ Detta kom fram särskilt under Arkufo Workshop, den 31.5–1.6 2007 i Oslo, Norge (se Bilaga I).

Va Nordisk Spetsforskningsenhet (NCoE) för holistisk klimatforskning

Nordisk holistisk forskning om förändringar i Arktis ("Nya Arktis – framtidens röster") stimulerar lokalt deltagande, förbättrar förståelsen hos befolkningen både i och utanför Norden och skapar socialt kapital och framtidstro i områden som drabbas av klimatförändringens effekter.

Nordisk styrka

Ett flertal undersökningar som gjorts under de senaste åren om miljö- och klimatrelaterade, geopolitiska och samhällseliga förändringar i Arktis (bl.a. ACIA, AHDR) har lagt grunden för att skapa ett helhetsorienterat (med en övergång från nationella, till regionala och globala) perspektiv på framtida utvecklingen i Arktis. Medan flera utmaningar i Arktis är gemensamma, krävs initiativ, samordning och lösningar baserade på såväl naturvetenskaplig som samhällsvetenskaplig kunskap som traditionell och lokal kunskap – en starkare "arktisk medvetenhet". De nordiska länderna har bl.a. skapat ledande expertis i den mänskliga utvecklingen ur ett arktiskt perspektiv och det kan ha en central roll i framtida forskning på detta område.

Nordisk nytta

Den nordiska samarbetstraditionen och viktläggningen på demokrati och välfärd ger möjlighet för ett effektivt utnyttjande av begränsade regionala resurser i klimatforskning ur ett holistiskt och mänskligt perspektiv. Lika väl skapas det bättre möjligheter för förståelse hos befolkningen både i och utanför Norden genom att forskningen omsätts i handling och lokalt ansvar. Genom att stimulera lokalt deltagande – tvärs över generationerna - kan initiativet skapa socialt kapital och framtidstro i områden som drabbas av klimatförändringens effekter. Då barn och unga aktivt involveras skapas grogrund för framtida forskare och beslutsfattare.

Synergieffekter

Genom att utnyttja existerande forskningsbaserade samarbetskonstellationer (bl.a. IASSA - International Arctic Social Sciences Association, IASC – International Arctic Science Committee, University of the Arctic) och genom att sammankoppla dem med webbaserade resurser, nätverk, utvecklingsprogram (t.ex. Nordplus), museer och andra institutioner, kan man skapa både mer formaliserat samarbete och flexibla ad hoc orienterade strukturer, som snabbt kan reagera både på lokala och mera omfattande klimatändringar. Genom utveckling av undervisningsprogram i samarbete med och för barn kan initiativet stimulera till det långtidsperspektiv som är nödvändigt för en hållbar utveckling i Arktis. De nordiska länderna har förutsättningar att effektivt utnyttja 21:a århundradets ökade kommunikations- och samarbetsmöjligheter tvärs över områden och discipliner som tillsvidare präglats av nationella och lokala intressen.

Synpunkter för implementering

Etableringen av en Nordisk Spetsforskningsenhet (NCoE) med speciell fokus på holistisk klimatforskning och samarbetet över generationer i Arktis kräver en satsning på minimum 5 år med finansiella resurser i kategorin "1 000 000 €/år".

5. Konklusioner och rekommendationer

De senaste forskningsresultaten i anknytning till klimatförändringen samt den centrala roll som klimatfrågorna har fått på den internationella politiska agendan under de senaste åren bekräftar synen att klimatförändringen idag är en av de största utmaningar som moderna samhällen möter. Samtidigt som omfattande åtgärder för anpassning till pågående och förväntade förändringar krävs på lokal och regional nivå, tvingar klimatutmaningen samhällena att bättre förstå de globala sambanden i klimatförändringen och att arbeta tillsammans för att effektivt minska utsläppen av växthusgaser.

De nordiska länderna har identifierat klimat- och miljöfrågorna som ett av de gemensamma strategiska samarbetsområdena. Förverkligandet av det nordiska samarbetet för klimatfrågor bör koncentreras på områden där samarbetet kan erbjuda speciella fördelar för de nordiska länderna och för arktiska samhällen i allmänhet. Klimatforskningen på hög nivå ökar samhällens förståelse av klimatprocesserna och förbättrar möjligheterna till välgrundade beslut om anpassning och åtgärder som kommer att krävas inom alla samhällssektorer.

Ur nordiskt perspektiv finns det en rad specifika regionala förhållanden som är förknippade med den pågående klimatförändringen, bl.a. närheten till Europa – ett av världens populationscentra med höga emissioner av partiklar, närheten till Golfströmmen och närheten till Arktis. Även om klimatförändringen är ett globalt problem finns det flera argument för att de nordiska länderna bör fokusera en del av sina resurser speciellt på klimatforskning i de arktiska områdena. Enligt de senaste forskningsresultaten är uppvärmningen över Arktis och landområden på norra halvklotet betydligt större – över Arktis cirka dubbelt så kraftig som det globala medelvärdet. Klimatförändringarna i de arktiska områdena sker inte isolerat utan i ett tätt nätverk av återkopplingsmekanismer både till regionala och globala klimatprocesser. Likväl sker klimatförändringarna i ett kluster av flera andra utmaningar som bör beaktas när man utvecklar hållbara lösningar för samhällena och naturmiljön i Arktis.

Denna kartläggning har analyserat förutsättningarna för nordiskt forskningssamarbete kring klimatförändringen och dess konsekvenser i Arktis. Kartläggningen har inkluderat en expertanalys av forskningsstatus, luckor, överlappning och potentiella samnordiska synergieffekter. Detta har utgjort grunden för identifikation av samnordiska prioriteter inom kartläggningens tematiska fokusområden – *Klimatmodeller- och scenarier*, *Klimatprocessernas effekter*, *Samhällens sårbarhet och an-*

passningsstrategier, Övervakning samt Övergripande klimatfrågor. Med hjälp av bidrag från utvalda klimatforskare och representanter för nationella forskningsråd i de nordiska länderna har man vid en workshop identifierat ett flertal forsknings- och övervakningsområden, där nordiskt samarbete kan erbjuda speciella fördelar för de arktiska områdena. Fördelarna från samarbetet kan realiseras genom att t.ex. skapa en tillräcklig kritisk massa, minska överlappning, effektivt utnyttja och kombinera forskning på toppnivå i olika nordiska länder och/eller genom att förstärka nordiska positioner i internationella forsknings- och förhandlingsprocesser.

På basis av gemensamt bearbetade kriterier för framgångsrikt samnordiskt forskningssamarbete har ARKUFO-processen identifierat 13 prioritetsinitiativ, där de nordiska länderna kan framstå som internationellt ledande aktör (se nedan tabell 2).

Medan de i kap. 4 redovisade initiativen inte uttömmande täcker alla forskningsluckor och behov representerar de presenterade projektbeskrivningarna initiativ där ett klart behov av framsteg existerar och där nordiskt samarbete med stor sannolikhet kan erbjuda speciella fördelar och speciell nytta för de nordiska länderna. Det är värt att notera att ett stort antal andra forskningsbehov kan ha ytterst hög prioritet på lokal, nationell och EU-nivå eller är direkt stimulerad genom den privata sektorn.

De identifierade initiativen utgör en bas för forskningssamfund och beslutsfattare att diskutera vilka forskningsfrågor och initiativ som ska prioriteras när det gäller långsiktigt nordiskt klimatforskningssamarbete i Arktis. Vissa initiativ framhäver specifika forskningsfrågor och andra mera övergripande frågor förknippade t.ex. till forskningsinfrastruktur och data. Generellt kan initiativen sammanfattas i två huvudområden, dvs. i) initiativ till fördjupade studier i klimatutvecklingen i Arktis genom modellering och observationer av atmosfäriska, marina och terrestra klimatparametrar⁵² och ii) initiativ till fördjupade studier i klimatutvecklingens inverkan på ekosystem och samhälle, utvecklandet av riskanalyser, åtgärds- och anpassningsstrategier⁵³. Överhuvudtaget betonar kartläggningens analys sammankopplingarna mellan olika klimatprocesser och det ökade behovet av multidisciplinärt och sektorövergripande arbete med integrerad lokal kunskap.

Det finns flera alternativ till att precisera, planlägga och implementera de identifierade prioritetsinitiativen – beroende bl.a. på tillgång till finansiella resurser, de nationella forskningssamfundens intresse samt på politisk vilja bland nordiska beslutsgörare värderas innan man fattar slutgiltiga beslut om implementering. Det Internationella Polaråret (2007–2008) erbjuder även tidsmässigt en intressant möjlighet att bygga vidare på existerande initiativ.

⁵² Se tabell 2: initiativen Ia, Ib, Ic, IIc, IVa och IVb

⁵³ Se tabell 2: initiativen IIa, IIb, IIc, IIIa, IIIb, IIIc, IIId och Va

Tabell 2. ARKUFO-processens prioriterade initiativ för samnordisk klimatforskning och övervakning⁵⁴

Initiativ		Kort beskrivning
I. Klimatmodeller- och scenarier		
Ia	Nordiskt Center för klimatmodellering	Gemensamma nordiska resurser med breda interdisciplinära kunskaper samlat under ett nordiskt center kan bidra till utvecklingen av mer avancerade klimatmodeller och -scenarier.
Ib	Nordisk specialgrupp för naturliga klimatvariationer på höga breddgrader	Modellering av klimatvariationer under de senaste 1000-10 000 åren kan förbättra förståelsen av vilka slags klimatvariationer som är möjliga inom de kommande 100 åren.
Ic	Integrerade scenarier för nordisk region	Integrerade scenarier (bl.a. om atmosfärisk sammansättning, förorening och andra miljö- och samhällsförändringar) ger möjlighet till utveckling av mer realistiska klimatmodeller.
II. Effekter av klimatprocesser		
IIa	Klimatförändringens och människans roll i abrupt förändring av ekosystem	Forskningen bidrar till ökad förståelse av kombinerade effekter för det arktiska ekosystemet av klimatförändringar tillsammans med andra faktorer som kan vara överraskande snabba och stora.
IIb	Klimatförändringens inverkan på biodiversiteten	Ökad förståelse av biodiversitet (bl.a. förändringar i vegetations-zoner och djurarternas mångfald) hjälper att identifiera sårbarheter och att planera åtgärder för att skydda biodiversiteten.
IIc	Förändringar i permafrost	Samnordisk forskning kan öka förståelsen av effekter av klimatförändringar i permafrost, med konsekvenser bl.a. för infrastrukturen och balansen av växthusgaser.
III. Samhällens sårbarhet och anpassningsstrategier		
IIIa	Analys och identifiering av effektiva anpassningsprocesser	Utvärdering av anpassningsåtgärder och strategier kan kritiskt analysera beslutsfattande, sektorövergripande synergier och konsekvenser, återkopplingsmekanismer, länkar mellan åtgärder.
IIIb	Komplexa sårbarhetsanalyser	Komplexa och integrerade sårbarhetsanalyser i nordisk skala kan praktiskt bidra till samhällens anpassning i Norden och förbättra den teoretiska förståelsen av problemet.
IIIc	Riskperception och klimatförändringar	Studier om vad som utgör risk och sårbarhet kan kritiskt analysera frågor som risk för vad och risk för vem (beroende på ålder, kön, försörjningsbas, rural/urban sektor, inkomst etc.).
IIId	Samhällens anpassning	Forskning av anpassningsåtgärder, som sker främst på lokal nivå, kan svara på frågan varför vissa samhällen och grupper klarar av risker bättre än andra, vilka som anpassar sig bäst och varför.
IV. Övervakning		
IVa	Observationer för ökad förståelse av klimatsystem	Kontinuerlig övervakning hjälper samhällen att förstå klimatändring i Arktis, identifiera tidiga varningssignaler och fatta välinformerade beslut om anpassning och mitigation.
IVb	Nordiska dataserier i klimatförändring	Nordiskt samarbete kan förbättra tillgänglighet och kostnadseffektiv användning av övervakningsprodukter, dvs. användning av klimatdata för samhälls- och forskningssyften.
V. Övergripande		
Va	Nordisk Spetsforskningssamfund för holistisk klimatforskning	Holistisk forskning om förändringar i Arktis stimulerar lokalt deltagande, skapar socialt kapital och framtidstro i områden som drabbas av klimatförändringens effekter

⁵⁴ För mera detaljerad beskrivning av initiativen, se kapitel 4.

Som nästa steg krävs en aktiv och öppen debatt om hur de valda initiativen optimalt kan föras vidare, bl.a. gällande frågor som i) med vilka andra samarbetskonstellationer (nationellt, regionalt, internationellt) kan forsknings- eller övervakningsinitiativet bäst sammankopplas eller koordineras, ii) på vilken policynivå av nordiskt samarbete ska initiativet förverkligas, och iii) med vilka instrument och inom vilken tidsfrist ska initiativet optimalt realiseras och finansieras. Implementering av utvalda initiativ förutsätter således ett detaljerat förberedande arbete, som tar tillvara både de senaste forskningsaktiviteterna nationellt och internationellt, bl.a. intresset hos forskargrupper, institut och organisationer för optimala samarbetskonstellationer och praktiska frågor som har att göra med t.ex. forskningsinfrastruktur och projektorganisation.

Vissa steg kan tas med relativt begränsade resurser, men detta ger troligen ett tämligen begränsat utbyte och medverkar således endast i begränsad utsträckning till en djupare vetenskaplig förståelse och helhetsyn av problem och åtgärdsstrategier. Samarbete på längre sikt förutsätter däremot mer omfattande satsningar och ett klart engagemang för samarbete inom nationella forskningsråden och mellan beslutsfattare för forskningsfinansiering i de nordiska länderna. Förverkligandet av samarbetet och realiseringen av samhällelig nytta från forskningssamarbetet kräver även aktivt sektorövergripande samarbete mellan andra beslutsfattare inom den offentliga och privata sektorn.

Medan åtgärder för stabilisering av den av människans verksamhet orsakade klimatändringen kommer att kräva långsiktiga internationella satsningar, krävs samtidigt systematiska åtgärder för att förbättra samhällets och ekosystemens kapacitet att anpassa sig till konsekvenserna. Nya forskningsresultat ger regelbundet besked om dessa konsekvenser som framskrider mycket snabbt i de arktiska områdena. Genom noggrant utvalda gemensamma forsknings- och övervakningsinitiativ kan de nordiska länderna bidra till en mer hållbar utveckling för samhällen och ekosystem i Arktis.

Källor

- ACIA (2004). Impacts of a Warming Arctic. Summary report of the Arctic Climate Impact Assessment, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- ACIA (2005). Arctic Climate Impact Assessment, Cambridge: Cambridge University Press, UK 2005.
- Adger, W.N. and Vincent, K. 2005. Uncertainty in adaptive capacity. *Comptes Rendus Geoscience* 337(4): 399–410.
- AHDR. (2004). Arctic Human Development Report. Stefansson Arctic Institute, Akureyri, Iceland. Cambridge University Press, Cambridge.
- BALANCE (2007) Global Change Vulnerabilities in the Barents Region: Linking Arctic Natural Resources, Climate Change and Economies.
<http://balance1.uni-muenster.de/> (accessed 15 June 2007).
- Bergström, S. et al (2007). Impacts of climate change on river runoff, glaciers and hydropower in the Nordic area. Joint final report from the CE Hydrological Models and Snow and Ice Groups. Reykjavik 2007, 40 s.
- Carter, T. (Ed) 2007. Assessing the adaptive capacity of the Finnish environment and society under a changing climate: FINADAPT – Summary for Policy Makers. Finnish Environment Institute, Vammala 2007.
- EALÁT (2007) EALÁT-Network study <http://www.ip-ipy.org/> (accessed 28 June 2007).
- EEA 2005. Vulnerability and adaptation to climate change in Europe Technical report No 7/2005 European Environment Agency, Copenhagen 2006.
- ENSINOR (2007) Environmental and Social Impacts of Industrialization in Northern Russia.
<http://www.arcticcentre.org/?depid=15989> (accessed 18 June 2007).
- FINADAPT (2007) Assessing the Adaptive Capacity of the Finnish Environment and Society Under a Changing Climate. T.R. Carter (ed.) Finnish Environment Institute, Helsinki.
- Forbes, B.C., M. Bölter, L. Müller-Wille, J. Hukkinen, F. Müller, N. Gunsley, and Y. Konstantinov (eds.) (2006) Reindeer management in northernmost Europe: linking practical and scientific knowledge in social-ecological systems. *Ecological Studies* 184. Springer-Verlag, Berlin.
- Füssel, H-M. 2005. Vulnerability in Climate Change Research: A comprehensive conceptual framework. Paper 6. University of California International and Area Studies.
- ICARP. (2005). A research plan for the study of rapid change, resilience and vulnerability in social-ecological systems of the Arctic. Report from working group 10 of the Second International Conference on Arctic Research Planning IPY (2005).
- ICARP II (2006) Second International Conference on Arctic Research Planning. Nisku Printing, Edmonton, Canada.
- Impacts of Climate Change on Renewable Energy Sources, Their role in the Nordic energy system”, Nord 2007:003.
- IPCC 2001 Changing Climate 2001: Synthesis Report. Contribution of WG I, II and III to the Third Assessment Report of the IPCC, Cambridge University Press.
- IPCC (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change, Fourth Assessment Report WMO, Geneva. 2007
- IPCC WG II 2007. Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers. Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report. April 6th, 2007.
- Naess, L-O, Bang, G. Eriksen, S. and Vevatne, J. (2005), "Institutional adaptation to climate change: Flood responses at the municipality level in Norway", *Global Environmental Change* 15: 125–138.
- Nasjonal handlingsplan for klimaforskning (2006) . Styrking av strategisk helhet og langsiktighet i norsk klimaforskning. Rapport fra Klimaforskningsutvalget, Norges forskningsråd 2006

- Nilsson, A. 2007. A changing Arctic Climate. Science and Policy in the Arctic Climate Impact Assessment. Linköping Studies in Arts and Science No 386. Linköping University, Department of Water and Environmental Studies, Linköping 2007.
- NMR (2006). Nordisk strategi for klima og miljøgifter i Arktis. Vedtatt på det nordiske miljøministermøtet i København 16. mars.
- Nordic Arctic Research Programme (2005). NARP Highlights – Contributions of the Nordic Arctic Research Programme
- Norges Forskningsråd (2003) Lange tidsreier for miljøovervåkning og forskning: Viktige klimadataserier, Oslo 2003, 64 s. Med andra rapporter i samma serie: Viktige marine databaser, Viktige terrestriske og limnistiske dataserier.
- O'Brien, K. and Leichenko, R. 2000. Double exposure: assessing the impacts of climate change within the context of economic globalization. *Global Environmental Change* 10: 221–232.
- O'Brien K., L. Sygna and J. E. Haugen 2004 Vulnerable or resilient? A multi-scale assessment of climate impacts and vulnerability in Norway *Climatic Change* 64(1–2), 193–225
- O'Brien K, S. Eriksen, L. Sygna and L. O. Naess 2006 Questioning complacency: Climate change impacts, vulnerability, and adaptation in Norway *Ambio* 35(2):50–56
- Pan Arctic Flora (2007) Pan Arctic Flora Project. <http://www.nhm.uio.no/panarctflora/> (accessed 28 June 2007).
- SAON: Sustained Arctic Observing Network Oslo, 2007 (electronic brochure)
- Smithers, John och Barry Smith (1997), "Human adaptation to climatic variability and change", *Global Environmental Change* Vol 7, No 2: 129–146.
- Stern, N. (2007) *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Storbjörk, S. 2006. Klimatanpassning i Sverige – Drivkrafter och utmaningar för riskhantering och fysisk planering. CSPP Report 06:02. Centrum för klimatpolitisk forskning, Norrköping.
- TOLERATE (2007) *TOwards LEvels of Required Adaptation To cope with Extreme weather events*. Finnish Environmental Institute, Helsinki.
- Towards an Integrated Arctic Observing Network. National Academy of Sciences. Washington, D.C., 2006
- Turi, J.M. (2000) Native reindeer herders' priorities for research. *Polar Research* 19:131–133.
- Turi, J. M. (2002) The world reindeer livelihood – Current situation. Threats and possibilities. In: S. Kankaanpää, Müller-Wille, L., Susiluoto, P., and Sutinen. M.-L. (eds.) *Northern timberline forests: environmental and socio-economic issues and concerns*. Finnish Forest Research Institute, Jyväskylä, pp. 70–75.
- Vitboken NORIA (2004). "Vitbok om nordisk forskning och innovation – Huvudrapport". Nordisk Ministerråd, Temanord 2004: 502
- Vogel & O'Brien (2004). Vulnerability and global environmental change. Rhetoric and reality. *AVISO* 2004:13.
- West, C.C. and Gawith, M.J. (Eds) 2005. *Measuring progress. Preparing for climate change through the UK Climate Impacts Programme*. UKCIP Technical Report, UKCIP, Oxford.

Bilaga I: ARKUFO Workshop program och deltagarlista

ARKUFO workshop programme

Survey of information and coordination needs in Nordic climate research cooperation – climate change and its consequences in the Arctic

Kartläggning av kunskaps- och koordineringsbehovet av nordiskt forskningssamarbete om klimatförändringen och dess konsekvenser i Arktis

ARKUFO WORKSHOP Felix Conference Centre, Oslo 31.5–1.6.2007

I, Thursday 31 May	Climate change research status
10.00–10.15	Start up for the day (NordForsk & Gaia)
10.15–10.30	Opening words and introduction to the day (NordForsk & Gaia) – <i>Background information about the ARKUFO process & workshop objectives</i> – <i>Focus of the ARKUFO survey and work process</i>
10.30–12.30	Climate change – presentations of research status in the Arctic area (PEX ⁵⁵) – <i>30 min presentation per thematic area + 15–30 min discussion</i> Climate modelling and scenarios 1. Jens Hesselbjerg Christensen, Danish Climate Centre, Danish Met. Institute Climate processes – effects on societies and natural systems 2. Bruce Forbes, Arctic Centre, University of Lapland, Finland
12.30–13.30	Lunch
13.30–15.30	Climate change – presentations continue (PEX) Societies' vulnerability and adaptation strategies 1. Louise Simonsson, Centre for Climate Science and Policy Research, Linköping University, Sweden Monitoring 2. Odd Rogne, Senior Advisor AMAP & IPY IPO, Norway
15.30–15.45	Coffee break
15.45–16.00	Presentation of the objectives of Nordic research (NordForsk)
16.00–18.00	Research needs – thematic & cross-cutting – <i>workshop participants in working groups (work guided by Gaia)</i>
18.00–18.30	Discussion and conclusions (Gaia & NordForsk)
19.00–	Dinner (Aker Brygge)

Day I objective: a shared understanding of the research topics that from a scientific perspective would be viable and have potential for scientific excellence (as a concrete outcome, a list of potential research topics in a prioritized order that can be analyzed in detail during Day II).

⁵⁵ Permanent lead experts in the ARKUFO process.

Day II, Friday 1. June	Nordic priorities and the ways forward
09.00–09.15	Research and coordination priorities – summary from Day I and work programme for Day II (Gaia)
09.15–09.30	Presentation of expected contributions of the process (Nordic Council of Ministers)
09.30–12.30	Nordic strengths and benefits – identification of Nordic priorities (Gaia) – <i>workshop participants in working groups (work guided by Gaia)</i>
12.30–13.30	Lunch
13.30–14.30	Ways forward – mechanisms, institutional input, roles (Gaia / NordForsk) – <i>summarizing results from the working groups and open discussions</i> – <i>presentation by NordForsk on how the work will continue.</i> – <i>presentation by Gaia on the practical considerations for the next steps.</i>
14.30–15.00	Workshop conclusions and next steps for the ARKUFO-process (all participants)

The result of Day II, and the outcome of the entire workshop should be a)
systematically identified climate research and coordination priorities and
b) clearly formulated initiatives where Nordic collaboration can create
special value-add.

Workshop language: English

ARKUFO workshop participants

Timothy Carter, FIN	Finnish Environment Institute (SYKE)
Jens H Christensen, DK	Danish Meteorological Institute
Ralf Döscher, SE	Meteorol and Hydrol Inst of Sweden
Niels Einarsson, ISL	Stefansson Arctic Institute
Bruce Forbes, FIN	Univ of Lapland, Arctic Centre
Mikko Halonen, FIN	Gaia Consulting Oy
Inger Hanssen-Bauer, NO	Norwegian Meteorological Institute
Margareta Hansson, SE	Stockholm Univ, Phys Geogr and Quat Geol
Per Holmlund, SE	Stockholm Univ, Phys Geogr and Quat Geology
Anja M Husa, NO	Univ of Oslo; PLAN
Eystein Jansen, NO	Bjerknes Centre for Climate Research
Helgi Jensson, ISL	Environment and Food Agency of Iceland
Christer Jonasson, SE	Abisko Scientific Research Station
Atte Korhola, FIN	Univ of Helsinki, Dpt of Biol and Env Sciences
Kristján Kristjánsson, ISL	RANNIS (The Icelandic Centre for Research)
Ingunn B Lid, NO	Research Council of Norway
Björn-Ola Linnér, SE	Linköping Univ, Centre Climate Sc and Policy
Maria Nilsson, SE	NordForsk
Hanne Petersen, DK	Univ of Copenhagen, Faculty of Law
Rasmus O Rasmussen, DK	Roskilde Univ; NordRegio
Odd Rogne, NO	AMAP; IPY IPO
Kate Runeberg, FIN	NC of Ministers; Educ, Research & Labour Aff
Björn Sellberg, SE	FORMAS (Swe Res C Env, Agric & Spat Plann)
Louise Simonsson, SE	Linköping Univ, Centre Climate Sc and Policy
Árni Snorrason, ISL	Hydrol Service, National Energy Authority
Anna Stammler-Gossmann, FIN	Univ of Lapland, Arctic Centre
Johan Ström, SE	Stockholm Univ, Inst of Applied Env Science
Thora E Thorhallsdottir, ISL	Univ of Iceland, Institute of Biology
Daniel Thorleifsen, GL	Greenland National Museum and Archives
Gard Titlestad, NO	NC of Ministers; Educ, Research & Labour Aff
Iivo Vehviläinen, FIN	Gaia Consulting Oy
Mikko Ylikangas, FIN	Academy of Finland
Harry Zilliacus, FIN	NordForsk

Bilaga II: Medlemmar i Referensgruppen

NordForsk

Harry Zilliacus, NordForsk

Maria Nilsson, NordForsk

Liisa Hakamies-Blomqvist, NordForsk

NMR-S

Kate Runeberg, Nordiska ministerrådet

Gard Titlestad, Nordiska ministerrådet

Nikolaj Bock, Nordiska ministerrådet

Tryggvi Felixson, Nordiska ministerrådet

Forskningsråden

Björn Sellberg, Sverige, FORMAS (Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande)

Daniel Thorleifsen, Grönland, Grönlands National Museum and Arkiv

Dorthe Dahl-Jensen, Danmark, Nils Bohr Institut /

Hanne K. Petersen, Danmark, Forsknings- och Innovationsstyrelsen

Fridtjof Mehlum, Norge, Norges Forskningsråd

Kristján Kristjánsson, Island, RANNIS (Center för Forskning i Island)

Mikko Ylikangas, Finland, Finlands Akademi

Internationell observatör

Karl Erb, USA, National Science Foundation

Bilaga III: Preliminär lista av nationella övervakningsnätverk, övervakningsstationer och parametrar i Norden

NB. Denna preliminära lista är ett arbetsdokument som kommer att kompletteras under 2008. Listan illustrerar tillgång till samlad information i augusti 2007.

Arctic Observatories and Monitoring Sites/Stations (working paper in progress)

Denmark/Greenland/Faroe Islands	
Arctic Station (Disko)	Domain: Cryosphere Variables: Air temperature, humidity, incoming and outgoing radiation, wind speed and direction, rain fall and ground temperature Inception: http://www.nat.ku.dk/as/indexuk.htm
Sermilik Station	Domain: Cryosphere Variables: Glaciological monitoring of the Mittvakkat-glacier Inception: 1970 http://www.geogr.ku.dk/facilit/fieldst/sermilik.html
Sondrestrom Fjord	Domain: Atmosphere, Space Physics Variables: Atmosphere, ionosphere, and aurora Inception: 1983 http://isr.sri.com/
Zackenberg Ecological Research Operations (ZERO)	Domain: Marine and Terrestrial Variables: Biological variables, climate, and snow cover Inception: 1996 http://www.zackenberg.dk/
ENVOFAR (Environmental monitoring data on the Faroe Island ecosystem)	Domain: Marine and Terrestrial Variables: Biodiversity, climate, contaminants Inception: 2007, parts started earlier URL: under construction
Finland	
Kevo (University of Turku)	Domain: Terrestrial ecology Variables: Long-term ecological data-sets and field experiments Inception: 1955
Kolari (Finnish Forest Research Institute)	Domain: Forest and climate change, socioeconomics Variables: Northern timberline forests, especially effects of climate change, nature-based tourism and conflict management in the timberline zones. Inception:
Kilpisjärvi	Domain: Atmosphere Variables: Ionosphere studies Inception: 1994

Kilpisjärvi Biological Station (University of Helsinki)	Domain: long-term ecological research projects (LTSER) Variables: terrestrial ecology parameters Inception: 1946
Oulanka Research Station (University of Oulu)	Domain: Bio-and geosciences Variables: Ecosystem and biodiversity research on boreal and terrestrial and aquatic environments, geographic processes as well as long-term monitoring of air quality Inception: 1966
Oulu Cosmic Array Station	Domain: Atmosphere, Space Physics Variables: Cosmic ray measurements Inception: 1964 http://spaceweb.oulu.fi/projects/crs/
Pallas-Sodankylä LTER Observatory (by the Arctic Research Centre of the Finnish Meteorological Institute, Finnish Forest Research Institute, Finnish Forest and Park Service, Finnish Environment Institute, Lapland Regional Environment Centre and University of Helsinki)	Sites: Sodankylä, Pallas (incl. Sammaltunturi; Kenttäröva spruce forest station, Lompolojänkkä sedge fen station, Matorova for airborne and deposited contaminants, and Laukukero automatic weather station) Domain: Atmosphere, Terrestrial Variables: Atmospheric sciences, Surface waters, Radioecology; Toxic compounds in the environment, Forest ecosystems http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=220941&lan=EN
Värriö (University of Helsinki)	Domain: Terrestrial ecosystems Variables: Long-term analysis of Eastern Lapland arctic and sub-arctic ecosystem phenomena Inception: 1967

Additional:

Integrated Environmental Monitoring	Integrated monitoring of ecosystems means physical, chemical and biological measurements over time of different ecosystem compartments simultaneously at the same location (part of the activities under the 1979 Convention on Long-range Transboundary Air Pollution). 19 countries participate. The International Program Centre is located at the Finnish Environment Institute. Finnish monitoring sites are located at: Valkea-Kotinen, Hietajärvi and Pallas areas.
Air	Monitoring of bulk deposition or contaminants in the air in background areas in Finland has been carried out by monitoring networks of the Finnish Meteorological Institute and the Finnish Environment Institute since the beginning of the 1970s. Variables: Deposition, including acidifying compounds (major ions), harmful substances (persistent organic pollutants, heavy metals), and nutrients (N, P). Sites: About 20 monitoring sites throughout the country Monitoring of air quality is carried out by the Finnish Meteorological Institute (FMI). At the Pallas-Sodankylä GAW station a variety of different measurements are routinely made, including greenhouse gases, black carbon, particle mass, UV radiation, column ozone etc.
Ozone layer	Ozone column monitoring has been carried out by FMI in: – Sodankylä since 1988 – Jokioinen since 1994 FMI participate in the satellite-based observations for monitoring ozone in the atmosphere (Envisat)

Ultraviolet radiation	FMI has measured spectral UV irradiance in Sodankylä since 1990 and in Jokioinen since 1995. FMI operates a SL501 broad band instrument at six sites: Sodankylä, Sotkamo, Tikkakoski, Jokioinen, Helsinki and Utö. Studies of biological impacts of UV-B radiation at the Finnish UV International Centre (FUVIRC) see further information at: http://fuvirc oulu fi/
National forest inventory	The National Forest Inventory (NFI) is a monitoring system producing reliable, nationwide information on forests and forest resources (volume, growth and quality of the growing stock, forms of land use, needs for silvicultural measures in the forest, forest condition and forest biodiversity). The FNI is also a key information source for greenhouse gas reporting for forests. FNI started in 1920 and repeated by 10 years intervals. More than 10,000 sample plots are measured and more than 150 variables.
Monitoring of heavy metal and nitrogen deposition by means of mosses	A national survey based on moss samples has been conducted with about 5 year's intervals. Part of a Pan-European network. Concentrations of eight elements (Cd,Cr,Cu,Fe,Ni,Pb,V and Zn) since 1985, arsenic and mercury since 1995.
Monitoring of harmful substances in the boreal food chain	Data on concentration and accumulation of harmful substances in selected key species, and also in the humus layer.
Monitoring birds of prey	The nationwide monitoring study on birds of prey started in 1982. Main aims: to obtain information on nest sites, breeding performance and population trends.
Monitoring of bioaccumulation compounds in inland and coastal waters	The aim is to quantify concentrations of bio accumulating harmful compounds in fish caught from inland and coastal waters (20 stations), and to elucidate the effects of these compounds on the water ecosystem and human exposure.
Fish resources	The Finnish Game and Fisheries Research Institute produces monitoring data of the fisheries and biology of the most important fish stocks.

Iceland	
Vestmanna islands	Domain: Atmosphere Variables: Temporal trend monitoring of trace metals and POPs
Marine Biota	Domain: Marine Variables: Temporal trends and spatial variation of heavy metals and POPs. 11 sampling areas on blue mussel; 3 sampling areas on cod.
Marine Biota	Domain: Marine Variables: Radioactivity (Cs-137 in seawater, seaweed and fish)
Marine Biota	Domain: Marine Variables: Biological effect monitoring (Nucella lapillus/TBT biological effect monitoring) Inception: In 2003 and every 5 year, 31 sampling sites in 2003
Freshwater	Domain: Freshwater Variables: Temporal trends of relevant chemical parameters in flow and suspended material in 3 rivers in southern and 3 rivers in western parts of Iceland
Integrated watershed monitoring site Litla-Skard	Domain: Freshwater Variables: Conductivity and relevant chemical parameters in precipitation, groundwater and discharge

Human health monitoring programme	Domain: Human health Variables: Blood samples from expectant mothers was collected in 1994, 1999, 2003–2004 and analysed for various POPs. Data on age, seafood and seabird consumption, life style factors, fertility and birth length were also collected. Collection expected in 2008. Inception: 1994
-----------------------------------	--

Norway

Arctic Lidar Observatory for Middle Atmosphere Research (ALOMAR)	Domain: Atmosphere, Space Physics Variables: Atmospheric wind, temperature, chemistry, aurora, and ionosphere Inception: 1994 http://alomar.rocketrange.no/rmr.html
Ny-Ålesund	Multinational monitoring and research stations (Norway, Germany, Japan, France, Italy, China, Korea etc.) Domain: Atmosphere, Cryosphere, Biosphere and Marine Systems URL: http://www.kingsbay.no The atmospheric monitoring station (methane, carbon monoxide, halo generated hydrocarbons etc.) on the Zeppelin Mountain is unique as it is based over the local inversion layer and hence not affected by local pollution)

Additional:

The Norwegian Research Council initiated some important mapping of long-term time series for environmental monitoring and research. These reports are in Norwegian and in addition of mapping the most important data sources within each area, they also give details on monitoring sites and variables:

- "Viktige klimadataserier" (Important climatic data series),
- "Viktige terrestriske og limniskiske dataserier" (Important terrestrial and limnic data series), and
- "Viktige marine dataserier" (Important marine data series).

The reports are available at:
<http://www.forskningsradet.no/>

Although these reports focus on important long-term data series, they also give detailed information on a huge number of monitoring sites and the variables covered.

Sweden

Abisko	Domain: Terrestrial Variables: Dynamics of plant populations, recent climate changes in the region, and local variations of the microclimate in subalpine and alpine ecosystems Inception: 1903 http://www.ans.kiruna.se
Kiruna	Domain: Atmosphere, Space Physics Variables: Atmosphere, Ionosphere, and aurora Inception: 1957 Swedish Institute of Space Physics http://www.irf.se
International(operated by U.S.)	Summit Station Domain: Atmosphere, Cryosphere Variables: Atmospheric chemistry, meteorological data, and snow-atmosphere interactions Inception: 1989 http://www.geosummit.org/

Bilaga IV: Utvalda forsknings- aktiviteter, rapporter, projekt och undersökningar som tagits i betraktande under ARKUFO- kartläggningen

(här ingår inte t.ex. sådana IPY-aktiviteter som tillkommit under arbetets gång)

Short name	Focus area	Time frame	Key research topics & objectives
International			
ACIA	Arctic Climate Impact Assessment (ACIA)	2005	ACIA provides an overview of the available knowledge on climate change in the Arctic and its impact on the region and the world as a whole
AHDR	Arctic Human Development Report	2004	"A comprehensive knowledge base for the Arctic Council's Sustainable Development Programme." The AHDR report deals with five major topics: (i) policy-relevant conclusions, (ii) success stories, (iii) gaps in knowledge, (iv) regional perspectives on human development and (v) follow up activities
Ecology of Infectious Diseases	The Ecology of Infectious Diseases Programme	2007–	The Ecology of Infectious Diseases program supports the development of predictive models and the discovery of principles governing the transmission dynamics of infectious disease agents.
ICARP	International Conference on Arctic Research Planning II	2005	A research plan for the study of rapid change, resilience and vulnerability in social-ecological systems of the Arctic. Report from working group 10 of the Second International Conference on Arctic Research Planning IPY.
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change, 4th assessment report	2007	The IPCC provides a comprehensive assessment of scientific, technical and socio-economic information relevant for the understanding of climate change, its potential impacts and options for adaptation and mitigation.
SEARCH	Study of Environmental Arctic Change	2001–	SEARCH is an interagency effort to understand the nature, extent, and future development of the system-scale change presently seen in the Arctic. These changes are occurring across terrestrial, oceanic, atmospheric and human systems, including increased air temperatures; changing ocean circulation and rising coastal sea level; reduced sea ice cover; and thawing permafrost. Search is being linked with related activities such as the EU-funded Damocles project to achieve broader impact.

AON	Arctic Observing Network	2006–	Based on the recommendations of the U.S. National Research Council, NSF, NOAA and other US Agencies are developing an Arctic Observing Network that will provide the factual input essential to their SEARCH scientific research Program. AON is a priority U.S. International Polar Year Activity and the U.S. seeks to work with other nations to incorporate AON components into an International Arctic Observing System which would be a key component of the International Study of Arctic Change (ISAC) research program.
ISAC	International Study of Arctic Change	2005–	ISAC is a long-term, multidisciplinary program to study the effects of environmental changes (including physical/chemical, biological/ecological, and socioeconomic/cultural changes) on the circum-Arctic system and their feedback on the global system. The main objective of ISAC is to observe and understand the characteristics of the entire Arctic System including the social domain and its responses to change in order to develop the best adaptation and mitigation strategies to counteract negative effects due to greenhouse warming and other anthropogenic activities, as well as to changes caused by natural variability affecting the region. ISAC was formally established by IASC (International Arctic Science Committee) and the Arctic Ocean Sciences Board (AOSB)
Stern review	Stern review on the economics of climate change.	2006	The review analyses the impacts and risks arising from uncontrolled climate change, and on the costs and opportunities associated with action to tackle it. Part V of the Review specifically analyses adaptation as a response to climate change.
SAON	Sustained Arctic Observing Network	2007–	The SAON-Initiating Group was formed in 2007 by a broad set of organisations with the objective to develop a set of recommendations on how to achieve long-term Arctic-wide observing activities that provide free, open and timely access to high quality data. The Group will organize three workshops during IPY to develop a set of recommendations for coordinating and sustaining observing networks operated by governments, researchers and Arctic residents.
EU			
ADAM	Adaptation and Mitigation Strategies: Supporting European Climate Policy	2007–2010	ADAM programmets huvudsakliga målsättning är att bedöma hur existerande mitigation och anpassningspolicies kan uppnå målet om en maximal tvågradig (2°C) global uppvärmning och identifiera kostnader och effektivitet hos dessa, även inkluderande en jämförelse med ett scenario om fem grader (5°C).
BALANCE	Global Change Vulnerabilities in the Barents Region: Linking Arctic Natural Resources, Climate Change and Economies	2003–2005	An EU funded project (2002–2005) that follows on from BASIS (1997–1999). Its aim was to assess the vulnerabilities of the Barents Sea system to climate change based on a common modelling framework for major environmental and societal components and on combining them through an Integrated Assessment Model (IAM).
CARBO-North	Quantifying the carbon budget in Northern Russia: past, present and future	2006–2010	CARBO-North is an EU-funded project which started in November 2006 and runs for 3.5 years. It involves scientists from across northern Europe, Russia and the USA. CARBO-North aims at quantifying the carbon budget in Northern Russia across temporal and spatial scales.
DAMOCLES	Developing Arctic Modeling and Observing Capabilities for Long-term Environmental Studies	2007–2008	DAMOCLES is an integrated ice-atmosphere-ocean monitoring and forecasting system designed for observing, understanding and quantifying climate changes in the Arctic. DAMOCLES is specifically concerned with the potential for a significantly reduced sea ice cover, and the impacts this might have on the environment and on human activities, both regionally and globally.

EEA	European Environment Agency. Vulnerability and adaptation to climate change in Europe. EEA Technical report No 7/2005	2005	Övergripande analyser av hur Europa kan komma att påverkas av klimatförändringarna och vilka anpassningsmöjligheter man har. Här identifieras också de mest sårbara områdena i Europa och i en bilaga finns översikter över de olika länderna.
ENSEMBLES	Ensembles-Based Predictions of Climate Changes and Their Impacts	2004–2009	The ENSEMBLES project will develop an ensemble climate forecast system for use across a range of time-scales (seasonal, decadal and longer) and spatial scales (global, regional and local). The project aims to quantify and reduce the uncertainty in the representation of physical, chemical, biological and human-related feedbacks in the Earth System and maximize the exploitation of the results by linking the outputs to a range of applications
ENVINET	European Network for Arctic-Alpine Environmental Research	2000–2003	ENVINET is an 'Infrastructure Co-operation Network' focusing on multidisciplinary environmental research in Northern Europe. The network involves 17 research stations from the European Alps to the Arctic. Each station participates with representatives from its operator and their scientific users.
ERA-NET CIRCLE	ERA-NET CIRCLE	2004–2009	Detta är ett europeiskt nätverk som arbetar för att sammanställa, och skapa samverkan mellan, pågående forskning om klimatförändringens effekter och anpassning inför klimatförändringar. Nätverket omfattar forskningsmöjligheter för gemensamma Nordiska initiativ.
ESPONHazards	The spatial effects and management of natural and technological hazards in general and in relation to climate change	2003–2005	Inom forskningsprogrammet karterades bl. a sårbara områden och sårbarhetsprofiler utvecklades för regioner i Europa där man utgick från framtida klimatscenarier.
GLIMPSE	Global implications of Arctic climate processes and feedbacks	2002–2005	GLIMPSE developed improved physical descriptions, understanding and parameterizations of regional Arctic climate feedbacks in atmospheric regional climate models and coupled atmosphere-ocean-sea-ice regional climate models with high horizontal and vertical resolution
PRUDENCE	Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change risks and Effects	2002–2004	PRUDENCE was a European-scale investigation with the objectives: 1) to address and reduce deficiencies in climate projections; 2) to quantify our confidence and the uncertainties in predictions of future climate and its impacts, and 3) to interpret these results in relation to European policies for adapting to or mitigating climate change
Nordic			
CES	Climate and Energy Systems	2007–2010	The project deals with renewable energy by establishing qualitative scenarios for the future energy system and through quantitative system simulations for these scenarios. The project will demonstrate the effect of climate change for renewable energy including hydropower and for energy system stability. The main objective of the project is to improve the decision framework of the energy sector in the face of imminent impacts of climate change on renewable resources and the energy system with special emphasis on the near future relevant to the energy sector.

FreshNor	The freshwater budget of the Nordic Seas	2007–2010	The project addresses the need for a co-ordinated effort within the Nordic countries to improve the understanding and description of the hydrological cycle in 1) the Nordic Seas, 2) in climate change model simulations for the Arctic region, and 3) for the Nordic countries in climate change scenarios. This will involve improving existing atmospheric regional climate models (RCMs) for the Nordic regions as well as for the Arctic. Furthermore, it is the intention to enhance the ongoing development of a regional modelling system with components of the entire climate system
KINNVKA	Change and Variability of the Arctic System – Nordaustlandet, Svalbard	2007–2009 (tbc)	A multinational initiative to enhance our understanding of the Arctic system – to monitor global change and to study effects of human activity on Arctic islands. The initiative engages over 70 scientists from 15 countries that have identified the Svalbard Archipelago and in particular Nordaustlandet Island as a regional target that bring the dimension of exploration and broadband science into the IPY scheme.
NARP	Nordic Arctic Research Programme – Contributions of the Nordic Arctic Research Programme	1999–2004	The aim of the Nordic Arctic Research Programme was to enhance Nordic competence and research cooperation in three areas of priority: Natural processes – land, sea and atmosphere, Biological diversity and environmental threats in the Arctic, and Living conditions of the inhabitants of the Arctic. The NARP was established by the Nordic Council of Ministers for the years 1999–2003 and it was finalized in 2004.
NCoE Global Change	The Nordic Centre of Excellence Programme on Global Change	2003–2007	The programme currently consists of 4 NcoEs: – BACCI: Research centre on biosphere-aerosol-cloud-climate interactions – EcoClim: The dynamics of ecological systems under the influence of climatic variation – NECC: Nordic centre for studies of ecosystem carbon exchange and its interactions with the climate system – The Nordic centre for luminescence research
Nordic Programme for Arctic	Nordisk Ministerrådets Arktisk Samarbeidsprogram 2006–08	2006–2008	With objectives to 1) improve the living conditions of local populations in line with the AHDR conclusions, 2) improve the conditions of Nordic research, in particular with regards to IPY, and 3) improve the conditions for Nordic cooperation on climate change and the follow-up on ACIA
Nordic Strategy for Climate and Pollution	Nordisk Strategi för Klimat och Miljögifter i Arktis	2006–2008	With regards to climate the strategy objectives focus on: 1. Influencing international climate mitigation efforts (supported by information from Arctic climate research), 2. Strengthening information basis for optimal adaptation in the region and 3. Supporting the development of monitoring capacities
SCANNET	SCANNET is a network of Terrestrial Field bases, Research Stations Managers and user groups that are collaborating to improve comparative observations and access to information on Environmental Change in the North	2003–	SCANNET is a network of field site leaders, research station managers and user groups in northern Scandinavia and Europe that have been collaborating for four years to improve comparative observations and access to information on environmental changes in the North.

Denmark, Greenland and Faroe Islands			
Centre for Ice and Climate	The Greenland Ice Sheet climate information from Eem to the present	2007–2012	The overall research objectives of the centre are to identify the CO ₂ level from existing ice record from Greenland; Identify a 'baseline' climate – the pre-industrial Holocene climate conditions; Study a previous warm period; and understanding the climate as inferred from the new knowledge base.
Climaite	A Danish research centre to investigate how climatic changes will affect biological processes and natural ecosystems	2005–2012	Climate is based on the climate changes predicted for Denmark in 2075. The idea is to manipulate the CO ₂ concentration, the temperature and the precipitation to simulate the climate predicted for Denmark in 70 years time.
Sila-Inuk	Putting a Human Face on Climate Change – A Study of the Impacts of Climate Change in Greenland	2006–	Inuit Circumpolar Council, ICC-Greenland and The Association of Fishermen and Hunters in Greenland, KNAPK, are cooperates in the Sila – Inuk project. The project is among others partner in the IPY Project called, Sea Ice Knowledge and Use: Assessing Arctic Environmental and Social Change. The Sila-Inuk is going to all parts of Greenland and by interviewing hunters, fishermen, sheep-farmers and other knowledgeable observers it will collect the observed changes due to Climate Change and analyze the data, in order to get it back to the informants and to the rest of the world.
Adapting to Climate Change	Danish EPA report: Adapting to Climate Change	2004	Klimatförändringarnas förväntade effekter på det danska samhället har utretts och utvärderats.
Finland			
FINADAPT	Assessing the adaptive capacity of the Finnish environment and society under a changing climate	2003–2005	Climate data and scenarios, biological diversity, forestry, agriculture, water resources, human health, transport, the built environment, energy infrastructure, tourism and recreation, urban planning.
ISTO	Forskningsprogrammet för anpassning till klimatförändringen	2006–2010	Producera kunskap som behövs för planering av praktiska anpassningsåtgärder och främja kunskapens tillämpning i praktiken. Projekt som ingår i ISTO programmet inkluderar t.ex. EXTREFLOOD II (översvämningsrisker, konflikter i markanvändning samt framtida översvämningsdynamik) och TOLERATE (grund för ökad förståelse av anpassningsmöjligheter för företag, hushåll och den statliga sektorn)
Iceland			
Norway			
CARBOOCEAN	Carbon dioxide uptake of oceans	2005–2009	CARBOOCEAN will determine the ocean's quantitative role for uptake of atmospheric carbon dioxide (CO ₂), the most important manageable driving agent for climate change. The ocean has the most significant overall potential as a sink for anthropogenic CO ₂ . The correct quantification of this sink is a fundamental necessary condition for all realistic prognostic climate simulations.
CAVIAR	Community Adaptation and Vulnerability in the Arctic Region	2007–2008	Denna forskning leds från CICERO och är ett projekt inom det internationella polaråret med målsättning att klargöra hur klimatförändringar kan komma att påverka och interagerar med sociala och naturliga system samt på vilket sätt detta bidrar till sårbarhet och anpassning.
CIVILCLIM	Civil Protection and Climate Vulnerability	2007–2010	I detta projekt studeras bl. a. institutionellt lärande om länken mellan extrema väderhändelser och civilförsvar för att förstå hur ett långsiktigt proaktivt anpassningsarbete till fler extrema väderhändelser bäst kunde utformas.

CLIMATE	Adapting to extreme weather in municipalities		Detta är ett strategiskt program som ska utveckla en manual för kommunala planerare som hanterar extrema väderhändelser.
EALÁT	Reindeer Herders Vulnerability Network Study	2007–2009	EALÁT focuses on the adaptive capacity of reindeer pastoralism to climate variability and change.
NorACIA	Virkningar på folk og samfunn	2005–2009	NorACIA (2005–2009) ska bidra till att utveckla och sammanställa samt förmedla kunskap om klimatändringen, dess konsekvenser och anpassning i norska delar av Arktis. Norsk follow-up till ACIA (the Arctic Impact Assessment)
NorADAPT	Community Adaptation and Vulnerability in Norway	2007–2010	NORADAPT focuses on how projected changes in climate interact with changes in socioeconomic and institutional conditions, and how these interactions shape community adaptation and vulnerability.
NORCLIM	Northern High Latitude Climate variability during the past 2000 years: implications for human settlement.	2007–2010	NORCLIM investigates how natural climate change over the past two millennia has affected human presence in the Arctic. Examples are the timing of Viking settlement on the Faroes, Iceland, Greenland and Newfoundland and the shift in whaling activities from Spitsbergen to Davis Strait during the Little Ice Age. To achieve the NORCLIM goals, geologists, climatologists and archaeologists from seven counties will carry out marine and terrestrial fieldwork on key locations along a Newfoundland-Spitsbergen transect.
PLAN	The Potential and Limits to Adaptation in Norway	2007–	The PLAN project considers how Norway's potentially high capacity to adapt to climate change – whether through infrastructural, technological, institutional or behavioural changes – differs across communities that are embedded in different and dynamic biophysical and social contexts. It emphasizes the ways that competing interests, objectives and priorities, differing values, unequal power relations, and policy planning processes may constrain or facilitate adaptation at national, individual, and community levels.
	Rapport om sårbarhet och anpassning till klimatförändringar i sektorer i Norge	2006	Miljövänsdepartementet har sammanfattat och dragit slutsatser utifrån ett seminarium. Rapporten framhåller vikten av bättre samordning och ett informationsflöde som fungerar både horisontellt och vertikalt. Även om klimatförändringar är ett globalt fenomen så måste åtgärder implementeras lokalt, varför det är av största vikt att kommunikationen fungerar effektivt mellan central och lokala organ.
Sweden			
CLIMATOOLS	Verktyg och strategier för sektorer och regioner	2006–2009	Forskningen ska bidra till att ge berörda aktörer en bättre grund för att ta fram anpassningsstrategier inför den pågående klimatförändringen och studera var åtgärder bör sättas in och var de kan väljas bort.
CLIPORE	Climate policy research program	2004–2010	Forskningen är samhällsvetenskaplig och ska vara av strategisk relevans för hantering av klimatproblematiken, inte bara i Sverige men även internationellt. Studier bedrivs t ex om nya politiska åtgärder, handel och klimat, och anpassning.
Dir. M 2005:80	Klimat- och sårbarhetsutredningen	2005–2007	Utredningen ska kartlägga det svenska samhällets sårbarhet för klimatförändringar och bedöma kostnader som dessa kan ge upphov till. Den ska också föreslå åtgärder som minskar samhällets sårbarhet för både successiva klimatförändringar och enstaka extrema väderhändelser. Berörda myndigheters beredskap och förebyggande arbete ska också utredas. Ett slutbetänkande ska lämnas senast den 1 oktober 2007.

SweCIA	Swedish Research Programme on Climate, Impacts and Adaptation	2008–2011	Mistra har beviljat medel för det nya forskningsprogrammet SWE CIA, som ska starta 2008 och som handlar om klimatet, dess effekter och anpassningsåtgärder. SWE CIA är tvärvetenskapligt och har som mål att skapa ett gemensamt ramverk och modellsystem för studier och återkopplingar inom och mellan klimatsystemet och samhället, längs hela kedjan från socioekonomisk utveckling till markanvändning och tillbaka till klimateffekter. Stiftelsen för miljöstrategisk forskning
	Att förstärka städers kapacitet att hantera sårbarhet inför klimatförändringar	2007–2009	Projektet syftar till att stärka den institutionella kapaciteten att bedöma samhällets sårbarhet inför klimatförändringar hos städer och regioner. Studier om hur sårbarhetsbedömningar används, inom kommunal och regional förvaltning, dvs. i en beslutssituation. Projektet ämnar resultera i ett integrerat sårbarhetsverktyg och kriterier för robust hantering av klimatförändringar avsett för planera inom svensk kommunal och regional förvaltning.
	Att planera för klimat-anpassning – Anpassningskapacitet och villkor för förändring	2007–2009	Studier som tar sig an frågor om hur, när, varför och under vilka förhållanden klimatanpassning äger rum, vilken kunskap och vilka organisatoriska/institutionella arrangemang som krävs liksom vilka faktorer som hindrar respektive möjliggör anpassning. Syftet med forskningsprojektet är att analysera processer för klimatanpassning, planering och riskhantering kopplat till klimatvariationer och framtida förändringar på lokal nivå i Sverige. Speciell betoning ligger på att öka kunskapen om villkor för anpassningskapacitet. Tre fallstudier genomförs: 1. Översvämningshantering/Dammsäkerhet 2. Stranderosion och 3. Integrering av klimathänsyn i fysisk planering.