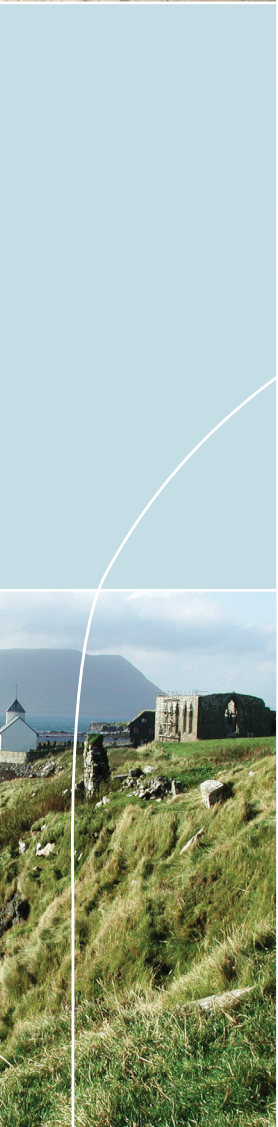
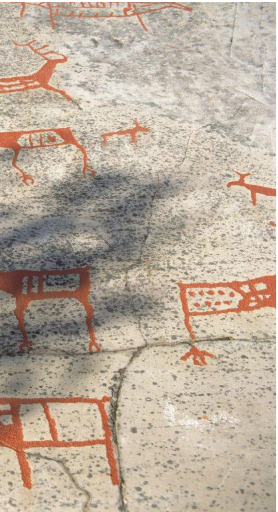


Klimaendringer og kulturarv i Norden





Klimaendringer og kulturarv i Norden

Anne S. Kaslegard

Klimaendringer og kulturarv i Norden

TemaNord 2010:590

© Nordisk ministerråd, København 2010

ISBN 978-92-893-2156-3

Trykk: Rosendahls Bogtrykkeri AS

Omslagsfoto:

Inga Sóley Kristjónudóttir©Fornleifavernd ríkisins/Soile Tirilä, Museiverket 2001/

Bengt A. Lundgren©Riksanantikvarieämbetet/Símun V. Arge/Bengt A. Lundgren©Riksanantikvarieämbetet/

Susan Barr

Opplag: 300

Trykt på miljøvennlig papir som oppfyller kravene i den nordiske miljøsvanemerkeordning.

Publikasjonen kan bestilles på www.norden.org/order. Flere publikasjoner på

www.norden.org/publikationer

Denne rapporten er gitt ut med finansiell støtte fra Nordisk ministerråd. Innholdet i rapporten avspeiler imidlertid ikke nødvendigvis Nordisk ministerråds synspunkter, holdninger eller anbefalinger.

Printed in Denmark



Nordisk ministerråd

Ved Stranden 18

DK-1061 København K

Telefon (+45) 3396 0200

Fax (+45) 3396 0202

Nordisk råd

Ved Stranden 18

DK-1061 København K

Telefon (+45) 3396 0400

Fax (+45) 3311 1870

www.norden.org

Det nordiske samarbeidet

Det nordiske samarbeid er en av verdens mest omfattende regionale samarbeidsformer. Samarbeidet omfatter Danmark, Finland, Island, Norge og Sverige, samt de selvstyrende områdene Færøyene, Grønland og Åland.

Det nordiske samarbeid er både politisk, økonomisk og kulturelt forankret, og er en viktig medspiller i det europeiske og internasjonale samarbeid. Det nordiske fellesskap arbeider for et sterkt Norden i et sterkt Europa.

Det nordiske samarbeid ønsker å styrke nordiske og regionale interesser og verdier i en global omverden. Felles verdier landene imellom er med til å styrke Nordens posisjon som en av verdens mest innovative og konkurransekraftige regioner.

Innhold

Forord	7
Sammendrag	9
Innledning	11

Del 1 Effekter av klimaendringer på kulturminner og kulturmiljø i Norden

1. Effekter av klimaendringer på bygd miljø	15
1.1. Biologisk nedbrytning	15
1.2. Fysisk nedbrytning	17
1.3. Kjemisk nedbrytning	18
1.4. Tining av permafrost	19
1.5. Stigende havnivå og økt kysterosjon	19
1.6. Effekter av ekstremværhendelser	21
2. Effekter av klimaendringer på arkeologisk materiale	23
2.1. Arkeologisk materiale over jord	23
2.2. Arkeologisk materiale i jord	24
2.3. Arkeologisk materiale i frossen jord, isbreer og snøfonner	27
2.4. Arkeologisk materiale i vann	28
3. Effekter av klimaendringer på kulturmiljø og landskap	29
3.1. Økt biologisk vekst	29
3.2. Ekstremværhendelser	31

Del 2 Konsekvenser av klimaendringer for forvaltningen av kulturminner og kulturmiljø, og anbefalte tiltak

4 Direkte konsekvenser av klimaendringer for kulturminnesektoren	37
4.1 Flere skader på kulturminner	37
4.2 Økt tap av kulturminner	37
4.3 Endring av bevaringsforhold for kulturminner	38
4.4 Nye funn av kulturminner	38
4.5 Anbefalte tiltak	38
4.6 Konklusjon	43
5 Konsekvenser for kulturminnesektoren av klimarelaterte endringer i andre sektorer	43
5.1 Energieffektivisering i bygninger	43
5.2 Utbygging av nye energikilder	46
5.3 Endringer i næringer, infrastruktur og arealbruk	47
5.4 Anbefalte tiltak	49
5.5 Konklusjon	51

Forord

Publikasjonen er et resultat av prosjektet *Effekter av klimaendringer på kulturminner og kulturmiljø*. Prosjektet ble etablert i 2008 som et samarbeid mellom kulturminneforvaltningene i syv nordiske land: Island, Grønland, Færøyene, Danmark, Sverige, Finland og Norge. Målet med prosjektet har vært å sette kulturminneforvaltere bedre i stand til å møte de varslede klimaendringene, og å styrke det nordiske samarbeidet og nettverksbyggingen mellom de nordiske kulturminneforvaltningene.

Norden har felles utfordringer knyttet til observerte og fremtidige klimaendringer og konsekvensene av disse for forvaltningen av kulturminner. Samtidig har de nordiske landene hver for seg begrensede ressurser til å gå inn i slike problemstillinger. Et nordisk samarbeid om dette prosjektet har derfor gitt en unik mulighet til erfaringsutveksling og nyttegjøring av den samlede kunnskapen og kompetansen på feltet. Prosjektet har også styrket det personlige og institusjonelle nettverket mellom kulturminneforvaltningene i de deltagende landene.

Prosjektet har i hovedsak vært finansiert av Nordisk Ministerråd gjennom Arbeidsgruppen for natur, friluftsliv og kulturmiljø (NFK), som i løpet av prosjektperioden har skiftet navn til Terrestre økosystemgruppen (TEG). Prosjektet har skullet bidra til oppnå målet i Nordisk Ministerråds Miljøhandlingsprogram 2005–2008 om å igangsette en skjerpet innsats for opplysning om de globale klimaendringenes betydning for natur- og kulturmiljø i Norden. Prosjektet har også hatt relevans for målene i Miljøhandlingsprogram 2009–2012, først og fremst målet om å forebygge negative effekter av klimaendringer.

De som har deltatt i prosjektet, er:

Maria Wikman, Riksantikvarieämbetet, Sverige
Anu Vauramo, Forststyrelsen, Finland
Margaretha Ehrström, Museiverket, Finland
Anne Nørgård Jørgensen, Kulturarvsstyrelsen, Danmark
Louise Ømann, Kulturarvsstyrelsen, Danmark
Símun V. Arge, Føroya Fornminnissavn, Færøyene
Claus Andreassen, Nunatta Katersugaasivia Allagaateqarfialu (Grønlands Nationalmuseum og Arkiv), Grønland
Inga Sóley Kristjónudóttir, Fornleifavernd ríkisins, Island
Susan Barr, Riksantikvaren, Norge
May Britt Håbjørg (prosjektleder frem til 01.06.10), Riksantikvaren, Norge
Anne Kaslegard (prosjektkoordinator, prosjektleder fra 01.06.10), Riksantikvaren, Norge

Prosjektet har levert fire delrapporter som er å finne på nettsiden http://www.riksantikvaren.no/Norsk/Prosjekter/Klima_og_kulturarv/, eller som kan fås ved å henvende seg til Riksantikvarens bibliotek. Publikasjonen *Klimaendringer og kulturarv i Norden* baserer seg på dette arbeidet.

Foruten produksjon av rapporter og nettside, har prosjektet arrangert den nordiske konferansen *Klima og kulturarv - fortid møter fremtid* i november 2009 i Oslo. Til denne konferansen ble det produsert en introduksjonsfilm som siden er blitt vist i ulike sammenhenger. I forbindelse med prosjektmøtene har det dessuten vært holdt flere mindre seminarer med foredrag relatert til klimaendringer og kulturminner. Prosjektet har opplevd stor interesse fra ulike hold, og vi håper å ha kunnet bidra til å bedre kunnskapen om temaet klimaendringer og kulturarv blant både kulturminneforvaltere og andre.

Oslo, november 2010

Anne S. Kaslegard
Prosjektleder

Sammendrag

Klimaendringer og kulturarv i Norden innholder hovedresultatene fra prosjektet *Effekter av klimaendringer på kulturminner og kulturmiljø*. Publikasjonen består av to deler, der del én omhandler forventede effekter av klimaendringer på kulturminner og kulturmiljø i Norden. Del to tar for seg hvilke konsekvenser klimaendringene vil få for forvaltningen av kulturminnene, og inneholder prosjektgruppens anbefalinger for hvordan disse konsekvensene kan håndteres.

Innholdet i den første delen bygger på tilgjengelig forskning og kunnskap om hvordan et endret klima fysisk vil påvirke kulturarv i Norden.

Byggverk av kulturhistorisk verdi vil utsettes for økte belastninger, da de fleste materialer brytes raskere ned i et varmere og fuktigere klima. Stigende havnivå, økte stormflomål og økt kysterosjon vil kunne true kystnær bebyggelse i utsatte områder. I tillegg til de gradvise endringene som foregår over lang tid, vil klimaendringene medføre flere ekstremværhendelser som kan gi akutte skader både på kulturhistoriske bygninger og andre kulturminner.

Bevaringsforholdene for arkeologisk materiale vil påvirkes av klimaendringer, men det er til dels store usikkerheter knyttet til hvilke effekter som kan forventes, og hvor betydelige de vil bli. Arkeologiske kulturminner i ulike bevaringskontekster – i luft, i jord, i is og snø eller i vann – vil dessuten påvirkes forskjellig.

Vekstsesongen for planter og trær i de nordiske landene vil forlenges, og dette vil påvirke kulturmiljøer og landskaper, og blant annet forsterke en pågående gjengroing og heving av tregrenser. Ekstremvær som storm og kraftige nedbørsepisoder vil kunne berøre både urbane og rurale kulturmiljøer og landskap.

Del to av publikasjonen omhandler hvilke konsekvenser klimaendringene vil få for forvaltningen av kulturminner og kulturmiljøer, i form av flere skader, økte tap, endringer i bevaringsforhold for kulturminnene og flere nye funn. Prosjektet anbefaler en rekke tiltak for å forebygge og håndtere disse konsekvensene, blant annet:

- Identifisering, kartfesting og dokumentasjon av kulturminner og kulturmiljøer som er spesielt sårbare som følge av klimaendringer
- Istandsetting av skadede kulturminner
- Intensivert ytre vedlikehold av kulturhistoriske bygninger og skjøtsel av vegetasjon
- Arkeologiske utgravninger og dokumentasjon
- Kystsikringstiltak
- Overvåkning
- Utvikling av kunnskap og kompetanse
- Beredskapsplanlegging som tar høyde for klimaendringene

Klimarelaterte endringer i andre samfunnssektorer vil også påvirke forvaltningen av kulturminner og kulturmiljøer. Et økende fokus på energieffektivisering er allerede en stor utfordring for verneverdige bygninger. I energisektoren vil utbygging av fornybare energikilder som vindkraft, vannkraft, geotermisk energi og jordvarme kunne påvirke både arkeologiske kulturminner, kulturmiljøer og landskap. Klimarelaterte endringer innen næringer som jordbruk, skogbruk og turisme vil også berøre kulturminner og kulturmiljøer. Det samme vil utbygging av infrastruktur og endret arealbruk som følge av klimaendringer kunne gjøre.

For å møte klimarelaterte endringer i andre sektorer anbefaler prosjektet blant annet følgende:

- Tverrsektorielt samarbeid og samarbeid med ulike næringer
- Arbeid med lovgivning, forskrifter og standarder
- Informasjon og rådgivning

Innledning

Kulturarv rommer kunnskap om klimatilpasning gjennom tidene. Mennesker har kledd seg etter været og funnet leveveier og bygget hus på måter som har vært tilpasset lokale klimaforhold. I dag ser vi at klimaendringer kan komme til å gjøre det vanskeligere å bevare sporene etter tidligere tiders liv og virke. Ikke bare klimaendringene i seg selv, men også samfunnets håndtering av klimaproblematikken vil påvirke kulturarven på ulike måter. Eiere og forvaltere av kulturminner og kulturmiljøer vil derfor få en større utfordring fremover i å ta vare på kulturarven i et endret klima, og i et samfunn hvor alle aktører forutsettes å bidra til å begrense ytterligere klimaendringer.

Klimaendringer vil få direkte innvirkning på kulturminner gjennom fysiske forandringer i miljøet som endrer besvarelsesforholdene for materialene som kulturminner består av. De fysiske endringene har vi så vidt sett begynnelsen på. Den globale middeltemperaturen har steget med litt over 0,7 °C i løpet av det siste århundret, og det globale havnivået stiger i dag med i overkant av tre millimeter i året. Forventede effekter på kulturminner i Norden i fremtiden vil forårsakes av et varmere og fuktigere klima, et stigende havnivå og flere ekstremværhendelser.

Selv om et endret klima vil ha en direkte innvirkning på kulturminner og kulturmiljø, ser vi også at klimaendringene påvirker kulturarv på en mer indirekte måte. For det første vil tiltak for å redusere klimagassutslipp påvirke hele samfunnet, inkludert kulturminnefeltet. For det andre vil ulike sektors tilpasninger til et endret klima også kunne berøre kulturarv. Til forskjell fra klimaendringene, som skjer langsomt og hvis effekter i hovedsak først vil bli merkbare på lang sikt, får samfunnets svar på klimautfordringene konsekvenser for forvaltningen av kulturarv allerede i dag.

Denne TemaNord-publikasjonen baserer seg på følgende delrapporter utgitt av prosjektet *Effekter av klimaendringer på kulturminner og kulturmiljø*:

- 1: *Klimaforhold og klimaendringer i Norden*
- 2: *Kulturminner, kulturmiljø og landskap i Norden*
- 3: *Effekter av klimaendringer på kulturminner og kulturmiljø*
- 4: *Konsekvenser av klimaendringer for forvaltningen av kulturminner og kulturmiljø, og anbefalte tiltak*

Prosjektets første rapport omhandler klimaforhold og prognoser for klimaendringer i Norden, og er levert av Meteorologisk Institutt i Oslo ved Hans Olav Hygen. Rapporten har dannet et grunnlag for det videre arbeidet i prosjektet. Kort oppsummert viser den at det forventes en fremtidig temperaturøkning i hele Norden, men med store regionale forskjeller. Den største temperaturøkningen vil komme vinterstid, og størst oppvarming vil skje i arktiske områder, hvor det forventes en temperaturøkning på 3–4 °C frem til midten av dette århundret. Øvrige områder ser ut til å få en oppvarming på ca 1–1,5 °C sammenlignet med dagens klima. Når det gjelder nedbør, forventes det for regionen som helhet rundt 10 % økning i årsnedbøren. På vestkysten av Norge og av Finland vil det imidlertid kunne bli en nedbørsøkning på inntil 20–30 % i vintersesongen. Forekomsten av kraftige og ekstreme nedbørshendelser ser ut til å øke i hele Norden. Det vil trolig også bli noe kraftigere vind i regionen i fremtiden, men prognosene for vind er heftet med store usikkerheter.

I rapporten fra Meteorologisk Institutt blir det historiske klimaet og et forventet fremtidig klima beskrevet spesielt for syv utvalgte kulturmiljøer, hvorav de fleste står på UNESCOs verdensarvliste. Disse stedene er senere i prosjektet benyttet som konkrete eksempler på hvordan kulturmiljøer blir påvirket av klima og klimaendringer. Eksempelene er å finne i denne publikasjonen.

Prosjektets andre rapport er en kort introduksjon av kategoriene bygd miljø, arkeologiske kulturminner og kulturmiljø og landskap i Norden.

I den tredje rapporten er det samlet tilgjengelig kunnskap om effektene av klimaendringer på kulturminner og kulturmiljø i de nordiske landene. Det finnes imidlertid begrenset med forskning på dette området per i dag.

Forskningsprosjektet *Noah's Ark*¹ er et unntak i så måte, og det er derfor ofte referert til resultater fra dette prosjektet i rapporten. Et nytt stort forskningsprosjekt under EUs 7. rammeprogram, *Climate for Culture* (2009 – 2014), er i gang, men det foreligger foreløpig ikke resultater herfra. Rapporten er for øvrig basert på mindre forskningsprosjekter, rapporter og artikler fra ulike fagfelt som på forskjellige måter kan bidra med kunnskap om hvordan klimaendringer vil påvirke kulturminner og kulturmiljø. Mange av problemstillingene som reises i rapporten angående mulige effekter av klimaendringene, finnes det imidlertid ikke gode nok svar på i dag.

I den fjerde og siste rapporten vurderes direkte og indirekte konsekvenser av klimaendringene for forvaltningen av kulturminner, og det anbefales ulike tiltak for å forebygge og håndtere de negative konsekvensene.

TemaNord-publikasjonen *Klimaendringer og kulturarv i Norden* består i hovedsak av resultatene fra prosjektet slik de står å lese i delrapport 3, samt en noe forkortet versjon av delrapport 4.

Følgende definisjoner er lagt til grunn for arbeidet: Med kulturminner menes alle spor etter menneskelig virksomhet i vårt fysiske miljø, herunder lokaliteter det knytter seg historiske hendelser, tro eller tradisjon til. Med kulturmiljø menes områder hvor kulturminner inngår som del av en større helhet eller sammenheng. Landskap er som i den europeiske landskapskonvensjonen definert som et område, slik folk oppfatter det, hvis særpreg er et resultat av påvirkninger fra og samspill mellom naturlige og/eller menneskelige faktorer. I denne sammenhengen er det imidlertid kun landskap som er påvirket av mennesker, som er av interesse.

¹ *Noah's Ark* (2004-2007) er et forskningsprosjekt under EUs 6. rammeprogram som hadde til hensikt å studere fremtidige klimaendringers effekter på den materielle kulturarven. Prosjektet utviklet blant annet et sårbarhets-atlas over Europa basert på en kombinasjon av klimamodeller og modeller for hvordan klimafaktorer påvirker nedbrytningen av ulike materialer. Resultatene er illustrert i kart med endringer i nær fremtid (definert som perioden 2010-2039) og i fjern fremtid (2070-2099), begge sammenlignet med nær fortid (1961-1990). Modellene baserer seg på scenario A2 fra IPCC, som innebærer at klimagassutslippene fortsetter å øke utover i det kommende århundret.

Del 1

Effekter av klimaendringer på kulturminner og kulturmiljø i Norden

1. Effekter av klimaendringer på bygd miljø

Klimaet utsetter det bygde miljøet for påkjenninger, i form av blant annet fuktighet, temperatursvingninger og vind. Alle bygningsmaterialer vil være utsatt for nedbrytning over tid, og klimaforhold vil være av avgjørende betydning for hvor hurtig dette foregår. Klimaendringer forbundet med global oppvarming vil derfor innvirke på bevaringsforholdene for kulturhistoriske bygninger og andre kulturminner i et bygd miljø. Hvordan biologiske, fysiske og kjemiske nedbrytningsprosesser kan forventes å bli påvirket, omtales i kapittel 1.1, 1.2 og 1.3. Et varmere klima medfører også at permafrosten i arktiske strøk tiner, og at havnivået stiger. Dette vil kunne berøre bygd miljø i de aktuelle områdene og er tema for henholdsvis kapittel 1.4 og 1.5. I tillegg til de gradvise endringene som foregår over lang tid, vil klimaendringene medføre flere ekstremværhendelser. Det kan føre til akutte skader på bygninger og konstruksjoner av kulturhistorisk verdi, noe som tas opp i kapittel 1.6.

1.1 Biologisk nedbrytning

Klimaendringene vil utsette bygninger og bygningsdeler i tre for økt risiko for råteskader og skadedyrangrep, mens økt biologisk vekst vil kunne bidra til raskere nedbrytning av alle typer bygninger.

Treverk og annet organisk byggemateriale, slik som torv, strå og tang, brytes naturlig ned av ulike typer bakterier, sopp og insekter. Aktiviteten til disse organismene er i stor grad avhengig av klimatiske forhold som temperatur og fuktighet. Biologiske angrep på organisk materiale er derfor en skadetype som vil påvirkes av klimaendringene, slik blant annet UNESCO World Heritage Center (2007) påpeker. Tre har vært et viktig byggemateriale i Norden. I dette kapittelet, som omhandler klimapåvirket biologisk nedbrytning av bygd miljø, vil det derfor i hovedsak dreie seg om nedbrytning av treverk.

Biologisk nedbrytning av treverk forutsetter som regel en viss grad av fuktighet. Fukt er allerede en av de største utfordringene når det gjelder skader på bygninger (Lisø og Kvande, 2007). Byggskadearkivet som ble etablert gjennom SINTEF Byggforsk's forskningsprogram Klima 2000 viser at to av tre byggskader i Norge opptrer i tilknytning til bygningers klimaskjerm, det vil si tak, yttervegger og golv mot grunnen. Med mer nedbør i fremtiden vil fuktpåkjenninger på bygninger komme til å bli en enda større utfordring.

Sopp

Fuktighet er en grunnleggende forutsetning for soppvekst i bygninger. Soppsporer finnes praktisk talt over alt, og når forholdene ligger til rette for det, vil sopp av ulike arter angripe treverk for å benytte det som næring. Arter som bryter ned cellulose, forårsaker brunråte, som kjennetegnes av at veden blir brun og sprekker opp i kubiske klosser. Sopper som bryter



Råteskadet tak på middelalderloft i Fyresdal, Telemark.

(Foto: Inge Aamlid © Riksantikvaren)

ned både cellulose og lignin, forårsaker hvitråte, som gir en myk og fibret ved (Mattsson, Hole og Olstad, 2008c). Det er fare for angrep av råtesopp hvis vanninnholdet i treverket overstiger ca 20 % av tørrvekten. I treverk som allerede har vært angrepet, vil noen arter kunne overleve i en dvaletilstand under langt tørrere forhold. Soppangrep kan også oppstå ved en relativ luftfuktighet på over 85 %. Normalt vil råtesopp kunne vokse ved temperaturer fra 4–5 °C til 35–40 °C.

Forskningsprosjektet Noah's Ark (2007) har utviklet en modell for hvordan nedbrytningen av trestrukturer utendørs på grunn av råteangrep vil påvirkes av høyere temperaturer og økt nedbør i fremtiden. Modellen tar både hensyn til lufttemperatur og vanninntrengning i treet, den forutsetter at treet må ha et visst fuktinnhold for at råtesoppen skal vokse, og at soppveksten begynner først 48 timer etter nedfukting. Treslaget som er brukt som eksempel, er gran. Resultatene viser at man kan forvente opptil 50 % økning i risikoen for utendørs råteangrep i Nord-Europa i løpet av det kommende hundreåret. Med *økt risiko* menes da en økning i tilstedeværelsen av betingelser som gjør at sopp kan vokse. Norge, Sverige, Finland, og til dels Island og Færøyene vil ifølge kartmaterialet til Noah's Ark oppleve størst økning i råtefare.

Dette kartmaterialet dekker imidlertid i liten grad de arktiske områdene. Oppvarmingen i nord forventes å bli vesentlig høyere enn det globale gjennomsnittet. I det tørre og kalde arktiske klima på Grønland og Svalbard foregår biologisk nedbrytning i utgangspunktet sakte. Det kan imidlertid forventes at den biologiske nedbrytningen av bygninger vil øke i fremtiden som følge av et varmere og fuktigere klima (Mattsson og Flyen, 2008). Undersøkelser av fem fredede bygninger på Svalbard, i hovedsak fangsthytter, viste omfattende sopp- og råteskader som utviklet seg raskt. Soloppvarming av bygningene kan lokalt gi langt bedre vekstvilkår for soppen enn det lufttemperaturen skulle tilsi.

Med høyere luftfuktighet og høyere temperaturer kan også forekomsten av andre typer sopp forventes å øke. Svertesopp synes som svarte prikker på malte eller ubehandlede treflater. Slik sopp bryter ikke ned treverket i noen særlig grad, men

Kirkebyen Gammelstad (Luleå) utsatt for råteskader

Kirkebyen Gammelstad er det stedet der byen Luleå ble grunnlagt i 1621. Stedet har vært sentrum i kirkesognet siden 1300-tallet. Nederluleå kirke, som ble oppført i stein på slutten av 1400-tallet, ligger på en høyde og omgis av mer enn 400 små, tømrede kirkestuer. Bruken av kirkestuer kan føres tilbake til 1500-tallet, mens de eldste stuene som står her i dag er fra omkring 1700. Stuene ble oppført av allmuen for overnatting i tilknytning til kirkebesøk, markeder og når det ble holdt ting, da de store avstandene gjorde det vanskelig å ta seg til kirken og tilbake på én og samme dag. I det tynt befolkede området ble de store kirkehelgene en viktig sosial begivenhet, og tradisjonen lever til dels videre i dag. I kirkebyen finnes også offisielle bygninger og private boliger bygget i tre.

Kirkestuene er tømrede og de fleste har en fasade av trepanel. Vedlikeholdet har til dels vært mangelfullt, og mange stuer har råteskader i både panel og tømmerkonstruksjon. Smeltevann fra høyden finner veien nedover gater og smug, med den følgen at treverket ned mot bakken blir utsatt for store vannmengder og fuktproblematikk.

Gammelstad ligger nær Norrbottens kyst. Prognosene for klimaet frem til midten av dette århundret indikerer en betydelig oppvarming: ca 3 °C vinterstid og ca 1 °C sommerstid. Det forventes en nedbørsøkning om høsten og vinteren på ca 10–20 %, mest om vinteren. Dette innebærer varmere og fuktigere vintre, våtere høster og økt mengde smeltevann om våren. En generell oppvarming har alt skjedd, ifølge målinger gjort i perioden 1991–2005. Allerede i dag kan forandringene spores blant annet gjennom funn av ekte hussopp (*Serpula lacrymans*) som tidligere ikke fantes i området.



Kirkebyen Gammelstad med Nederluleå kirke i bakgrunnen.

(Foto: Jörgen Runeby © Riksantikvarieämbetet)

En skadedokumentasjon er gjennomført i 2007 for å kartlegge råteskader på kirkestuene. Prosjektet er avsluttet, men en fortsettelse for å kartlegge regn- og smeltevannoppsamlinger er nødvendig. Systematisk snørydding gjennom vinteren foregår i dag for å minske mekaniske skader på fasadene og problemer med smeltevann inntil husene.

Andre tiltak som kan gjennomføres, er en forbedring av områdets drenering, det vil si et bedre utviklet system av grøfter og avløpskummer, takrenner og nedløpsrør. Informasjon om vedlikehold av gamle trebygninger vil også være viktig for å ta vare på Gammelstad.

er i hovedsak et estetisk problem (Mattsson, Hole og Olstad, 2008d). Muggsopp kan oppstå på ulike typer materialer som er våte og forårsaker misfarginger og dårlig inneluft (Mattsson, Hole og Olstad, 2008b). Muggsopp bryter imidlertid heller ikke ned treverk på samme måte som råtesopp.

Selv om risikoen for råteangrep generelt sett vil øke med mer nedbør og høyere temperaturer, er det store forskjeller på ulike treslag og materialer. Kjerneved av furu, og spesielt av malmfuru, er mindre utsatt for råte enn den ytre delen av stammen, kalt ytveden eller geitveden (Godal, 1994). Kjerneved av eik er enda mer motstandsdyktig mot råte enn kjerneved av furu. I den bygde kulturarven har man hatt tradisjon for å bruke spesielt utvalgte materialer til ulike formål. Ulike treslag, ulike dimensjoner og ulike deler av treet er blitt brukt til det de har vært best egnet for. Til de deler av bygningen som utsettes for regn, for eksempel panel, takspion eller vinduer, har man helst brukt kjerneved av saktevekstende trær for å unngå råte. Måten materialet tas ut av en stokk og hvordan for eksempel bordene legges på huset, har også betydning for hvor motstandsdyktig huset blir mot skader forårsaket av nedbør. Ved å sortere materialer og differensiere bruken av dem, og ved utvikling av lokale byggeskikker, har man i tidligere tider tilpasset seg de stedlige

klimaforholdene. Lisø og Kvande (2007) vektlegger behovet for lokal klimatilpasning i all byggevirksomhet for å unngå byggska-der. De påpeker at gode byggetradisjoner og praksis med lokal tilpasning delvis er blitt ofret i moderne byggeri til fordel for standardiserte og kostnadsbesparende løsninger.

Skadedyr

Insektlarver som lever av å spise treverk, kan angripe bygninger og andre kulturminner i tre. Slike skadedyr er avhengig av visse klimatiske forhold for å overleve og formere seg, og det er derfor sannsynlig at klimaendringer kan ha innvirkning på utbredelsen av dem.

Husbukk (*Hylotrupes bajulus*) krever høye temperaturer for utvikling av larver, og er derfor bare utbredt i sørlige, kystnære deler av Norden. Den optimale temperaturen for aktivitet og utvikling ligger på rundt 28–30 °C, mens larvene slutter å spise av treet når temperaturen synker under 10 °C. Økte temperaturer i fremtiden vil derfor kunne gi bedre levevilkår for disse larvene. Mattsson (2009) konkluderer med at det foreløpig ikke kan observeres tegn til spredning av husbukk i Norge. Det påpekes imidlertid at høyere vintertemperaturer kan tenkes å gi bedre utviklingsmuligheter for husbukk i områder med høy

sommervarme, og at spredningen i så fall trolig vil skje lokalt som en utvidelse av allerede etablerte husbukkrområder. I tillegg til høyere temperaturer, vil også en høyere relativ luftfuktighet i fremtiden være gunstig for utviklingen av husbukklarver.

Foruten husbukk, er stripet borebille (*Anobium punctatum*) og stokkmaur (*Camponotus sp*) de insektene som kan gjøre mest skade på trehus i bygninger i vår del av verden (Mattsson, 1996). Ulike arter av stokkmaur finnes i områder med bartrær over hele Norden. Maurene spiser ikke treverk, men kan lage bol i råteskadede trestokker i bygninger og spre seg derfra til friskt virke. Klimaendringene vil gi økt risiko for råteskader i trehus, og dermed vil også risikoen for etablering av stokkmaurkolonier i råteskadet virke kunne øke. Stripet borebille finnes i alle de nordiske land unntatt Grønland, først og fremst i kyststrøk. På Grønland introduseres det jevnlig treskadeinsekter, men de dør normalt sett raskt ut, og ingen er blitt etablert. Den stripeborebilla trenger et fuktig miljø for å formere og utvikle seg, og finnes for eksempel gjerne i treverk i kjellere og kryprom. For hus som har mangler eller er dårlig vedlikeholdt, vil derfor oppfukning av treverk som følge av økt nedbør og luftfuktighet kunne ha innvirkning på utbredelsen av dette skadedyret. Husbukk og stripet borebille kan bare overleve i treverk utendørs gjennom milde vintre. Med stigende temperaturer vil dermed flere skadedyr kunne overvintre, noe som kan bidra til et større skadeomfang.

Biologisk vekst

Bygninger som ikke holdes jevnlig ved like, vil koloniseres av biologiske organismer som moser, alger og andre vekster. Den biologiske veksten på bygninger og strukturer kan forventes å øke med stigende temperaturer og økt nedbør (Mattsson, Hole og Olstad, 2008a). Alger, lav og mose skader ikke nødvendigvis bygningen, men holder på fuktighet og kan derfor bidra til å skape fuktrelaterte skader som råtne og frostsprenging. Mer vegetasjon rundt bygninger skaper mer fuktighet og saktere opptørking av bygningens ytre, og vil dermed medvirke til sopp- og algevekst. Ikke bare trebygninger, men også byggverk i mur og betong kan utsettes for nedbrytning forårsaket av biologisk vekst, først og fremst ved at planterøtter sprenger seg vei i sprekker i muren. Økt biologisk vekst vil ikke bare påvirke bygninger, men også hele kulturmiljøer og landskap. Dette omtales nærmere i kapittel 3.1.

1.2 Fysisk nedbrytning

Klimaendringene vil medføre noe redusert risiko for frostsprenging i sørlig og kystnære deler av Norden frem mot slutten av dette århundret, mens risikoen vil øke i høyereliggende og nordlige strøk. Faren for saltkrystallisering og saltsprenging vil muligens kunne øke i hele Norden. Leire og leirholdige materialer vil bli utsatt for økt nedbrytning.

Fysisk forvitring er nedbrytning av et materiale i mindre fragmenter uten at den mineralogiske eller kjemiske sammensetningen av materialet forandres. Frostsprenging er en sentral årsak til fysisk nedbrytning av murte bygninger i Norden. En

annen form for fysisk forvitring skyldes saltkrystallisering, som både kan føre til skjemmende saltutslag og til saltsprenging som medfører en gradvis fragmentering av byggematerialene.

Frostsprenging

Frostsprenging oppstår når vann samler seg i sprekker eller porer og det deretter blir frost. Vannet ekspanderer når det fryser til is og kan derfor sprengne i stykker byggematerialene (Haugen, 2008a). Effekten på bygde kulturminner kan være avflassing av puss eller oppsprekking og fragmentering av fuger, stein, teglstein eller betong. Hvorvidt det er fugene eller steinen i et murverk som fryser i stykker, vil avgjøres av de enkelte mørtel- og steintypenes egenskaper. Kulturminner med murverk som er utsatt for fuktinntrengning på grunn av dårlig avrenning, oppsprukne fuger eller skadet puss, vil være spesielt utsatt for frostsprengingsskader.

Det har vært gjort ulike forsøk på å kartlegge endret risiko for frostsprenging som følge av de varslede klimaendringene. Som indikator for risikoen for frostsprenging kan antall fryse/tine-sykluser som forekommer i løpet av et år benyttes. En fryse/tine-syklus innebærer at temperaturen synker under frysepunktet, for deretter å stige til over 0 °C igjen. I Noah's Ark (2007) har man vurdert det slik at faren for frostsikader oppstår først når temperaturen synker under -3 °C. En fryse/tine-syklus er derfor i dette prosjektet definert som vekslinger mellom under -3 °C og over 1 °C.

Det største antallet av slike skiftninger får man i klimaer som ofte befinner seg nær 0 °C. Island er det landet i Norden som opplever flest nullpunktspasseringer i dag, men landet vil trolig oppleve en liten reduksjon i antallet nullpunktspasseringer i fremtiden. Danmark kan frem mot slutten av dette århundret forvente størst nedgang i antall fryse/tine-episoder, og dermed redusert risiko for frostsikader på bygninger. På kort sikt, frem mot midten av dette århundret, synes det ikke å bli store endringer noe sted i Norden. På lang sikt er det først og fremst i nordlige og høyereliggende strøk at man kan forvente mer frostsprengning. Dette vil gjelde deler av Norge, Sverige og Finland hvor det tidligere har vært kalde vintre med få fryse/tine-hendelser i løpet av et år. Endringene her synes likevel å være moderate. I arktiske strøk kan man derimot forvente større endringer. Mens antall fryse/tine-sykluser i Narsarsuaq på Grønland i dag ligger på 7–8 i året, er dette tallet beregnet å øke til godt og vel det dobbelte ved slutten av dette århundret (Noah's Ark, 2006).

Våtfrost oppstår når det kommer frost umiddelbart etter regn, og dette er en annen indikator som har vært brukt for å si noe om faren for frostsprenging. Siden det er vann i porer og sprekker som forårsaker frostsprenging, vil det ha stor betydning om det nylig har regnet før det fryser. Noah's Ark (2007) beregner antall episoder med våtfrost som antall dager med regn og temperaturer over 0 °C, umiddelbart etterfulgt av dager med gjennomsnittstemperatur under -1 °C i løpet av et år. Risikokartet for våtfrost gir litt andre resultater med hensyn til frostsprenging enn kartet over fryse/tine-hendelser. Tendensen til at fremtidig risiko for frostsprenging reduseres i sørlige og kystnære strøk, er likevel den samme.

Tar man hensyn til både tine/fryse-sykluser og våtfrost, er det store deler av Finland, indre og nordlige deler av

Skandinavia og de arktiske strøk som særlig vil kunne oppleve en økning i risikoen for frostsprenging. Endringene fra normalperioden til nær fremtid er imidlertid ubetydelige, og frem til slutten av dette århundret synes de også å være moderate.

Saltkrystallisering

Saltkrystallisering er en annen årsak til fysisk nedbrytning av stein og mørtel. Ifølge Noah's Ark (2007) ser forekomsten av saltkrystallisering ut til øke i Finland og sørøstlige deler av Skandinavia mot slutten av dette århundret som følge av klimaendringene. Dette skal ha sammenheng med at lavere relativ luftfuktighet om sommeren vil gi større potensial for saltkrystallisering. På Island derimot, synes forekomsten å synke.

Andre har i stedet lagt vekt på betydningen av økt nedbør for forekomsten av saltkrystallisering (Haugen, 2008b). Mer regn kan forårsake økt risiko for saltkrystallisering fordi vann som kommer inn i konstruksjoner, transporterer med seg salter ut til overflaten. Saltene kan komme fra bygningsmaterialene selv eller være tilført utenifra. Når vannet fordampes, krystalliserer og ekspanderer saltet, og trykket som skapes i materialets porer kan føre til saltsprenging. Dette kommer til syne som oppsmuldring og avflassing av muren og hvite saltutslag. Legger man nedbørsøkningen til grunn, vil risikoen for saltkrystallisering øke i størstedelen av det nordiske området.

Nedbrytning av leire og leirholdig stein

Leire er et byggemateriale som i høy grad er følsomt for fuktpåvirkning, og det er rimelig å anta at leirklinte vegger og andre leirholdige materialer vil utsettes for økt nedbrytning i et fuktigere klima. I Danmark har bruk av leirklinte og kalkelde veggtafler mellom tømmeret vært utbredt i gamle bindingsverkshus. Kalkingen beskytter mot regn, men kommer det vann til, går leiren raskt i oppløsning. Andre eksempler på bruk av leire som bygningsmateriale er eldre murgårder hvor det er brukt leire i mørtelen for å spare kalk. Leire har også vært brukt til innvendig pussing av vegger, og spesielt kjellervegger pusset med leire vil kunne være sårbare for fuktinntrenging.

Noah's Ark (2007) har kartlagt risikoen for ødeleggelse av leirholdig sandstein og viser at nedbrytning av slikt byggemateriale vil øke gjennom dette århundret, som følge av en forventet nedbørsøkning. Leirholdig stein som utsettes for fukt, vil swelle og etter hvert brytes ned. Omfanget av leirholdig bygningsstein i de nordiske landene er imidlertid begrenset, så dette synes ikke å bli noe omfattende problem for bygningsarven i Norden.

1.3 Kjemisk nedbrytning

Klimaendringene vil medføre økt risiko for korrosjon av konstruksjoner og bygningsdeler av metall, men mindre sur nedbør vil motvirke denne effekten. Kjemisk nedbrytning av karbonholdig stein som kalkstein og marmor vil trolig øke. Mer fuktighet kan gi økt risiko for oppsprekking av betong.

Kjemisk nedbrytning innebærer en endring av et materiales kjemiske sammensetning. Både stein, metaller og tre er utsatt for kjemisk nedbrytning, ofte i samspill med fysiske og biologiske

prosesser. Bare i ekstremt kalde og tørre områder vil en for eksempel finne fysisk forvitring av stein alene, for så lenge det er vann til stede, vil også kjemisk forvitring forekomme. Klimafaktorer som fuktighet og temperatur er viktige forutsetninger for de kjemiske prosessene som fører til nedbrytning av materialer.

Metall

En del metaller er spesielt utsatt for kjemisk nedbrytning. I bygningsarven i Norden kan bygningselementer av metall for eksempel være jernbjelker, jernbolter eller vegganker i murlivet på stein- eller teglbygninger, eller takplater og takrenner av kobber eller sink. Tekniske og industrielle kulturminner og krigsminner fra andre verdenskrig består gjerne av anlegg og mekaniske innretninger av jern eller stål, eller av betongkonstruksjoner med jernarmering.

Kjemisk nedbrytning gjør at metaller som jern, kobber og sink sakte tæres bort. I tillegg kan bygningsdeler av jern som ruste også gjøre skade på bygningen. Rust som skapes ved korrosjon av jern, har større volum enn jernet og kan derfor sprengne i stykker omkringliggende stein eller mur. Korrosjon på konstruksjoner i metall er influert av to vesentlige miljøfaktorer, nemlig saltavsetning og forsurende forurensning, spesielt SO₂ (Noah's Ark, 2007). Disse miljøfaktorene virker sammen med klimatiske faktorer som temperatur og luftfuktighet.

Partikler med saltvann fra sjø kan fraktes langt inn over land med vinden og bidra til korrosjon på metallkonstruksjoner og deler av metall på kulturhistoriske bygninger (Noah's Ark, 2007). En modell basert på Hadley-senterets prognoser for vind frem mot slutten av dette århundret, viser at det kan bli noe økning i saltavsetning på land, mest i områder der vinden allerede frakter inn mye salt. Dette gjelder for kystene ved Barentshavet, Nordsjøen og Østersjøen. Forskjellen fra i dag er imidlertid liten, og usikkerheten omkring fremtidige vindstyrker og vindretninger er store.

Korrosjon på sink på grunn av salt er imidlertid beregnet å øke i alle områder med saltavsetning fra sjø eller veisaltning (Noah's Ark, 2007). Årsaken til dette er at høyere temperaturer medvirker til økt korrosjon av sink. Den samme trenden finner man for kobber og bly, om enn mindre tydelig.

Korrosjon på jern og bronse forårsaket av SO₂-forurensning er avhengig av både temperatur og relativ luftfuktighet, hvorav temperaturen er den viktigste faktoren (Noah's Ark, 2007). Hvis man forutsetter et uendret SO₂-nivå, er korrosjonen forventet å øke i hele Norden. Tar man i modelleringen hensyn til at sur nedbør forårsaket av SO₂-forurensning er redusert siden referanseperioden (1961–1990) og fortsatt trolig vil reduseres ytterligere, oppveier imidlertid dette den negative effekten av klimaendringene.

Betong

Kulturminner i armert betong er også utsatt for ulike nedbrytningsprosesser. Korrosjon av armeringsjernet anses imidlertid å være årsaken til de fleste større skader på betongkonstruksjoner (SINTEF Byggforsk, 2009). Korrosjonen kan forårsakes av karbonatisering eller av klorider.

Karbonatisering skjer ved at karbondioksid fra luften og vann reagerer kjemisk med bestanddeler i betongen. Dette

medfører at pH-verdien reduseres, noe som bidrar til at armeringsjernet rustet. Rust har et vesentlig større volum enn jern og kan derfor sprengte i stykker betongen, slik at det dannes sprekker og etter hvert avskallinger. Karbonatiseringsprosessen foregår raskest ved en relativ fuktighet i betongen i området 40–60 %, mens både tørrere og helt våte betongkonstruksjoner karbonatiserer svært langsomt. Dersom økt nedbør fører til oppfukting av betongen, vil dette kunne påvirke risikoen for karbonatisering og nedbrytning av kulturminner i betong.

Klorider i betongen er en annen viktig årsak til armeringskorrosjon. Kloridsaltene kommer inn i betongen enten fra sjøvann eller veisaltning. I områder langs kysten der klimaendringene vil medføre en økning i sjøsprøyt og inntrenging av saltvann i betongkonstruksjoner, vil problemer med armeringskorrosjon derfor kunne tilta. Det samme vil gjelde for områder der klimaendringene medfører behov for økt veisaltning.

Betong kan også få alvorlige skader som følge av alkalireaksjoner, selv om dette er et langt mindre problem enn armeringskorrosjon (SINTEF Byggforsk, 2007). Alkalireaksjon er en kjemisk reaksjon som medfører geldannelse, og når denne gelen tar opp vann og utvider seg, skaper det riss i betongen. Reaksjonen forutsetter vann, og skadeomfanget øker med fuktinnholdet i betongen. Feltundersøkelser har vist at oppsprekningen er størst i de mest fuktutsatte delene av betongkonstruksjoner, og den kjemiske reaksjonen går raskere med økende temperaturer. Det er derfor rimelig å anta at et fuktigere og varmere klima også vil kunne medføre en viss økning i skader på betong som følge av alkalireaksjoner.

Stein

Karbonholdig stein som marmor og kalkstein er også utsatt for kjemisk nedbrytning. Det er forsøkt å beregne hvordan overflaten på slike bergarter tæres av regn (Noah's Ark, 2007). Sur nedbør og tørre avsetninger av forurensninger mellom nedbørshendelsene vil forsterke nedbrytningen, men effekten av selve regnet er viktigst. I nær fortid (1961–1990) har nivået på nedbrytningen vært omtrent det samme i Norden som i resten av Europa. På grunn av forventede endringer i nedbørsmønsteret i fremtiden, med økt nedbør i Nord-Europa, og redusert nedbør i Sør-Europa, forventes dette å endres. Mens den kjemiske nedbrytningen av kulturminner av stein som marmor og kalkstein trolig vil minke i Sør-Europa, ser den ut til å øke litt i det nordiske området.

Andre materialer

Treverk brytes ned kjemisk av oksygen, i en langsam prosess som krever varme og lys, spesielt ultrafiolett stråling. Salt kan også bidra til kjemisk nedbrytning av trematerialer, noe som nylig er blitt belyst i forskning på ekspedisjonshytter i Antarktis (Farrell et al., 2004). Her ble det påvist skader i form av defibrering av treverket, som kan oppstå raskt når store saltkonsentrasjoner er i kontakt med fuktig treverk. På Grønland og på Svalbard vil mindre sjøis og eventuelt mer vind kunne føre økte konsentrasjoner av saltpartikler fra havet og inn over de kystnære trebygningene og forårsake en slik nedbrytning.

Generelt sett vil klimaendringer i form av blant annet økte temperaturer og mer fuktighet medføre en viss økning i risiko

for kjemisk nedbrytning av ulike materialer som kulturminner kan bestå av. Dette er imidlertid ikke alltid tilfelle. For gammelt glass laget av pottaske, slik som middelalderse glassvinduer, er situasjonen en annen (Noah's Ark, 2007). Modelleringen viser at man i hele Norden vil kunne forvente en svak reduksjon i korrosjonshastigheten for dette materialet. Dette er forutsatt et konstant nivå av forurensinger som bidrar til nedbrytningen, slik at temperatur og relativ fuktighet blir utslagsgivende.

1.4 Tining av permafrost

Tining av permafrost på grunn av økte temperaturer kan gi setningsskader på bygd kulturarv. Redusert permafrost og økt nedbør vil også gjøre fjellsider mer utsatt for skred, noe som enkelte steder kan true bygd miljø.

Permafrost er frosset grunn som ikke tiner om sommeren minst to år på rad. Bare det øverste laget, som kalles aktivt lag, tiner, mens grunnen lenger nede er frosset året rundt. I Norden finnes permafrost på Grønland og på Svalbard, men også i høytliggende fjellområder i Skandinavia.

I områder med permafrost vil en oppvarming som følge av klimaendringer kunne gi økte setninger og deformasjoner av bygningsfundamenter (Instanes, 2005).

Skader på konstruksjoner, bygninger og fundamenter i områder med permafrost kan imidlertid ofte skyldes andre faktorer, som feil dimensjonering eller dårlig konstruksjon. Klimaendringer vil kunne akselerere problemer som allerede er oppstått på grunn av slike forhold. De største problemene vil trolig komme på steder med diskontinuerlig permafrost, det vil si områder der permafrosten avbrytes av områder uten permafrost.

I den gamle byen i Sisimiut, eller Holsteinsborg, på Grønland synker det ene hjørne på Den blå Kirke fra 1773 gradvis, noe som trolig skyldes endringer i permafrosten. På Svalbard vil også mange fredede bygninger og konstruksjoner kunne berøres av endringer i permafrosten. I en del av murbygningene i den russiske bosettingen Pyramiden er det for eksempel oppstått store sprekker i veggene som kan skyldes permafrostbevegelser, eller også andre av de faktorene som Instanes (2005) peker på.

I områder med permafrost vil stigende temperaturer og økt nedbør sammen med økt stormfrekvens også øke sannsynligheten for jord- og steinskred i ustabile fjellsider (Instanes, 2005). De fredede gruve- og taubaneanleggene i fjellsidene ved Longyearbyen på Svalbard er eksempler på kulturminner som ligger i et utsatt område og som kan gå tapt i eventuelle skred.

1.5 Stigende havnivå og økt kysterosjon

Stigende havnivå og økte stormflom vil kunne føre til skader på bygd kulturarv. En økning i havnivået vil også medvirke til økt kysterosjon som kan true kystnær bygningsarv i utsatte områder. I arktiske strøk vil mindre utbredelse av havis medføre kraftigere kysterosjon.

Det globale havnivået stiger i dag i overkant av tre millimeter i året. Den globale oppvarmingen vil medføre en ytterligere havnivåstigning, selv om estimatene for hvor mye havet vil stige i det kommende århundret, er usikre (Hygen, 2008). I Norden vil det være store regionale forskjeller når det gjelder effekten av en økning i det globale havnivået. Årsaken til dette er i hovedsak at det enkelte steder pågår en landheving, mens landmassene andre steder ligger i ro eller synker. Topografien vil også være av betydning for hvor stor effekt havnivåstigningen vil få. Der landet er flatt, vil en økning i havnivået berøre større arealer enn der hvor landet stiger bratt opp fra havet.

Hyppigere forekomst av stormflo og økende kysterosjon er andre mulige effekter av klimaendringene.

Havnivåstigning

Kulturhistorisk bebyggelse nær sjøen vil i en del områder i Norden på lang sikt kunne trues av et stigende havnivå. Av de nordiske landene er det Danmark som i sterkest grad vil berøres av den globale havnivåstigningen, både fordi størstedelen av landet årlig synker med 1 – 2 millimeter, og fordi landet er flatt. Det samme gjelder for kysten av Sør-Sverige. På Færøyene tyder observasjoner på at det pågår en relativ

Bergen og Ribe – to historiske byer utsatt for havnivåstigning



Bryggen i Bergen under vann.

(Foto: © Stiftelsen Bryggen)

Verdensarvstedet Bryggen er den gamle havnebebyggelsen i Bergen, med røtter tilbake til før Hansa-tiden. Trebygningene som står her i dag ble gjenreist etter en storbrann i 1702, og er bygget etter den middelalderiske tradisjonen. Bygningene er oppført som tømrede loft i sammenhengende rekker med smale passasjer imellom, og det bevarte området omfatter i dag 61 fredede bygninger.

Fundamentene for bygningene på Bryggen består av krysslagte tømmerstokker av furu, lagt rett på grunnen. Etter hvert som dette tømmeret har råtnet, har fundamentene sunket sammen. Under bygningene på Bryggen finnes dype kulturlag. Drenering har senket grunnvannsspeilet og ført til nedbrytning av de organiske materialene i kulturlagene, noe som har gitt ytterligere setninger i grunnen. Samtidig som grunnen under Bryggen synker, vil Bergen oppleve en betydelig havnivåstigning, beregnet til mellom 53 og 108 cm, i det kommende århundret. Bryggen har flere ganger de senere årene blitt oversvømt ved stormflo, og med et høyere havnivå vil dette skje stadig oftere.

Et omfattende restaureringsprosjekt ble igangsatt i år 2000 for å ruste opp verdensarvstedet. Etter hvert som bygningene settes i stand og gis nye fundamenter, blir fundamentene nå hevet med rundt 60 cm mot sjøen for å kompensere for at de i mange år har sunket. Bryggen vil etter dette bli liggende over det høyeste stormflomålet som

Bergen hittil har opplevd. I fremtiden vil imidlertid havnivået fortsette å stige, og diskusjonene omkring tiltak for å skjerme Bryggen og Bergen by mot stormflo er ikke avsluttet.

Ribe står ikke på verdensarvlisten, men som Danmarks eldste by rommer den enestående vitnesbyrd om 1300 års byutvikling og historie. Ribe ligger i det flate marsklandet på Jyllands vestkyst, og gjennom tidene har byen vært gjenstand for katastrofale stormer og forhøyet vannstand. 11. oktober 1634 opplevde Ribe den verste stormfloen i byens kjente historie. Vannet trengte inn i den vakre femskipete domkirken "Vor Frue Kirke", som ligger fire høydemeter over normal vannstand. Maksimalvannstanden ble under stormfloen målt til 1,6 meter inne i kirken, noe som er markert på en av kirkesøylene.

I dag er byen trolig et av de best kystsikrede områder i Danmark, beskyttet av sammenlagt nærmere 20 km havdiker og fløydiker. Dikene måler ca 12 meter ved foten og 2,5 meter ved kronen, og koten ligger nesten syv meter over normal vannstand. Dikene ble først etablert i 1924–25 og senere utbygget i 1978–87. Syd- og Sønderjylland har i tillegg en egen stormfloberedskap. Kulturarven i Ribe har derfor et godt vern mot havnivåstigning og stormflo.



Ribe by med domkirken i bakgrunnen.

(Foto: Ingoll, 2006. Lisens: GNU Free Documentation License)

havnivåstigning, det vil si en stigning i forhold til et fast punkt på land. Det finnes også store områder i Norge hvor landet ikke hever seg, eller hvor landhevingen er så liten at den ikke vil kunne utligne havnivåstigningen. Dette gjelder i første rekke Vestlandet og kysten fra og med Lofoten og nordover. Disse områdene vil også på lang sikt merke den globale havnivåstigningen, selv om topografien til dels gjør dem mindre sårbare.

Kysterosjon

En økning i havnivået vil også medvirke til økt kysterosjon (IPCC, 2007). Klimaendringene kan dessuten endre havstrømmene slik at andre steder enn tidligere vil bli mer erosjonsutsatte. Kysterosjon er en naturlig prosess, der landmasser slites ned av bølger og vind. Hvor sårbart et kystområde er for erosjon, avhenger av områdets topografiske og geomorfologiske trekk (Aunan og Romstad, 2008). En relativt bratt kystlinje bestående av fjell av harde bergarter vil være lite utsatt i forhold til lavtliggende områder bestående av løse sedimenter.

Kysterosjon utgjør en alvorlig trussel mot bygd kulturarv i berørte områder i Norden. Danmarks kyster som består av sand og løse masser, er blant de utsatte områdene. På vestkysten av Jylland måtte middelalderbygningen Mårup kirke i 2008 tas ned for å forhindre at den skulle rase ut i sjøen. Kirken befant seg da bare ni meter fra skrenten mot havet, mens den i 1793 lå ca 500 meter fra kysten (Dam, 2009). Målingene tyder på at erosjonshastigheten er stigende, uten at man kjenner godt nok til årsakene til dette.

I Sverige er det særlig Skåne, Halland, Öland og Gotland som er utsatt for kysterosjon. Disse områdene vil, som Danmark, i tillegg oppleve havnivåstigning som vil forsterke problemet. På Færøyene er kysterosjon også et problem, og mange gamle hustuffer er forsvunnet på havet. På disse øyene har det eksistert en tradisjonsbasert, folkelig kunnskap om at havet stiger. I Kirkjubøur het det for eksempel at når et nytt båthus ble bygget, skulle det legges en alen høyere opp i terrenget enn det gamle (Arge, 2010).

Kraftig kysterosjon forekommer også på Grønland, Svalbard og Jan Mayen. I de arktiske områdene får imidlertid strendene mange steder en viss beskyttelse av havisen. Havis beskytter kysten mot bølgeslag om vinteren, og om sommeren kan en landfast rest av isen (*landkall* eller *isfot*) også begrense stranderosjonen. Et resultat av oppvarmingen som skjer i Arktis, er at utbredelsen av havisen blir mindre. Dette er allerede observert, spesielt i sommerhalvåret (Hygen, 2008). Mindre utbredelse av havis langs land vil kunne gjøre mange strandsoner i arktiske strøk mer utsatte for bølgeerosjon. Kulturminner i de arktiske områdene ligger i overveiende grad nær kysten, og er derfor spesielt sårbare. Bygninger av kulturhistorisk verdi har allerede forsvunnet på grunn av kysterosjon, og flere står i fare for å forsvinne. På Jan Mayen er for eksempel enkelte bygningsrester fra forskningsstasjonen «Østerrikeren» fra det første internasjonale polaråret i 1882–83 borte på grunn av erosjon. Mindre havis og mer ekstremvær vil trolig øke den alltid pågående erosjonen og fremskynde nedbrytningen av kulturminner.

Stormflo

Stormflo påfører fra tid til annen skade på bygninger og infrastruktur som ligger ved kysten. Stormflo oppstår når et lavtrykk kombinert med pålandsvind skyver vann opp mot kysten, samtidig med at tidevannet er på sitt høyeste. Både forventet økning i havnivå og i stormaktivitet vil bidra til høyere stormflom i fremtiden (Klimatilpasning Norge, 2009). Dermed vil skader på kulturhistoriske bygninger forårsaket av stormflo kunne komme til å opptre hyppigere. Med et høyere havnivå i fremtiden, vil også mindre ekstrem flo kunne føre til ødeleggelser.

1.6 Effekter av ekstremværhendelser

En økning i ekstreme nedbørhendelser vil kunne medføre hyppigere oppfukning av bygninger og økt risiko for fuktskader. Faren for regnflom og skred vil også øke, men kulturhistoriske bygninger vil trolig ikke være særlig utsatt for skred.

Det er forventet at antallet ekstreme værhendelser vil stige i det kommende århundret i hele Norden. Prognosene for fremtidig nedbør viser at forekomsten av ekstreme nedbørhendelser vil øke (Hygen, 2008). Det er mer usikkert hvordan fremtidige vindforhold vil bli, men det finnes indikasjoner på at kraftig vind vil forekomme noe oftere over det meste av Norden, spesielt i vinterhalvåret. Kraftig nedbør og vind kan medføre skader og belastninger på kulturhistoriske bygninger. I tillegg kan ekstremvær føre til flom og skred, som også kan ramme bygd miljø.

Nedbør

Store nedbørsmengder som faller på kort tid kan utsette bygninger for vanninntrenging og oppfukning av bygningsdeler, og som følge av dette kan fuktrelaterte skader oppstå. Dette kan for eksempel skje ved at takrenner som ikke er dimensjonerte for store mengder regn, stadig renner over under kraftige regnepisoder.

Snømengden vil generelt sett reduseres i Norden i fremtiden på grunn av høyere vintertemperaturer (Hygen, 2008). Problemer med snølast på bygninger vil dermed bli mindre på lang sikt. I enkelte områder, spesielt i høyereliggende og nordlige strøk, vil likevel en økning i vinternedbøren kunne medføre mer snø i nær fremtid. Her vil store snøfall og mer tung og våt snø på taket kunne gi større belastninger på bygninger enn tidligere. En rekke forhold, som vind og vindretning, husets beliggenhet og takets utforming, vil imidlertid være med på å bestemme om snøen blir liggende på taket, slik at snøfallet utgjør en belastning for bygningen (Flyen, 2008). I verste fall kan stor snølast føre til svekkelse av bygningskonstruksjonen, skader eller kollaps. Eldre bygninger har ofte en overdimensjonert bærekonstruksjon og vil tåle økte snølaste godt, med mindre det allerede er svekkelser eller skader på bygningene. Bygninger med store takflater, for eksempel gamle industrihaller eller landbruksbygninger, vil imidlertid være sårbare for store snøfall. Av nyere bygningsarv kan funkishus og andre modernistiske bygg med flate tak være utsatt.

Skred

Kulturhistoriske bygninger synes generelt sett ikke å være spesielt utsatt for skred. Gamle hus er tvert i mot ofte plassert på steder med liten risiko for skred, mens nyere tiders ønsker om gode solforhold, utsikt og nærhet til by, har medført bygging av en del nye hus i mer skredutsatte områder. Dersom klimaendringene medfører at det går skred på steder hvor dette tidligere ikke har forekommet, vil imidlertid kulturhistoriske bygninger også kunne rammes.

Skred utløses ofte av spesielle vær-situasjoner, og analyser av historiske skred viser at nedbør er den hyppigste årsaken til at skred løses ut (GeoExtreme, s.d.). Dette gjelder spesielt for snøskred, men også for jordskred. Et økende antall døgn med mye nedbør forventes derfor å resultere i en økning i antall jordskred og flomskred, det vil si skred som består av mer vann enn jord. I områder i Norden som vil oppleve økte snømengder om vinteren, vil forekomsten av snøskred øke. Flommer og høy vannstand fører til erosjon og økt poretrykk i leire, og vil også kunne medvirke til økt forekomst av leirskred. På den andre siden vil økt gjengroing i utmark kunne bidra til å redusere risikoen for skred, både fordi omfattende rotsystemer binder jorden, og fordi trær og busker hindrer snøskred.

For å kunne vurdere i hvilken grad økt skredfare vil utgjøre en trussel mot kulturminner, behøves det oversikt over hvilke kulturminner som befinner seg i områder utsatt for skred. Dette forutsetter at geologiske kart som viser skredfare kan kombineres med geografiske data om kulturminner. Skal dette gi resultater som kan si noe om hvor utsatt et spesifikt kulturminne er for skred, må kartet ha et høyt detaljeringsnivå. Slike skredfarekart er gjerne bare utarbeidet for noen få steder i forbindelse med utbyggingsprosjekter. GeoExtreme-prosjektet fastslår at det trengs en mer detaljert geologisk kartlegging for å lage bedre kart og modeller. Et oversiktskart over Norge viser at det i hovedsak er de fire nordligste fylkene i landet som vil oppleve størst økning i relativ hyppighet av jordskred som følge av fremtidige klimaendringer. Samtidig er dette den delen av landet som har færrest fredede bygninger per kvadratkilometer. Dermed er risikoen for at en fredet bygning skulle rammes av skred i denne landsdelen relativt liten, selv om skredfaren øker noe.

Flom

Flom kan føre til store ødeleggelser og strukturelle skader på bygd kulturarv. Historisk bebyggelse som er plassert nær bekker og elver for å utnytte vannkraften, vil være spesielt utsatt, og vanninntrenging i bygningene kan medføre fare for soppangrep og korrosjon av metaller.

Flom skyldes enten store mengder regn, kraftig snøsmelting, eller en kombinasjon av disse to faktorene. Høy fuktighet i jorda er også av stor betydning, spesielt for flom som skyldes mye regn. Dersom jorda allerede er mettet med vann, vil avrenningen bli større enn om jorda er tørr. En fremtidig økning i temperaturer vil medføre redusert snøfall og mer regn om vinteren i store deler av Norden, bortsett fra i nordlige og høytliggende strøk (Hygen, 2008). Ifølge flomscenariene, vil snøsmelteflommene om våren dermed generelt sett bli mindre (NVE, 2009). Regn- og vinterflommene vil derimot bli flere.

Verla tresliperi og pappfabrikk oversvømmes

Om lag 160 km nordøst for Helsingfors ligger tettstedet Verla, hvor Verla tresliperi og pappfabrikk ble bygget i 1872 inntil Mäntyharju fløtningslede. Skogsforedlingsindustriens anlegg ble lagt ved vassdrag og fossefall, hvor vannet både var kraftkilde og transportvei for tømmeret. I Verla hadde man også mulighet til å transportere det ferdige produktet med jernbanen, som ble bygget i 1870. Det gamle industriområdet står på UNESCOs verdensarvliste fordi det er en eneste velbevart eksempel på rural industriproduksjon av tremasse og papp, en virksomhet som blomstret i Nord-Europa rundt 1900. De produksjonsbygningene som står her i dag, er oppført i tegl på slutten av 1890-talet. Til industrisamfunnet hører også direktørbolig, badstue, kvern, samlingslokale og arbeiderboliger, oppført i tre.

Man har bygd kraftverk i Verla-fossen i flere omganger allerede fra 1920-tallet. Det nyeste kraftverket er fra 1994. Samtidig har man demmet opp vannet ovenfor fossen, noe som har resultert i et høyere vannivå. Det høye vannivået, i kombinasjon med økt nedbør, utgjør i dag en trussel mot verdensarvstedet Verlas bygninger. Frem mot midten av dette århundret forventes en økning i vinternedbøren på rundt 10 %, mens sommernedbøren vil reduseres.

Lange regnperioder er spesielt kritiske for Verla. Da stiger vannivået i kraftverkets renne høyt opp over vinduene i tresliperiet, og vann trenger inn i konstruksjonene. Høydereorder i vannivået har blitt notert stadig oftere de seneste årene. Forebyggende tiltak er blitt satt i verk, men risikoen for oversvømmelse er overhengende.



Oversvømt fabrikkbygning, Verla.

(Foto: Pertti Peltola, Verla Mill Museum)

Økt temperatur gir økt mengde vanddamp i atmosfæren, noe som øker sannsynligheten for flere lokale intense nedbørepisoder. Dette kan gi store flommer i små nedbørsfelt, mens større felt har en treghet som gjør at de berøres mindre av slike nedbørhendelser. Derfor vil flomfaren særlig øke for små vassdrag i bratte områder. Evnen til naturlig magasinering av regnvann i landskapet er mange steder redusert på grunn av drenering og urbanisering, noe som øker risikoen for flom.

Selv om kulturhistoriske bygninger kan få skader av flom,

tåler tradisjonelle materialer som tre, mur og stein bedre å bli utsatt for vann enn mange moderne bygningsmaterialer. Utettheter i eldre bygninger sørger dessuten for naturlig ventilering, noe som er en stor fordel med hensyn til opptørking av vegger og gulv etter vanninntrenging. Et engelsk forskningsprosjekt som har undersøkt tørkeprosesser i våte murvegger, bekrefter dette (Cassar and Hawkings (ed.), 2007). Gamle teglsteinsvegger består av diffusjonsåpne materialer, som naturlig tar opp og avgir fuktighet, og dette er en fordel ved opptørking etter blant annet flom. Ved hjelp av flomsonekart kombinert med geografiske kulturminnedata, vil det være mulig å kartlegge hvilke kulturminner som er utsatt for flomrisiko.

Vind

Det er stor usikkerhet knyttet til projeksjoner for fremtiden når det gjelder vind (Hygen, 2008). Det vil trolig kunne bli

noe kraftigere vind og økt stormaktivitet enn tidligere, og dette kan forårsake strukturelle skader på bygninger. Økte vindstyrker vil trolig særlig oppleves i vintermånedene, som er den tiden av året hvor man også forventer størst økning i nedbøren. Dette vil resultere i en økning i slagregn, altså regn som drives horisontalt inn mot bygningen og som medfører oppfukning av vegger og økt risiko for fuktrelaterte bygnings-skader. Ifølge Noah's Ark (2007) vil nordlige deler av Europa, og spesielt de nordatlantiske områdene, oppleve en fremtidig økning i slagregn. På den andre siden vil økt vind kunne bidra til å tørke ut fukt i bygninger når det ikke regner. Det er imidlertid vanskelig å si hvor stor denne positive effekten vil være i forhold til den negative effekten av en økning i slagregn.

2. Effekter av klimaendringer på arkeologisk materiale

Omgivelsene det arkeologiske materialet befinner seg i, har avgjørende betydning for hvordan materialet bevares. Når klimaet endrer seg, vil også bevaringsforholdene for arkeologisk materiale *in situ* kunne endre seg. Det er imidlertid mange usikkerheter knyttet til hvilke effekter man kan forvente seg og hvor store effektene vil bli. Klimaendringer vil også påvirke arkeologiske kulturminner på ulike måter, avhengig av om kulturminnene befinner seg i luft, i jord, i is og snø eller i vann. Dette vil ofte være av større betydning enn hvilket materiale de arkeologiske kulturminnene består av, og kapittelet om effekter av klimaendringer på arkeologisk materiale er derfor inndelt etter hvilken bevaringskontekst materialet befinner seg i.

2.1 Arkeologisk materiale over jord

Økte temperaturer vil redusere risikoen for frostsprenging i arkeologiske kulturminner i stein i sørlige og kystnære deler av Norden. I nordlige og høyereliggende strøk vil risikoen bli større. Mer nedbør vil medføre økt kjemisk nedbrytning av arkeologiske kulturminner i stein, mens økt biologisk vekst vil kunne forsterke den biologiske nedbrytningen. Antall stormskader vil trolig øke.

Arkeologisk materiale som finnes eksponert i dagen, er i hovedsak av stein, da mindre bestandige materialer relativt raskt brytes ned og forsvinner. Arkeologiske kulturminner som er bevart over jord er blant annet bygningsruiner og ulike typer gravminner, bergkunst og runesteiner. Disse kulturminnene utsettes for vær og vind, og klimaforholdene vil ha stor betydning for den fysiske og kjemiske forvitringen som foregår. Klimaet har dessuten en innvirkning på biologisk vekst på og rundt kulturminnene, noe som også kan bidra til nedbrytning av mur og stein.

Frostsprenging

Frostsprenging er trolig den viktigste formen for fysisk nedbrytning som arkeologiske kulturminner i stein er utsatt for i de nordiske landene. Selv om ruiner og bygninger er eksponert for samme type fysisk forvitring, vil ruiner kunne være enda mer utsatt fordi de mangler et beskyttende tak. Runesteiner, helleristninger, hule- og hellemalier er også sårbare for klimapåvirkning, siden selv mindre nedbrytning og avskalinger i overflaten gjør dem mindre leselige. Arkeologiske kulturminner i stein som ligger i sørlige og kystnære deler av Norden, vil på samme måte som stein- og murbygninger trolig utsettes for mindre frostsprenging frem mot slutten av dette århundret. I nordlige og høyereliggende strøk vil høyere vintertemperaturer føre til flere fryse/tine-hendelser og dermed større risiko for frostsprenging (Noah's Ark, 2007).

Kjemisk nedbrytning

Kjemisk nedbrytning er en annen årsak til forvitring av arkeologiske kulturminner av stein. Noen bergarter er mer utsatt for kjemisk nedbrytning enn andre. Nedbrytningen av marmor og kalkstein i Norden er beregnet av Noah's Ark (2007) til å øke noe i det kommende århundret på grunn av en forventet nedbørsøkning. En svensk studie av langsiktig forvitring av runesteiner har påvist at slik nedbrytning ikke foregår jevnt over tid (Löfvendahl et al., 2001). De 22 rune-steinene i studien representerte fire ulike bergarter – gneis, kalkstein, sandstein og granitt. Samtlige bergarter viste en skadeutvikling som gikk betydelig raskere de siste hundre årene eller så i forhold til de foregående århundrene. Etter lang tid med begrenset kjemisk forvitring, synes steinen å nå et punkt hvor forvitringen begynner å akselerere og en fysisk nedbrytning tiltar. Studien viser også at viktige ytre faktorer for nedbrytningen er fuktighet og fuktetid. Dette kan øke både den kjemiske forvitringen, den biologiske

Runesteinene i Jelling må beskyttes mot klimaet

Verdensarvstedet Jelling i Danmark rommer både en middelalderkirke, to kongegravhauger og to runesteiner fra vikingtid. Kirken er bygget over restene av tidligere trekirker som har stått på stedet. Stedet avspeiler ikke bare overgangen fra hedenskap til kristendom, men runesteinene omtaler også landets samling, innlemmelsen av Norge i riket og "danene" som folk. Gravhaugene sies å ha rommet kong Gorm den gamle og dronning Thyra, og skal være bygget av sønnen deres, kong Harald Blåtand. Runesteinene er plassert foran kirken under åpen himmel. Den lille steinen er satt av Gorm, og den store steinen av Harald Blåtand. Teksten på den store steinen lyder på nyere dansk: "Harald Konge bød gøre disse kumler efter Gorm sin fader og efter Thyra sin moder, den Harald, som vandt sig hele Danmark og Norge og gjorde danerne kristne". Den lille steinens tekst lyder: "Gorm konge gjorde disse kumler efter Thyra, kone sin, Danmarks pryd".

Runesteinenes bevaringstilstand vekker bekymring, og Nationalmuseet tok i 2006 initiativ til en omfattende undersøkelse som skulle vurdere steinenes tilstand og avklare hvordan de best kunne sikres for fremtiden. Rapporten fra dette arbeidet finnes på <http://www.natmus.dk/sw65205.asp>. Fuktighet i kombinasjon med svingninger i temperaturen rundt 0 °C har ført til frostsprenging, som ble identifisert som den viktigste skadefaktoren for de to runesteinene. På lang sikt vil den globale oppvarmingen føre til at Danmark vil oppleve færre fryse-

tine-hendelser. Kulturminner i stein vil derfor i fremtiden bli mindre utsatt for frostsprenging enn de er i dag. Dagens situasjon for de to runesteinene i Jelling vurderes imidlertid som henholdsvis "ytterst kritisk" og "bekymringsfull". Det er derfor besluttet å reise et vernebygg rundt de to Jelling-steinene som kan beskytte dem mot videre klimapåvirkning, samtidig som steinene ikke behøver å flyttes.



De to runesteinene i Jelling skal få et vernebygg. (Foto: Kulturarvsstyrelsen)

koloniseringen og fysisk nedbrytning i form av frostsprenging. Et fuktigere klima vil dermed trolig medvirke til økt kjemisk og biologisk nedbrytning av alle typer stein, mens omfanget skader som skyldes frostsprenging i tillegg vil avhenge av temperaturforholdene.

Biologisk nedbrytning

Biologisk nedbrytning av stein skjer gjennom påvirkning av planter eller dyr. Plantevekst er sterkt klimaavhengig, og vekstsesongen i sørlige deler av Norden har blitt lengre i de senere tiår (Nordic Council of Ministers, 2009). Økte temperaturer i fremtiden vil føre til ytterligere forlenging av vekstsesongen. Dette vil trolig forsterke problemer med gjengroing på og rundt arkeologiske kulturminner. En forskyvning av tregrensen oppover i høyden vil kunne innvirke negativt på arkeologiske felt som tidligere har vært frie for trær. Gjengroing kan både føre til at arkeologiske kulturminner blir mindre synlige, og til at flere skader, slik som rotsprenging, oppstår. Rotsprenging forårsakes av at planter eller trær slår rot i sprekker i steinen eller muren, og at de voksende røttene presser seg frem og skaper ytterligere oppsprekking. Planter og trær inntil kulturminner gir mer også fukt og dårligere opptørring av regnvann og dugg, og kan derfor bidra til fuktrelaterte skader som frostsprenging (Bjelland og Helberg (red.), 2006).

Stormskader

Ekstremvær kan ramme arkeologiske kulturminner på flere måter. Storm kan blant annet medføre rotvelter, det vil si trær som blåser overende slik at roten rives opp sammen med jord og stein. Når dette skjer i nærheten av arkeologiske kulturminner, kan disse komme til å skades. I Ribe amt i Vest-Jylland ble det etter en storm i desember 1999 registrert skader på 17 % av de arkeologiske kulturminnene som ble besøkt i skogsområder rammet av stormfall (Hertz og Andreassen,

2000). Skadene var til dels direkte forårsaket av stormen, og til dels av opprydningen etterpå. Da stormen Gudrun herjet over Sør-Sverige i januar 2005, felte den 75 millioner kubikkmeter skog og ødela samtidig kulturminner i stort omfang (Riksantikvarieämbetet, 2007). I det hardt rammede Kronobergs län ble over 3200 av lenets 11000 registrerte arkeologiske kulturminner skadet, deriblant over 1500 forhistoriske gravplasser. Disse eksemplene viser at stormskader på arkeologiske kulturminner kan være betydelige. Omfanget av stormskader på skog kan forventes å øke i fremtiden på grunn av klimaendringer (Solberg og Dalen (red.), 2007). Noe økning i frekvensen av sterk vind, våtere jord som gjør rotfestet dårligere, mindre tele i jorda og trekroner som er tunge av våt snø, vil medvirke til dette. Det er derfor rimelig å forvente en viss økning i antall arkeologiske kulturminner som skades eller ødelegges i forbindelse med stormfelling av trær.

2.2 Arkeologisk materiale i jord

Klimaendringer vil medføre endringer i vannbalansen i jorda, noe som kan innvirke både positivt og negativt på arkeologisk materiale. Økt havnivå, mindre havis i arktiske strøk, flere intense regnskyll og kraftigere vind vil kunne bidra til økt erosjon av arkeologiske felt.

Mange rester etter tidligere tiders bosetting, samferdsel, næringsvirksomhet og religiøs kult ligger begravd i jorda. I friluft vil organisk materiale raskt brytes ned, mens det i jorda kan bevares i lang tid når forholdene ligger til rette for det. Arkeologiske funn består derfor ikke bare av uorganisk materiale som stein, metaller og glass, men også av rester av blant annet treverk, bein, skinn og tekstiler. Selv om ulike materialer vil gjennomgå til dels ulike biologiske, fysiske og kjemiske nedbrytningsprosesser, bevares arkeologisk materiale generelt sett best i jord som er mettet med stillestående ferskvann. Også i umettet sone kan imidlertid vanninnholdet stedvis være såpass høyt at bevaringsforholdene er gode. Det er dessuten av stor betydning for bevaringen av arkeologisk materiale at miljøet det befinner seg i, er stabilt. Dersom miljøet forandres, vil den kjemiske balansen som har oppstått mellom objektet og miljøet omkring, forrykkes, noe som leder til en fornyet nedbryting. Klimaendringer kan få konsekvenser for arkeologiske kulturminner som er bevart i jord, blant annet gjennom endret vannbalanse i jorda, økt erosjon og flere ekstremværhendelser.

Nedbrytningsprosesser

Forskjellige typer arkeologisk materiale brytes ned på ulike måter. Treverk som ligger i jord kan raskt brytes ned av sopp, dersom det er tilgang på oksygen (Huisman (ed.), 2009). Hvis treverket ligger i våt jord som i perioder tørker ut, vil nedbrytningen av treverket forsterkes både av lengden på tørkeperiodene og av hvor hyppig de forekommer. I gjenstander av tre som ligger i oksygenfattig, vannmettet jord, kan bakterier bryte ned cellulosen, slik at til slutt bare celleveggene står igjen. Det vanntrukne arkeologiske trematerialet beholder formen sin i det ytre, selv om 50 til 80 % av tørrvekten kan være forsvunnet. Hvis treverket tørker, vil det smuldre opp og ødelegges i løpet av kort tid. Vannsirkulasjon synes å bidra sterkt til den bakterielle nedbrytningen, og treverk og annet organisk materiale bevares derfor best i jord mettet med stillestående vann. Metallgjenstander av jern, kobber og kobberlegeringer vil også bevares godt i vannmettet jord, på grunn av mangelen på oksygen. Saltholdig vann vil imidlertid medvirke til at disse metallene korroderer, og det samme vil et miljø med lave pH-verdier gjøre.

Endringer i vannbalansen

Når jord tørker ut, dannes det sprekker ned i jordlagene hvor oksygen kan slippe til. Ved tilførsel av oksygen vil mikroorganismer begynne å bryte ned organisk materiale, og metaller vil korrodere. Uttørring av jorda medfører derfor en akselerering i nedbrytningen av arkeologisk materiale. Vanninnholdet i jorda er med andre ord av avgjørende betydning for

bevaringsforholdene for de arkeologiske kulturminnene som ligger der. Vannbalansen i naturen bestemmes av nedbør, avrenning i bekker, elver og avløp, fordamping og magasinering. Hvor mye vann som magasineres, avhenger igjen av geologi, topografi og vegetasjon. Klimaendringene kommer til å påvirke vannbalansen i jorda, men ifølge FNs klimarapport (IPCC, 2007) finnes det likevel lite forskning på hvilke effekter dette vil ha på grunnvannet, som er en del av vannbalansen.

Hvis vannbalansen og grunnvannsforholdene endres, vil dette både kunne ha positive og negative effekter for bevaringen av arkeologisk materiale i jorda. I Norden ventes det generelt en økning i årsnedbøren i fremtiden. Dette vil kunne medføre høyere vanninnhold i jorda, noe som vil være positivt for de arkeologiske kulturminnene som ligger der. Samtidig vil en del områder i Norden få mindre sommernedbør, noe som kan tenkes å gi perioder med uttørring av jorda og økt nedbrytning av arkeologiske kulturminner som resultat. Forskningsresultater fra Massachusetts Institute of Technology (Chandler, 2008) viser at endringene i grunnvannsstanden kan bli mye større enn selve nedbørsendringene skulle tilsi. Studien viser både at en moderat økning i årsnedbør kan gi stor økning i grunnvannsreservoarene, og at en moderat reduksjon i årsnedbøren kan gi en dramatisk reduksjon av grunnvannet. De eksakte effektene av økt eller redusert nedbør er imidlertid avhengig av en rekke ulike faktorer, som jordsmonn, vegetasjon og når og hvor lenge det regner. Det vil derfor være store lokale variasjoner i klimaendringenes effekter på vanninnholdet i jorda, og dermed på bevaringsforholdene for arkeologisk materiale.

Erosjon



Middelalderruiner er truet av elveerosjon i Húsavík, Færøylene.

(Foto: Símun V. Arge)

Erosjon er en naturlig og alltid pågående prosess, der landmasser slites ned av bølger og havstrømmer, vind, rennende vann eller isbreer. Klimaendringer vil imidlertid kunne bidra til økt erosjon. Det globale havnivået forventes å stige i årene som kommer på grunn av økt avsmelting av iskapper og breer, og fordi vannets volum blir større når havene blir varmere. Et høyere havnivå vil kunne akselerere kysterosjonshastigheten (UNESCO World Heritage Centre, 2007). I Norden vil

Kirkjubður i hardt vær

Kirkjubður var Færøyenes bispesetet fra det ble opprettet tidlig på 1100-tallet og frem til det ble nedlagt i 1557. Etter 1153/54 hørte det under erkesetet i Nidaros. Her finnes i dag de eneste historiske levninger på øyene som kan sies å være av egentlig monumental karakter - bygninger og ruiner med pussede vegger murt opp av stein ved bruk av en lokal kalkmørtel. Monumentene representerer ikke Færøyenes tradisjonelle trebygningstradisjon, en trebygningsskulptur med bakgrunn i et norrønt miljø fra vikingtid og middelalder. Bygningene i Kirkjubður avspeiler i stedet deres forbindelse til den nordiske og internasjonale kirkeorden og det internasjonale samfunnet; de understreker betydningen og makten i dette kirkelige sentrum. Det var herfra de nordiske og europeiske kulturelle strømninger ble sluset inn i datidens færøyske samfunn.

De monumenter vi i dag knytter til bispesetet, omfatter for det første domkirkeruinen *Múrurin*, eller Magnuskatedralen, som ble oppført omkring år 1300. Dette er et høygotisk byggverk som knytter seg til vestnorsk kirkebygging fra samme periode. Videre finner man *sognekirken*, ofte kalt Olavskirken, øyenes eneste middelalderkirke som i dag er i bruk, oppført i det 13. århundre. Arkeologiske undersøkelser har påvist spor av eldre bygninger under og ved sognekirken. Ruinen av en kirke som ble oppført omkring 1420, *Likhús*, med tilknyttet kirkegård, er nå sterkt nedbrutt av kysterosjon. Ruinene av Bispegårdsanlegget viser et ca 2500 m² stort anlegg, bestående av to parallelle murede lengder som omslutter en steinbrolagt gårdsplass. Plassen var lukket av murer mot nord og sør. Østlengden var bispens residens, men vestlengden var en økonomibygning. Oppå østlengdens steinkjellere står i dag trebygninger fra middelalderen, oppført i laftekonstruksjon.

Nye undersøkelser og målinger av domkirkeruinens murverk har påvist naturlig nedbrytning av murverket på grunn av vær og vind, frost og opptining, blant annet forårsaket av inntrengende vann og fukt i åpninger i murverket. Tross bygningens plassering ved havet, er det imidlertid ingen tegn på saltproblemer i murverket. Rikelig med regn vasker av saltet fra sjøen. Klimaendringene vil likevel gjøre *Likhús'* murverk mer eksponert for vær og hav. Et fjellskred i 1772 førte til store ødeleggelser i bygda, og de varslede klimaendringene vil også medføre økt risiko for nye ras i fremtiden.

Kirkjubður har alltid vært utsatt for kysterosjon. Lokale sagn beretter for eksempel at Kirkjubø-holmen var landfast inntil en omfattende storm tidlig på 1600-tallet. At bygningene i dag ligger så tett ved kystlinjen, er også et tydelig vitnesbyrd om det samme. Derfor har det i nyere tid vært nødvendig med partielle kystsikringer. Med et stigende havnivå blir havet en økende trussel mot restene av det gamle bispesetet. Kirkjubður er for øvrig bare én av lokalitetene på Færøyene der kysterosjon må anses som et stort problem, da øyenes permanente bebyggelse alltid har vært kystnær.

I 2008 ble det utarbeidet en bevaringspolitikk som innebærer konservering og vedlikehold av ruinene. En form for tilpasning vil være ulike typer av kystsikring. En grunnleggende forutsetning for bevaringsarbeidet generelt er imidlertid en registrering av erosjonsutsatte områder der verdifull kulturarv står i fare for å gå tapt.



Kirkjubður med ruinen av kirken *Likhús* i forgrunnen, den hvite sognekirken til venstre og ruinen av Magnuskatedralen til høyre.

(Foto: Símun V. Arge)

de områdene som har liten eller ingen landheving, eller der landet synker, være spesielt utsatt. Disse områdene er omtalt i kapittel 1.5 i forbindelse med bygningsarv som er utsatt for kysterosjon. Mindre utbredelse av havis kan medvirke til økt kysterosjon i arktiske områder, noe som blant annet vil ramme en rekke forhistoriske boplasser på Grønland og nyere arkeologiske levninger etter hvalfangst og annen virksomhet på Svalbard og Jan Mayen. Selv om prognosene for vindforhold er usikre, finnes det indikasjoner på at man vil oppleve noe kraftigere vind i Norden i fremtiden (Hygen, 2008). Mer vind vil kunne øke erosjonen av arkeologiske felt ved kysten og på utsatte, tørre steder med tynt jordlag (Blankholm, 2009). Mye nedbør og kraftig vind kan også utløse skred, som i enkelte tilfeller kan ramme arkeologiske kulturminner. Økt frekvens av voldsomme regnskyl vil medføre økt erosjon av arkeologiske

felt (English Heritage, 2008). Flommer kan ødelegge arkeologiske strukturer og vaske ut jorda langs elveleier og bekkefar. Erosjon kan avdekke nye arkeologiske funn, men dette materialet vil til gjengjeld stå i fare for å erodere bort i løpet av kort tid.

Saltpåvirkning

Salt akselererer korrosjonen av gjenstander av både jern, kobber og kobberlegeringer (Huisman (ed.), 2009). Med et stigende havnivå og økt forekomst av stormflo kan saltvann som trenger ned i grunnen påvirke arkeologisk materiale. Dersom klimaendringene kommer til å skape mer svingninger i vintertemperaturer rundt 0 °C med økt behov for veisaltning som resultat, vil salt fra veiene også kunne skade arkeologiske kulturminner, spesielt metallgjenstander (Berghäll and Pesu, 2008). Det svenske forskningsprosjektet «Fynd och miljø»

(Nord och Lagerlöf, 2002) har undersøkt ca 4500 bronse- og jerngjenstander i museumsmagasiner og 300 nyutgravde metallfunn. Resultatene viser at nedbrytningen av metaller i jorda har økt, og at gjenstander som graves ut i dag, er generelt mer korroderte enn de som ble gravd ut for 50 – 100 år siden. Saltpåvirkning er én av mange faktorer som har bidratt til denne utviklingen, som likevel generelt sett synes å være mer påvirket av menneskelig aktivitet enn av klimaendringer.

2.3 Arkeologisk materiale i frossen jord og snøfonner

Økte temperaturer medfører tining av permafrost og vil gjøre bevaringsforholdene for arkeologisk materiale i arktiske strøk vesentlig dårligere. Smelting av snøfonner vil avdekke nye arkeologiske funn.

Arkeologiske kulturminner som ligger i frossen jord eller nedfrosset i snø og is kan bevares svært godt i lang tid. Dersom grunnen eller isen tiner, vil det få store konsekvenser for dette arkeologiske materialet. I tillegg til redusert permafrost og avsmelting av fonner og breer, kan mindre vinterteile i bakken også være av betydning for bevaring av arkeologiske kulturminner.

Tining av permafrost

I Norden finnes permafrost først og fremst på Grønland og på Svalbard, men også i høytliggende fjellområder i Skandinavia. På Svalbard har man i utgravninger funnet lik fra 1600-tallet

som fortsatt hadde rester av hud og hår intakt (Barr, 2009). Likene hadde dels blitt frysetørret i det kalde, tørre klimaet og dels blitt bevart i permafrosten. De arktiske områdene er den delen av kloden hvor den globale oppvarmingen er sterkest og hvor den største økningen i temperaturen forventes. Det kan allerede observeres avsmelting av innlandsisen på Grønland, mindre utbredelse av havis, og oppvarming av permafrost-områder (Hygen, 2008). Et varmere klima vil gi et dypere aktivt lag som tiner om somrene, og dette vil gjøre bevaringsforholdene for arkeologisk materiale vesentlig dårligere. Når jordlagene ikke er frosne, skjer det også lettere utrasninger av kulturlag i skråninger.

Avsmelting av snøfonner

Høyere temperaturer har ført til en avsmelting av isbreer og snøfonner i høyalpine områder både i Norden og andre steder i verden de senere årene. Dette har resultert i en rekke funn av arkeologisk materiale på og ved snøfonner (Farbregd, 2009; Finstad og Pilø, 2010). I tilknytning til isbreer er det derimot gjort få funn, siden breenes bevegelser i stor grad vil ha ødelagt det arkeologiske materialet. På Grønland og Island har avsmeltingen hittil ikke medført dokumenterte arkeologiske funn. I høyfjellet i Sør- og Midt-Norge er det derimot funnet flere hundre gjenstander, og i de nordligste delene av Skandinavia er det også gjort enkelte funn. I Jukkasjärvi i Nord-Sverige er det for eksempel funnet to komplette piler.

Funnene er først og fremst knyttet til reinjakt, og består i stor grad av piler og pilskaft. Det er også funnet en rekke pinner med en løs trespon eller annet som kunne bevege seg

Ilulissat Isfjord i et varmere klima

Qajaa på Grønland er et eksempel på hvordan permafrost kan sikre perfekte bevaringsforhold for arkeologisk materiale. Plassen inngår i verdensarvområdet Ilulissat Isfjord og rommer opp mot 3,5 meter tykke lag med rikholdig materiale fra hele Grønlands historie gjennom de siste 4000 år. Hovedparten av kulturlagene er stadig frosne, men plassen ligger så lavt at havet når helt opp til den ved høyvann. Det gir en fysisk erosjon av kulturlagene, spesielt når saltet fra havvannet tiner lagene, så de blir mindre motstandsdyktige enn frosne lag. Prognosen for det fremtidige klimaet i Qajaa tilsier at temperaturen vil være steget med 3–4 °C i 2050, det vil komme mer nedbør, havnivået vil stige med ca 50 cm, mens landhevingen er usikker – forhåpentlig vil den være mer enn 50 cm. Hvilke effekter dette vil ha på bevaringsforholdene, er ennå usikkert. På den ene siden vil temperaturstigningen trolig få plassen til å tine på et tidspunkt, hvilket kan gi økt fysisk erosjon og medføre at noe av vannet vil drenere ut av kulturlagene. På den andre siden kan landhevingen kanskje heve plassen så mye at den fysiske erosjonen blir mindre, og den økte nedbøren kan kanskje holde lagene vannmettede. Effekter på bevaringsforholdene blir undersøkt gjennom tre år fra og med sommeren 2009 i et overvåkningsprogram koordinert av Nationalmuseet (http://nordligeverdener.natmus.dk/forskningsinitiativer/projektoversigt/klimaaendringer_og_koekkenmoeddingar_naar_permafrosten_for

svinder/). Formålet er å vurdere om plassen skal eller kan beskyttes, eller om den bør utgraves før det er for sent. Problemene med havnivåstigning, tining av permafrost og fysisk erosjon av kulturlag er langt fra unike for Qajaa, men rammer en lang rekke steder i Grønland.



Plassen ved Qajaa rommer metertykke kulturlag hvor permafrosten inntil nå har sikret svært gode bevaringsforhold.

(Foto: Henning Matthiesen)

i vinden, bundet til toppen. Disse skremmepinnene ble satt ned i snøen for å skremme og lede reinen i en bestemt retning under jakten. I tillegg er det funnet enkelte trespader til å grave ned kjøttet med, et sverd, en lærsko og noen rester av tekstiler. I områder med slike løsfunn, finnes også gjerne buestillinger som skytterne har skjult seg bak. Funnene stammer fra ulike tidsepoker, og de eldste er C14-datert til å være rundt 4000 år gamle. I tillegg til å være arkeologisk materiale av stor vitenskapelig verdi, er funnene også en klimahistorisk kilde, som blant annet kan gi kunnskap om snøfonnens utbredelse til ulike tider. Gjenstandene består i hovedsak av organisk materiale, og når disse kommer frem i dagen, er de utsatt for hurtig nedbrytning. De vil derfor raskt forsvinne dersom de ikke blir funnet og sikret. Klimaendringene, med prognoser om økende temperaturer, indikerer at isbreer og snøfonner vil fortsette å smelte, og at mange etter hvert vil forsvinne helt. Det kan derfor forventes at et stort antall sårbare kulturminner vil komme til å smelte frem i nær fremtid.

Mindre vintertele

Vintertele i bakken kan også beskytte arkeologiske kulturminner. I skogsområder har arkeologisk materiale i jorda vært forskånet mot ødeleggelser forårsaket av tunge skogsmaskiner når bakken har vært frossen vinterstid (Berghäll and Pesu, 2008). Mildere og våtere vintre uten frost i bakken kan komme til å medføre flere ødeleggelser på arkeologiske kulturminner i blant annet skogsområder.

2.4 Arkeologisk materiale under vann

Spredning av pælemark, forsuring av havene og økt erosjon er mulige effekter av klimaendringene som kan påvirke arkeologiske kulturminner i saltvann. I elver og ferskvann kan økt erosjon og høyere temperaturer få betydning.

Kulturminner under vann vil trolig også bli påvirket av klimaendringene, selv om vi i dag vet for lite om hvordan dette vil skje. Dersom temperaturøkninger i havet fører til spredning av pælemark, vil dette være alvorlig for marinarkeologisk materiale av tre. Forsuring av havene som følge av CO₂-utslipp er en annen faktor som kan påvirke kulturminner under vann. Dessuten vil klimaendringene kunne innvirke på bølger og strømmer som medfører erosjon og fysiske belastninger på skipsvrak, oversvømte boplasser og andre kulturminner på sjøbunnen. Arkeologisk materiale i og ved elver og vann vil kunne påvirkes blant annet av flom.

Endringer i havtemperatur og saltinnhold

Klimaendringene fører ikke bare til varmere lufttemperaturer, men også til en oppvarming av verdenshavene (Hygen, 2008). Dette vil påvirke økosystemene i havet, noe som også kan få betydning for kulturminner på sjøbunnen. Et eksempel på dette, er muligheten for at varmere vann kan gi bedre livsvilkår for skadedyr som pælemark, som kan tenkes å utvide leveområdene sine eller gi kraftigere angrep der den allerede finnes.

Pælemark eller pæleorm er ormlignende muslingdyr som

lever av treverk i saltvann, og som borer lange ganger i treverket som kan skade eller ødelegge konstruksjoner totalt. Denne muslingfamilien omfatter mange forskjellige arter, hvorav bare noen få finnes i de nordiske farvannene. Det finnes i dag pælemark langs kystene i Danmark, Sør-Sverige og Norge, på Island og Færøyene, mens det aldri har vært observert pælemark langs den finske kysten (Didžiulis, 2007). Det er heller ikke etablert noen selv-reproduserende bestand på Grønland, selv om det er gjort funn av enkeltteksemplarer.

Pælemark utgjør en stor trussel mot arkeologiske kulturminner i tre alle steder der den er utbredt. Østersjøen er ett av få hav i verden som har vært spart for ødeleggelser forårsaket av pælemark, da saltinnholdet i vannet er for lavt til at den kan leve der. Derfor ligger det spesielt mange godt bevarte skipsvrak i disse farvannene. Det finnes imidlertid klare tegn på at det foregår en gradvis introduksjon av pælemarken *Teredo Navalis* til sørlige deler av Østersjøen (WreckProtect, s.d.). Forskningsprosjektet *WreckProtect* skal blant annet undersøke om dette kan skyldes endringer i klimaet, for eksempel i form av økte vanntemperaturer og økt innstrømming av saltvann fra Nordsjøen. Prosjektet skal samle inn data på miljøfaktorer som temperatur, saltinnhold, oppløst oksygen og strømforhold, og kartfeste dette i GIS. Formålet er å lage et verktøy for å vurdere potensiell spredning av pælemark og påfølgende nedbrytning av arkeologiske kulturminner i tre.

Hvordan saltinnholdet i Østersjøen utvikler seg, er imidlertid omstridt. Ifølge Det europeiske miljøbyrået (2009) har saltinnholdet i Østersjøen gått jevnt ned siden midten av 1980-årene på grunn av mer nedbør og mindre innstrømming fra Nordsjøen til Østersjøen. Prognosene for havklimaet i Østersjøen skal være at denne trenden fortsetter. Dette skulle indikere at klimaendringene vil bidra til å *forverre* levevilkårene for pælemark i Østersjøen. Teknologisk Institutt (2010) i Danmark angir flere mulige årsaker til spredningen som ikke er klimarelaterte, blant annet at vannet i Østersjøen er blitt renere.

Det er altså foreløpig høyst usikkert hva spredningen av pælemark skyldes, og hvilken rolle klimaendringene spiller. Resultatene fra *WreckProtect*-prosjektet vil foreligge i 2011 og vil forhåpentligvis bidra til bedre forståelse av pælemarkens spredning og mulige konsekvenser for kulturminner under vann. Et annet ubesvart spørsmål er om økte temperaturer i havet kan ha påvirkning på den nordlige utbredelsen av pælemark, slik at enkelte arter vil kunne spres nordover i de nordatlantiske farvann, til for eksempel Grønland og Svalbard.

Forsuring av havet

Utslipp av CO₂ til atmosfæren fører til forsuring av havene, fordi store mengder av gassen oppløses i havvannet som karbonsyre (Børshiem og Golmen, 2010). Middelveiden for pH i havet har i mange millioner år ligget på litt over 8,0. Siden industrialiseringen har pH-verdien blitt redusert med 0,1. Prognosene indikerer en ytterligere reduksjon på inntil 0,5 i norske og arktiske havområder innen utgangen av dette århundret, et nivå som sannsynligvis ikke har eksistert de siste 20 millioner år. Kaldt sjøvann kan løse større mengder CO₂ enn varmt vann, og det vil derfor bli mer forsuring i farvannene i Norden, og spesielt i polare og subpolare strøk, enn

lenger sør. Når pH-verdien går ned, øker løseligheten av kalk. Surere hav vil derfor trolig gi store økologiske effekter, blant annet for skjell, skalldyr og alger som danner skall hovedsakelig bestående av kalk. I arkeologisk sammenheng kan forsuringen utgjøre en trussel mot oversvømte kjøkkenmøddinger eller skjelldynger på sjøbunnen (Blankholm, 2009). Brytes kalkinnholdet i slike møddinger ned, forsvinner også det organiske materialet som de bevarer. Arkeologiske gjenstander med alkalisk innhold, for eksempel bein og horn som ligger i kalkgryte på oversvømte bosteder, vil også kunne påvirkes negativt av at havet forsures.

Erosjon av havbunnen

Erosjon foregår ikke bare på land og ved kysten, men også under havoverflaten, hvor bølger og strøm fjerner og flytter på masser (Nymoen og Nævestad, 2006). Dette bidrar til nedbrytning av skipsvrak og andre kulturminner på havbunnen, og arkeologisk materiale i områder med stor strøm- og bølgeaktivitet er mest utsatt. Prognosene for fremtiden indikerer at det vil bli en viss økning i stormaktiviteten, selv om dette er heftet med usikkerhet (Hygen, 2008). Klimaendringer vil

også kunne føre til endringer i havstrømmer. Dette vil kunne påvirke den undersjøiske erosjonen og forflytninger av masse, og vil kunne medføre større mekaniske belastninger på en del arkeologisk materiale. Det er imidlertid vanskelig å forutsi hvor og hvordan dette vil foregå, og hvor stor innvirkning eventuelle endringer i strøm- og bølgeaktivitet vil ha på arkeologiske kulturminner under vann.

Endringer i ferskvann

En fremtidig økning i korte, intense regnskyll kan gi store flommer i små nedbørsfelt, som tidligere omtalt i kapittel 1.6. Derfor vil flomfaren særlig øke for bekker og mindre elver i bratte områder. Det vil generelt sett bli mindre snøsmelteflommer om våren i store deler av det nordiske området, mens det vil bli flere regn- og vinterflommer. Flom i elver og vassdrag kan erodere arkeologiske felt, som det ofte finnes mye av langs elvebredder (Blankholm, 2009). Samtidig vil avsetning av masser som forflyttes av flomvannet kunne påvirke andre arkeologiske kulturminner. Høyere temperatur i vann og i myrer kan også tenkes å påvirke bevaringsforholdene for arkeologisk materiale i negativ retning.

3. Effekter av klimaendringer på kulturmiljø og landskap

Klimaendringene vil kunne bidra til endringer av kulturmiljøer og landskap slik vi kjenner dem. Rurale landskap er bærere av kulturhistorie som i stor grad er knyttet til primærnæringene. Når disse landskapene endres, for eksempel ved at beitemarker og setergrunder gror igjen, vil både det biologiske artsmangfoldet i disse kulturmiljøene påvirkes og opplevelsesverdien endres. Hvor mye klimaendringene bidrar i disse prosessene, er imidlertid gjenstand for diskusjon. Byer og tettsteder har på sin side en del karakteristiske trekk som kan gjøre dem spesielt sårbare for klimaendringer.

3.1 Økt biologisk vekst

Et varmere klima vil påvirke kulturmiljøer og landskap gjennom en forlenget vekstsesong, forskyvning i vegetasjonssoner og endringer i artsmangfold og artssammensetning.

Forlenget vekstsesong

I rapporten «Signs of Climate Change in Nordic Nature» (Nordic Council of Ministers, 2009) er det identifisert et sett av fjorten forskjellige klimaindikatorer som kan benyttes til å måle og evaluere klimaendringene i den nordiske naturen. To av disse indikatorene gjelder endringer som er av stor betydning for landskap og kulturmiljøer, nemlig lengre vekstsesong og endringer i tregrenser.

Vekstsesongen i sørlige deler av Norden har ifølge denne rapporten blitt inntil fire uker lengre i perioden 1982 – 1999.

Tallene er basert på tolkning av satellittbilder. Sesongen er blitt mest forlenget i Danmark, Sør-Sverige, sørvestlige deler av Finland og kystnære områder i Sør-Norge. Tendensen finnes imidlertid overalt, bortsett fra i enkelte høytliggende strøk i nord, hvor økte snømengder har forkortet vekstsesongen noe. Lengden på vekstsesongen kan også måles som antall døgn med middeltemperatur over 5 °C (Hanssen-Bauer et al, 2009). I Norge viser slike målinger at vekstsesongen i perioden 1979–2008 har blitt mellom en og to uker lengre over mesteparten av landet, sammenlignet med normalperioden 1961–1990.

Klimaet er en viktig forutsetning for plantevekst, og lengden på vekstsesongen har stor betydning for primærproduksjonen. En fortsatt økning i temperaturer vil forlenge vekstsesongen ytterligere og endre forutsetningene for vekst og utbredelse av ulike typer vegetasjon i de nordiske landskapene. En lengre vekstsesong innebærer også at sesongen for skjøtsel av vegetasjonen i kulturmiljøer, i historiske hager og på arkeologiske felt kommer til å forlenges, og at kulturmiljøer som ikke skjøttes, raskere vil gro til.



Mange kulturmiljøer i tilknytning til seterdrift og beitemark er i ferd med å gro igjen. Vibyggerå, Ångermanland.

(Foto: Bengt A. Lundberg © Riksantikvarieämbetet)

Forskyvning i vegetasjonssoner

Endringer i skoggrensene og andre vegetasjonssoner er en annen effekt av klimaendringene som vil ha betydning for kulturmiljøer og landskap. Ifølge ACIA-utredningen (Arctic Climate Impact Assessment, 2005) kan den varslede økningen i temperaturer i fremtiden forventes å føre til en forflytning av klimasonene nordover og oppover i høyden. Dette vil sannsynligvis bety at det boreale barskogbeltet også vil flytte seg nordover og oppover i høyden, mens bjørkeskog

vil okkupere store arealer som i dag er snaufell. I Arktis er de viktigste vegetasjonssonene den polare ørkenen, med svært lite vegetasjon, tundraen med sine buskvekster, og den nordlige barskogen. Et varmere klima vil trolig føre til en forskyvning i grensene mellom disse sonene, slik at skogene vokser inn på den arktiske tundraen, og tundraen utvider seg i retning av den polare ørkenen.

Utbredelse av vegetasjon og skog er imidlertid ikke bare klimaavhengig, men også i stor grad avhengig av menneskelig aktivitet. Seterdrift og beiting, samt hogst i forbindelse med tradisjonelt skogbruk, gruvedrift og anleggsarbeid har vært vesentlig for utviklingen av skoggrensene. Mange steder har dette ført til en senking av skoggrensene til langt under den klimatiske grensen for mulig trevekst. Det er derfor viktig å skille mellom den klimatiske eller potensielle skoggrensen og den empiriske eller aktuelle skoggrensen. Eksempler på spesielt sterk kulturpåvirkning på skogvekst i Norden, finner vi på Island og i Danmark. Da landnåmet på Island tok til for 1100 år siden, var store deler av landet dekket av bjørkeskog. Gjennom hundreår med hard beskatning ble landet for det meste avskoget, slik vi kjenner det i dag. Danmark har, i motsetning til de andre nordiske landene, ingen klimatiske grenser for naturlig skogvekst. Landet har i sin tid vært dekket av trær, men ukontrollert hogst og rydding til landbruk reduserte skogen til bare 2–3 % av landets areal rundt år 1800. Etter dette har man imidlertid reetablert relativt store skogarealer. Selv i det relativt skogrike Sør-Norge er fortsatt omkring 20 % av landet avskoget (Bryn and Debella-Gilo, 2010), i tillegg til

Gjengroing på Þingvellir

Þingvellir har en stor historisk og symbolsk betydning for det islandske folket. Det var her det islandske Alltinget, en sammenslutning av høvdinger og representanter fra hele Island, ble stiftet år 930. Alltinget ble holdt i to uker hver sommer inntil slutten av 1700-tallet. Her var også Islands første offisielle domstol, der man dømte i alt fra jordtvister til slektsfeider. På Þingvellir kan fortsatt mange kulturminner fra Alltingets tid ses, blant annet ruiner av omkring femti boder bygd av torv og stein. Man ser også restene av 1800-tallets jordbrukslandskap, og Þingvalla kirke og gård. Þingvellir står i dag på UNESCOs verdensarvliste under kategorien kulturlandskap.

Klimaendringene forventes å føre til 1 °C høyere middeltemperatur på Island i løpet av de neste 40 årene. Dette vil gi lengre somre, noe som kan lede til økt plantevekst og skog med høyere og større trær. Ett av Þingvellirs fremste kjennetegn er den naturlige fjellbjørkskogen som vokser i området. Vegetasjonen er for det meste lavreist og består av lave bjørketrær, mose, lyng og små busker. Hvis temperaturen øker og vekstperioden blir lengre, kan nye arter av trær og planter få fotfeste. Planteveksten på Þingvellir har allerede økt som følge av at det ikke lenger beites på området. Sammen med økt vekst på grunn av temperaturøkning, kan dette føre til store forandringer av landskapet. Da er det en stor risiko for at de lave kulturminnene bestående av torv og stein blir overvokste og vanskelige å se, og at vekstenes rotsystemer kan påføre ruinene skade.

Ledelsen for Þingvellir nasjonalpark har derfor utarbeidet retningslinjer for håndteringen av vegetasjon på tingstedet. Arter som ikke tilhører den naturlige floraen på stedet blir fjernet, og trær og andre vekster som kan ødelegge kulturminner eller gjøre dem vanskelige å se, holdes under oppsyn.



Det vokser både naturlig fjellbjørk og innført gran i Þingvellir nasjonalpark.

(Foto: Ville Miettinen. Lisens: Creative Commons)

arealene som utgjøres av byer og tettsteder.

Klimaet setter grenser for utbredelsen av ulike treslag. Mens edelløvskog bare kan vokse i sørlige deler av Norden, finnes fjellbjørkeskogen i nordlige og høytliggende strøk, grensende mot områder hvor klimaforholdene ikke tillater trær å vokse. I grenseområder mellom skog og snaufjell og i tidligere åpne enger og landskap foregår det i dag en tilgroing i Skandinavia og Finland. Også på Island gjenerobrer fjellbjørka arealer, mye på grunn av nedgangen i sauehold og beiting. Hvor stor effekt den globale oppvarmingen har for tilgroingen, er usikkert. Studier av effekter av klimaendringer på endring av skogsgrenser i Norden har kommet til ulike resultater (Bryn, 2008). Mens noen finner lite belegg for at den klimatiske grensen for skogvekst har endret seg, mener andre å påvise at de klimatiske høydegrensene for ulike treslag har økt de senere tiårene. En rekke nyere studier har forsøkt å skille mellom effekten av et varmere klima og effekten av redusert beite og hogst, når den pågående gjengroingen skal forklares. I en studie av et område i Sørøst-Norge (Bryn, 2008), er konklusjonen at økningen av tregrensene de seneste tiårene i hovedsak skyldes reetablering av skog etter at tidligere seterdrift har opphørt. Inntil i dag er det bare etablert skog i ubetydelige områder over den øvre potensielle skoggrensen for normalperioden 1961–1990 i det undersøkte området. Det påpekes likevel at dette kan indikere en begynnende effekt av klimaendringene.

Endringer i artsmangfold og artssammensetning

Klimaendringene vil kunne få konsekvenser både for enkeltarter av planter og dyr, og for hele økosystemer. Nye arter kan forventes å etablere seg i områder de ikke har vært å finne tidligere, mens andre arter vil forflytte seg eller bli fortrent. I forbindelse med *Internasjonal Tundra Experiment*, et prosjekt under det internasjonale polaråret, er det gjort en metaanalyse av eksperimenter med plantevekst i tundraområder (Walker et al., 2006). Analysen baserer seg på studier fra blant annet Island, Svalbard, Nord-Sverige og høyfjellet i Sør-Norge. Resultatene viser at endringer i vegetasjonen ved økte temperaturer kom raskt og ble observert allerede etter to vekstsesonger. Med en økning i lufttemperaturer på 1 – 3 °C økte høyden og dekket av busker, kratt og gress. Samtidig gikk dekket av mose og lav tilbake, og artsrikdommen ble redusert.

I landskap som er preget av langvarig dyrkning og bruk av inn- og utmark har det oppstått et rikt biologisk mangfold som er kulturbetinget. Blant annet viser dette seg i en stor artsrikdom av gress og urter i slåttenger og beitemarker. Mange truede plantearter i Norden finnes i disse biotopene. Endringene i disse kulturmiljøene skyldes først og fremst nye driftsformer i landbruket. Klimaendringer kan imidlertid forsterke endringsprosesser som tilgroing, redusert artsmangfold og naturlig spredning av nye arter (Framstad et al., 2006). Et varmere klima vil også trolig medføre at nye og mer varmekjære arter introduseres både i landbruket og i grøntanlegg.

Endringer i beiteforhold

Et varmere klima og lengre vekstsesong vil medføre endringer i beiteforhold både for rein og andre beitedyr. Nord i Skandinavia og Finland finnes det store områder hvor kulturmiljøer og landskap er preget av reindrift. Dersom klimaendringene kommer til å endre beiteforholdene for reinen, påvirkes selve grunnlaget for reindriften, som utgjør en vesentlig del av samisk kultur og identitet. En rapport fra forskningsinstituttet Norut Alta (Lie et al., 2008) identifiserer flere økologiske effekter av et mildere klima som vil ha både positive og negative følger for reindriften. På den ene siden vil gjengroing av åpne heier og en heving av skoggrensene redusere beiteområdene for reinen. Dessuten vil ustabile vintre med hyppigere fryse/tine-sykluser som medfører is på bakken, kunne gjøre beiteforholdene dårligere vinterstid. På den andre siden vil lengre vekstsesong forbedre beiteforholdene. Sjønære områder med vintertemperaturer over 0 °C vil med økte vintertemperaturer også gi bedre beite. Disse endringene i beiteforholdene vil kunne påvirke arealbruken i reindriften. Dette vil kunne få konsekvenser for kulturmiljøer og landskap tilknyttet de samiske samfunnene som har reindrift som næringsgrunnlag.

3.2 Effekter av ekstremværhendelser

Hyppigere forekomster av ekstrem vind og nedbør, samt langvarig tørke, vil gi økt risiko for skade på kulturmiljøer og landskap. Urbane landskap kan være spesielt sårbare overfor klimaendringer på grunn av tette gategulv, utilstrekkelige avløpssystemer og beliggenhet ved vann.

Ekstrem vind og nedbør

Ekstremvær kan gjøre stor skade på landskap og kulturmiljøer. Da stormen Gudrun raste over Sør-Sverige i januar 2005, felte den skog tilsvarende over ett års normal avvirkning i hele landet. Også Danmark ble rammet av den samme stormen, om enn i mindre grad. Som tidligere beskrevet i kapittel 2.1, vil omfanget av stormskader på skog trolig komme til å øke i fremtiden, spesielt høst- og vinterstid, på grunn av klimaendringer. Vær, vann og vind eroderer kontinuerlig jord og fjell og fører til gradvise endringer av landskapet. Mer ekstremvær kan føre til flere akutte endringer, i form av stormskader eller skred. Økte forekomster av flom kan påvirke bygninger og infrastruktur, som beskrevet i kapittel 1.6, men også landskapet som helhet.

Urbane landskap vil påvirkes av klimaendringer på flere måter. Tett bebyggelse og et gategulv som i stor grad er dekket av asfalt, stein og betong, hindrer regnvann å trenge ned i grunnen. Byer og tettbygde strøk er derfor spesielt sårbare for ekstreme nedbørhendelser. Overflatevannets løp i bylandskapet håndteres ved hjelp av et avløpsnett, og en fremtidig økning i ekstreme nedbørhendelser vil kreve større dimensjonering av avløpssystemene for at ikke vannet skal komme på avveier og forårsake skader. Det er imidlertid en positiv

tendens i senere års byplanlegging til å gjenscape områder hvor naturlig fordøyning av regnvannet kan foregå, og åpne opp bekker som har vært lagt i rør. Dette gjøres i flere byer i Norden i dag og bidrar ikke bare til å håndtere økt nedbør og flere intense nedbørshendelser, men er også med på å skape gode bymiljøer.

Langt de fleste byer ligger ved kysten, og de som finnes i innlandet, ligger som oftest ved elver eller store innsjøer. Beliggenheten ved kysten vil gjøre en del byer sårbare overfor havnivåstigning og økte stormflomål, mens byer som ligger ved elver kan være utsatt for flom. Spesielt sårbare er urbane landskap og kulturmiljøer som både ligger ved sjøen og ved utløpet av en elv, fordi elveflom kan oppstå samtidig med stormflo og forårsake oversvømmelser fra to kanter.

Tørke og brann

Flere tørkeperioder kan i følge FNs klimarapport (IPCC, 2007) i en global sammenheng medføre flere skogbranner i fremtiden. Tørke og brann kan berøre både landskap og kulturmiljøer. Tørkeperioder gir ikke bare økt risiko for skogbrann, men også for brann i trehusmiljøer av kulturhistorisk verdi. I Norden vil klimaendringene generelt føre til mer nedbør, men i en del områder vil somrene bli tørrere (Hygen, 2008). Dette gjelder først og fremst for Danmark, Sørøst-Norge og områdene rundt og nord for Bottenviken. I disse områdene vil brannfaren i fremtiden kunne øke etter perioder med tørke i sommermånedene.

Litteraturliste del 1

Arctic Climate Impact Assessment ACIA (2005): *Landskapet endrer seg. Faktaark 3 fra ACIA-utredningen*. Tilgjengelig online: http://acia.cicero.uio.no/acia_faktaark_3_landskapet_endrer_seg.html (Lest: 27.04.2010)

Arge, Símun V. (2009): Hækkandi hav kann hótta føroysk fornminni. *FRØÐI 2*. Tórshavn, Føroya Fróðskaparfelag. S. 4-11.

Arge, Símun V. (2010): *Klimaendringer på Færøerne: Stigende hav kan true færoiske fortidsminder*. Tilgjengelig online: <http://www.ra.no/?module=Articles;action=Article.publicShow;ID=115790> (Lest: 28.04.2010)

Aunan, Kristin and Bård Romstad (2008). Strong coasts, vulnerable communities: Potential implications of accelerated sea-level rise for Norway. *Journal of Coastal Research*, 24 (2). S. 403-409.

Barr, Susan (2009): Protecting Cultural Heritage and Community Roots. *Climate Change and Arctic Sustainable Development: scientific, social, cultural and educational challenges. International Experts Meeting 3-6 March 2009, Monaco*. UNESCO. S. 144-153.

Berghäll, Jonna and Minna Pesu (2008): *Climate Change and the Cultural Environment. Recognized Impacts and Challenges in Finland*. The Finnish Environment 44/2008. Helsinki, Ministry of the Environment.

Bjelland, Torbjørn og Bjørn Hebba Helberg, red. (2006): *Bergkunst. En veiledning i dokumentasjon, skjøtsel, tilrettelegging og overvåking av norsk bergkunst*. Oslo, Riksantikvaren.

Blankholm, Hans Peter (2009): Long-Term Research and Cultural Resource Management Strategies in Light of Climate Change and Human Impact. *Arctic Anthropology*, Vol. 46, Nos. 1-2. S. 17-24.

Bryn, Anders (2008): Recent forest limit changes in south-east Norway: Effects of climate change or regrowth after abandoned utilisation? *Norwegian Journal of Geography*, Vol. 62. S. 251-270.

Bryn, Anders and Debella-Gilo, Misganu (2010): GIS-based prognosis of potential forest regeneration affecting the Norwegian tourism landscape. Akseptert for publisering i *Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism*.

Børshheim, Knut Yngve og Lars Golmen (2010): *Forsuring av havet. Kunnskapsstatus for norske farvann*. Tilgjengelig online: http://www.imr.no/filarkiv/2010/02/havforsuring_ta_rapport_2575_2009-endelig.pdf/nb-no (Lest: 27.04.2010)

Cassar, May and Chris Hawkings, ed. (2007): *Engineering Historic Futures. Stakeholders Dissemination and Scientific Research report*. London, UCL.

Chandler, David (2008): *Water supplies could be strongly affected by climate change*. Tilgjengelig online: <http://web.mit.edu/newsoffice/2008/agu-groundwater-1218.html> (Lest: 20.04.2010)

Dam, Claus (2009): *Kysterosion målt ved Mårup Kirke ved den jyske vestkyst, Danmark*. Upublisert, Kulturarvsstyrelsen. (E-post fra Anne N. Jørgensen til Anne Kaslegard 05.02.2009)

Det europeiske miljøbyrået (2009): *Som en fisk på land - Havforvaltning i et klima i endring*. Tilgjengelig online: <http://www.eea.europa.eu/no/articles/som-en-fisk-pa-land-havforvaltning-i-et-klima-i-endring> (Lest: 26.04.2010)

Didžiulis, Viktoras (2007): *NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – Tereido navalis*. Tilgjengelig online: http://www.nobanis.org/files/factsheets/Tereido_navalis.pdf (Lest: 28.04.2010)

English Heritage (2008): *Climate Change and the Historic Environment*. Tilgjengelig online: http://www.englishheritage.org.uk/upload/pdf/Climate_Change_and_the_Historic_Environment_2008.pdf (Lest: 26.04.2010)

Farbregd, Oddmund (2009): Archery History from Ancient Snow and Ice. *Vitark 7. The 58th International Sachsen-symposium 1-5 September 2007*. Trondheim, Vitark/ Tapir Akademisk Forlag. S. 156-170.

Farrell, Roberta L. et al. (2004): Scientific Evaluation of Deterioration in Historic Huts of Ross Island, Antarctica. *Cultural Heritage in the Arctic and Antarctic Regions*. Monuments and Sites VIII, ICOMOS.

Finstad, Espen og Lars Pilø (2010): *Kulturminner og løstfunn ved isbreer og snøfonner i høyfjellet. Økt sårbarhet som følge av nedsmelting – global oppvarming*. Kulturhistoriske skrifter 2010 – 1. Lillehammer, Oppland Fylkeskommune. Tilgjengelig online: http://www.oppland.no/PageFiles/33631/SnC3%B8fonn_FoU_ferdig.pdf (Lest: 09.06.2010)

Flyen, Anne Cathrine (2008): *Klimaforandringer og snølaster*. Tilgjengelig online: http://www.klimakommune.no/kulturarv/Klimaforandringer_og_snolaster.shtml (Lest: 20.04.2010)

Framstad, Erik et al. (2006): *Effekter av klimaendringer på økosystem og biologisk mangfold*. DN-utredning 2006-2. Tilgjengelig online: <http://www.dirnat.no/attachment.ap?id=163> (Lest: 09.06.2010)

GeoExtreme (s.d.): *Endringer i klima og skredfare de neste 50 år*. Tilgjengelig online: http://www.geoextreme.no/files/PDF/GeoExtreme_folder.pdf (Lest: 20.04.2010)

Godal, Jon Bojer (1994): *Tre til tekking og kledning*. Oslo, Landbruksforlaget.

Grøntoft, Terje og Miloš Drdácý (2008). *Effekter av klima og klimaendringer på den bygde kulturarven. Nedbrytningsmekanismer og sårbarhet*. NILU: OR 48/2008. Tilgjengelig online: <http://www.klimakommune.no/filarkiv/1/nilu-rapport-48-2008-teg.pdf> (Lest: 20.04.2010)

Instanes, Arne (2005): Klimaendringer og konsekvenser for fundamentering og infrastruktur i kalde strøk, *Frost i Jord 2005*, Statens Vegvesen / teknologiavdelingen, publisasjon nr 108. S. 13-19.

Hanssen-Bauer, I., H. Drange, E.J. Førland, L.A. Roald, K.Y. Børshheim, H. Hisdal, D. Lawrence, A. Nesje, S. Sandven, A. Sorteberg, S. Sundby, K. Vasskog og B. Ådlandsvik (2009): *Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing*. Oslo, Norsk klimasenter.

- Haugen, Annika (2008a): *Frostsprengning av bygningsmaterialer i kulturminner*. Tilgjengelig online: http://www.klimakommune.no/kulturarv/Frostsprengning_av_bygningsmaterialer_i_kulturminner.shtml (Lest: 20.04.2010)
- Haugen, Annika (2008b): *Saltkrystallisasjon i stein og mørtel*. Tilgjengelig online: http://www.klimakommune.no/kulturarv/Saltkrystallisasjon_i_stein_og_m_rtel.shtml (Lest: 20.04.2010)
- Hertz, Ejvind og Niels H. Andreasen (2000): *Afriportering af ekstraordinær besigtigelse af fortidsminder i de stormfaldsramte skove efter stormen 3. december 1999. Samarbejde mellem de kulturhistoriske museer i Ribe Amt*. Sønderkov, [s.n.].
- International Panel on Climate Change IPCC (2007): *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Tilgjengelig online: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf (Lest: 20.04.2010)
- Klimatilpasning Norge (2009): *Havnivåstigning. Estimer av framtidig havnivåstigning i norske kystkommuner*. Revidert utgave. Tilgjengelig online: <http://www.dsb.no/Global/Publikasjoner/2009/Rapport/Havnivaastigning-rapp.pdf> (Lest: 20.04.2010)
- Lie, Ivar, Jan Åge Riseth og Bernt Holst (2008): *Reindrifta i et skiftende klimabilde*. NORUT Alta rapport 2008:6. Norut Alta – Áltá. Tilgjengelig online: <http://www.norut.no/alta/Norut-Alta-Alta/Publikasjoner/Rapporter/Reindrifta-i-et-skiftende-klimabilde> (Lest: 22.04.2010)
- Lisø, Kim Robert og Tore Kvande (2007): *Klimatilpasning av bygninger*. Oslo, SINTEF Byggeforsk.
- Mattsson, Johan (1996): *Trevirke: Skadeinsekter*. Riksantikvarens informasjon om kulturminner 3.2.3. Oslo, Riksantikvaren.
- Mattsson, Johan (2009): *Husbukk, status og tiltak*. Rapport til Riksantikvaren.
- Mattsson, Johan og Anne-Cathrine Flyen (2008): Bio-deteriation in buildings in Svalbard (Spitsbergen), *Historical Polar Bases – preservation and management*, ICOMOS IPHC. Lørenskog, 95 s.
- Mattsson, Johan, Ellen Hole og Tone Olstad (2008a): *Begroing: Alger, lav og mose*. Tilgjengelig online: http://www.klimakommune.no/kulturarv/Begroing_alger_lav_og_mose.shtml (Lest: 20.04.10)
- Mattsson, Johan, Ellen Hole og Tone Olstad (2008b): *Muggsopp*. Tilgjengelig online: <http://www.klimakommune.no/kulturarv/Muggsopp.shtml> (Lest: 20.04.10)
- Mattsson, Johan, Ellen Hole og Tone Olstad (2008c): *Råtesopp*. Tilgjengelig online: http://www.klimakommune.no/kulturarv/Raatesopp_og_klimaendringer.shtml (Lest: 20.04.2010)
- Mattsson, Johan, Ellen Hole og Tone Olstad (2008d): *Svertesopp*. Tilgjengelig online: <http://www.klimakommune.no/kulturarv/Svertesopp.shtml> (Lest: 20.04.2010)
- Noah's Ark (2006): *Deliverable 6. Overview of the Expected Positive and Negative Consequences of Global Environmental Changes on Deterioration of Materials*. Tilgjengelig via: <http://noahsark.isac.cnr.it/deliverables.php>
- Noah's Ark (2007): *Global Climate Change Impact on Built Heritage and Cultural Landscapes. Atlas and Guidelines*. [S.l.], [s.n.].
- Nord, Anders G. og Agneta Lagerlöf (2002): *Påverkan på arkeologisk material i jord. Redovisning av två forskningsprojekt*. Stockholm, Riksantikvarieämbetet.
- Nordic Council of Ministers (2009): *Signs of Climate Change in Nordic Nature*. TemaNord 2009:551. Copenhagen.
- Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) (2009): *Hydrologien påvirkes og endres*. Tilgjengelig online: <http://www.nve.no/no/Tilpasning-til-et-endret-klima/Hydrologien-pavirkes-og-endres/> (Lest: 22.04.2010)
- Nymoen, Pål og Dag Nævestad (2006): *Hva blir borte av det vi ikke ser? Årlig tap og skade på kulturminner under vann. En statusrapport med kartlegging av omfang, og forslag til langsiktige overvåkingsprogram*. Oslo, Norsk Sjøfartsmuseum.
- Riksantikvarieämbetets kulturmiljöbokslut 2007 (2007): *Hur mår kulturmiljön?* [S.l.], Riksantikvarieämbetet.
- SINTEF Byggeforsk Kunnskapssystemer (2007): *Alkalireaksjoner i betong. Skademekanisme og regelverk ved nybygging*. Blad nr 520.063.
- SINTEF Byggeforsk Kunnskapssystemer (2009): *Armeringskorrosjon*. Blad nr 520.061.
- Solberg, Svein og Lars Sandved Dalen (red.) (2007): *Effekter av klimaendring på skogens helsetilstand, og aktuelle overvåkingsmetoder*. Viten fra Skog og Landskap, 3/2007. Ås, Norsk institutt for skog og landskap.
- Teknologisk Institut (2010): *Peleormen på fremmarch*. Tilgjengelig online: <http://vot.teknologisk.dk/8299> (Lest: 26.04.2010)
- UNESCO World Heritage Center (2007): *Climate Change and World Heritage. Report on predicting and managing the impacts of climate change on World Heritage and Strategy to assist States Parties to implement appropriate management responses*. World Heritage Reports 22. Paris.
- Walker, Marilyn D. et al. (2006): Plant community responses to experimental warming across the tundra biome. *PNAS*, vol. 103 no. 5, s. 1342-1346. Tilgjengelig online: <http://www.pnas.org/content/103/5/1342.full> (Lest: 09.06.2010)
- WreckProtect (s.d.): *About the project*. Tilgjengelig online: http://wreckprotect.eu/about_the_project/ (Lest: 26.04.2010)

Del 2

Konsekvenser av klimaendringer for forvaltningen av kulturminner og kulturmiljø, og anbefalte tiltak

4. Direkte konsekvenser av klimaendringer for kulturminnesektoren

Klimaendringenes effekter kan på sikt forventes å resultere i flere skader på kulturminner og økte tap. Det vil dessuten få betydning for forvaltningen av kulturminnene at bevaringsforholdene endres, enten det er til det verre eller til det bedre. Et endret klima vil også medføre nye funn av kulturminner. Hvilke konsekvenser alt dette vil ha for forvaltningen av kulturminner og kulturmiljø, er tema for kapittel 4.1 til 4.4. I kapittel 4.5 foreslås det aktuelle tiltak som kan settes inn for å forebygge tap og skade og for å håndtere de endringene som kommer.

4.1 Flere skader på kulturminner

Prognoser for det fremtidige klimaet i Norden sammenlignet med historiske klimadata tilsier at klimabelastningen på mange kulturminner er i ferd med å øke. I første del ble det identifisert risiko for økt nedbrytning og skade på ulike kategorier kulturminner og kulturmiljø. Skadene vil dels forårsakes av en økt nedbrytning over tid og dels oppstå akutt som resultat av ekstreme værhendelser og flom, skred eller stormfelling av trær. Dersom det ikke settes inn noen tiltak, vil klimaendringene på sikt sannsynligvis medføre en økning i antall skader på kulturminner.

Skader på kulturminner er uheldig for forvaltningen av dem av flere årsaker. Å opprette skader er ressurskrevende, og generelt sett krever det langt mindre ressurser å forebygge en skade enn å reparere den. Dersom et kulturminne ikke blir satt i stand igjen etter at en skade har oppstått, er dette ofte første skritt på veien mot at kulturminnet ødelegges og går tapt. Istandsetting etter at skader har oppstått er imidlertid heller ikke uproblematisk. Arbeidet vil gjerne innebære utskifting av materialer eller andre inngrep som reduserer kulturminnets autenticitet.



Steindysser bevoxt med trær, før og etter stormfall.

(Foto: Torben Dehn © Kulturarvsstyrelsen)

4.2 Økt tap av kulturminner

Flere ekstremværhendelser kan gi økte tap av kulturminner i fremtiden. Enkelttilfeller av ekstreme værforhold kan skyldes naturlig variasjon i klimaet, og slike hendelser viser ikke at det pågår klimaendringer før de inngår i et statistisk materiale som påviser en utvikling over et lengre tidsrom. Det vil derfor aldri kunne påvises at et enkelt kulturminne går tapt på grunn av klimaendringer, selv om det ødelegges i en storm, en flom eller et skred. Et varmere, mer nedbørsrikt og mer stormfullt klima vil likevel på et aggregert nivå sannsynligvis medføre flere tap av kulturminner.

Ikke bare ekstreme værhendelser, men også økt nedbrytning over tid vil kunne føre til flere tap av kulturminner. Klimaendringene vil innebære en tilleggsbelastning på en rekke kulturminner og vil dermed kunne bidra til at kulturminner går tapt, uten å være selve hovedårsaken. Kulturhistoriske bygninger som forfaller fordi de ikke vedlikeholdes og brukes, vil for eksempel forfalle med litt økende hastighet i et endret klima.

Når kulturminner går tapt, mister man viktige verdier. Kulturminnene representerer en kilde til kunnskap, og fra førhistorisk tid er fornminnene de eneste kildene vi har til å forstå menneskers liv og virke. Kulturminner kan også gi grunnlag for opplevelser, gi økte bo- og miljøkvaliteter og ha betydning for næringsutvikling. Bygninger representerer dessuten en viktig bruksressurs i samfunnet. Tap av kulturminner kan derfor innebære et tap både for enkeltpersoner, for et lokalmiljø og for samfunnet som helhet. Dersom en lokalitet ikke er registrert og dokumentert, kan kulturminner forsvinne uten at noen i det hele tatt er klar over tapet.

En del kulturminner vil uunngåelig gå tapt som følge av økt kysterosjon, fremsmelting fra snøfonner eller tining av permafrosten de ligger bevart i. På lengre sikt vil havnivåstigningen også medføre tap av kystnære kulturminner i utsatte områder.



Det vil være umulig å bevare alle disse kulturminnene. De ressursene som i så fall måtte settes inn, ville bli uforholdsmessig store. Det er derfor ikke bare et poeng å forhindre at tap skjer, men å gjøre prioriteringer med hensyn til hvilke kulturminner det skal brukes ressurser på å ta vare på. Dette krever gode verktøy både i form av systematisert kunnskap og klare prinsipper og kriterier for prioritering.

4.3 Endring av bevaringsforhold for kulturminner

Klimaendringene vil føre til at bevaringsforholdene for ulike typer kulturminner noen steder kan endres til det bedre, og andre steder til det verre. Mens et fuktigere klima generelt sett vil føre til forverrede forhold for bygningsarven, er effekten på bevaringsforholdene for arkeologiske kulturminner mer usikker. Stedvis vil bevaringsforholdene for arkeologiske kulturminner i jord til og med kunne bli bedre dersom vanninnholdet i jorden blir høyere. Andre steder vil bevaringsforholdene bli verre på grunn av økt erosjon eller – i arktiske strøk – tining av permafrost i jorda hvor arkeologiske kulturminner ligger bevarert.

I dag har vi for lite kunnskap om hvordan klimaendringene vil påvirke bevaringsforholdene for kulturminner, spesielt arkeologisk materiale i jord og i vann. Slik kunnskap er avgjørende for en god forvaltning av kulturminnene. Endringer i bevaringsforholdene, enten det er til det bedre eller til det verre, vil kunne medføre at man må revurdere forvaltningen av kulturminnene og bruken av ressurser.

4.4 Nye funn av kulturminner

Nedsmelting av snøfonner har allerede ført til en rekke nye funn av arkeologisk materiale. Med økende nedsmelting av snøfonner i fremtiden, vil flere kulturminner komme frem i dagen. På lignende vis kan også erosjon i visse tilfeller avdekke tidligere ukjente fortidsminner. Arkeologiske kulturminner som står i fare for å gå tapt på grunn av erosjon eller andre klimarelaterte hendelser, kan også føre til flere arkeologiske utgravninger og dermed nye funn.

Nye funn av kulturminner vil gi større kunnskap om fortiden. Samtidig vil et større tilfang av kulturminner øke presset på ansvarshavende myndigheter og institusjoner. Både oppbevaring, forskning og formidling krever ressurser. Selv om det besluttes å bare ta vare på en liten del av funnmaterialet, vil dokumentasjon og de påkrevde vurderinger og prioriteringer også kreve sitt.

4.5 Anbefalte tiltak

Klimaendringene vil få konsekvenser for kulturminner og kulturmiljø og for forvaltningen av dem, slik vi har sett. I dette kapittelet anbefales det ulike tiltak som kan settes i verk for å håndtere disse konsekvensene. Det finnes blant annet gode muligheter for å forebygge og forhindre klimarelaterte skader og tap.

Foruten forslag til tiltak, gis det også enkelte konkrete eksempler fra ulike deler av Norden. Eksempelene viser tiltak som allerede er gjennomført eller som er i ferd med å gjennomføres, og som vil bidra til å forebygge klimarelaterte skader på kulturminner. Noen av eksempelene viser også hvordan eksisterende tiltak kan videreutvikles for å møte klimautfordringene.

Identifisering, kartfesting og dokumentasjon av kulturminner og kulturmiljø som er spesielt sårbare for skader som følge av klimaendringer

En identifisering, kartfesting og dokumentasjon av sårbare kulturminner og kulturmiljø er en grunnleggende forutsetning for å sette inn tiltak som kan hindre skader og tap. Prosjektet som denne rapporten er del av, har identifisert ulike kategorier kulturminner og kulturmiljø i forskjellige områder av Norden som vil påvirkes av klimaendringene. Et slikt arbeid kan gjøres langt mer detaljert for hvert enkelt land eller for spesielle geografiske eller administrative områder. En kartlegging bør gjøres i det omfang og med den detaljeringsgrad som er hensiktsmessig for en bestemt bruk i forvaltningen av kulturminnene. Ved begrensede ressurser vil det være naturlig å prioritere områder med stor risiko for klimapåvirkning og med mange kulturminner eller med kulturminner av spesiell verdi. Hvor detaljert dokumentasjonen skal være, må også veies mot verdien av å få dokumentert samtlige, eller flest mulig, truede lokaliteter. For de kulturminnene som uunngåelig vil forsvinne, er det spesielt viktig å ha et godt dokumentasjonsopplegg.

En videreutvikling av kulturminnedatabaser og digitale kart vil bidra til å gi gode verktøy for å kartlegge sårbare kulturminner. I alle de nordiske landene benyttes kulturminnedatabaser basert på GIS (geografiske informasjonssystemer), eller de er i ferd med å tas i bruk, som på Færøyene og Island. De fleste landene har også en eller annen form for søkbare, kartfestede kulturminnedata for publikum på Internett, eller er i ferd med å få det. De mest folkerike landene i Norden har kommet lengst i dette arbeidet på grunn av tilgang på større ressurser, men de mindre landene kommer også etter.

GIS-baserte databaser bør utvikles videre, både teknisk og innholdsmessig, slik at man får best mulig kartløsninger til bruk i offentlig kulturminneforvaltning og arealplanlegging. Klimarelaterte opplysninger vil også kunne integreres i systemene. For eksempel kan man inkludere en sårbarhetsvurdering, hvor klimarelatert sårbarhet kan være én av parameterne.

Kulturminnedata kan også kombineres med datasett fra andre sektorer for å gi kart med integrert informasjon om klimarelaterte trusler. Flomsonekart kan for eksempel kombineres med kulturminnedata for å kartlegge kulturminner som er utsatt for flomrisiko. En slik kartlegging av flomutsatte kulturmiljø gjøres blant annet i Finland.

I Danmark er fortidsminner og bygninger tatt inn i oversvømmelsscenarioer i samarbeid med Kystdirektoratet. På lignende måte kan for eksempel geologiske kart som viser skredfare som følge av klimaendringer kombineres med geografiske data om kulturminner. Skal dette gi resultater

som kan si noe om hvor utsatt et spesifikt kulturminne er for skred eller oversvømmelse, må kartene imidlertid ha et høyt detaljeringsnivå. Slike kartlegginger kan bli viktige verktøy i den offentlige kulturminneforvaltningen i fremtiden.

Istandsetting av skadede kulturminner

Kulturminner som har fått skader som følge av klimarelaterte hendelser, bør settes i stand, så sant det lar seg gjøre. Skader som ikke utbedres, fører ofte til ytterligere forfall. Omfanget av skadene og en vurdering av kulturminnets verdi vil imidlertid ligge til grunn for om istandsetting er det rette tiltaket. Istandsetting innebærer et inngrep i kulturminnene som krever fagfolk og riktig kompetanse, for eksempel innen tradisjonell byggeskikk og håndverk. Reparasjoner på kulturhistoriske bygninger forutsetter tilgang på riktige materialer av god kvalitet. Ikke bare bygninger, men også arkeologiske kulturminner kan det i visse tilfeller være aktuelt å sette i stand, for eksempel når ruiner eller forhistoriske graver har blitt påført stormskader.

Intensivering av vedlikeholdet av kulturhistoriske bygninger

Det er fremfor alt dårlig vedlikeholdte bygninger som raskere vil få skader i et varmere, fuktigere og mer stormfullt klima. For å forebygge skader på kulturhistoriske bygninger som følge av et endret klima, vil hyppigere ettersyn og et intensivert ytre vedlikehold være viktige tiltak. Vedlikeholdet må også gjøres riktig. Maling og puss som skal brukes på gamle bygninger skal være diffusjonsåpne, så fukt som kommer inn i veggen, kan slippe ut igjen. Det vil bli enda viktigere enn i dag at vann ledes effektivt vekk fra bygninger, og at systemene for dette har stor nok kapasitet ved ekstreme nedbørhendelser.

I Sverige har Boverket (2007) utarbeidet delrapporten *Byggnader i förändrat klimat. Bebyggelsens sårbarhet för klimatförändringars och extrema väders påverkan* til Klimat- og sårbarhetsutredningen. I rapporten behandles blant annet de økonomiske konsekvensene av klimaendringene. Det er gjort beregninger av kostnadsøkningen for samfunnet forbundet med blant annet tettere intervaller mellom maling av trefasader og vinduer, og kortere levetid for pussede fasader. Som for andre bygninger, må man regne med at kostnadene til vedlikehold av kulturhistoriske bygninger vil øke i fremtiden på grunn av klimaendringene.

Dokumentasjon og vedlikeholdsplaner vil være nyttige verktøy for et forebyggende vedlikeholdsarbeid. På grunnlag av dokumentasjonen av kulturminnet og tidligere arbeid kan det lages planer for fremtidig vedlikehold som også tar høyde for økte klimabelastninger. Bruk av vedlikeholdsplaner i forvaltningen av bygningsarv i Norden er imidlertid ikke særlig utbredt i dag. Forvaltnings-, drifts- og vedlikeholdsplaner synes i flere av de nordiske landene å være mest i bruk for kulturhistoriske bygninger i statlig eie. Slike planer kunne med fordel kunne tas i bruk for flere vernede og verneverdige bygninger, og vil bidra til å forebygge klimarelaterte skader dersom de følges opp.



Behovet for vedlikehold og istandsetting vil øke som følge av klimaendringene.

(Foto: Kjell Andresen © Riksantikvaren)

Intensivering av skjøtsel av vegetasjon

Et varmere klima vil medføre en forlenget vekstsesong og økt biologisk vekst i de nordiske landene. Dette vil forsterke gjengroingen av ruiner og andre arkeologiske kulturminner. Mer intensiv skjøtsel av vegetasjonen er et tiltak som vil bidra til å holde kulturminnene fri for vekster som kan forårsake rotsprenging og annen nedbrytning. Skjøtelsplaner vil være et viktig verktøy i dette arbeidet. Når kulturminnene er synlige og ikke skjules av vegetasjon, blir de heller ikke så lett skadet i forbindelse med skogbruk og anleggsarbeid.

Klimaendringene kan også medføre flere vindfelte trær og rotvelter, noe som kan forårsake skade og ødeleggelser på kulturminner. Det viktigste forebyggende tiltaket mot denne type ødeleggelse vil være å holde utvalgte områder med kulturminner fri for trær. På større kulturminnelokaliteter bør man da sørge for at hele lokaliteten avvikles samtidig.

På bygninger vil også økt biologisk vekst kreve at vegetasjon som vokser oppover eller nær kulturhistoriske bygninger fjernes hyppigere. Trær ved siden av hus skaper fuktig mikroklima og stenger for solen, slik at fuktigheten tørker sent opp. Våte blader og barnåler på tak og i takrenner kan dessuten lett skape fuktrelaterte skader.

For historiske hager og andre grøntanlegg vil en lengre og varmere vekstsesong medføre behov for økt skjøtsel. Et varmere klima vil riktignok kunne bidra til større overlevelse blant mindre hardføre plantearter, men det vil også kreve mer intensiv bekjempelse av nye arter av skadegjørere som etablerer seg i Norden.

Økt gjengroing av kulturmiljø og landskap og en heving av tregrensene i Norden skyldes primært omlegginger i landbruket, med mindre bruk av utmark til beiting og høsting. Klimaendringene vil imidlertid kunne forsterke gjengroingen av kulturmiljø og en forflytning av tregrensene. Dersom det skal settes inn tiltak for å holde vegetasjonen nede over større områder, vil samarbeid med landbrukssektoren være aktuelt.

Tiltak for å bedre bevaringsforholdene for arkeologisk materiale i jord

I enkelte tilfeller kan det være aktuelt med tiltak for å forbedre bevaringsforholdene for arkeologiske kulturminner i jord. Dette kan være tiltak av ulik art, for eksempel for å forhindre erosjon av kulturminnelokaliteter, eller å sikre vanninnholdet i jord med kulturlag og kulturminner.

Med en forventning om mer vind og flere tilfeller av kraftige nedbørsepisoder i Norden i fremtiden, er jorderosjon et problem som trolig vil øke. Etablering av jorddekke og gjensåing av erosjonsområder kan ha positive effekter for kulturminner som er i ferd med å erodere bort. På Island er jorderosjon, blant annet på grunn av tynt jordsmonn, vind og overbeiting, et av landets største miljøproblemer. Her har kulturminnemyndighetene inngått et samarbeid med landets jordvernmyndigheter om å så gress i Þjórsárdal, der jorderosjonen er omfattende. Et slikt tiltak er med på å hindre erosjon som truer kulturminnene på stedet.

Eroderende vannløp kan også true arkeologiske kulturminner. I spesielle tilfeller vil derfor omlegging av vannløp være aktuelt som tiltak for å forhindre tap av kulturminner på grunn av erosjon. I tekstboksene presenteres to andre eksempler på hvordan kulturminner kan sikres, som viser spennet fra store og kostbare prosjekter til små, lokale tiltak.

Reetablering av våtområder

I Danmark skal det i henhold til Regjeringens plan *Grøn Vækst* reetableres våtområder for til sammen én milliard danske kroner. Formålet er primært å forbedre vannkvaliteten og redusere nitrogen- og fosforavrenningen fra landbruket. Etablering av våtområder har imidlertid også en positiv effekt i forhold til klimatilpasning, fordi slike områder vil fungere som buffersoner ved ekstreme nedbørshendelser. Uten at dette er det egentlige formålet med prosjektet, vil en gjenetablering av tidligere våtmark være positivt for bevaringsforholdene for arkeologisk materiale i jorden. En stor del av fortidsminnene finnes nettopp i gamle og nå uttørkede innsjøer og våtområder. På slike steder har mennesker, dyr, krigsbytte, mat og metaller i forhistorisk tid blitt ofret eller deponert. Ved våtgjøring av disse områdene er det håp om å kunne bevare mye av dette, også det organiske materialet. En utfordring i forbindelse med gjenoppbyggingen av våtområdene er imidlertid at anleggsarbeidet kan gjøre skade på fortidsminnene. I en del tilfeller har det heller ikke vært avsatt midler til arkeologiske forundersøkelser. Det er derfor av stor betydning at entreprenørene og anleggsarbeiderne blir tilstrekkelig informert om kulturminnene som ligger i grunnen.

Lokalt tiltak i frossen mødding

En delvis utgraving av en dypfrossen kjøkkenmødding fra Saqqaq-kulturen på øya Qeqertasussuk i Sydostbugten i Grønland ble avsluttet på slutten av 1980-tallet. I utgravningsområdet satte man en vegg av treplater i et lag opp mot profilene i et forsøk på å holde på de resterende jordlags fuktighet og dermed også på frosten. I 2009 ble det konstatert at denne enkle konstruksjonen hadde fastholdt permafrosten i den delen av møddingen som lå opptil treplatene. Det antas at en rekke lokale forhold har gjort dette mulig. Dette er et eksempel på at tiltak for å forhindre klimarelaterte skader på kulturminner også kan bestå av enkle og lokalt tilpassede løsninger, og at ulike metoder med fordel kan prøves ut.

Arkeologiske utgravninger og dokumentasjon

Utgravninger av arkeologiske lokaliteter på grunn av naturskader og erosjon kan bli mer aktuelt i fremtiden som en følge av klimaendringene. Det vil trolig også bli flere utgravninger i forbindelse med utbygging av fornybar energi og ny infrastruktur relatert til klimautfordringene. Det vil i begge tilfeller være viktig å dokumentere kulturminnene og konteksten de befinner seg i, innen dette går tapt.

Ved utbygginger vil utgravningene som oftest finansieres av tiltakshaver. Ved naturskader og erosjon, derimot, må finansieringen som regel skje innenfor kulturminnemyndighetenes budsjetter. I Danmark er erosjon en faktor som er innarbeidet i Museumsloven, slik at det kan gis visse tilskudd til arkeologiske utgravninger både til lands og til vanns på erosjonstruede lokaliteter. Det finnes imidlertid eksempler på andre modeller for finansiering av arkeologiske utgravninger av truede lokaliteter. På Færøene er undersøkelser blitt gjort av den eroderende skrenten ved Junkarinsfløttur og á Sondum i bygden Sandur på Sandoy i perioden 2003–2007. Dette har vært et prosjekt finansiert av oljeselskaper og det færøyske forskningsfondet i fellesskap.



Arkeologisk utgravning i en eroderende skrent på Sandoy, Færøene.

(Foto: Símun V. Arge, Føroya Fornminnissavn)

Havnivåstigning og kysterosjon i utsatte områder truer ikke bare kulturminner, men bebyggelse og infrastruktur generelt. Mens kysterosjon er et velkjent problem mange steder i Norden, vil en økning i havnivået kunne bli en større fremtidig utfordring. Å beskytte kulturmiljø i byer og tettbebyggelse som berøres av havnivåstigning, vil i stor grad være et samfunnsanliggende mer enn et anliggende for forvaltningen av det enkelte kulturminnet.

Kystsikring i mindre omfang vil imidlertid være viktig for å verne enkeltlokaliteter med spesielt verdifulle kulturminner mot erosjon og et stigende havnivå. Flere typer tiltak vil være aktuelle. Det kan for eksempel plasseres bølgebrytere i form av store steiner i sjøen fremfor kulturminnet, det kan bygges skråningsbeskyttelse av ulike slag, eller strandsonen kan plas- tres med sandsekker. Det forskes stadig på nye metoder for å sikre kystsoner mot erosjon, da dette er et betydelig samfunns- problem i utsatte områder.

Tiltakene bør ikke innebære for store inngrep i et kultur- miljø, slik at det fysiske vernet skjemmer eller skader kultur- minnene. Samtidig må kystsikringsanlegget være sterkt nok til å motstå kreftene fra bølger, storm og havisens oppbrudd om våren i områder hvor sjøen fryser til. Det finnes flere eksem- pler på forsøk på å beskytte kulturminnelokaliteter med blant annet steinfyllinger i sjøen, der vernet relativt raskt har blitt brutt ned av havet.

Kystsikring av kulturminner

I Kirkjubøur, Færøynes bispesete fra middelalderen, har den middelalderske sognekirken siden 1874 vært beskyttet mot havet av en mur. Etter at havet gjentatte ganger hadde trengt inn på kir- kegården, ble denne beskyttelsesmuren oppført for å sikre kirken. Om muren vil holde dersom den blir utsatt for større påkjenninger enn til nå, er usikkert. Store deler av en mindre kirkebygning på lokaliteten, Líkhús, er allerede forsvunnet i havet. En beskyttelses- mur for å sikre restene av denne kirken ble oppført i 1940-årene av bonden på stedet. Den har fungert etter hensikten frem til en januarstorm i 2008, da den ble skadet. Reparasjonen ble bekostet av Føroya Fornminnissavn. Kirkjubøur er bare én av mange arkeologiske lokaliteter som trues av kysterosjon på Færøylene. Det er imidlertid et uavklart spørsmål hvilken instans eller myndighet som har ansvaret for å håndtere problemene forbundet med kysterosjon og havnivåstigning i landet, og dette er en utfordring for kulturminnevernet.

I stedet for å sikre kulturminnene mot havet der de ligger, kan det i enkelte tilfeller være et aktuelt tiltak å flytte dem. Dette er blant annet blitt gjort med fangsthytter på Svalbard. Slike hytter er små og enkle bygninger som relativt lett kan flyttes lenger inn på land. I Danmark har imidlertid også den middelalderske steinkirken Mårup Kirke på Nordvest- Jylland blitt tatt ned fordi den var truet av kysterosjon.

Under nedtagningen ble kirken arkeologisk og byggteknisk dokumentert, og foreløpig er det ingen planer om å gjenreise kirken et annet sted. En flytting av bygninger innebærer nød- vendigvis et tap av det opprinnelige miljøet som bygningen har tilhørt. Det er imidlertid forskjell på om bygningen flyttes til en helt ny kontekst eller om den gjenreises et lite stykke inn på land.

Ikke bare bygninger, men også arkeologiske kulturminner kan i spesielle tilfeller flyttes. En steindysse fra yngre steinalder ved Tryggelev Nord på Langeland i Danmark som var i ferd med å styrte i sjøen, er blitt flyttet lenger inn på land. Den arkeologiske konteksten går likevel uunngåelig tapt ved en slik flytting og må dokumenteres. Dette tapet vil være så vesentlig at en flytting av arkeologiske kulturminner sjelden vil kunne forsvares. Ved flytting av kulturminner bør det uansett alltid formidles hvorfor kultur- minnet er flyttet og hva som har gått tapt.

Overvåkning

Systematisk overvåkning av utvalgte kulturminner og kultur- miljø er viktig for å følge med i de kvantitative og kvalitative endringer som skjer. Overvåkning kan skje lokalt på en bestemt kulturminnelokalitet, for eksempel ved hjelp av fotografering og målinger. I offentlig kulturminneforvaltning brukes imidlertid gjerne ordet overvåkning om programmer for systematisk over- våkning av et representativt utvalg av kulturminner. Den mest utbredte metoden er fortsatt feltarbeid, det vil si at man oppsø- ker et kjent kulturminne for å kontrollere om det er intakt, ska- det eller tapt. Samtidig registreres årsaken til en eventuell skade eller et tap. Tilstanden dokumenteres gjennom foto, og objektet stedsfestes digitalt, dersom dette ikke er gjort tidligere.



Installering av utstyr for lokal overvåkning av jordtemperatur, opptining og fuktinnhold i frosne kulturlag. Qajaa, Grønland.

(Foto: Henning Matthiesen, Nationalmuseet)

Lokal overvåkning av 4000 år gammel mødding

Et eksempel på lokal overvåkning av en spesifikk lokalitet, er overvåkningen av steinaldermøddingen i Qajaa, i Jacobshavn Isfjord. Grønlands Nationalmuseum etablerte i 2009 i samarbeid med Nationalmuseet i Danmark en målestasjon på denne lokaliteten. Stasjonen skal samle data om bevaringsforholdene i den tre meter dype møddingen. Anlegget vil bli supplert med kamera til helårs fotografisk dokumentasjon av snøforholdene, det vil si nedbørsmengde, hvor snøen legger seg og hvordan avsmeltingen foregår.

De senere årene har høyteknologiske verktøy og ikke-destruktive metoder som satellittovervåkning, Lidar (laser), georadar og magnetometer blitt tatt i bruk til overvåkningsformål. Dette er metoder som også gjør det mulig å oppdage hittil ukjente kulturminner, for eksempel kulturminner som ikke lenger er synlige over bakken. De ulike overvåkningsverktøyene kan anvendes etter behov. Mens satellittdata gir en god oversikt over store geografiske områder, kan georadar eller magnetometer brukes hvis det er ønskelig å gå nærmere i detalj. I de fleste tilfeller vil det være nødvendig med en verifisering gjennom feltarbeid, men dette arbeidet kan da gjøres mer målrettet og effektivt.

Teknologien på området utvikles stadig, og vil gi nye muligheter i fremtiden. I overvåkningsprogrammer som pågår over en årrekke kan resultatene gi innblikk i langsomme forandringer, slik klimarelaterte påvirkninger typisk vil medføre. Overvåkning har derfor potensial for å bli et godt styringsverktøy for offentlig kulturminneforvaltning i oppfølgingen av klimarelaterte skader på kulturminner i fremtiden. Å utarbeide og ta i bruk relevante og målbare indikatorer er imidlertid en utfordrende oppgave.

Nasjonale overvåkningsprogrammer

Riksantikvaren i Norge har overvåkningsprogrammer for et utvalg av både fredete arkeologiske kulturminner og verneverdige bygninger. Første kontrollundersøkelse av arkeologiske kulturminner ble gjennomført 1997, og i 2001 ble 16 kommuner valgt ut etter kriterier som geografisk beliggenhet, næringsvirksomhet, type kulturminner og om det var en presskommune eller en fraflyttingskommune. Fire kommuner blir kontrollert per år, slik at hver kommune kontrolleres hvert fjerde år. Overvåkningsprogrammet for bygninger er lagt opp på lignende måte. Metodikken for registreringene har blitt standardisert (NS 9450) for å garantere sammenlignbarhet av resultatene. Det registreres hvordan arealene brukes, eventuelle skader og tap og hva som er årsaken til skadene og tapene. Registreringen av skadeårsaker for arkeologiske kulturminner viser en økning av skader knyttet til rotvelt og erosjon. Det er per i dag ikke grunnlag for å fastslå om denne økningen i skader er klimarelatert eller ikke. Dersom data om kulturminnenes tilstand etter hvert kan kobles til informasjon om klimaet, vil det imidlertid være muligheter for å se klimarelaterte sammenhenger over tid.

Rådgivning til eiere og forvaltere

Kulturminnemyndighetene bør drive rådgivning til eiere og forvaltere om ivaretagelse av kulturminner i et endret klima. Råd om forebyggende vedlikehold og tilpasning til klimaendringene vil stå sentralt. Dette kan gjøres gjennom allerede eksisterende informasjonskanaler, blant annet gjennom nettsider, informasjonssark, veiledere, håndbøker og personlig kontakt.

Egne fora kan også opprettes, men dette vil være mer ressurskrevende. I England har English Heritage for eksempel laget nettstedet www.climatechangeandyourhome.org.uk. Her finnes blant annet en tjeneste hvor man kan legge inn opplysninger om hvor man bor og hva slags hus man bor i. Ut i fra dette blir det gitt informasjon om mulige effekter av klimaendringene på dette huset, i tillegg til anbefalte energisparingstiltak.

Utvikling av kunnskap og kompetanse

Kunnskap og kompetanse innen kulturminneforvaltningen er avgjørende for å forstå hvordan klimaendringene vil påvirke kulturminner og kulturmiljø og hvordan potensielle skader og tap kan forebygges. Oppbygging av kompetanse og kunnskap må skje på flere fronter.

Håndverkere må ha kunnskap om bruk av tradisjonelle teknikker og materialer for å kunne istandsette og vedlikeholde kulturhistoriske bygninger og for å forebygge klimarelaterte skader. Dette medfører et behov for praktisk og teoretisk etterutdanning av håndverkere i restaurering og tradisjonell byggeskikk.

Forskning kan bidra til utvikle kunnskap om klimapåvirkning på kulturarv. Selv om det forskes i både ute- og innklima og bevaring av kulturarv, finnes det lite arbeid som er gjort direkte på kulturarv og klimaendringer. Det er derfor behov for mer kunnskap om hvordan endringer i klimaet påvirker kulturminner og kulturmiljø, både på mikro- og makronivå. Klimaendringer er et komplekst fenomen som vil øke behovet for tverrsektoriell forskning. Det finnes mange ulike forskningsmiljøer med kompetanse som er relevant for klimapåvirkning på kulturmiljø. Dette kan være alt fra meteorologiske forskningsmiljøer til miljøer som forsker på byggematerialer eller malingsprodukter.

Det er også behov for forskning på hvordan kunnskapen i kulturminnene og tradisjonsbaserte løsninger kan bidra til løsninger på fremtidige utfordringer som følge av klimaendringene.

De nordiske landene har mange av de samme utfordringene når det gjelder å ta vare på kulturminnene i et endret klima. Økt fuktbelastning på bygninger vil for eksempel være en felles utfordring i hele Norden, og de arktiske områdene vil få mange av de samme problemene med blant annet tining av permafrost. Siden de nordiske landene er såpass små, vil forskningsprosjekter på tvers av landegrensene og en utveksling av forskningsresultater og erfaringer være spesielt viktig for å skaffe nødvendig kunnskap om klimaendringer og kulturminner.

Beredskapsplaner for sikring av kulturminner må ta hensyn til risiko forbundet med klimaendringer. Spesielt gjelder dette hvilke ekstremer man må være forberedt på å håndtere i forbindelse med fremtidige ekstremværhendelser.

Kulturminnene må også bringes inn i samfunnets planer for klimatilpasning innen andre sektorer.

Kartlegging av flomrisiko

EUs flomdirektiv har som formål å håndtere risikoen flom representerer for mennesker, miljø, kulturarv og økonomi med sikte på å redusere skader ved flom. Direktivet dekker alle varianter av flom, også oversvømmelse fra sjø ved stormflo. Direktivet stiller krav om risikokartlegging og en nedbørsfeltvis, helhetlig planlegging av skadeforebyggende tiltak. I Sverige er Rikssantivarieämbetet involvert i arbeidet med en landsomfattende kartlegging av hvilke områder som har betydelig flomrisiko. Det tas både hensyn til sannsynligheten for flom og for mulige konsekvenser i form av skade. Rikssantivarieämbetet skal bidra med vurderingen av påvirkningen på kulturminner.

Vurdering av offentlige forvaltningsprinsipper

På enkelte områder kan det tenkes at klimaendringene får såpass store effekter at man på lengre sikt må vurdere de eksisterende forvaltningsprinsippene. Dette kan for eksempel være tilfelle dersom havnivåstigningen blir så stor at et betydelig antall kulturminner blir berørt. Dersom klimaendringene i fremtiden vil sette en del kulturminner under stort press, vil en

revurderingen av hvilke kulturminner man skal bruke ressurser på å ta vare på, bli nødvendig.

Det vil bli viktig å ha gode kriterier og andre verktøy for å foreta de nødvendige prioriteringene. Verdivurderinger står sentralt i slike prosesser. Kulturminner kan både ha *ulik* verdi og ulike *typer* verdi, og vurderingen av disse verdiene kan komme til å måtte endres.

Det kan også tenkes at andre prinsipper i den offentlige kulturminneforvaltningen må revurderes på lengre sikt som en konsekvens av klimaendringene. Det kan både være snakk om både omfordeling av ansvarsområder og omfordeling av ressurser. Dette må eventuelt gjennomføres i hvert enkelt land, slik at landenes offentlige kulturminneforvaltning har en organisasjon og de ressurser som svarer til oppgavene forvaltningen er satt til å løse.

4.6 Konklusjon

Klimaendringene vil utgjøre en tilleggsbelastning for mange kulturminner. Selv om det vil være vanskelig å påvise at en enkelt skade er oppstått på grunn av klimaendringer, vil antallet skader og tap totalt sett trolig øke.

Det vil likevel i stor grad være mulig å forebygge klimarelaterte skader. For bygninger vil hyppigere ettersyn og ytre vedlikehold kunne forebygge de fleste klimarelaterte skader. Klimarelaterte skader på arkeologiske kulturminner vil det være vanskeligere å forhindre, ikke minst fordi antallet lokaliteter er så stort. For utvalgte arkeologiske kulturminner vil klimarelaterte skader likevel kunne forebygges ved hjelp av økt skjøtsel av vegetasjon, kystsikringstiltak og andre relevante tiltak. Systematisk overvåkning over tid vil kunne bli et viktig verktøy i fremtiden for å følge opp klimaendringenes påvirkning på kulturminnene.

I deler av Norden vil kysterosjon, og på lang sikt havnivåstigning, kreve en revurdering av hvilke kulturminner man skal bruke ressurser på å ta vare på. I de tilfeller der tap av kulturminner ikke kan unngås, eller bare kan unngås ved bruk av uforholdsmessig store ressurser, vil dokumentasjon av kulturminnene være desto viktigere.

5 Konsekvenser for kulturminnesektoren av klimarelaterte endringer i andre sektorer

Kulturminner og kulturmiljøer blir allerede i dag påvirket av samfunnets respons på klimaendringene. Internasjonale avtaler og nasjonale mål om kutt i klimagassutslipp forutsetter at det settes i verk en rekke tiltak. I dette arbeidet står spørsmål om produksjon og forbruk av energi sentralt. Virkemidlene myndighetene bruker for å få gjennomført utslippsreducerende tiltak er dels juridiske, dels økonomiske og dels basert på informasjonsarbeid. Både energieffektivisering og utbygging av fornybare energikilder er tiltak som på forskjellig vis vil påvirke arkeologiske kulturminner, bygningsskikk og landskap.

Samtidig arbeides det i ulike sektorer med tiltak for tilpasning til de klimaendringene som med stor sannsynlighet vil komme. Dette arbeidet er blant annet innrettet mot å

håndtere større nedbørsmengder. Slike tiltak vil også kunne berøre kulturminner og forvaltningen av dem.

5.1 Energieffektivisering i bygninger

Energieffektivisering er et sentralt virkemiddel for å redusere klimagassutslipp. En reduksjon i bruk av fossil energi som olje, kull og gass reduserer utslippene direkte. I mange av de nordiske landene benyttes imidlertid strøm basert på vannkraft til oppvarming av hus. Dette er produksjon av energi som i seg selv ikke gir klimagassutslipp, og det samme gjelder for vindkraft.

Selv om ikke alle energikilder forårsaker utslipp av klimagasser,

anses energisparing som et viktig klimatiltak. Begrunnelsen for dette er at strøm fra rene og fornybare energikilder bør frigjøres til andre formål enn oppvarming, for eksempel til opplading av elektriske biler. Slik kan samfunnet bruke mindre fossil energi og redusere klimagassutslippene totalt sett. Som del av et strøm-marked på tvers av landegrensene, kan eksport av ren energi også erstatte energi fra kullkraftverk og andre energikilder som forårsaker store CO₂-utslipp. I tillegg til klimaargumentene kommer de økonomiske argumentene for energieffektivisering. Energisparingstiltak som medfører lavere fyringsutgifter vil være attraktive for alle huseiere.

Det er imidlertid forskjeller mellom de nordiske landene i hvor stort fokuset er på energisparing i bygninger generelt, og dermed også i bygninger av kulturhistorisk verdi. På Island er tilgangen på energi stor, og over 80 % av husene varmes opp av geotermisk varme. Her er det mindre fokus på energisparing enn for eksempel i Danmark, som ikke har de samme naturgitte energikildene.

Energisparingstiltak i kulturhistoriske bygninger

Energi- og ressursparing er ikke et nytt fenomen, men noe som har vært viktig i byggevirkksomhet til alle tider, fordi ressurser alltid er et knapphetsgode. Eldre bygninger er likevel bygget ut i fra sin tids forutsetninger, og i drift vil de i dag være mindre energieffektive enn de fleste moderne bygninger. Derfor vil energisparingstiltak i gamle og verneverdige hus være svært aktuelt for å redusere energibruken.

Kulturhistoriske bygninger som er fredet er omfattet av et sterkt juridisk vern og står i liten grad i fare for å bli utsatt for uheldige energisparingstiltak. Det samme gjelder bygninger som ikke er fredet, men som er underlagt en sterk vernepraksis, for eksempel museumsbygninger. Antallet fredete bygninger og museumsbygninger er imidlertid beskjedent i forhold til det store antallet bygninger som har en viss verneverdi, men som har et svakere eller manglende juridisk vern. Bygninger med en kulturhistorisk verdi som ikke er tydelig definert, vil lett utsettes for energieffektiviserende tiltak som både kan være skjemmende og som reduserer bygningens verneverdi. Det er derfor blant de mange bygningene som kan kalles "verneverdige" at de største utfordringene med hensyn til energisparing vil være å finne.

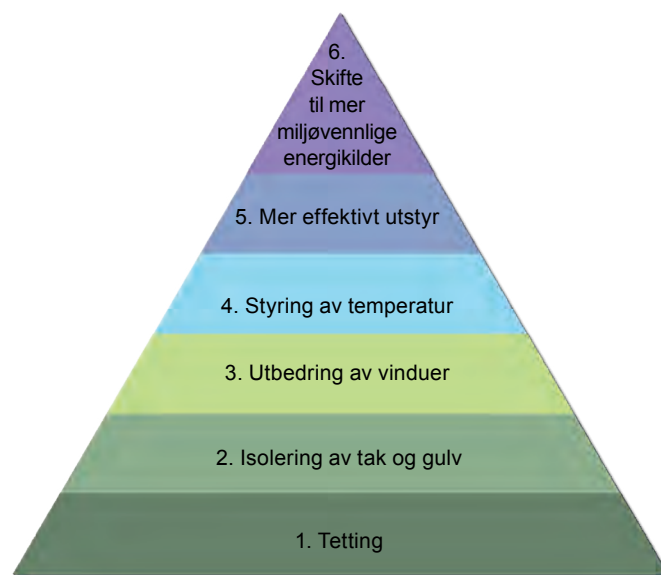
Energisparingstiltak som gjennomføres uten tilstrekkelig fagkunnskap kan føre til at det oppstår bygningsskader. Dersom tetting og etterisolering av gamle bygninger utføres feil, vil det kunne resultere i fuktskader. Det kan dessuten oppstå problemer med innneklimaet som følge av overdreven tetting av eldre bygninger.

Energisparingstiltakene bør også kunne forsvares økonomisk. Investeringer i slike tiltak vil være mindre lønnsomme i bygninger som kun brukes periodevis enn i bygninger som brukes hele året. I noen tilfeller vil tiltakene fordyres fordi man har med en fredet eller verneverdig bygning å gjøre, på grunn av kostnader til eventuelle forundersøkelser, dokumentasjon eller annet i forbindelse med inngrep i bygningen.

Det er imidlertid fullt mulig å spare energi i kulturhistoriske bygninger og samtidig ta hensyn til verneverdiene. Hvor store inngrep man kan tillate seg med energisparing for øyet, må i hvert tilfelle veies mot et eventuelt tap av verneverdi og autentisitet. Jo større verneverdi en bygning har, dess mindre bør inngrepene være.

Et enkelt og godt energisparingstiltak for kulturhistoriske bygninger er tetting rundt vinduer, dører og andre steder med store luftlekkasjer. Etterisolering av tak og gulv vil ofte være en god løsning, mens etterisolering av vegger bør unngås. Vinduene er en viktig del av fasaden og husets identitet, og de bør derfor utbedres i stedet for å skiftes ut. Innsetting av isolerglass eller lavemisjonsglass i det eksisterende varevinduet er en anbefalt løsning for å oppnå god isolering. Ved innsetting av et ekstra lag glass i form av et varevindu kan isoleringsevnene totalt sett bli bedre enn ved utskifting til et nytt termovindu.

Energistyringssystemer er også en god måte å spare energi på i verneverdige hus, og det finnes enkle og rimelige systemer for temperaturkontroll og nattsenkning. I større eiendomsmasser kan mer avanserte energioppfølgingsystemer benyttes for å redusere energiforbruket.



Anbefalt rekkefølge fra 1 til 6 for gjennomføring av energisparingstiltak i verneverdige hus.

(Illustrasjon: Fiin gammel aargang, Sintef 2004)

Temperaturstyring i kirker

Permanent oppvarming av kirkene, som ble vanlig mange steder i Norden fra midten av 1900-tallet, medførte problemer med uttørkingsskader på bygningene og kirkeinteriøret. Flere undersøkelser har vist at temperaturstyring gir bedre bevaringsforhold for kirker og kirkeinteriører. Temperaturstyringssystemet sørger for at kirken varmes raskt opp til de tidspunktene den er i bruk, og ellers holder en lavere temperatur. Ved hjelp av enkle styringssystemer kan man dermed både spare energi og gjøre bevaringsforholdene for kulturhistoriske bygninger bedre.

Selv om energisparing i verneverdige hus krever at man tar visse hensyn, er det både i eiernes, kulturminnemyndighetenes og samfunnets interesse at energisparingstiltak blir gjennomført i disse husene. Dette vil føre til lavere fyringsutgifter og høyere bokomfort, og vil dermed bidra til å sikre ivaretakelse og bruk av bygningene.

Konvertering til fornybar energi i kulturhistoriske bygninger

Å skifte energikilde fra fossil energi eller strøm til alternative energikilder er en annen måte å redusere klimagassutslipp eller strømforbruket på. Et slikt bytte av energikilde kan kompensere for at gamle, verneverdige hus ofte vil ha et større energibehov enn nye hus, og det kan samtidig redusere fyringsutgiftene.

Det finnes ulike alternative energikilder som ved installering krever forskjellig grad av inngrep i bygningen. Mange alternative energikilder forutsetter et vannbårent system for fordelingen av varme i huset. Dette er blant annet tilfellet for bruk av grunnvarme og for tilkobling til fjernvarme. For å legge opp et system av vannbåren varme må det gjøres relativt store inngrep innvendig i bygningen, og det må vurderes om dette er akseptabelt i et verneverdig hus.

Installasjon av luft-til-luft varmepumper er enkelt i eksisterende bygninger, og de fysiske inngrepene i bygningskroppen er små. Den ytre delen kan imidlertid være skjemmende for fasaden og det kan være vanskelig å finne et diskret sted å plassere den. Det samme vil gjelde for solvarmeanlegg og for solcellepaneler.

Ved og biopellets er andre klimavennlige energikilder som ikke bidrar negativt til CO₂-regnskapet, selv om vedfyring gir utslipp av partikler til nærmiljøet. Ovner for ved eller pellets krever normalt sett ikke andre inngrep i huset enn tilkobling til et pipeløp og kan gjerne brukes i verneverdige hus. Dersom huset har gamle ovner som er bevaringsverdige, bør disse selvfølgelig ikke skiftes ut.

Det finnes ikke entydige svar på hvilke energisparingsløsninger som er best for fredete og verneverdige bygninger. Løsningene må vurderes ut i fra forutsetningen i hvert enkelt hus. Det lokale klimaet vil også ha betydning for valg av tiltak. Etterisolering får man for eksempel mest igjen for i områder med kalde vintre, mens luft-til-luft varmepumper fungerer mest optimalt ved utetemperaturer som ikke er for lave.



Luft-til-luft varmepumper krever lite inngrep i bygningen, men det kan være vanskelig å finne en diskret plassering.

(Foto: Anne Kaslegard, Riksantikvaren)

Virkemiddelbruk for å oppnå energieffektivisering

Myndighetene benytter ulike virkemidler for å oppnå energieffektivisering. Innstramming av byggeforskriftene, energimerking av bygninger og økonomiske virkemidler i form av tilskudd og avgifter påvirker også forvaltningen av kulturhistoriske bygninger.

Generelt sett ligger det an til en gradvis skjerping av energikravene i byggeforskriftene i alle de nordiske landene. I dag er det i hovedsak stilt energikrav ved nybygg og hovedombygging, men kravene kan i økende grad komme til også å gjelde renovering av eksisterende bygg. Fra den offentlige kulturminneforvaltningens side er det ønskelig å fremme alternative tiltak for kulturhistoriske bygninger i forskriftene. Dette gjelder både energisparende tiltak som kan gjennomføres uten å redusere de kulturhistoriske verdiene, og bruk av fornybare energikilder spesielt for denne typen bygg.

EUs bygningsenergidirektiv (2002/91/EF) har som formål å bidra til reduksjon av energibruken i bygninger. Direktivet er vedtatt av EØS-komiteen og er derfor implementert også i Norge, men foreløpig ikke på Island. Grønland og Færøylene, som ikke er EU-medlemmer, følger derimot ikke dette direktivet.

Direktivet gir et felles rammeverk for å fremme mer energieffektive bygninger innen EU/EØS og angir en felles metode for kalkulasjon av bygningers energibruk. Det defineres også energikrav for nye bygg og bygninger som renoveres, gitt visse unntak. Videre innfører direktivet krav om energimerking av nye og eksisterende bygg som skal vise hvor energieffektivt et bygg er. I energisertifikatet får bygningen en karakter fra A til G, hvor A er best. Formålet med å energimerke bygninger er at lavenergibygninger skal bli mer attraktive å kjøpe eller leie.

I alle de nordiske landene hvor energimerkeordningen er innført, er det gitt en rekke unntak fra ordningen for ulike grupper kulturhistoriske bygninger. Disse unntakene viser at det i dag finnes en usikkerhet rundt hvordan slike bygninger skal håndteres når det gjelder energispørsmål. Selv om det ikke kreves energimerking av mange kulturhistoriske bygninger, bør det være et overordnet mål at slike bygninger ikke skal bruke mer energi enn nødvendig.

Fredet bindingsverkhushus med energimerke B

Bremerstente er et landarbeiderhus fra 1820 som ligger ved herregården Brahetrolleborg på Sydøen. I 2005 kjøpte Kulturarvsstyrelsen dette bindingsverkhushuset, som var i svært dårlig forfatning etter å ha stått tomt i en årrekke. Formålet med kjøpet var å sette huset i stand slik at det kunne fungere som en moderne og energieffektiv bolig. Så mye som mulig av husets opprinnelige materialer og detaljer ble bevart, og hensynsfulle energisparingstiltak ble gjennomført. Huset ble også utstyrt med oppvarming fra et jordvarmeanlegg som er nedgravd i hagen. Etter istandsettingen fikk huset energimerke B i energimerkeordningen. Dette er dermed et eksempel på at store energibesparelser kan oppnås i kulturhistoriske bygninger uten at viktige verneverdier går tapt.

Myndighetene bruker også økonomiske virkemidler for å fremme energisparing. På den ene siden kan bruk av avgifter på CO₂ og strøm bidra til å fremme energisparing. På den andre siden har myndighetene støtteordninger i form av tilskudd til energisparingstiltak og omlegging til alternative energikilder. Slike ordninger finnes i større eller mindre omfang i alle de nordiske landene og bidrar til at flere energisparingstiltak blir gjennomført. Dette kan føre til et press på den eldre bygningsmassen, og at det investeres i uheldige tiltak som reduserer de kulturhistoriske verdiene. Samtidig er det mange av løsningene det gis støtte til som med fordel kan benyttes på verneverdige hus, så sant man er bevisst på å ta hensyn til verneverdiene.

Nordiske nettsteder og publikasjoner som gir råd om energisparing i kulturhistoriske bygninger:

Bygg og bevar:

<http://www.byggogbevar.no/enok-i-eldre-bygninger.aspx>

Bygningskultur Danmark:

http://www.bygningskultur.dk/Materiale/User+Upload+Files/Vidensbase+filer/energuide_light_FINAL.pdf

Sintef (2004): Fiin gammel årgang. Energisparing i verneverdige hus.

http://www.sintef.no/static/bm/fiin_gammel_aargang.pdf

Slots- og Ejendomsstyrelsen:

<http://www.ses.dk/da/Energi/Energioptimering%20af%20fredete%20ejendomme.aspx>

Spara och bevara:

<http://www.sparaochbevara.se/index.php>

produseres av vindmøller, og utbyggingen fortsetter. Vindkraft er imidlertid en fornybar energikilde som også bygges ut i økende grad i Sverige, Norge og Finland. Grønlands første vindmølle er nylig satt i drift, og ved hjelp av vindmålemaster undersøkes potensialet for en større utbygging av vindkraft. På Færøyene finnes det også et par vindmølleparker og planer for videre utbygging. I samtlige land bidrar offentlige støtteordninger til utviklingen av vindkraft som kilde til elektrisitet.

Flere av de nordiske landenes kulturminneforvaltninger jobber med vindkraft og landskap. Riksantikvaren (2010) har utgitt rapporten *Visualisering av sumverknader på landskap av vindkraftutbygging*. Denne omhandler ulike visualiseringsmetoder som kan benyttes for å vise virkningene en vindkraftpark vil ha på landskapet. Riksantikvaren har også laget en oversikt over områder hvor det vil være svært stor interessekonflikt mellom etablering av store landbaserte vindkraftanlegg og ivaretagelse av landskap, kulturmiljø og kulturminner.

I Finland er det på bestilling av Arbets- og næringsministeriet laget et nasjonalt vindatlas over steder som egner seg for utbygging av vindkraft. Kartmaterialet finnes på nettstedet www.vindatlas.fi og er ment som et verktøy i planlegging av vindkraftutbyggingen i landet. Slike kart vil kunne kombineres med kartfestede kulturmiljødata for å avdekke områder hvor en utbygging av vindkraft kan komme i konflikt med verdifulle kulturmiljøer.

I Sverige har regjeringen, for å fremme utbyggingen av vindkraft, foreslått at bygging av mindre vindparker kan besluttes av kommunene. Kommuner har som oftest ingen kompetanse på kulturmiljø, og det er derfor fare for at hensynet til kulturmiljøet ikke blir ivarettatt. Riksantikvarieämbetet vurderer derfor å igangsette et samarbeidsprosjekt for å studere kommunale oversiktsplaner med tilhørende miljøbedømmelser og landskapsanalyser med henblikk på hvordan kulturmiljø og landskap har blitt håndtert. Målet med studien vil være å finne gode eksempler på hvordan kulturmiljø og landskap kan håndteres i planlegging av vindkraftutbygging og gi underlag for en veiledning på området.

Foruten den visuelle innvirkningen på kulturmiljø og landskap, kan anleggsarbeid forbundet med en utbygging berøre arkeologiske kulturminner. Vindmølleparker til havs kan også påvirke kulturminner under vann. I Danmark har kulturminnemyndighetene derfor et nært samarbeid med myndigheter på det marine området, og det finnes klart fastlagte prosedyrer for arkeologiske undersøkelser i forbindelse med etablering av vindmølleparker til havs.

Vannkraft

Vannkraft er en viktig fornybar energikilde i mange nordiske land. I Norge står vannkraften for 98 % av elektrisitetsproduksjonen, på Island 73 %, i Sverige 44 % og på Færøyene 39 %. Behovet for mer fornybar energi gjør det aktuelt å bygge ut mer vannkraft, og dette vil berøre kulturminner og landskap.

Både bygging av damanlegg, føring av vannet i rør og fylling og tømning av vannreservoarene medfører store inngrep i miljøet. For arkeologiske kulturminner i de områdene som demmes opp, er konsekvensen at de i stor grad vil gå tapt. En videre utbygging av

5.2 Utbygging av nye energikilder

Klimaendringene krever omstillinger i energisektoren. Overgang fra fossilt brensel til fornybare energikilder står sentralt i klimapolitikken, og produksjonen av fornybar energi må derfor øke i årene som kommer. De nordiske landene har et stort potensial for produksjon av slik energi, spesielt vindkraft, vannkraft og bioenergi. Utnyttelsen av vind- og vannkraft krever imidlertid store utbygginger som vil påvirke både landskap og arkeologiske kulturminner. Konsekvensene av omlegging til produksjon av bioenergi tas opp i kapittel 5.3 i forbindelse med endringer i jordbruk og skogbruk.

Vindkraft

Vindmøller er arealkrevende og i høy grad synlige elementer som vil påvirke kulturmiljøer og landskap. Utbyggingen av vindkraft som vil foregå i de kommende årene vil derfor kreve grundige vurderinger av mulige plasseringer, blant annet ved hjelp av landskapsanalyser.

Danmark er det landet i Norden hvor utbyggingen av vindkraft har kommet lengst. Over 20 % av elektrisiteten i landet

vannkraftressurser vil derfor kunne kreve omfattende arbeid med registrering av kulturminner i de aktuelle områdene.

På Færøyene finnes det store utbyggingsplaner, blant annet i Eysturoy, hvor en stor innsjø er omgjort til et reservoar. Føroya Fornminnissavn har foretatt undersøkelser av rester etter gamle bosetninger og kulturlandskapet som ble over-svømt. I forbindelse med neste etappe av utbygningen av dette vannkraftanlegget er det stilt krav om en miljøkonsekvensutredning. Grønland har også store uutnyttede muligheter for utbygging av vannkraft. En slik utbygging vil kunne berøre store landområder og innsjøer med arkeologiske kulturminner.

I Skandinavia er det derimot liten politisk vilje til å bygge ut flere store vannkraftverk, og det sates i stedet på utbygging av småskala kraftverk. Disse vil imidlertid også påvirke natur- og kulturmiljøet i de aktuelle områdene.

Geotermisk energi

Islandske myndigheter har arbeidet med en nasjonal plan hvor mulighetene for videre kraftutbygging er undersøkt. Både kraftverk basert på vannkraft og geotermisk energi, det vil si fra varme fra jordens indre, er med i vurderingen. En rekke områder er kartlagt med hensyn til konsekvenser av en kraftutbygging, og kulturminnemyndighetene har i forbindelse med dette arbeidet registrert alle kulturminner på og ved de aktuelle geotermiske områdene. I mange tilfeller er de områdene som anses best egnet til utbygging av kraftverk rangert høyt med hensyn til verdien av kulturminnene på stedet. Dette gjelder blant annet Þeistareykir nord på Island. Her finnes mange kulturminner og ruiner fra en bosetning som er unik blant annet på grunn av beliggenheten ved det geotermiske området. En kraftutbygging her vil medføre behov for en større arkeologisk utgraving av ruinkomplekset.

Jordvarme

Jordvarme, det vil si oppspart solenergi i de øvre jordlag, er en fornybar energikilde som kan utnyttes i mindre skala til oppvarming av hus og vann. Etablering av et jordvarmeanlegg forutsetter et anleggsarbeid som kan ødelegge eventuelle arkeologiske kulturminner på stedet. Spesielt i Danmark, hvor kulturminner i jorda ligger tett, vil utbygging av jordvarme ofte komme i berøring med spor fra fortiden. Dette medfører en belastning for de arkeologiske museene som forestår de nødvendige arkeologiske undersøkelsene. Dersom hele bevilgningen til utskiftning av oljefyrer i danske bygninger brukes til installering av jordvarme, vil det resultere i 10 000 potensielle utgravninger per år.

5.3 Endringer i næringer, infrastruktur og arealbruk

Ekspanasjon i jordbruket

Et varmere klima og en lengre vekstsesong vil endre vilkårene for landbruk i de nordiske landene. Hvorvidt de endrede klimatiske forholdene resulterer i nydyrking og utvidelser i landbruket, vil imidlertid også avhenge av den

landbrukspolitikken som føres i de enkelte land.

Det klimatiske grunnlaget for en ekspansjon i landbruket vil bli størst i marginale områder. Et varmere klima i arktiske områder vil for eksempel bety bedre forhold for landbruket i Syd-Grønland. Dersom dette resulterer i nydyrking og mer intensiv drift vil det utgjøre en trussel mot ruiner, møddinger og marker fra den norrøne kulturen. Dagens bønder benytter de samme områder som nordboerne, og konfliktene mellom bevaring av kulturminner fra norrøn tid og dagens landbruk vil kunne øke.



Moderne jordbruk og ruiner fra norrøn bosetning, Syd-Grønland.

(Foto: Claus Andreasen, Grønlands Nationalmuseum og Arkiv)

Klimaendringer vil også kunne initiere endrede dyrkingsmetoder.

Økt nedbør kan føre til at bøndene vil pløye dypere for å oppnå bedre drenering. Dette vil være en trussel mot de arkeologiske kulturminnene som ligger bevart i jorda.

Dyrking av energivekster

Behovet for bioenergi fra jordbruket vil kunne øke i fremtiden, ikke minst på grunn av EUs direktiv om fornybar energi. Bruk av jordbruksarealer til dyrking av energivekster vil derfor trolig tilta. Høye og krattlignende energivekster som Salix endrer kulturmiljø og landskaper hvor det tidligere har vært dyrket korn og andre lavtvoksende planter.

I Sverige er studien Jordbruk, bioenergi och miljö utført av Jordbruksverket (2009), Naturvårdsverket og Riksantikvarieämbetet på oppdrag fra regjeringen, som en del av regjeringens oppfølging og vurdering av miljøeffektene av EUs jordbrukspolitik. Rapporten redegjør for hvilke konsekvenser en utvidet bruk av Sveriges jordbruksmark til dyrking av bioenergi vil kunne få for miljøet. En av konklusjonene er at dyrkingens lokalisering og hvor omfattende den vil bli, er avgjørende for om påvirkningen på biologisk mangfold og landskapsbildet blir positiv eller negativ. Når dyrking av høytvoksende energivekster blir for omfattende eller kommer nær verdifulle kulturhistoriske miljøer, påvirkes kulturmiljø og landskap i negativ retning. Det vil derfor være nødvendig med en bevisst styring av dyrkingen av energivekster.

Intensivert skogsdrift

I Norden er det et stort potensial for bruk av bioenergi fra skog. Gjennom økt skogplanting og aktiv skogsdrift kan skogen både bidra til å binde CO₂ og gi råstoff til bioenergi. Dette er ikke bare en del av klimapolitikken i skogrike land som Norge, Sverige og Finland, men også på Island og i Danmark, som har store muligheter for å reetablere skog etter tidligere avskoging.

Et intensivert industrielt skogsbruk kan få konsekvenser for kulturminner i skogsområder. Bruk av store kjøretøyer og maskiner vil kunne gi økt slitasje og flere skader på kulturminner og kulturmiljø i skogen. Spesielt vil bryting av stubber og røtter til produksjon av bioenergi lett skade arkeologiske kulturminner dersom skogsarbeiderne ikke er klar over hvor kulturminnene finnes.

Skogplanting på Island

Siden landnåmet på Island har trolig 95 % av skogen forsvunnet, og jorderosjon har blitt et stort problem. På Island brukes derfor skogplanting og gjensåing av erosjonsområder som viktige klimatiltak som får omfattende statlig støtte. Skogplanting kan imidlertid komme i konflikt med bevaring av kulturminner. På mange av de områdene hvor det plantes skog har kulturminnene ikke blitt registrert. Flere steder har trær også blitt plantet på lokaliteter med fredede ruiner. Innføring av større treslag som asp og bartrær fra Europa og Amerika, har økt. Disse trærne har ofte større røtter enn fjellbjørka som naturlig hører til på Island, og de kan derfor påføre kulturminnene større skader.

Industri

Mindre havis i arktiske områder som følge av klimaendringene vil fremme muligheter for råstoffutvinning i Arktis og transport av råstoffene. Dette vil legge et press på store landområder blant annet på Grønland, og vil kunne innebære en trussel mot både landskap og kulturminner. Råstoffutvinning vil fordre utbygging av veiforbindelser til kysten og byene, og utbygging av større havneanlegg og annen infrastruktur i byene kan også komme i konflikt med eksisterende kulturmiljø. Mange eldre bygninger på Grønland har imidlertid blitt bygget som byggesett og vil derfor relativt enkelt kunne demonteres og flyttes, om nødvendig.



Jordvullen på den fredete kulturminnelokaliteten Biskupagarður på Syd-Island er blitt pløyd over for å plante skog, før arbeidet ble stoppet.

(Foto: Inga Sóley Kristjónudóttir © Fornleifavernd ríkisins)

Infrastruktur

Når havisen i Arktis reduseres på grunn av et varmere klima, øker tilgjengeligheten til de arktiske landområdene. Dette kan bidra til økt turisme og flere ilandstigninger ved sårbare kulturminnelokaliteter. Paradoksalt nok har klimaendringene også aktualisert Grønland og Svalbard som turistmål, og man har fått det som kalles klimaturisme. Flere turister vil øke slitasjen både på vegetasjonen og på kulturminnene i sårbare arktiske områder. I tillegg følger det med økt risiko for at løse kulturminner fjernes og tas med som suvenirer.

Turisme

Klimaendringene vil trolig medvirke til økt utbygging av ny infrastruktur i årene som kommer. Større nedbørsmengder og mer ekstremnedbør bidrar til et økt behov for utbedring av vann- og avløpssystemer. Omlegging til en mer klimavennlig transportsektor vil kreve utbygginger innen kollektivtransporten. For å utnytte varmen fra søppelforbrenningsanlegg, bygges det ut fjernvarmenett i flere byer og tettsteder. I områder med kulturlag eller andre arkeologiske kulturminner i grunnen vil anleggsarbeid forbundet med slike utbygginger og endringer i infrastrukturen kreve store arkeologiske undersøkelser og utgravninger.

Utbygging av Københavns Metro

En storstilt utbygging av metroen i København i perioden 2010–2019 skal bidra til å løse trafikkutfordringer i byen på en miljøvennlig måte som vil bidra til reduserte CO₂-utslipp. På grunn av denne utbyggingen foretas det omfattende arkeologiske utgravninger av de fem meter dype kulturlag som ligger under København. Kulturlagene rommer informasjon fra tidlig middelalder til i dag. De egentlige arkeologiske utgravningene omfatter ca 11.600 m³, i tillegg til stikkledninger og forundersøkelser. Dette arkeologiske prosjektet blir det største i Danmark noensinne, og innebærer en stor påvirkning på dansk kulturarv forårsaket av klima- og miljøtilpasning i en annen sektor.

Endret arealbruk

Nye risikovurderinger som følge av klimaendringer vil kunne legge begrensninger på utbygging og bruk av arealer. Flere områder vil i arealplanlegging bli definert som risikoområder med tanke på ras, flom og havnivåstigning. Dette kan gi økt press på arealer med eksisterende kulturminner og kulturmiljø. Endringer i næringer og bosetting som følge av klimaendringer kan skje på lang sikt. Blant annet vil forutsetningene for fiskerinæringen trolig endre seg. Stagnasjon og fraflytting som medfører at kulturhistoriske bygninger går ut av bruk, resulterer gjerne i at bygningene forfaller. På den andre siden har man også eksempler på at kulturmiljø har blitt bevart på grunn av lite aktivitet og fornyelse. Klimaendringer vil påvirke samfunnet i samspill med en mengde andre faktorer, slik at utfallet for kulturminnene ofte vil være vanskelig å forutse.

Arealplanlegging kan være et viktig verktøy for å tilpasse samfunnet til et klima i endring. Boverkets (2010) utgivelse *Mångfunktionella ytor. Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö i städer och tätorter genom grönstruktur* er laget for å gi støtte og inspirasjon i kommunenes arbeid med å klimatilpasse eksisterende bygde miljøer. Grøntstrukturer og friområder i kulturmiljø kan brukes til å håndtere blant annet økte nedbørmengder. Dette er et eksempel på klimatilpasningstiltak i andre sektorer som godt kan la seg forene med bevaring av kulturminner og kulturmiljø.

5.4 Anbefalte tiltak

Tverrsektorielt samarbeid

Samarbeid mellom kulturminnemyndighetene og relevante sektorer i klimarelaterte spørsmål er essensielt for å ivareta kulturminneinteressene. Bare slik kan hensynet til kulturminner og kulturmiljø bli integrert i samfunnsplanleggingen på de områdene som berøres av klimaendringer.

I flere av de nordiske landene har kulturminnemyndighetene allerede et samarbeid med andre myndigheter om flomsikring og vern av kulturminner. I Finland samarbeider for eksempel

Museiverket med regionale og statlige myndigheter og Finlands Miljöcentral om å kartlegge områder med kulturmiljø og arkeologiske kulturminner av nasjonal interesse som vil rammes ved oversvømmelser og flom.

I Danmark har Kulturarvsstyrelsen arbeidet sammen med Kystdirektoratet for å få kulturarven inn i oversvømmelsesscenarioer som direktoratet har utarbeidet. Kartlegging og sikring av kulturhistoriske verdier langs kysten vil bli enda viktigere fremover på grunn av stigningen i det globale havnivået.

Dialog og samarbeid med offentlige myndigheter innen områder som landbruk, bygg, energi og beredskap vil også være svært aktuelt. Dette er alle sektorer som i stor grad påvirkes av klimaendringene.

Samarbeid om vindkraft og kulturmiljø

I Sverige har Riksantikvarieämbetet hatt et utstrakt samarbeid med andre myndigheter i vindkraftspørsmål. Energimyndighetens kunnskapsprogram *Vindval* er én av arenaene for samarbeidet. Et av programmets prosjekter heter *Vindkraft och Kulturmiljö* og skal analysere landbaserte vindkraftverks påvirkning på kulturmiljøet og kulturarven med hensyn til fornminner, bebyggelse, landskap og biologisk kulturarv. Videre har Riksantikvarieämbetet bidratt med innhold til nettstedet www.vindlov.se som samordnes av Energimyndigheten på oppdrag fra regjeringen. Nettstedet gir informasjon om hele prosessen rundt godkjenning av et vindkraftverk og hva man bør tenke på i ulike faser av prosessen, enten det handler om en liten privat vindmølle eller en stor vindkraftpark til havs. Riksantikvarieämbetet har også laget en sjekkliste som kan brukes i utredningen av miljøkonsekvenser forut for nye vindkraftprosjekter og har vært involvert i to utgivelser fra Boverket (2009a, 2009b) om planlegging av vindkraftverk.



Det kreves samarbeid på tvers av sektorer for å håndtere ulike landskapsinteresser ved etablering av vindkraftverk.

(Foto: Bengt A. Lundberg © Riksantikvarieämbetet)

Samarbeid med ulike næringer

Dialogen mellom kulturminnemyndighetene og landbruksnæringen om nyridding og dyrking av jorden blir enda viktigere når klimaendringer legger nye forutsetninger for landbruket.

Skånsom dyrkning på Bornholm og i Skåne

På de to klassiske arkeologiske jernalderlokalitetene Uppåkra i Skåne og Sorte Muld på Bornholm har ulike kulturminneaktører samarbeidet med bøndene om bevaring av de arkeologiske kulturminnene i grunnen. Ved hjelp av informasjon og uformelle møter med bøndene, dyrkes jorda nå mer skånsomt. Utgangspunktet for tiltakene er Danmarks Jordbruksforsknings anbefalinger for å redusere jorderosjon. Metodene som anbefales medfører mindre bruk av drivstoff og dermed reduserte CO₂-utslipp, samtidig som arkeologiske kulturminner i jorda spares for ødeleggelser. Ett anbefalt tiltak er for eksempel å pløye, harve og så i én arbeidsprosess, slik at antallet jordbearbeidinger reduseres. Et annet tiltak er å redusere pløyedybden og hastigheten på pløyingen. Flere slike områder som bør dyrkes forsiktig av hensyn til arkeologiske kulturminner kunne velges ut for et videre samarbeid med landbruksnæringen.

Planer om økt skogplanting og et intensivt skogbruk i nordiske land vil øke behovet for samarbeid med skogbruksnæringen. Et slikt samarbeid vil kunne bidra til å forhindre at arkeologiske kulturminner ødelegges i forbindelse med hogst og opptaking av stubber og røtter til energiformål. Selv når skogeiere har tilgang til kartfestede kulturminnedata, er det en utfordring at mange av kulturminnene i skog ikke er registrert. Det har også vist seg at kartfestingen av en del eldre registreringer ikke er nøyaktig nok. Ikke bare avvirkning, men også nyplantning av skog kan påføre kulturminner skader. Når det har forekommet nyplantning av skog på fredete kulturminnelokaliteter på Island, viser det tydelig at økt dialog med skogbruksnæringen er nødvendig.

Økt tilgjengelighet til sårbare kulturminner og kulturmiljø i arktiske områder vil kreve en regulering av turismen. Kulturminnemyndighetene kan samarbeide både med turistnæringen og med relevante myndigheter om dette. Turismen kan styres og kontrolleres ved hjelp av adgangsregulering til områder med verdifulle kulturminner. Dette gjøres for eksempel i nasjonalparken i Nord- og Nordøst-Grønland. Kulturminnemyndighetene kan også bidra med opplæring av turistguider.

Kulturminnemyndigheter bør også samarbeide med byggenæringen og byggvareprodusenter om materialer og tekniske løsninger. Det er viktig å opprettholde tilgangen på tradisjonelle materialer, slik som trematerialer av høy kvalitet og diffusjonsåpne malinger og mørtler. Dette er en forutsetning for istandsetting av kulturhistoriske bygninger og for et vedlikehold som kan forebygge klimarelaterte skader. Samtidig kan det også tenkes et samarbeid om produktutvikling. Utvikling

av tynn og superisolerende isolasjon til bruk i bygninger ville for eksempel ha gjort det enklere å isolere gamle hus uten at proporsjonene på huset blir for mye endret. Slik isolasjon er allerede utviklet og brukes i dag i flyindustrien, men er foreløpig for kostbar til å benytte i bygninger.

Arbeid med lovgivning, forskrifter og standarder

Kulturminnemyndighetene bør benytte de mulighetene som finnes for å påvirke arbeidet med lovgivning og forskrifter som angår kulturminner og kulturmiljø, og hvor klimaendringene spiller inn. Dette kan for eksempel gjelde energibruk i kulturhistoriske bygninger. Ved at kulturminnemyndighetene er aktive i høringer, kan hensynet til kulturhistoriske bygninger få gjennomslag i lovverk og forskrifter. På Færøyene er en moderne, nasjonal byggelov for første gang under utarbeidelse, så her har Føroya Fornminnissavn en spesiell mulighet for å påvirke arbeidet med utformingen av loven.

Standardiseringsarbeid kan være en annen vei å gå for å lage gode retningslinjer for energieffektivisering i kulturhistoriske bygninger.

Standard for energieffektivisering i kulturhistoriske bygninger

Etter forslag fra Riksantikvaren i Norge skal det lages en europeisk standard for energieffektiviseringstiltak i fredete og andre kulturhistoriske bygninger. Dette er vedtatt i komiteen for "Conservation of cultural property" i den europeiske standardiseringsorganisasjonen CEN. Land som er medlemmer av CEN er forpliktet til å implementere alle europeiske standarder og fastsette dem som en nasjonal standard. Det er i utgangspunktet frivillig å følge en slik standard, men den kan brukes som referanse i forsikringsbetingelser, i lovgivning eller i andre sammenhenger og gjennom dette få bindende kraft.

Utvikling av kunnskap og kompetanse

Det kreves mer kunnskap og forskning om hvordan klimarelaterte endringer i andre sektorer påvirker kulturminner og kulturmiljø. Slik kunnskap trengs både innen kulturminnevernet og i sektorer som påvirker kulturminnene, og det vil være viktig med en kunnskapsoverføring til disse sektorene.

Det er blant annet behov for mer tverrsektoriell forskning og kunnskapsoverføring om energieffektivisering i kulturhistoriske bygninger. Gamle hus er som regel mindre energieffektive enn nye, men på den andre siden er det store klima- og miljøbelastninger forbundet med å bygge nytt. Kulturminnesektoren bør også utvikle mer kunnskap om de kulturhistoriske bygningenes fortrinn i klima- og miljøspørsmål og benytte denne kunnskapen i samfunnsdebatten.

Fordi klimaendringene griper inn og påvirker både samfunnsstrukturer og mennesker, vil det også behøves humanistisk og samfunnsvitenskaplig forskning relatert til kulturminnefeltet.

Informasjon og rådgivning

Kulturminnemyndighetene må kunne gi informasjon og råd til eiere og forvaltere av kulturminner om klimarelaterte samfunnsendringer som berører dem.

Dette kan for eksempel gjelde informasjon om hvordan energisparingstiltak kan utføres på kulturhistoriske bygninger. Bygningseiere er i høy grad prisgitt markedsføring og leverandøropplysninger ved valg av byggevarer og energisparende utstyr. En leverandør er som regel ikke opptatt av om tiltaket reduserer en bygnings verneverdi. Derfor bør også eiere og forvaltere av slike hus kunne søke informasjon og råd hos kulturminnemyndighetene og andre seriøse aktører som ikke styres av kommersielle interesser.

Offentlig informasjon om energisparing bør ta høyde for at mange bygninger har en verneverdi, og kulturminnemyndighetene må arbeide for at de spesielle hensynene til verneverdig bebyggelse blir innlemmet i slik informasjon. På samme måte bør det arbeides for at hensynet til arkeologiske kulturminner, kulturmiljø og landskap tas inn i offentlig informasjon om for eksempel utbygging av fornybare energikilder. Det er imidlertid viktig at kulturminnemyndighetene er i stand til å kommunisere sine synspunkter og holdninger på en slik måte at de oppfattes som konstruktive i forhold til samfunnets målsetting om energisparing og reduksjon av klimagassutslipp.

Klima- og energikrav til egen organisasjon

Ved å stille krav til energieffektiviteten til bygninger og utstyr, kan offentlige virksomheter bidra til at energiforbruket og

klimautslippene i samfunnet reduseres. En klimabevisst offentlig kulturminneforvaltning må sørge for å kreve at energisparingstiltakene som gjennomføres ikke reduserer en eventuell verneverdi i bygningene. I Danmark kan både private og offentlige virksomheter velge "grønn" elektrisitet som er produsert av vindkraft i stedet for av olje eller kull. Slik kan både kulturminnemyndighetene og private eiere bidra til å redusere klimagassutslipp.

Den offentlige kulturminneforvaltningen kan også bli mer bevisst på reisevirksomheten i egen organisasjon. I de tilfeller det er mulig, bør man for eksempel benytte videokonferanser og annen teknologi som kan bidra til å redusere antall reiser som forårsaker klimagassutslipp.

5.5 Konklusjon

Klimaendringene frembringer tilpasninger og endringer i en rekke sektorer, og en del av omstillingsprosessene vil berøre forvaltningen av kulturminner og kulturmiljø. Endringene skjer allerede i dag, men vil trolig forsterkes i fremtiden. Dette krever en offensiv offentlig kulturminneforvaltning som inngår i dialog og samarbeid med de aktuelle sektormyndigheter, næringer og eiere.

Det er vanskelig å forutse alle fremtidige konsekvenser som klimarelaterte endringer i andre sektorer vil ha for forvaltningen av kulturminner og kulturmiljø. Enda vanskeligere er det å anslå hvor betydelige konsekvensene vil bli. Den tydeligste utfordringen i dag for den verneverdige bygningsmassen er ønsket om økt energieffektivisering. For arkeologiske kulturminner og landskap er økt utbygging og produksjon av fornybar energi trolig av de omstillingene i andre sektorer som vil få størst betydning.

Eiere og forvaltere av kulturminner blir i økende grad nødt til å forholde seg til klimarelaterte problemstillinger som påvirker forvaltningen av kulturminnene. Utfordringen for offentlig kulturminneforvaltning fremover blir å legge strategier for hvordan kulturminnesektoren kan bidra til å løse klimautfordringene, samtidig som man tar vare på de kulturhistoriske verdiene.

Litteraturliste del 2

Boverket (2007): *Byggnader i förändrat klimat. Bebyggelsens sårbarhet för klimatförändringars och extrema väders påverkan*. Tilgjengelig online: http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2007/byggnader_i_forandrat_20klimat.pdf (Lest: 09.11.2010)

Boverket (2010): *Mångfunktionella ytor. Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö i städer och tätorter genom grönsstruktur*. Tilgjengelig online: <http://www.boverket.se/Om-Boverket/Webbokhandel/Publikationer/2010/Mangfunktionella-tytor/> (Lest: 09.11.2010)

Boverket (2009a): *Vindkraften och landskapet - att analysera förutsättningar och utforma anläggningar*. Tilgjengelig online: http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2009/Vindkraften_och_landskapet.pdf (Lest: 09.11.2010)

Boverket (2009b): *Vindkraftshandboken. Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden*. Tilgjengelig online: <http://www.boverket.se/Om-Boverket/Webbokhandel/Publikationer/2009/Vindkraftshandboken/> (Lest: 09.11.2010)

Danmarks jordbruksforskning (2002): *Jordbearbejdningserosion. Grøn Viden, Markbrug nr. 251*. Tilgjengelig online: <http://pure.agrsci.dk:8080/ws/fbspretrieve/455920/gvm251.pdf> (Lest: 09.11.2010)

Jordbruksverket (2009): *Jordbruk, bioenergi och miljö*. Rapport 2009:22. Tilgjengelig online: http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra09_22.pdf (Lest: 09.11.2010)

Klima- og Energiministeriet (2010): *Klimapolitisk redegørelse 2010*. Tilgjengelig online: http://www.kemin.dk/offentligg%C3%B8relse_af_klimapolitisk_redeg%C3%B8relse_lykke_friis_klima-og_energiminister_klimapolitik.htm = (Lest: 09.11.2010)

Klima- og forurensningsdirektoratet (red.) (2010): *Klimakur 2020. Tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020*. Tilgjengelig online: <http://www.klif.no/publikasjoner/2590/ta2590.pdf> (Lest: 09.11.2010)

Kulturarvsstyrelsen (2009): *Vejledning om pleje af fredede fortidsminder*. Tilgjengelig online: http://www.kulturarv.dk/fileadmin/user_upload/kulturarv/publikationer/emneopdelt/arkaeologi/plejevej/fortidsminder_plejevejledning.pdf (Lest: 09.11.2010)

Kystdirektoratet (2005): *Fremtidens Kyster*. Tilgjengelig online: www.dancore.dk/files/ICZM/Documents/fremtidens_kyster_rev_net.pdf (Lest: 09.11.2010)

Miljøverndepartementet (2010): *Klimatilpasning Norge*. <http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/kampanjer/klimatilpasning-norge-2.html?id=539980> (Lest: 09.11.2010)

Miljøverndepartementet (2007): *St.meld. nr. 34 (2006–2007): Norsk klimapolitikk (klimameldingen)*. Tilgjengelig online: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/dok/regpubl/stmeld/2006–2007/Stmeld-nr-34-2006-2007-.html?id=473411> (Lest: 09.11.2010)

Naturvårdsverket (2010): *Vindkraft och kulturmiljö. Landbaserade vindkraftetableringars inverkan på kulturmiljön*. Tilgjengelig online: <http://www.naturvardsverket.se/sv/Verksamheter-med-miljopaverkan/Energi/Vindkraft/Vindval/Vindkraftens-paverkan-pa-manniskors-intressen/Vindkraft-och-kulturmiljo/> (Lest: 09.11.2010)

Nørgård Jørgensen, Anne (2008): *Beskyttelse og bevaring i dyrket land. I Sorte Muld*. Rønne. Bornholms Museum, Wormianum & Kulturarvsstyrelsen.

Regeringen (2009): *Grøn Vækst*. Tilgjengelig online: http://www.mim.dk/Nyheder/Temaer/Groen_vækst/ (Lest: 09.11.2010)

Regeringen (2008): *Strategi for tilpasning til klimaendringer i Danmark*. Tilgjengelig online: http://193.88.185.141/Graphics/Publikationer/Klima/Strategi_for_tilpasning_til_klimaendringer_i_Danmark/index.htm (Lest: 09.11.2010)

Riksantikvaren (2010): *Visualisering av sumverknader på landskap av vindkraftutbygging*. Tilgjengelig online: <http://www.riksantikvaren.no/?module=Articles&action=Article.publicShow;ID=108201> (Lest: 09.11.2010)

Sintef (2004): *Fiin gammel aargang. Energisparing i verneverdige hus*. Tilgjengelig online: http://www.sintef.no/upload/fiin_gammel_aargang.pdf (Lest: 09.11.2010)

Steingrímsson, B., Björnsson, S., Adalsteinsson, H.: *Master Plan for Geothermal and Hydropower Development in Iceland*. Tilgjengelig online: <http://www.ram-maaetlun.is/english> (Lest: 09.11.2010)

Aaheim, Asbjørn (red.) (2009): *Konsekvenser av klimaendringer, tilpasning og sårbarhet i Norge. Rapport til klimatilpasningsutvalget*. Report 2009:04. Oslo, CICERO. Tilgjengelig online: <http://www.cicero.uio.no/publications/detail.aspx?id=7442&lang=no> (Lest: 09.11.2010)

Klimaendringer og kulturarv i Norden

Prosjektet *Effekter av klimaendringer på kulturminner og kulturmiljø* er et samarbeid mellom kulturminneforvaltningene i syv nordiske land: Island, Grønland, Færøyene, Danmark, Sverige, Finland og Norge. Målet med prosjektet har vært å sette kulturminneforvaltere bedre i stand til å møte de varslede klimaendringene, og å styrke det nordiske samarbeidet og nettverksbyggingen mellom de nordiske kulturminneforvaltningene.

Publikasjonen *Klimaendringer og kulturarv i Norden* inneholder hovedresultatene fra prosjektets arbeid. Rapporten består av to deler, der del én omhandler forventede effekter av klimaendringer på kulturminner og kulturmiljø i Norden. Del to tar for seg hvilke konsekvenser klimaendringene vil få for forvaltningen av kulturminnene, og inneholder prosjektgruppens anbefalinger for å håndtere disse konsekvensene.

