

# Effekter av klimaendringer på kulturminner og kulturmiljø

Delrapport 3 fra prosjektet *Effekter av klimaendringer  
på kulturminner og kulturmiljø*



**Effekter av klimaendringer  
på kulturminner og kulturmiljø**

Delrapport 3 fra prosjektet  
*Effekter av klimaendringer på  
kulturminner og kulturmiljø*

© Riksantikvaren 2010  
[www.ra.no](http://www.ra.no)

ISBN 978-82-7574-059-3 (pdf)

Det må ikke kopieres fra denne bok i strid med  
Åndsverksloven eller avtaler om kopiering med  
KOPINOR, interesseorgan for rettighetshavere til  
åndsverk. Kopiering i strid med lov eller avtale  
kan medføre erstatningskrav og inndragning  
og kan straffes med bøter eller fengsel

Design: [www.melkeveien.no](http://www.melkeveien.no)

Omslagsbilder:

Nýibær, Hólar. Foto: © Inga Sóley Kristjónudóttir, Fornleifavernd ríkisins  
Pershyttan. Foto: Jonas Skogsberg, Riksantikvarieämbetet  
Helleristninger i Alta. Foto: Arve Kjersheim © Riksantikvaren  
Kirkjubøur, Færøylene. Foto: Simun V. Arge  
Petäjävesi gamle kirke. Foto: Soile Tirilä, Museiverket 2001

## Sammendrag

Rapporten *Effekter av klimaendringer på kulturminner og kulturmiljø* er levert av prosjektet ved samme navn, som er et samarbeid mellom kulturminneforvaltningene i syv nordiske land. Ulike effekter av klimaendringer på henholdsvis bygd miljø, arkeologiske kulturminner, og kulturmiljø og landskap i Norden behandles i rapporten.

Kulturhistoriske byggverk vil være utsatt for økt nedbrytning i et varmere og fuktigere klima. Treverk vil først og fremst utsettes for økt risiko for råteskader. Faren for skadedyrangrep vil trolig kunne øke, og økt biologisk vekst på og rundt bygninger vil kunne medvirke til flere fuktrelaterede skader. Risikobildet for frostsprenging vil på lang sikt endre seg i takt med at klimaet blir varmere. Bygninger av stein, mur og betong i sørlige og kystnære deler av Norden vil frem mot slutten av dette århundret bli utsatt for færre fryse/tine-hendelser, og risikoen for frostsprenging vil dermed reduseres. I nordlige og høyereliggende strøk vil risikoen derimot bli større. Endringene i forhold til dagens situasjon vil allikevel trolig være moderate. Andre mulige effekter av klimaendringene er økt forekomst av saltkrystallisering, økt nedbrytning av leire og leirholdige materialer og økt forvitring av metaller, karbonholdig stein og betong.

Et varmere klima medfører at permafrosten i arktiske strøk tiner, noe som kan gi setningsskader på bygd kulturarv, spesielt på Grønland og Svalbard. Stigende havnivå og økt stormflom vil kunne føre til skader på bygd kulturarv i kystområder. En økning i havnivået vil også medvirke til økt kysterrosjon som kan true kystnær bebyggelse i utsatte områder. I arktiske strøk vil mindre utbredelse av havis bidra til kraftigere kysterrosjon.

I tillegg til de gradvise endringene som foregår over lang tid, vil klimaendringene medføre flere ekstremværhendelser som kan gi akutte skader på byggverk av kulturhistorisk verdi. En økning i ekstreme nedbørhendelser vil dessuten kunne medføre oppfukning av bygninger og økt risiko for fuktskader. Skredfaren vil også stedvis øke, men kulturhistoriske bygninger vil trolig ikke være spesielt utsatt for skred.

Bevaringsforholdene for arkeologisk materiale *in situ* vil kunne påvirkes av klimaendringer. Det er imidlertid 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.

Klimaforhold har stor betydning for forvitringen av arkeologisk materiale som er eksponert for vær og vind. Klimaendringer kan medføre endret risiko for frostsprenging, økt kjemisk nedbrytning av stein og økt biologisk vekst på og rundt kulturminnene. Antall stormskader, for eksempel som følge av vindfelte trær, vil også kunne øke.

Endrede nedbørmønstre kan påvirke grunnvannet og vanninnholdet i jorda og dermed bevaringsforholdene for arkeologisk materiale. Økt havnivå, mindre havis i arktiske strøk, flere intense regnskyll og kraftigere vind er faktorer som vil kunne medføre økt erosjon av arkeologiske felt. Høyere temperaturer medfører tining av permafrost og vil gjøre bevaringsforholdene for arkeologisk materiale i arktiske strøk vesentlig dårligere. Avsmelting av snøfonner fører til nye arkeologiske funn på og ved snøfonner i Skandinavia.

Kulturminner under vann vil trolig også bli påvirket av klimaendringene, selv om det foreløpig finnes liten kunnskap om dette. Rapporten drøfter mulighetene for at blant annet økte havtemperaturer kan bidra til større utbredelse av pælemark, som er en alvorlig trussel mot marinarkeologisk materiale i tre. Forsuring av havene som følge av CO<sub>2</sub>-utslipp er en annen faktor som kan påvirke kulturminner under vann. Mer stormaktivitet vil også kunne føre til forsterket erosjon under vann.

Et varmere klima vil kunne bidra til endringer av kulturmiljøer og landskap. Vekstsesongen for planter og trær i de nordiske landene er blitt lengre de seneste tiårene, spesielt i sørlige og kystnære områder. Med stigende temperaturer vil vekstsesongen forlenges ytterligere. Når beitemarker og setergrønder gror igjen, vil det biologiske artsmangfoldet i disse kulturmiljøene påvirkes og opplevelsesverdien endres. Hvor stor effekt klimaendringene har på den pågående gjengroingen, er imidlertid gjenstand for diskusjon.

Byer og tettsteder har på sin side en del karakteristiske trekk som kan gjøre dem spesielt sårbare for en økning i ekstreme nedbørhendelser. Tette gategulv og avhengighet av avløps-systemer for å håndtere overvann vil gi økt fare for oversvømmelser. Ekstremvær i form av storm, kraftige nedbørsepisoder og langvarig tørke kan medføre skade på både urbane og rurale kulturmiljøer og landskap.

# Innhold

<b>1. Effekter av klimaendringer på bygd miljø</b> .....	6
1.1. Biologisk nedbrytning .....	6
1.2. Fysisk nedbrytning .....	8
1.3. Kjemisk nedbrytning .....	9
1.4. Tining av permafrost .....	10
1.5. Stigende havnivå og økt kysterosjon .....	11
1.6. Effekter av ekstremværhendelser .....	12



Klimaet påvirker kulturminner, kulturmiljøer og landskap. Jordbrukslandskap i Västerbotten. (Foto: Pål-Nils Nilsson © Riksantikvarieämbetet)



<b>2. Effekter av klimaendringer på arkeologisk materiale</b> .....	14
2.1. Arkeologisk materiale over jord .....	14
2.2. Arkeologisk materiale i jord .....	15
2.3. Arkeologisk materiale i frossen jord, isbreer og snøfonner .....	18
2.4. Arkeologisk materiale i vann .....	19
<b>3. Effekter av klimaendringer på kulturmiljø og landskap</b> .....	20
3.1. Økt biologisk vekst .....	20
3.2. Ekstremværhendelser .....	22

## Innledning

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

*Effekter av klimaendringer på kulturminner og kulturmiljø* er den tredje delrapporten som leveres av prosjektet. I denne rapporten er det samlet tilgjengelig kunnskap om hvordan kulturminner, kulturmiljø og landskap i Norden vil kunne påvirkes av endringer i klimaet. Det finnes imidlertid begrenset med forskning på dette området per i dag. Forskningsprosjektet Noah's Ark<sup>1</sup> 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, kulturmiljø og landskap. Flere av artiklene det henvises til er hentet fra [www.klimakommune.no](http://www.klimakommune.no). Dette nettstedet presenterer resultater fra *Adapting to extreme weather in Norwegian municipalities* (2006-2011), et strategisk instituttprogram finansiert av Norges forskningsråd. Mange

av problemstillingene som reises i rapporten angående mulige effekter av klimaendringene, finnes det imidlertid ikke gode nok svar på i dag.

I prosjektets første delrapport, *Klimaforhold og klimaendringer i Norden*, ble forventet utvikling i klimaet frem mot midten av dette århundret beskrevet for syv utvalgte kulturmiljøer, hvorav de fleste står på UNESCOs verdensarvliste. I delrapport 3 er disse stedene benyttet som konkrete eksempler på hvordan kulturmiljøer blir påvirket av klima og klimaendringer. I stedet for Sveaborg utenfor Helsingfors, er imidlertid Verla tresliperi og pappfabrikk (som ligger 16 mil nordøst for Helsingfors) brukt som eksempel fra Finland for å illustrere flomproblematikk. I tillegg er runesteinene i Jelling i Danmark tatt med som et eksempel hvordan klimaendringene vil påvirke forekomsten av skader forårsaket av frostsprenging.

Følgende definisjoner er lagt til grunn for arbeidet med rapporten: 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. Denne rapporten befatter seg imidlertid kun med landskap som er påvirket av menneskelig virksomhet.

<sup>1</sup> 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.

# 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 kapitlet, 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 Byggforsks 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 fukt påkjenninger på bygninger komme til å bli en enda større utfordring.

### Sopp

Fuktighet er en grunnleggende forutsetning for soppvekst i bygninger. Sopp sporer 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



**Råteskadet tak på middelalderloft i Fyresdal, Telemark.** (Foto: Inge Aamlid © Riksantikvaren)

bryter 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.

## 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



**Kirkebyen Gammelstad med Nederluleå kirke i bakgrunnen.**

(Foto: Jörgen Runeby © Riksantikvarieämbetet)

kan forandringene spores blant annet gjennom funn av ekte hussopp (*Serpula lacrymans*) som tidligere ikke fantes i området.

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.

Slik sopp bryter ikke ned treverket i noen særlig grad, men 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 innelima (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 saktevoksende 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 klimatilpassing

i all byggevirksomhet for å unngå byggskader. De påpeker at gode byggetradisjoner og praksis med lokal tilpassing 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 husbukkområder. 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 fuktrelaterede skader som råte 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 skjæmmende 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 sprengte 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 å 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 leirklinde vegger og andre leirholdige materialer vil utsettes for økt nedbrytning i et fuktigere klima. I Danmark har bruk av leirklinde 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 bygningsdeler 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 tøres bort. I tillegg kan bygningsdeler av jern som ruster også gjøre skade på bygningen. Rust som skapes ved korrosjon av jern, har større volum enn jernet og kan derfor sprenges i stykker omkringliggende stein eller mur. Korrosjon på konstruksjoner i metall er influert av to vesentlige miljøfaktorer, nemlig saltavsetning og forurensende forurensning, spesielt SO<sub>2</sub> (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 veisalting (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 SO<sub>2</sub>-forurensning er avhengig av både temperatur og relativ luftfuktighet, hvorav temperaturen er den viktigste faktoren (Noah's Ark, 2007). Hvis man forutsetter et uendret SO<sub>2</sub>-nivå, er korrosjonen forventet å øke i hele Norden. Tar man i modelleringen hensyn til at sur nedbør forårsaket av SO<sub>2</sub>-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 sprenges 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 oppfuktning 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 oppsprekkingen 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 nedbørhendelsene 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 langsom 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 til 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 middelalderske 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 forurensninger 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 sterkst 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 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

## 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)



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 hustufter 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 «Østerriker» 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 stormflomål 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 fremtidig 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 nedbørmengder 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 klimændringene 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. 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 opptørring av

## 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 et enestående 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. Høyderekorder 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)

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 opptørring 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 fuktrelaterede 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 kapitlet 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 avskallinger 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 runesteinene 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 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

## 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)

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 opptørking 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 besiktiget i skogsområder rammet av stormfall (Hertz og Andreasen, 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 eleverosjon i Húsavík, Færøyene.**

(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 kysterrosjonshastigheten (UNESCO World Heritage Centre, 2007). I Norden vil 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 kysterrosjon. Mindre utbredelse av havis kan medvirke til økt kysterrosjon 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 regnskyll 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



## Kirkjubour i hardt vær

Kirkjubour var Færøyenes bispesete 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 trebygningkultur med bakgrunn i et norrønt miljø fra vikingtid og middelalder. Bygningene i Kirkjubour 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 *Múruin*, 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 m<sup>2</sup> 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.

Kirkjubour 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. Kirkjubour 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. Én 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.



**Kirkjubour med ruinen av kirken *Likhús* i forgrunnen, den hvite sognekirken til venstre og ruinen av Magnuskatedralen til høyre.** (Foto: Símun V. Arge)

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 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 snøfonnenes 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 forsøket 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.

## 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/>

klimateendringer\_og\_koekkenmoeddinge\_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)

## 2.4 Arkeologisk materiale under vann

**Spredning av pælemark, forsurening av havene og økt erosjon er mulige effekter av klimaendringene som kan påvirke arkeologiske kulturminner i saltvann. I ferskvann kan økt erosjon og høyere temperaturer ha 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 marin arkeologisk materiale av tre. Forsuring av havene som følge av CO<sub>2</sub>-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 Færøene, 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 enkeltexemplarer.

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 ødeleggelse 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 Institut (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 CO<sub>2</sub> til atmosfæren fører til forsurening av havene, fordi store mengder av gassen oppløses i havvannet som karbonsyre (Børsheim og Golmen, 2010). Middelverdien 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 CO<sub>2</sub> enn varmt vann, og det vil derfor bli mer forsurening 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 setergrender 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.

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.

### 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.



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 skoggrenser og andre vegetasjonssoner er en annen effekt av klimaendringene som vil ha betydning for kulturmiljøer og landskap. Ifølge ACIA-utredning (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 snaufjell. 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 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 skoggrenser 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 tre grensene de senere 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

## Gjengroing på Pingvellir

Pingvellir har en stor historisk og symbolsk betydning for det islandske folket. Det var her det islandske Alltinget, en sammenslutning av høvdinge 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 Pingvellir 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 Pingvalla kirke og gård. Pingvellir 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 Pingvellirs fremste kjennetegn er den naturlige fjellbjørkeskogen 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 Pingvellir 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 Pingvellir 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 Pingvellir nasjonalpark. (Foto: Ville Miettinen. Lisens: Creative Commons)

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 gjenskape 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 nedbørhendelser, 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 stormflom, 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 elflom 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:

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](http://acia.cicero.uio.no/acia_faktaark_3_landskapet_endrer_seg.html) (Lest: 27.04.2010)

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

Arge, Simun 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)

Anun, 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*.

Børsheim, 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](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 – Teredo navalis*. Tilgjengelig online: [http://www.nobanis.org/files/factsheets/Teredo\\_navalis.pdf](http://www.nobanis.org/files/factsheets/Teredo_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](http://www.englishheritage.org.uk/upload/pdf/Climate_Change_and_the_Historic_Environment_2008.pdf) (Lest: 26.04.2010)

Farbregd, Oddmunn (2009): Archery History from Ancient Snow and Ice. *Vitark 7. The 58<sup>th</sup> 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/Sn%C3%B8fonn\\_FoU\\_ferdig.pdf](http://www.oppland.no/PageFiles/33631/Sn%C3%B8fonn_FoU_ferdig.pdf) (Lest: 09.06.2010)

Flyen, Anne Cathrine (2008): *Klimaforandringer og snolaster*. Tilgjengelig online: [http://www.klimakommune.no/kulturarv/Klimaforandringer\\_og\\_snolaster.shtml](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](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, publikasjon nr 108. S. 13-19.

Hanssen-Bauer, I., H. Drange, E.J. Førland, L.A. Roald, K.Y. Børsheim, 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): *Frostsprenngning av bygningsmaterialer i kulturminner*. Tilgjengelig online: [http://www.klimakommune.no/kulturarv/Frostsprenngning\\_av\\_bygningsmaterialer\\_i\\_kulturminner.shtml](http://www.klimakommune.no/kulturarv/Frostsprenngning_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](http://www.klimakommune.no/kulturarv/Saltkrystallisasjon_i_stein_og_m_rtel.shtml) (Lest: 20.04.2010)

Hertz, Ejvind og Niels H. Andreassen (2000): *Afriapportering 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](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf) (Lest: 20.04.2010)

Klimatilpassing 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): *Klimatilpassing av bygninger*. Oslo, SINTEF Byggforsk.

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](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](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. Redovising 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)
- Nymoene, 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 kulturmiljøbokslut 2007 (2007): *Hur mår kulturmiljön?* [S.l.], Riksantikvarieämbetet.
- SINTEF Byggforsk Kunnskapssystemer (2007): *Alkalireaksjoner i betong. Skademekanisme og regelverk ved nybygging*. Blad nr 520.063.
- SINTEF Byggforsk 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/](http://wreckprotect.eu/about_the_project/) (Lest: 26.04.2010)



Effekter av klimaendringer på kulturminner og kulturmiljøer er et nordisk samarbeidsprosjekt (2008 – 2010), ledet av Riksantikvaren i Norge. Målet med prosjektet er å sette kulturminneforvaltere bedre i stand til å møte de varslede klimaendringene, og å styrke samarbeidet mellom de nordiske kulturminneforvaltningene. Prosjektet støttes av Nordisk Ministerråd.

### Prosjektet har tidligere gitt ut:

Klimaforhold og klimaendringer i Norden.  
Delrapport 1 fra prosjektet *Effekter av klimaendringer på kulturminner og kulturmiljø*.

Kulturminner, kulturmiljø og landskap i Norden.  
Delrapport 2 fra prosjektet *Effekter av klimaendringer på kulturminner og kulturmiljø*.

