

Klimaforhold og klimaendringer i Norden.

Delrapport 1 fra prosjektet: Effekter av klimaendringer på kulturminner og kulturmiljø

Hans Olav Hygen

(P.O.BOX 43, N-0313 OSLO, NORWAY)

ABSTRACT

Den materielle kulturarven i Norden står ovenfor mange trusler, og én av disse er klimaendringer. På oppdrag for Riksantikvaren er dette et forsøk på en kort fremstilling av fortidens og fremtidens klimabelastning på områder med vesentlige kulturminner og kulturmiljøer i Norden. I fremstillingen er det flettet sammen informasjon fra mange kilder om hvordan klimaet i Norden har endret seg, og hvilke trender en kan forvente seg i fremtiden.

Innhold

1	Introduksjon	3
2	Klimaet i Norden, nåtid og fortid	4
2.1	Klimatiske regioner i Norden	4
2.1.1	Nedbør	4
2.1.2	Temperatur	6
2.2	Klimautvikling i instrumentell periode	8
2.3	Klimautvikling før instrumentering	12
3	Prosjeksjoner av klima for den nordiske regionen	13
3.1	Hva er projeksjoner	13
3.2	Prosjeksjoner av temperatur	15
3.3	Prosjeksjoner av nedbør	19
3.4	Prosjeksjoner av andre elementer	22
3.4.1	Havnivå	22
3.4.2	Vind	23
3.4.3	Råteindeks	27
3.4.4	Avsmelting av innlandsis, isbreer og havis	28
3.4.5	Endringer i permafrost	29
4	Oppsummering av fremtidig klimautvikling for utvalgte verdensarvsteder og kulturmiljøer	30

1 Introduksjon

Prosjektet "Effekter av klimaendringer på kulturminner og kulturmiljø" er et nordisk samarbeidsprosjekt med deltagere fra kulturforvaltningen på Island, Grønland og Færøyene, i Sverige, Finland, Danmark og Norge. Målet med prosjektet er blant annet å vurdere effekter av klimaendringer på kulturminner og kulturmiljøer, beskrive konsekvenser av eventuelle endringer for forvaltningen og foreslå forebyggende tiltak. Som et utgangspunkt for disse vurderingene trenger prosjektet en beskrivelse av klimaet i Norden. Denne rapporten skal derfor belyse hvordan klimaforholdene i Norden er i dag, hvordan de har vært historisk og hva man kan vente av fremtidige klimaendringer.

Fokuset legges på en generell beskrivelse av det nordiske klimaet, og bredden i dette. Det er i Norden store forskjeller mellom de polare områdene i nord og det tempererte klimaet i sørlige Skandinavia, også innen ett og samme land kan det være svært ulike klimatiske forhold. Rapporten gir dessuten mer detaljerte studier av klimaet på utvalgte steder som representerer eksempler på viktige kulturmiljøer i Norden. De fleste av disse lokalitetene finnes på UNESCO's liste over verdensarvsteder [1]: Ilulissat isfjord på Grønland, Þingvellir (Reykjavik) på Island, Bryggen i Bergen i Norge, kirkebyen Gammelstad (Luleå) i Sverige og Sveaborg festningverk (Helsingfors) i Finland. Fra Færøyene og Danmark er det valgt å ta med det middelalderske bispesetet Kirkjubøur nær Tórshavn og middelalderbyen Ribe. De lokale dataene brukt i det videre arbeidet er hovedsakelig fra målestasjoner nær disse lokalitetene. I tillegg vil data fra København og Tranebjerg i Danmark, Stockholm i Sverige og Sodankylä i det nordlige Finland bli brukt for å illustrere de klimatiske forholdene i Norden.



Figur 1: Utvalgte kulturmiljøer i Norden er markert med en svart firkant. Fra venstre: Ilulissat isfjord, Þingvellir, Kirkjubøur, Bryggen i Bergen, Ribe, Gammelstad i Luleå og Sveaborg. Målestasjoner brukt i det videre arbeidet er markert med blått: Ilulissat, Reykjavik, Tórshavn, Bergen, Tranebjerg, København, Stockholm, Helsingfors og Sodankylä. Kart fra UNESCO[1]

2 Klimaet i Norden, nåtid og fortid

2.1 Klimatiske regioner i Norden

I denne delen presenteres kart og tabeller over normaltemperaturer og normalnedbør i Norden. Normalen er et gjennomsnitt av temperaturer eller nedbør over en 30-årsperiode i nær fortid. 1961 - 1990 er den normalperioden det som benyttes i dag.

2.1.1 Nedbør

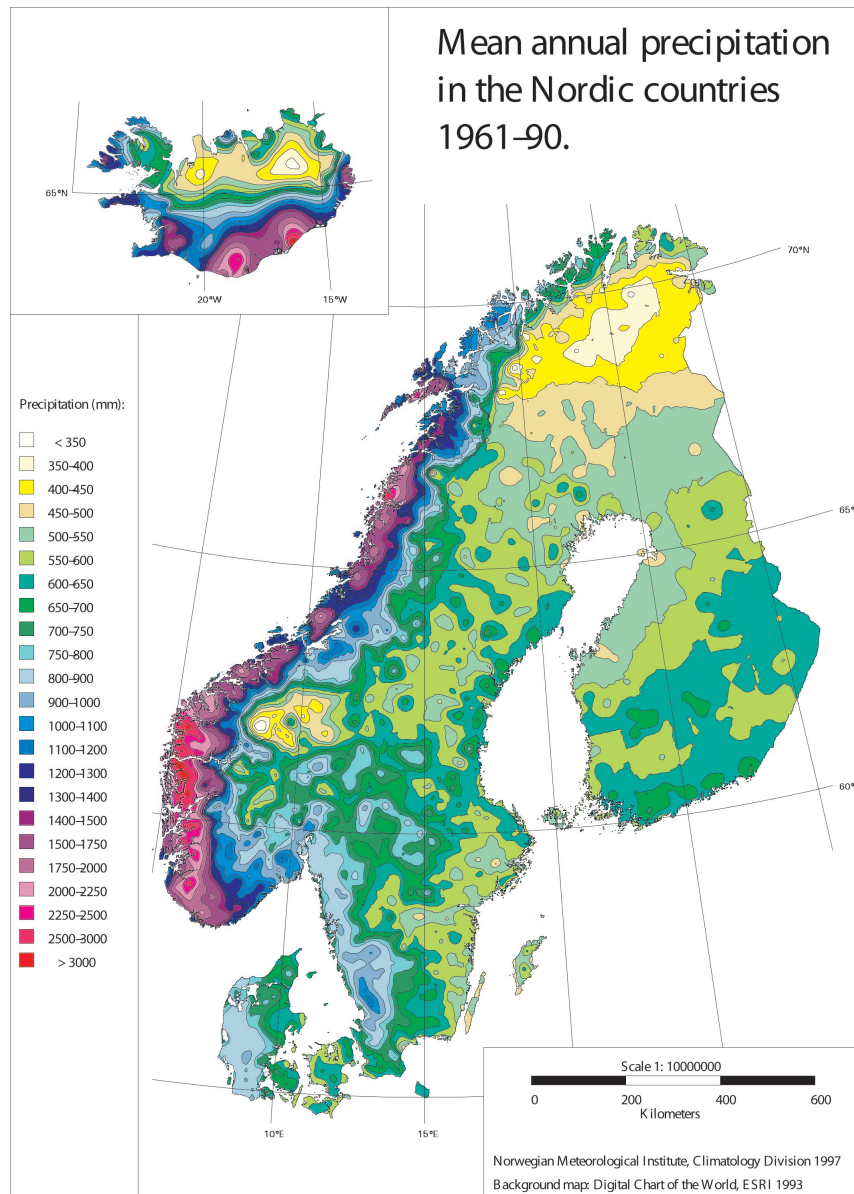
Figur 2 viser at den geografiske fordelingen av nedbør styres av en kombinasjon av topografi og hvordan nedbøren blir fraktet inn i området. Vestkysten av Norge er den sonen som har mest nedbør, tett fulgt av sørkysten av Island. Dette skyldes at strømningsmønstret i området frakter luftmasser med stort innhold av vanddamp mot disse områdene. Trekker en lengre øst, kommer landområdene raskt i skyggen av fjellkjeden som går gjennom Norge fra sør til nord. Øst for denne fjellkjeden finner en relativt små variasjoner i nedbørmengde, med to tørre soner: nordøst i Sør-Norge, og Finnmarksvidda/Nord-Finland. Tilsvarende ser en at Island får nedbør inn fra sør, og har et relativt tørt innland når en er kommet nord for fjellene. I tabell 1 og 2 er månedsnormaler for henholdsvis nedbør og antall dager med nedbør for sentrale punkter i de ulike landene listet.

Sted	Land	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
København	Danmark	36	24	34	35	40	45	57	55	53	47	52	47
Helsinki	Finland	44	34	25	26	25	49	69	78	69	75	69	57
Tórshavn	Færøyene	133	95	132	88	70	61	70	83	128	155	127	142
Ilulissat	Grønland	13	16	13	18	18	24	32	31	41	25	22	18
Reykjavik	Island	76	72	82	58	44	50	52	62	67	86	73	79
Bergen	Norge	190	152	170	114	106	132	148	190	283	271	259	235
Stockholm	Sverige	39	27	26	30	30	45	72	66	55	50	53	46

Tabell 1: Månedlige nedbørnormaler for normalperioden 1961-1990 [5, 9, 8].

Sted	Land	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
København	Danmark	17	13	14	13	13	11	13	13	14	14	17	16
Helsinki	Finland *	10	8	8	7	6	8	9	11	11	11	12	12
Tórshavn	Færøyene	26	23	26	22	19	18	19	20	23	26	26	27
Ilulissat	Grønland	9	9	10	10	8	7	7	9	10	8	10	9
Reykjavik	Island*	13	13	14	12	10	11	10	12	12	15	13	14
Bergen	Norge	21	17	19	17	17	16	18	19	23	24	22	22
Stockholm	Sverige	18	15	13	11	11	13	15	14	15	14	17	18

Tabell 2: Antall dager per måned med 0,1 mm (* : 1,0 mm for Helsinki og Reykjavik) eller mer nedbør for normalperioden 1961-1990 [5, 9, 8].



Figur 2: Geografiske variasjoner i normalnedbør i de nordiske landene utenom Færøyene og Grønland [24].

2.1.2 Temperatur

Figur 3 viser at det er tre hovedkomponenter for temperaturen i Norden.

- Breddegrad: Jo lengre nord en kommer, jo kaldere blir det. Dette er for eksempel tydelig i kartet over Finland, der en har ca 4 °C i sør og ca -2 °C i nord som årsmiddeltemperatur.
- Høyde over havet: Ser en på Norge, viser det seg at høyden over havet er en mye viktigere faktor enn breddegraden. Her er fjellområdene i Sør-Norge vel så kalde som Finnmarksvidda i nord.
- Avstand fra kysten: En tredje faktor, om enn med noe svakere effekt enn de to ovenstående, er avstanden fra kysten. Ser en for eksempel på Sør-Sverige, finner en et bånd med relativt høy normaltemperatur langs kysten og noe lavere temperaturer innlands.

I tabell 3 og 4 er månedsnormaler for henholdsvis maksimaltemperatur og minimaltemperatur for sentrale punkter i de ulike landene listet. Tilsvarende som i kartet (figur 3) ser en at vi har et svært differensiert klima i Norden.

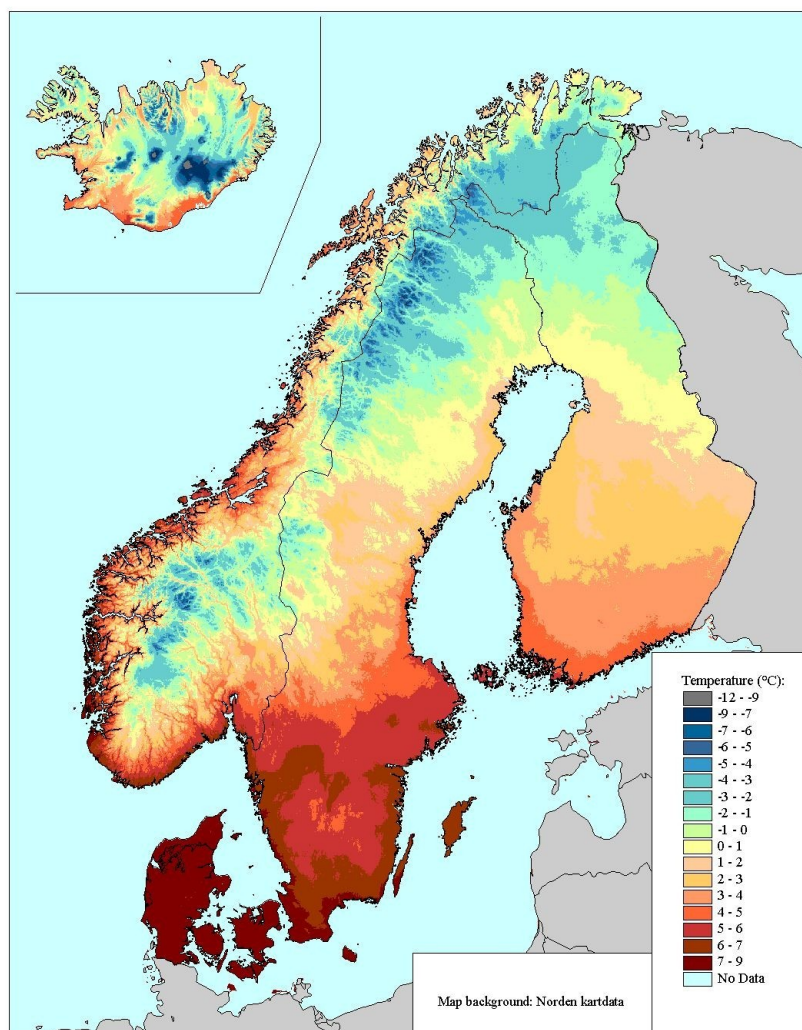
Sted	Land	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
København	Danmark	2	2	5	10	15	19	20	20	17	12	7	4
Helsinki	Finland	-2,6	-2,9	1,1	7,5	15,5	19,8	21,8	19,9	14,0	8,1	2,5	-0,8
Tórshavn	Færøyene	5,3	5,5	5,9	7,2	9,2	11,4	12,6	12,8	11,2	9,3	6,6	5,8
Ilulissat	Grønland	-9,0	-10,1	-10,6	-3,8	3,4	8,3	11,4	10,2	5,5	-0,5	-4,8	-7,6
Reykjavik	Island	1,9	2,8	3,2	5,7	9,4	11,7	13,3	13,0	10,1	6,8	3,4	2,2
Bergen	Norge	3,6	4,0	5,9	9,1	14,0	16,8	17,6	17,4	14,2	11,2	6,9	4,7
Stockholm	Sverige	-1	-1	3	9	16	21	22	20	15	10	5	1

Tabell 3: Månedlig maksimaltemperatur for normalperioden 1961 - 1990 [5, 9, 8].

Sted	Land	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
København	Danmark	-2	-2	-1	2	7	11	13	13	10	7	3	-1
Helsinki	Finland	-8,5	-9,3	-5,6	-0,7	4,4	9,3	11,8	10,7	6,1	2,2	-2,4	-6,6
Tórshavn	Færøyene	1,2	1,5	1,5	2,7	4,9	7,1	8,4	8,5	7,0	5,4	2,6	1,6
Ilulissat	Grønland	-16,6	-18,3	-19,3	-12,6	-3,4	1,8	4,4	3,3	-0,8	-6,7	-11,1	-14,8
Reykjavik	Island	-3,0	-2,1	-2,0	0,4	3,6	6,7	8,3	7,9	5,0	2,2	-1,3	-2,8
Bergen	Norge	-0,4	-0,5	0,9	3,0	7,2	10,2	11,5	11,6	9,1	6,6	2,8	0,6
Stockholm	Sverige	-5	-5	-3	1	6	11	13	13	9	5	1	-3

Tabell 4: Månedlig minimumstemperatur for normalperioden 1961 - 1990 [5, 9, 8].

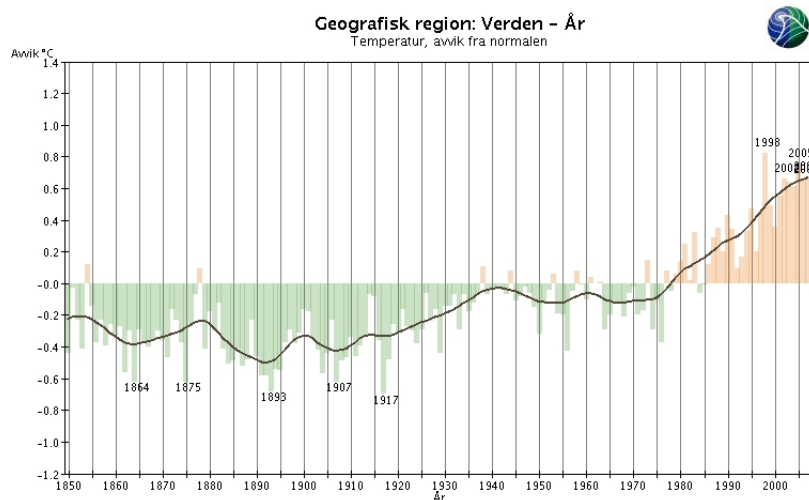
Mean annual temperature 1961-90



Figur 3: Geografiske variasjoner i årsnormaler for temperatur i de nordiske landene utenom Grønland og Færøyene. Normalen er gjennomsnittet av årstemperaturen i perioden 1961 - 1990.

2.2 Klimautvikling i instrumentell periode

Vi er inne i en tid der klimaet på jorden endrer seg kraftig. Figur 4 viser klimautviklingen i verden i henhold til beregninger fra Climate Research Unit ved University of East Anglia [7]. Her ser en at vi nå er omtrent 0,5 °C over normaltemperaturen (1961 - 1990). Instrumentell periode er i denne sammenheng den perioden vi har temperaturmålinger fra. Denne typen målinger starter på litt ulike tidspunkt på ulike lokaliteter, noe vi også ser i figur 5. Temperaturhistorikken fra 1850 og frem til i dag viser at perioden fra 1850 til ca 1920 var relativt stabilt kald, temperaturen steg frem mot 1940 og deretter var det relativt små variasjoner frem til 1970-tallet. Etter dette har det vært en sterk oppvarming av jorden. Det er også verdt å merke seg at 1998 var et særdeles varmt år, noe som skyldes en sterk El Niño det året. El Niño er en del av et strømsystem i Stillehavet som omfordeler store vannmengder i området mellom Sør-Amerika og Australia. Sterke El Niño gir høye temperaturer på land, mens motsvaret La Niña gir lavere temperaturer på land.



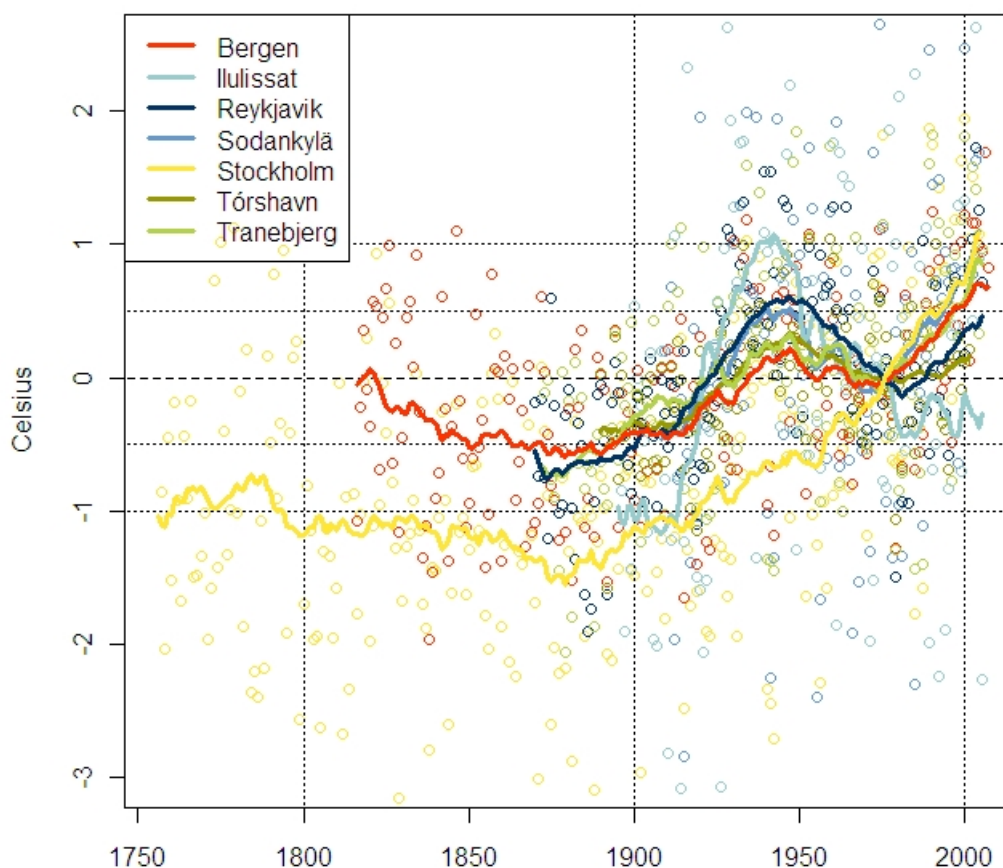
Figur 4: Den globale temperaturutviklingen i henhold til beregninger av Climate Research Unit ved University of East Anglia [7].

Data for å beskrive klimautviklingen i Norden er hentet fra ECA & D [2]. På bakgrunn av data fra dette arkivet, supplert med data fra met.no og NORDKLIM [4] er det utarbeidet tidsserier for årstemperaturer for følgende lokaliteter:

- Bergen i Norge
- Ilulissat på Grønland
- Reykjavik på Island
- Sodankylä i Finland
- Stockholm i Sverige
- Tórshavn på Færøyene
- Tranebjerg i Danmark

Ved valg av målestasjoner har det vært lagt flere kriterier til grunn. I den grad det har vært mulig, er det brukt data fra de utvalgte kulturmiljøstedene. De valgte stasjonene representerer dessuten ulike klimaområder i Norden. Her er det lagt vekt på å representere Norden så bredt som praktisk mulig og

Temperaturavvik fra normalen



Figur 5: Temperaturutviklingen på utvalgte lokaliteter i Norden. Hver sirkel representerer en årsverdi for avviket fra temperaturnormalen (normalen er presentert i tabell 5).

spesielt fange opp variasjoner i lokal respons på klimaendringer. Videre er det lagt vekt på at en lang og relativt homogen serie skulle være lett tilgjengelig.

Temperaturutviklingen for lokalitetene over er presentert i figur 5. Streken er glidende 30 års middel, det vil si at et hvert punkt på kurven er middelverdien av de 15 foregående og de 15 påfølgende årene. En slik strek gjør kurvene mer lesbare. At alle kurvene har 0 i avvik fra normalen omtrent i 1975, skyldes at da samsvarer det 30-årige tidsvinduet i det glidende årsmiddelet med tidsperioden for normalen, 1961 - 1990.

Som en ser er den årlige variasjonen i temperaturer betydelig større enn det vi kan fange opp fra signaler om klimaendringer. Et eksempel her er Reykjavik, hvor temperaturøkningen siden starten av dette århundret er på ca 1 °C, mens forskjellen på det varmeste og kaldeste året nesten er 4 °C. For de fleste av de utvalgte målestasjonene er klimasignalet likevel en klar oppvarming i perioden. Stockholm avviker vesentlig fra de andre ved å ikke vise 1930- og 1940-tallet som en varm periode. For de fleste lokalitetene, bortsett fra Ilulissat og Tórshavn, ser en at temperaturen nå er mellom 0,5 og 1 °C over normalen (1961 - 1990).

Utviklingen i årsnedbør for lokalitetene over er presentert i figur 6 og viser endringen i årlig nedbørmengde relativt til normalen (1961 - 1990). Punktene viser de årlige verdiene, mens streken viser et glidende 30 års middel. Her er det verdt å merke seg at de mest ekstreme årsverdiene ikke er vist i plottet da dette ville ha gjort kurvene flatere og lite lesbare, men alle verdiene er med i beregningen

Sted	Normal	Kaldest	Varmest
Bergen	7.6	5.6	9.3
Ilulissat	-4.5	-8.9	7.4
Reykjavik	4.3	2.4	6.1
Sodankylä	-1.2	-4.1	2.3
Stockholm	6.8	3.2	8.7
Tórshavn	6.5	4.9	7.5
Tranebjerg	10.1	8.0	11.9

Tabell 5: Årstemperatur: Normal (gjennomsnitt av 1961 - 1990), høyeste og laveste temperatur.

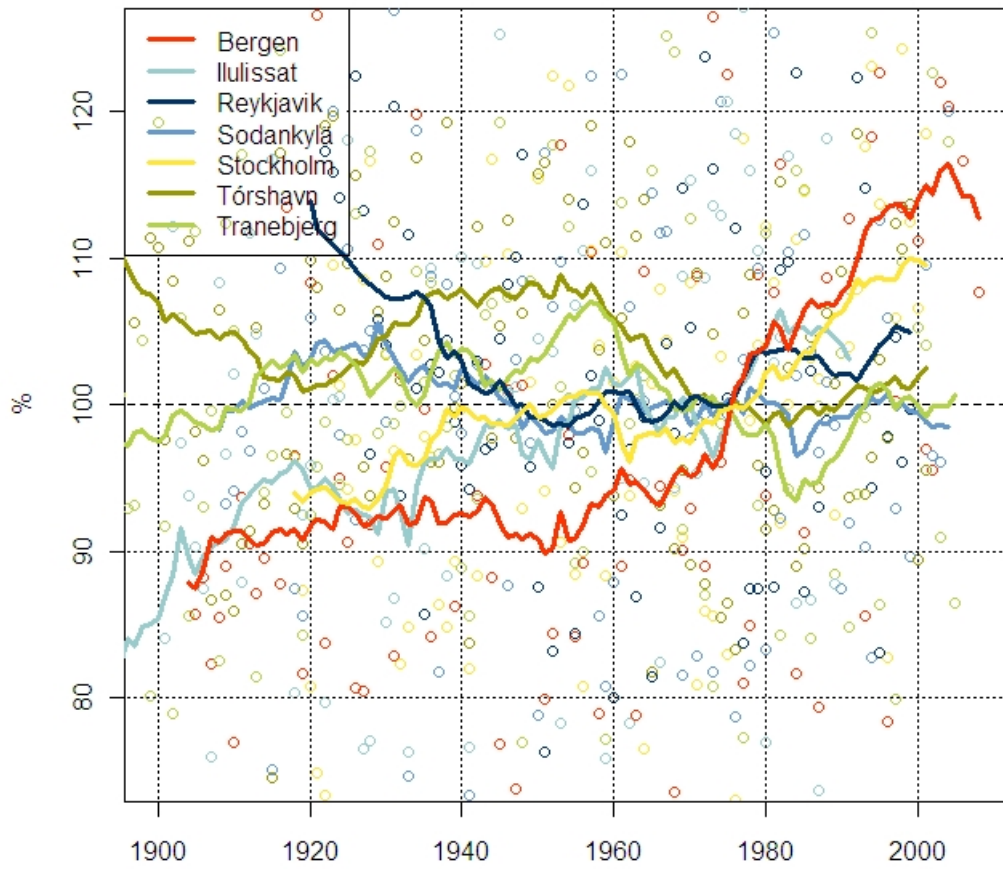
Sted	Normal	Minste	Største
Bergen	2179	1381	3068
Ilulissat	263	114	518
Reykjavik	996	755	1453
Sodankylä	499	67	785
Stockholm	654	455	961
Tórshavn	1284	955	1814
Tranebjerg	538	306	788

Tabell 6: Årsnedbør: Normal (gjennomsnitt av 1961 - 1990), størst og minst for måleperioden.

av grafene. For de fleste stasjoner er det ikke en helt entydig utvikling i perioden. Bergen, Stockholm og Ilulissat har en relativt klar økning i nedbøren, mens de andre tilsynelatende har små endringer. Som for temperatur, er de årlige variasjonene store, og det er først over tid man kan se tendenser som kan tilskrives klimaendringer.

Når det gjelder tolkningen av disse datasettene, både temperatur og nedbør, må en være klar over at stasjonene presentert her stort sett består av en kombinasjon av lokale stasjoner. Tar en temperaturmålinger i Bergen som et eksempel, er starten av perioden observert på Fredriksberg i Bergen, mens slutten er observert på Florida i Bergen. Ved denne typen endringer søkes det å finne en riktig overgangsfunksjon mellom datasettene, men det vil uunngåelig bli et lite brudd i homogeniteten til datasettet.

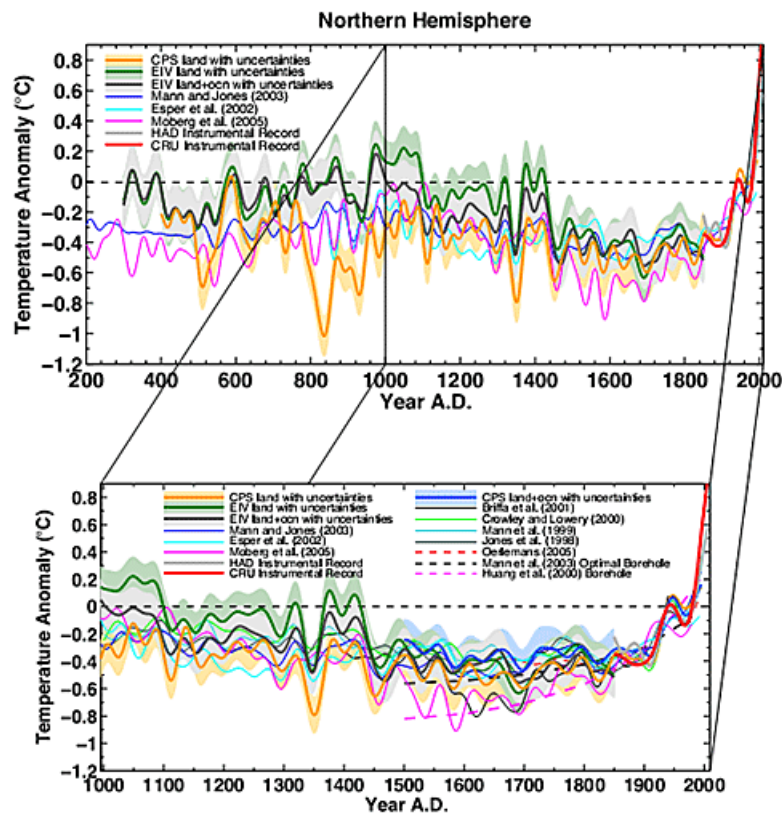
Avvik fra normalnedbør



Figur 6: Avvik fra normalnedbør på utvalgte lokaliteter i Norden. Hver sirkel representerer en årsverdi, og streken er glidende 30 års middel.

2.3 Klimautvikling før instrumentering

Det som er helt klart, er at klimaet har variert over lang tid. Som vist over (avsnitt 2.2) har vi observasjoner av været for de siste 100 - 200 år. Før dette er vi avhengig av å rekonstruere klimaet ved hjelp av andre midler enn målinger. Slike rekonstruksjoner er det mange som har gjort, og under vises en figur fra Mann med flere [18] for temperaturutviklingen på den nordlige halvkule de siste 2000 år. Figuren er, som en ser, sammensatt av mange ulike rekonstruksjoner. Siden de fleste rekonstruksjonene ligger innenfor usikkerheten til de andre (tegnet med en skygge), kan man ikke forkaste en rekonstruksjon bare fordi den avviker noe fra de andre. Den gjennomgående tendensen i hele perioden er noe så selvsagt som variasjoner. De grove trekkene er at vikingtiden, kjent som en varm periode, trolig hadde en middeltemperatur på den nordlige halvkule som var noe lavere enn temperaturene som observeres nå. Etter dette hadde vi en relativt kald periode på 15- og 1600-tallet, og en kuldebølge midt på 1800-tallet. Nyere data enn dette finner en best i globale middeltemperaturer som figur 4 eller lokale verdier som i figur 5. Går en lengre tilbake i historien enn vikingtiden, blir tilgangen på informasjon ytterligere svekket og spriket mellom de ulike rekonstruksjonene øker. Det samlede signalet fra de siste 2000 år er at det har vært noe lavere temperaturer enn i dag.



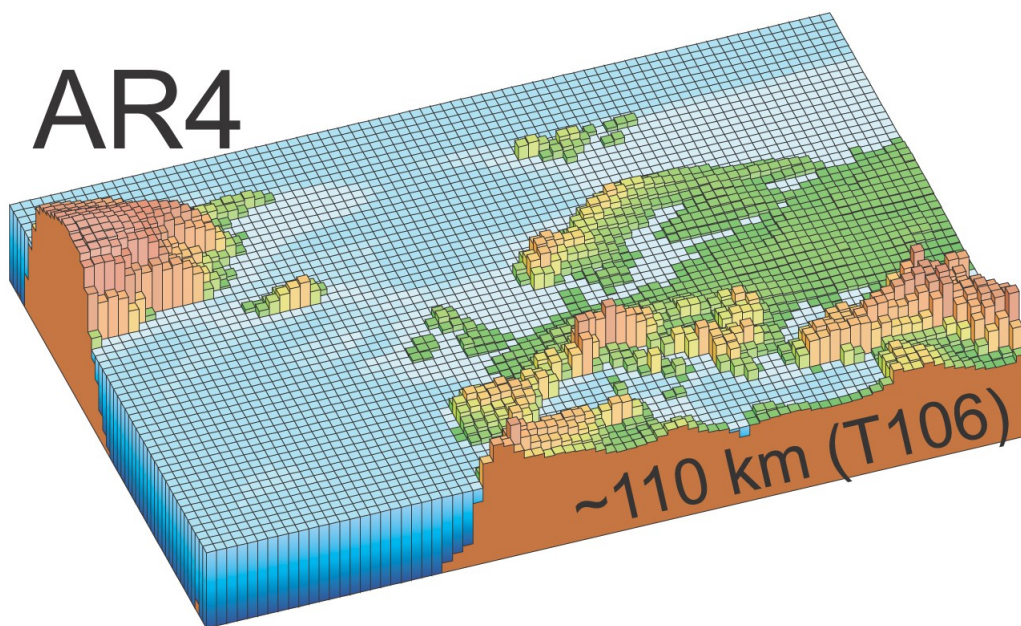
Figur 7: Temperaturutvikling de siste 1800 år [18].

Når det gjelder andre elementer enn temperatur, som vind og nedbør, finnes det ikke tilsvarende rekonstruksjoner. Det er grunn til å anta at det også her har vært variasjoner, men også at dagens klima gir et godt bilde på de regionale forskjellene. Der det regner mye i dag, er det for eksempel all grunn til å tro at det har regnet mye i tidligere tider også.

3 Prosjeksjoner av klima for den nordiske regionen

3.1 Hva er projeksjoner

Projeksjoner for fremtidig klima bygger på to sentrale elementer: Forståelse av klimasystemet, og antagelser om samfunnsmessig utvikling i fremtiden. For å studere hvordan klimasystemet responderer på samfunnsmessige og naturlige endringer, brukes globale klimamodeller. En global klimamodell er et forsøk på å sette sammen fysikken, slik vi har forstått den, ved hjelp av matematiske likninger. Slike modeller forsøker å gi et så komplett bilde som mulig av ulike prosesser og hvordan de gjensidig påvirker hverandre. Noen av de prosessene som er beskrevet er vannets kretsløp, oppførselen til gasser og partikler (aerosoler) i atmosfæren, og strålingens eller energiens vandring gjennom atmosfæren fra den kommer inn som solstråling til den sendes ut som varmestråling. Før en slik datamodell brukes til å beregne fremtiden, testes den ved å prøve å gjenskape historiske data.



Figur 8: Visualisering av oppløsningen på globale klimamodeller som brukt i siste rapport fra IPCC (FNs klimapanel). Grafikk fra IPCC [6]

I naturen foregår disse prosessene kontinuerlig. Vi er i dag ikke i stand til å gjennomføre beregninger på denne kontinuerlige måten, men må dele jorden opp i et endelig antall punkt. For siste IPCC-rapport ligger disse punktene med ca 110 km avstand. Figur 8 gir et bilde av hvordan topografien i Europa vil se ut i en slik modell. Som en ser, er skalaen rimelig grov, noe som medfører at mange lokale effekter ikke kommer med. Derfor er det blitt utviklet metodikk for å nedskalere fra de globale til lokale forhold. Det er to ulike fremgangsmåter som brukes for denne typen nedskalering: dynamisk nedskalering og statistisk nedskalering. I dynamisk nedskalering brukes en spesialtilpasset utgave av modeller brukt i værvarsling. Denne metoden bruker felt fra de globale modellene til å beregne været i et mer finmasket nett for et utvalgt område. Den andre metoden er å bruke statistiske beregninger ved å identifisere hva som kjennetegner det lokale været ved de ulike tilstandene til været i de globale modellene. Disse metodene lar seg kombinere ved at en først kjører en regional modell, for så å statistisk justere projeksjonene.

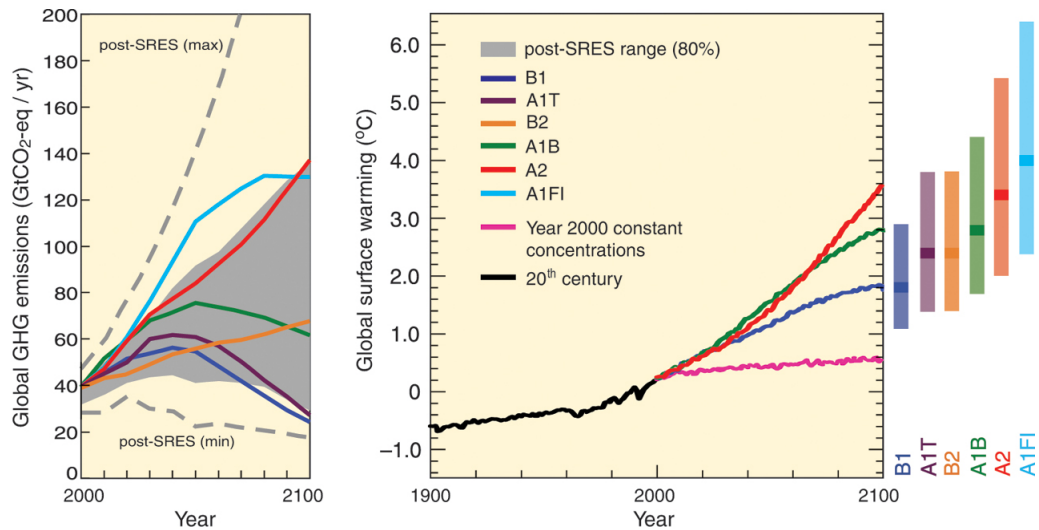
Projeksjoner vil aldri kunne gi en eksakt beskrivelse av utviklingen i fremtiden. Usikkerhetene omfatter alt fra hvordan fremtidens mennesker vil innrette verdenssamfunnet, til hvordan de fysiske prosessene er representert i ligningene i bunnen. En full usikkerhetsbetraktning er derfor ikke praktisk mulig, derimot kan man studere sammenfall og variasjoner mellom de ulike globale modellene. En

indikasjon på hvor god modellene er, finner en også ved å sammenligne den historiske utviklingen med hvordan denne blir gjenskapt av modellene.

Det projeksjonene kan hjelpe oss med, er altså å gi et inntrykk av hvordan klimaet vil endre seg i fremtiden. Praktisk bruk av dem krever en viss forsiktighet, samtidig som vi er rimelig sikre på at projeksjonene i stor grad oppfanger tendenser og endringer.

3.2 Prosjeksjoner av temperatur

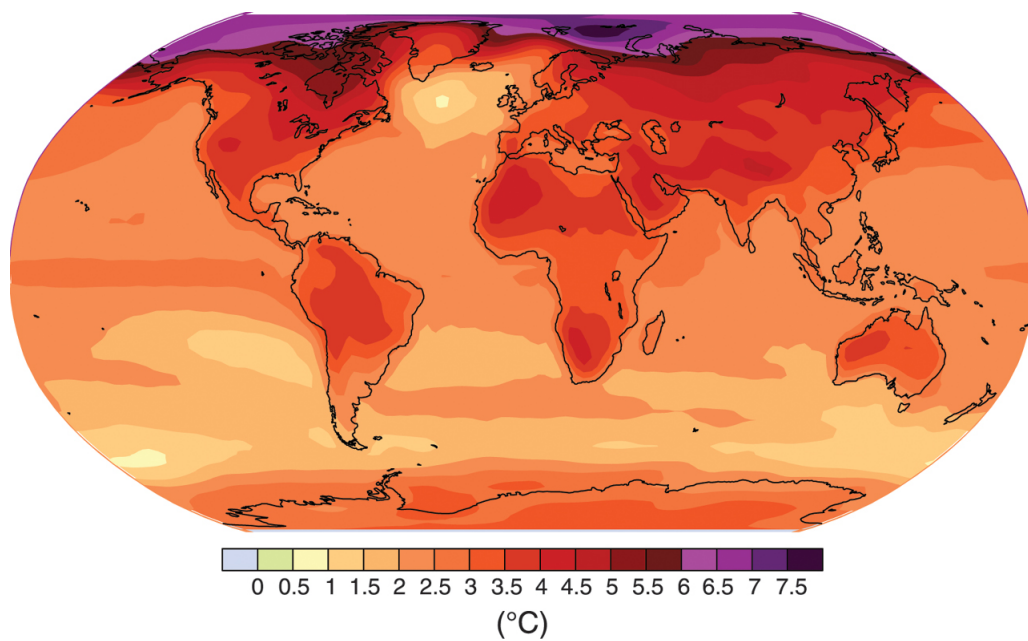
Endringen av global temperatur i løpet av det kommende århundret er forbundet med mange usikkerheter, én av dem er valg av utslippsscenario. Figur 9 viser ulike mulige utviklinger. Som en ser, er det klare forskjeller i temperaturutvikling mot slutten av århundret etter hvilket scenario for utslipp en velger. En må derfor være seg bevisst valg av scenario og hva det står for. Ofte refereres det til scenario A2, som enkelt sagt tilsvarer å fortsette som vi stevner. Et annet ofte brukt scenario er B2, som innebærer at vi aktivt går inn med restriksjoner på utslipp av klimagasser. Scenario A1B, som er brukt for figur 10 er en utvikling der vi ikke legger inn sterkere restriksjoner raskt, men begrenser utslippene mer og mer etter som århundret går fremover. For øyeblikket ligger den reelle økningen i utslipp i overkant av den utviklingen som ble forutsett i selv de mest ekstreme utslippsscenarioene.



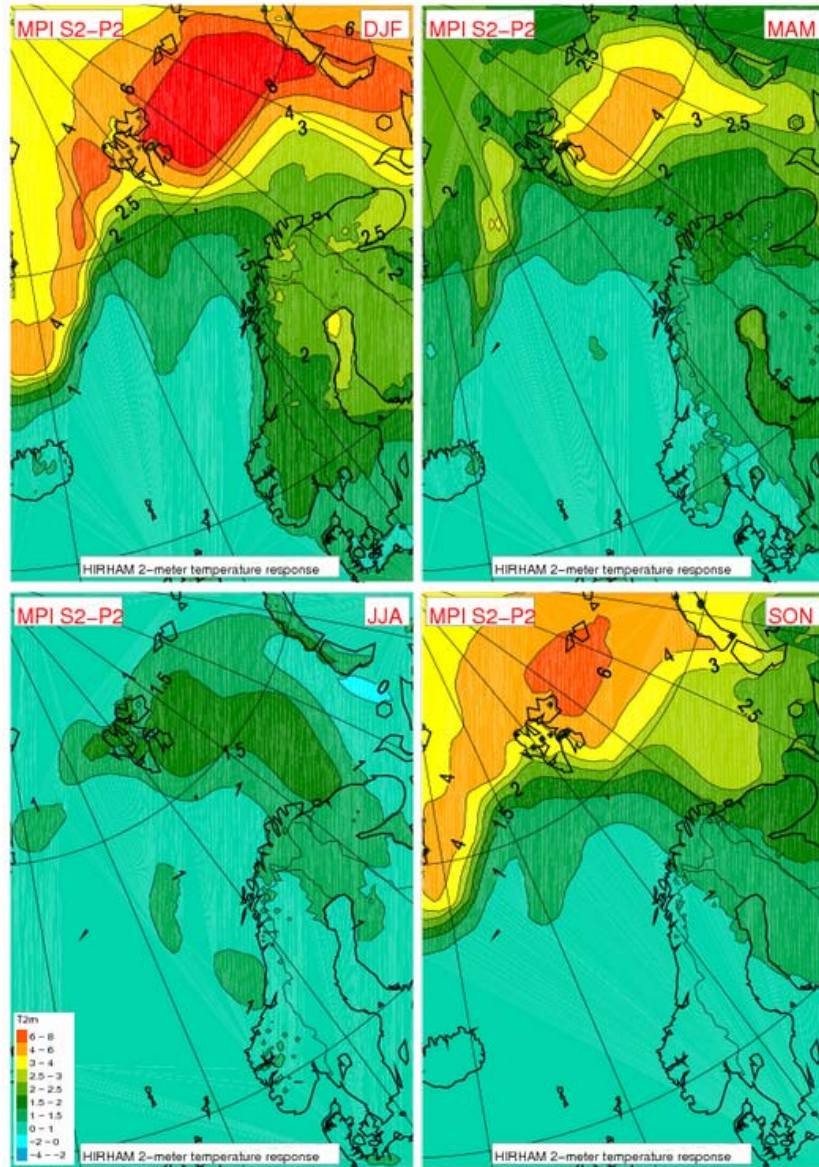
Figur 9: Utslippsscenarioer og endring av midlere temperatur for jorden ved disse. Grafikk fra IPCC [6].

I figur 10 er fordelingen av den globale endringen i temperatur vist. Det er verdt å merke seg at nordområdene trolig får spesielt stor oppvarming, noe som omfatter store områder i Norden. Dette er ikke unikt for dette scenarioet (A1B), men er en gjennomgående tendens i alle fremskrivninger med økt CO₂-innhold i atmosfæren. Når temperaturen stiger, vil isen i Arktis trekke seg tilbake, noe som fører til en ytterligere lokal og global oppvarming. Årsaken til den økte oppvarmingen, er at havet vil absorbere vesentlig mer sollys enn det iskappen gjør.

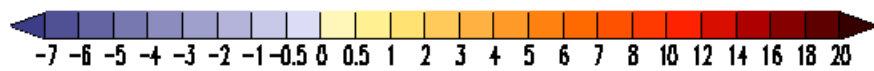
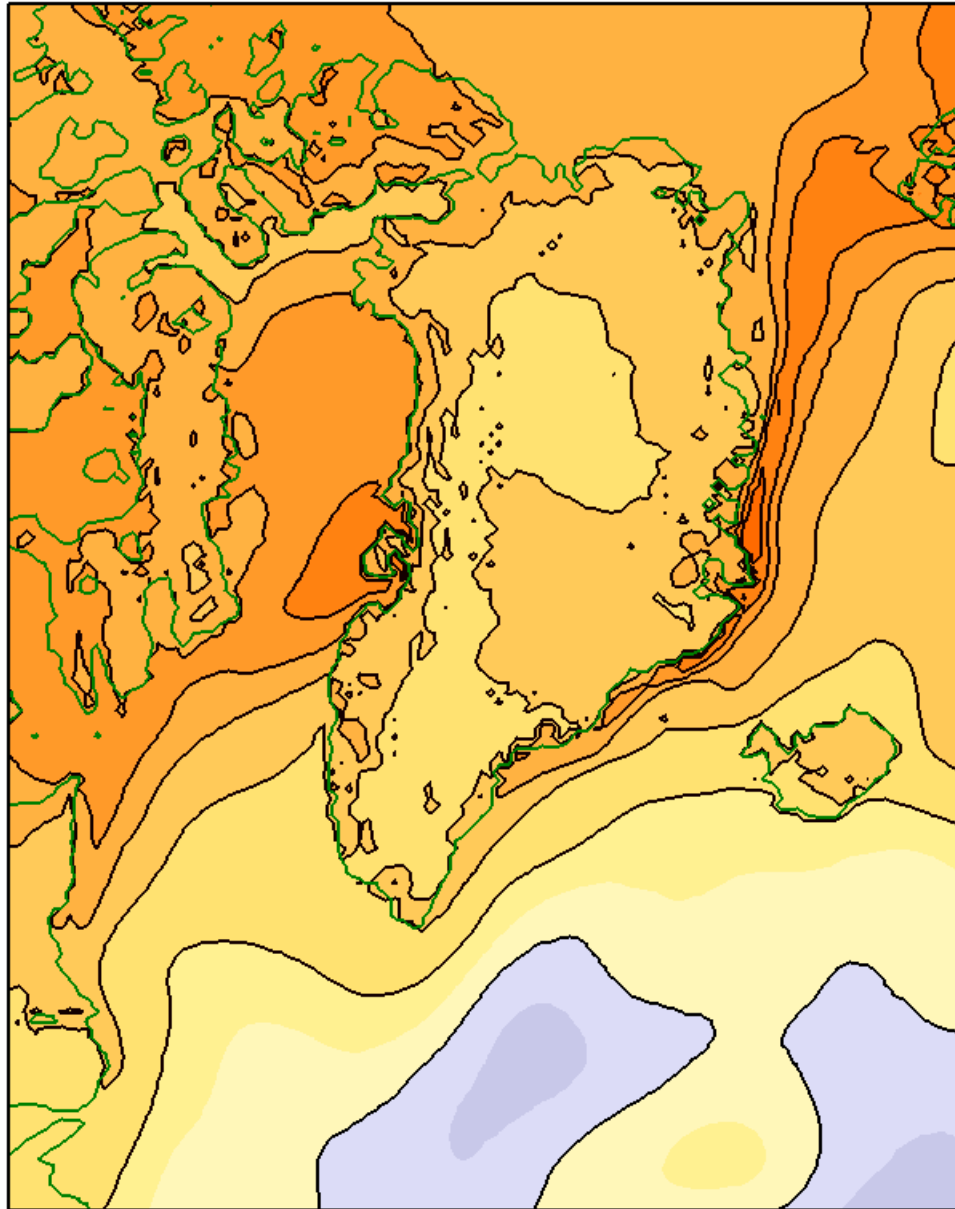
For de nordiske områdene ser det ut til å bli oppvarming med sterke regionale forskjeller (figur 11). Danmark, Island og Færøyene ser ut til å få en oppvarming på ca 1 °C i alle fire sesonger frem mot midten av århundret sammenliknet med dagens klima. Norge, Sverige og Finland får den sterkeste oppvarmingen om vinteren med opp mot 2,5 °C i nordøst, og 1,5 °C i sørlige deler. For sommerforholdene ser det ut til at store deler av området vil få en oppvarming i underkant av 1 °C. Det er verdt å merke seg at figurene bruker perioden 1981 - 2010 som referanse, og ikke normalperioden 1961 - 1990, noe som vil gi en litt svakere oppvarming. Dette skyldes at det har vært en klar oppvarming mellom disse referanseperiodene. Når det gjelder Grønland, omfattes ikke hele landet av modellen brukt i NorACIA [12], og det er hentet ut et kart for projeksjoner av temperaturen for 2050 fra DMI [3]. Her ser det ut til at en får en oppvarming på 3 - 4 °C frem til midten av århundret. Svalbard får en tilsvarende økning i temperaturen som Grønland, og den største økningen forventes om vinteren. En sammenlikning mellom resultatene i NorACIA og "Assesment of Climate Change for the Baltic Sea Basin"[23] viser god overensstemmelse i forventet klimautvikling for Østersjøen.



Figur 10: Endringer av temperatur mot slutten av dette århundret ved utslippsscenario A1B. Grafikk fra IPCC [6].



Figur 11: Projisert endring i årstids-temperatur i °C (fra 1981 - 2010 til 2021 - 2050 (Global modell: MPI ECHAM4, SRES: IS92a; RCM: NorACIA 25 km) [12]. Øverst til venstre er vintermånedene, øverst til høyre er vårmånedene, nederst til venstre er sommermånedene og nederst til høyre er høstmånedene.

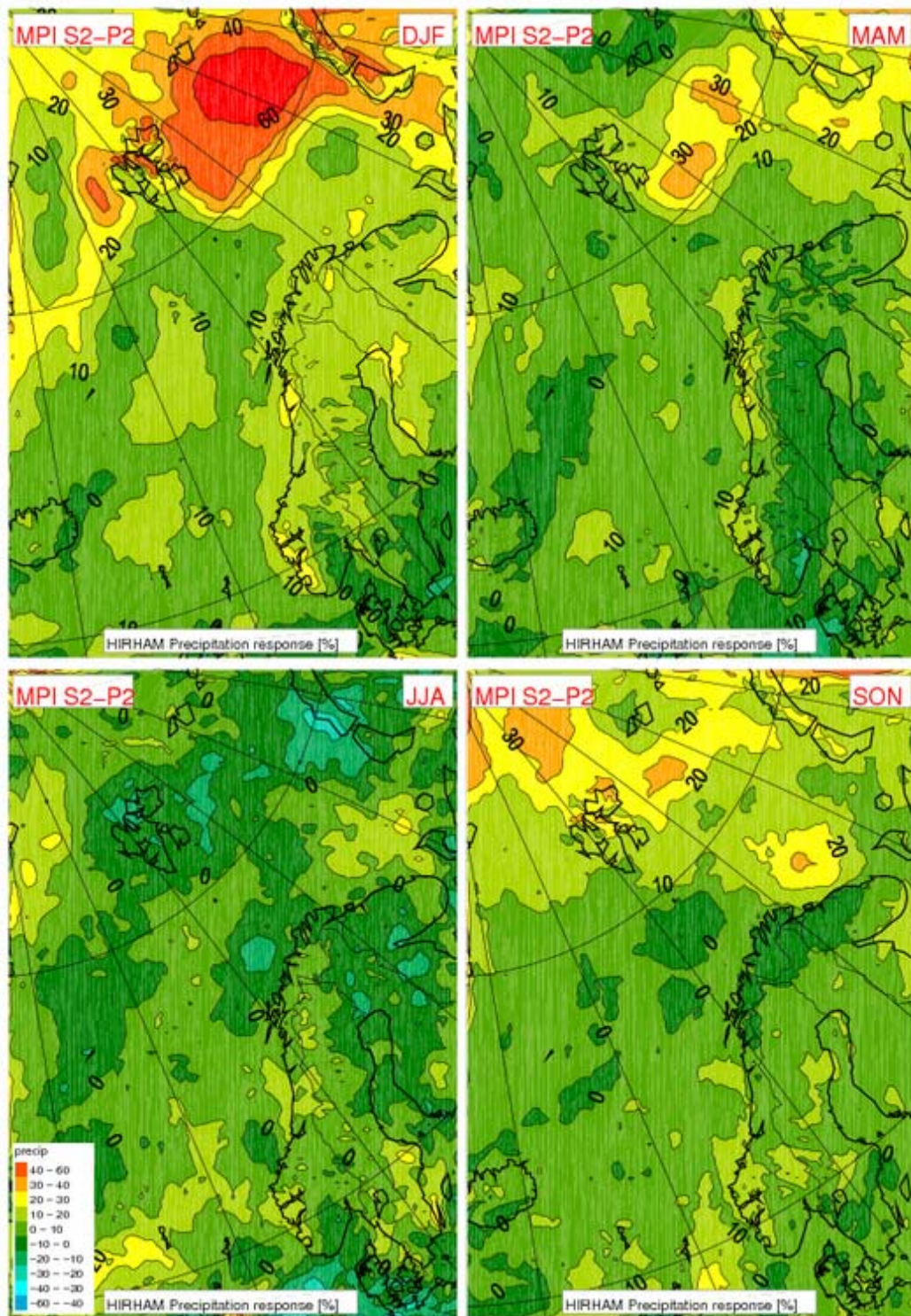


Figur 12: Projisert endring i temperaturer for Grønland i °C frem til 2050 [3]. Den grønne streken angir konturen av landet.

3.3 Prosjeksjoner av nedbør

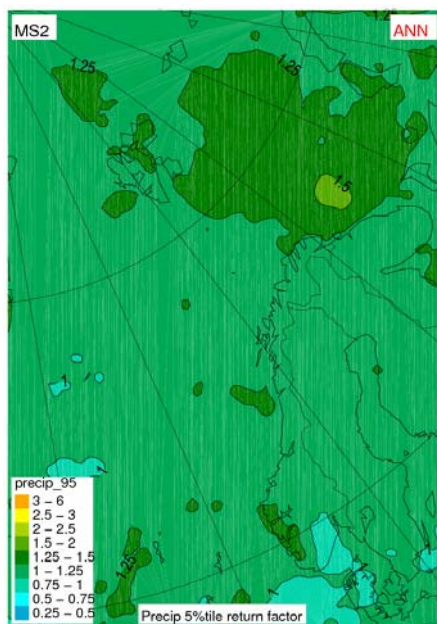
Nedbør er et element der estimatene for fremtiden er noe mer usikre enn når det gjelder temperatur. For regionen generelt kan en forvente noe mer nedbør, av størrelsesorden rundt 10 % i årlig økning. Størst prosentvis endringer finner en på vestkysten av Norge og Finland (figur 13) med inntil 20 - 30 % økning i nedbørmengdene i vintersesongen. Økt nedbør i Østersjø-området vil gi lavere saltinnhold i Østersjøen, samt økt tilføring av næringssalter.[23] Prosjeksjonene viser også stor økning i nedbøren på Svalbard, men dette er en region med ekstra store usikkerheter. Forekomsten av kraftige og ekstreme nedbørhendelser ser også ut til å øke noe. Figur 14 viser endringen i hyppighet av 95 percentilen for døgnnedbør. 95 percentilen er den nedbørmengden i et døgn en bare får i 5 % av nedbørhendelsene i løpet av et år. Hvis det et sted regner 100 dager i året, ligger de fem dagene med mest nedbør over 95 percentilen. Figur 14 viser endringen i hyppighet av slike kraftige nedbørhendelser. En hyppighet på 1 betyr at det ikke vil være noen endring, mens en hyppighet på 2 vil si at denne typen vær vil forekomme dobbelt så ofte. Frem mot midten av århundret viser projeksjonen en svak økning i ekstremnedbør i Norden. Kartet viser at nesten hele Norden ligger i området 1 - 1,25 for endret hyppighet. Forstetter vi mot slutten av århundret, ser det ut til at hyppigheten har økt opp til 1,5 ganger dagens nivå. 1,5 ganger så hyppig vil altså si at nedbørmengder som i dag forekommer 10 ganger per år, i fremtiden vil komme i gjennomsnitt 15 ganger per år. Som for temperatur viser resultatene fra NorACIA [12] god overenstemmelse med projeksjoner fra Baltex [23].

Når det gjelder hvilken tilstand nedbøren kommer i - snø, regn eller sludd - vil vi oppleve en endring. Som vist i figur 13 kommer det trolig mer nedbør i de nordiske landene. Temperaturen kommer også til å stige vesentlig (figur 11). Kombinasjonen av dette vil gi klare utslag på tilstanden til nedbøren. Der vi i dag har få dager med kuldegrader, vil en i fremtiden sjeldent eller aldri oppleve snøfall. For store områder der vi tidligere hadde stabile snøforhold, vil vi fremtiden kunne oppleve ustabile forhold når det gjelder snø og kulde. Dette gjelder spesielt i lavlandet. Trekker vi opp i fjellene eller nordover, vil en økning i nedbøren om vinteren trolig i et kortere tidsperspektiv medføre mer snø enn i dag. Dette skyldes en økning i nedbøren uten at temperaturen har steget over 0 °C. Baltex [23] har en god presentasjon av fremtidig snømengde i Skandinavia. I denne rapporten kommer det klart frem at snømengden minker i hele regionen når en sammenlikner perioden 1961 - 1990 med 2071 - 2100. En finner den største prosentvise nedgangen i snømengde i sørlige og kystnære områder.

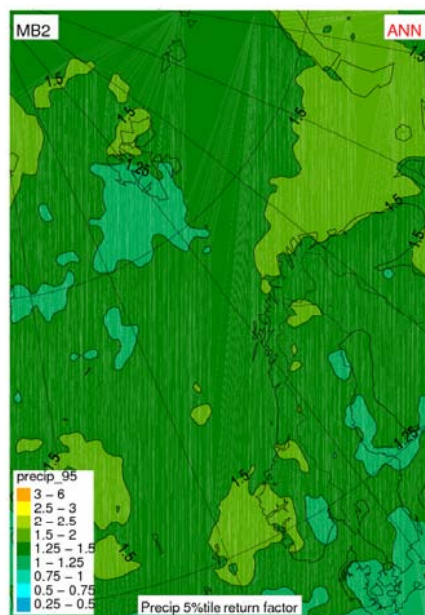


Figur 13: Projisert endring (%) i årstidsnedbør fra 1981 - 2010 til 2021 - 2050 (Global modell: MPI ECHAM4, SRES: IS92a; RCM: NorACIA25 km) [12]. Øverst til venstre er vintermånedene, øverst til høyre er vårmånedene, nede til venstre er sommermånedene og høstmånedene er nede til høyre.

a



b



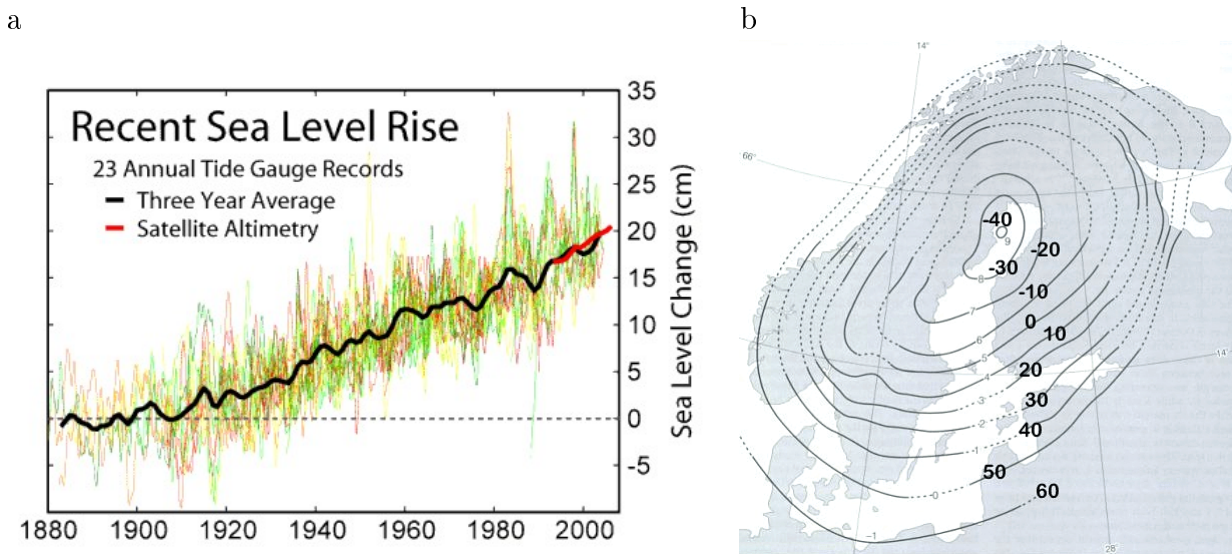
Figur 14: Projisert endring i hyppighet av 95 percentil av døgnlig nedbørhøyde. a: Fra 1981 - 2010 til 2021 - 2050, b: Fra 1961 - 1990 til 2071 - 2100 [12].

3.4 Prosjeksjoner av andre elementer

Over er temperatur og nedbør behandlet spesielt, ettersom det er to elementer med stor betydning, samtidig som projeksjonene for disse elementene begynner å bli gode. I denne delen vil andre elementer av interesse bli diskutert.

3.4.1 Havnivå

I løpet av forrige århundre steg verdenshavene med 20 cm (figur 15 a). Denne økningen skyldes en kombinasjon av avsmelting av isbreer og termisk ekspansjon av havvannet, det vil si at vannets volum øker når vannet blir varmere. Denne havnivåstigningen har vi merket lite til i Norden da landhevingen for det meste har vært like stor eller større (figur 15 b, små tall). Dette skyldes at landet i Skandinavia fortsatt hever seg etter at isen under siste istid, som presset landet ned, forsvant. En slik type landheving betegnes som postglasial.

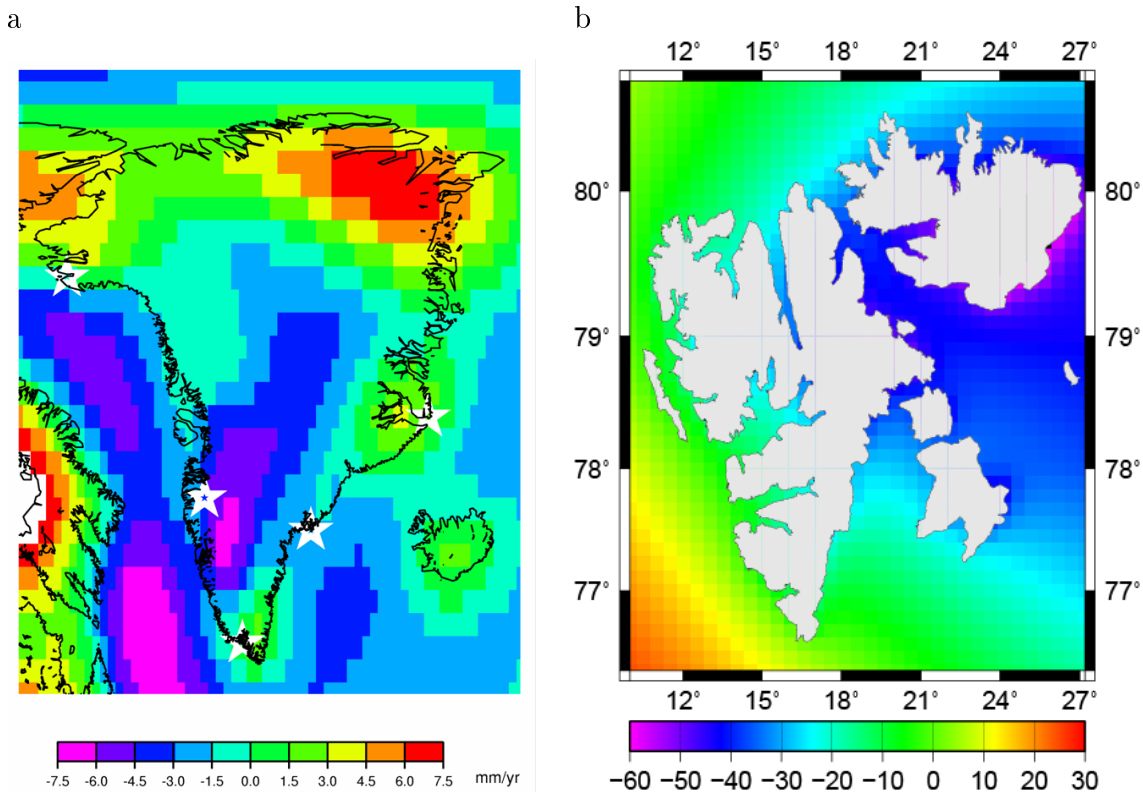


Figur 15: Observerte endringer i det globale havnivået (a)[6] og (b) Dagens landheving i mm/år i Skandinavia (små tall). De store tallene viser antatt netto havnivåstigning i cm om hundre år med utgangspunkt i en havnivåstigning på 50 cm og korrigert for dagens landhevingsrate i ulike deler av Skandinavia [20].

Det er stor usikkerhet knyttet til hvor mye havnivået kommer til å stige i fremtiden. IPCCs projeksjoner ligger på mellom 18 og 59 cm stigning i løpet av dette århundret, avhengig av hvilket scenario man velger [6]. Utviklingen etter den siste IPCC-rapporten tyder på at estimatene her var noe for forsiktige. I figur 15, som tar utgangspunkt i en havnivåstigning på 50 cm, ser en at havnivået i Bergen vil stige med ca 50 cm siden det ikke er landheving i området. I Bottenviken vil det derimot kunne bli en netto landhevning på opptil 40 cm fordi landmassen hever seg raskere (9 mm/år) enn den antatte havnivåstigningen. Danmark er det landet i Norden som er mest utsatt for økningen i det globale havnivået, siden deler av landet i tillegg synker med ca 1 mm i året. Vestkysten av Jylland, som består av løse sedimenter, er allerede utsatt for sterk kysterrosjon. Med et stigende havnivå, og en eventuell økning i ekstremvær, vil denne erosjonen øke. Mellom 1880 og 2006 viser målinger ved Mårup kirke på Nordvest-Jylland at ca 220 meter av kysten er forsvunnet på grunn av erosjon, og tendensen synes å være at erosjonen øker [11].

På Svalbard(Ny-Ålesund) er den postglasiale landhevingen målt til 8,2 mm/år +/- 0,9 mm/år [15], altså omtrent like mye som i sentrum for landhevingen i Skandinavia.

I tillegg hever Svalbard seg på grunn av dagens nedsmelting av isbreer, selv om denne effekten er betydelig mindre. Landhevingen fra ismeltingen i dag [16] er beregnet ut i fra en forsiktig antagelse



Figur 16: a: Beregnet landheving på Grønland (mm/år) [22]. b: Lokale havnivåendringer på Svalbard om 100 år, målt i cm. Landet vil heve seg like mye eller mer enn den globale havnivåhevingen (i figuren antatt å være 50 cm), slik at fremtidig havnivå blir tildels lavere enn dagens [16]

om gjennomsnittlig isbresmelting på 0,5 m/år, noe som medfører en beregnet landheving på 1 mm/år ved kysten og opptil 3 mm/år i indre deler av enkelte fjorder.

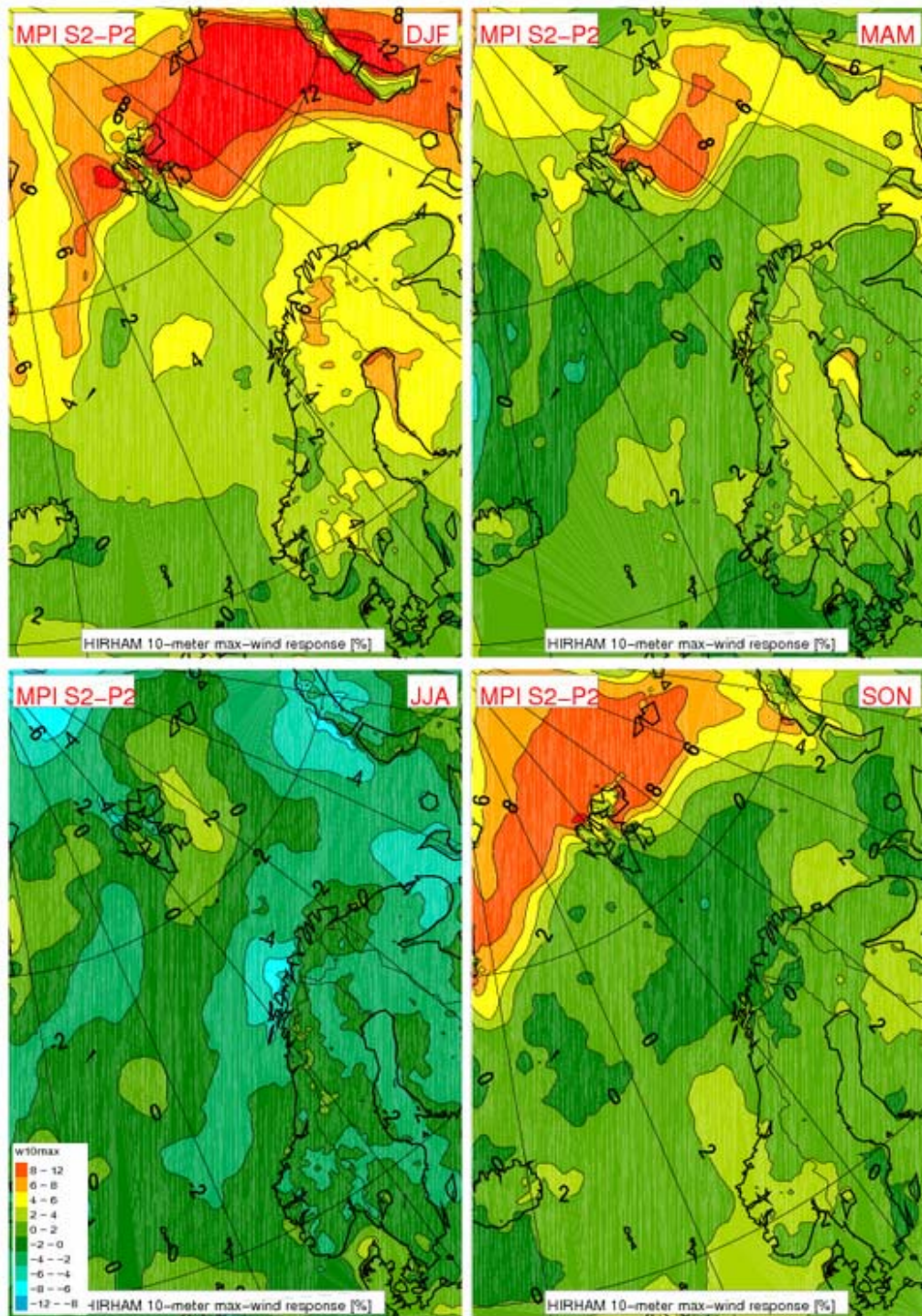
Når det gjelder landheving på Grønland, er forholdene svært komplekse, og varierer mye fra område til område. Figur 16 a viser kun den langsiktige postglasiale landheving og landsenkning, med en heving i nord, og senkning i sørvest - som det riktignok er knyttet usikkerhet til. I tillegg til dette har man i dag en vesentlig landheving på grunn av pågående ismelting. Mellom 2001 og 2006 har smelting av is i sørvestlige Grønland forårsaket en landheving på hele 35 mm målt i Kulusuk, og med en akselererende tendens [14]. En slik landheving vil være størst rundt utløp av store isbrearmer, og kan komme opp i 40 mm per år.

Man har i dag lite kunnskap om eventuell landheving på Færøyene, men det vil trolig bli etablert GPS-stasjoner og vannstandsmålere der i nær fremtid. En del observasjoner tyder likevel på at øyene opplever en hvis stigning i havnivå [19]. Dette er observasjoner av torv under nyere kystavleiringer, resultater av borer i kystnære vannsedimenter, samt manglende tegn på hevede kystlinjer. Den eldre bosettingen ligger dessuten påfallende nær sjøen.

3.4.2 Vind

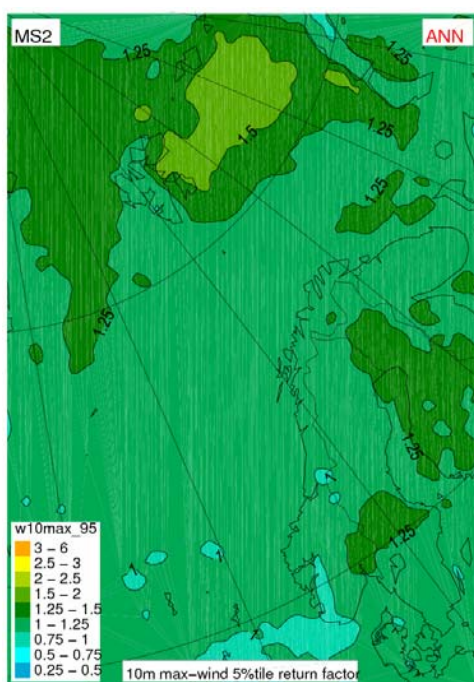
Det er vanskelig å si noe sikkert både om historiske endringer og projeksjoner for fremtiden når det gjelder vind. Ett problem med hensyn til historiske målinger, er at vind en veldig lokal måling, og kun små endringer av målepunkt eller av omgivelsene til målepunktet kan potensielt gi store utslag på observasjonene av vinden. Når det gjelder vind i fremtiden er dette også heftet med svært store usikkerheter, men de ulike projeksjonene gir noen indikasjoner. Lavtrykkenes utvikling er vesentlig for hvordan vinden vil arte seg i fremtiden. Her der det tegn på at vi kan få enkelte endringer. Det ser ikke ut til at det blir hyppigere lavtrykk, men derimot ser det ut til at lavtrykkene vil utvikle seg noe raskere og bli noe sterkere. Dette vil kunne medføre noe kraftigere vind. Ser en på resultater fra

regionale nedskaleringer av vind, er det nettopp en tendens til noe sterkere vinder. Figuren viser hvor ofte de 5 % kraftigste vindene i dag vil forekomme i fremtiden. Ved verdier på 1, er det ikke noen endring fra i dag, mens verdier på 2 betyr at slike vindstyrker vil forekomme dobbelt så ofte. Det ser ut til at særlig Finland og til dels Sverige vil komme til å oppleve kraftig vind oftere enn før. [12] Det blir trolig kraftigere og hyppigere stormaktivitet i Østersjøen og Bottenviken, noe som kan medføre økt hyppighet av stormflo. For det siste må det påpekes at den samlede usikkerheten blir veldig stor. Resultatet i figur 17 og figur 18 er konsistent med resultater som beskrevet i [23].

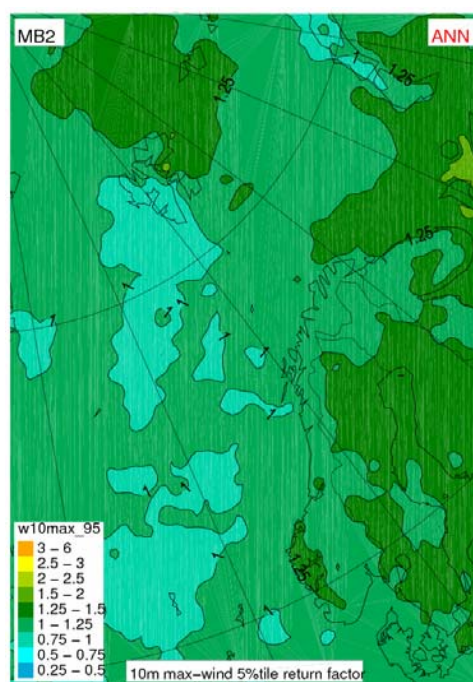


Figur 17: Projisert årstidsendring (%) i døgnlig maksimalvindstyrke fra 1981-2010 til 2021-2050 (Global modell: MPI ECHAM4, SRES: IS92a;RCM: NorACIA 25 km) [12]. Øverst til venstre er vintermånedene, øverst til høyre er vårmånedene, nede til venstre er sommermånedene og høstmånedene er nede til høyre.

a



b

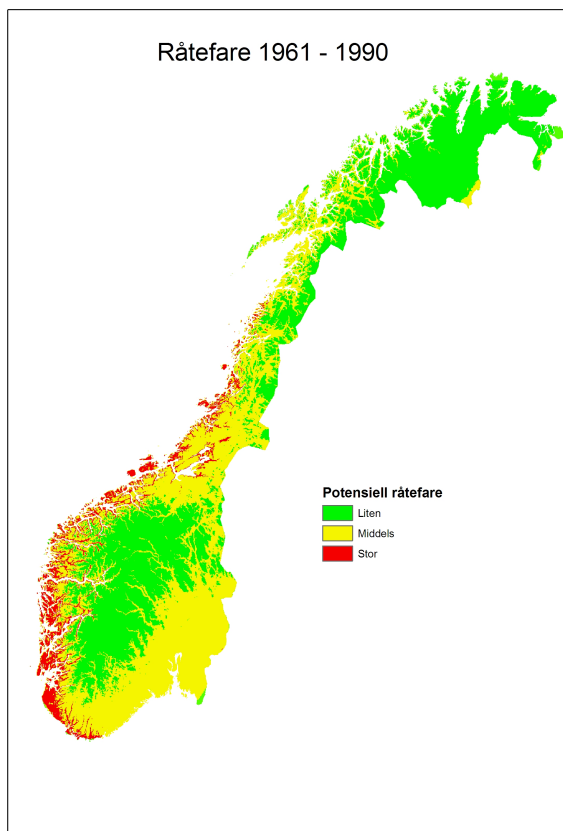


Figur 18: Projisert endring i hyppighet av 95 percentil av maksimal vindhastighet, a: Fra 1981 - 2010 til 2021 - 2050, b: Fra 1961 - 1990 til 2071 - 2100 [12].

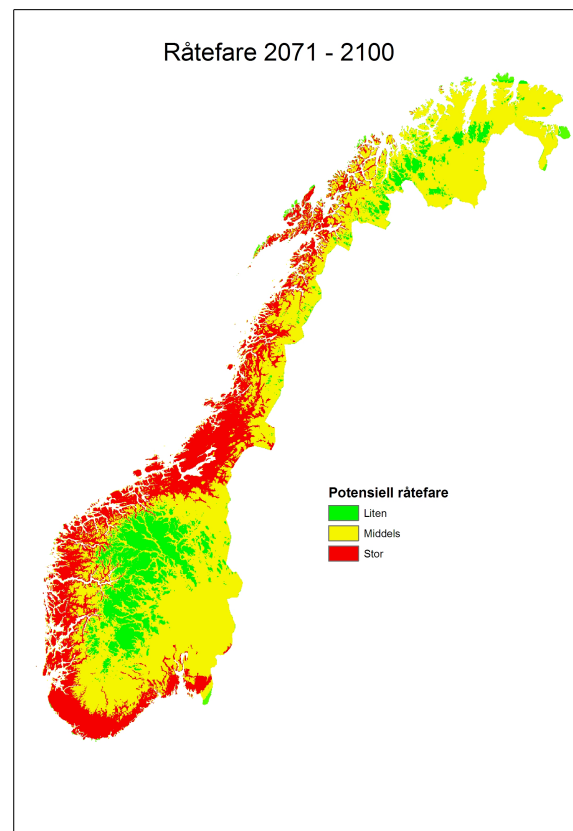
3.4.3 Råteindeks

En kan ofte finne interessante trekk i klimapåvirkning på objekter dersom en kobler ulike klimaelementer sammen og veker elementene slik at de beskriver et kjent fenomen. Dette er gjort for temperatur og nedbør for å beskrive potensiell fare for råtesopp i trekledning. Jobben ble egentlig gjort for amerikanske forhold av Scäffer, og tilpasset norske forhold av Lisø og Hygen. Kartene i figur 19 viser beregnet råtefare for normalperioden 1961 - 1990 og hvordan denne råtefaren endrer seg i løpet av det 21. århundret. Som en ser, vil råtefaren øke betraktelig over hele Norge (de røde og gule sonene øker i omfang). Grunnlagsdataene for dette kartet var bare tilgjengelig for Norge, men økte temperaturer og mer regn vil gi tilsvarende effekter i de andre nordiske landene.

a



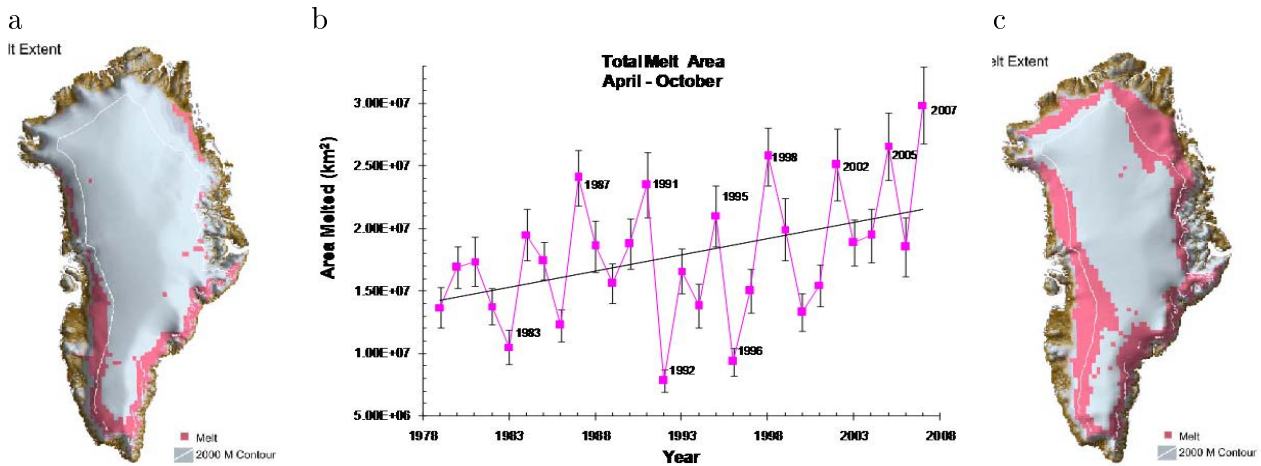
b



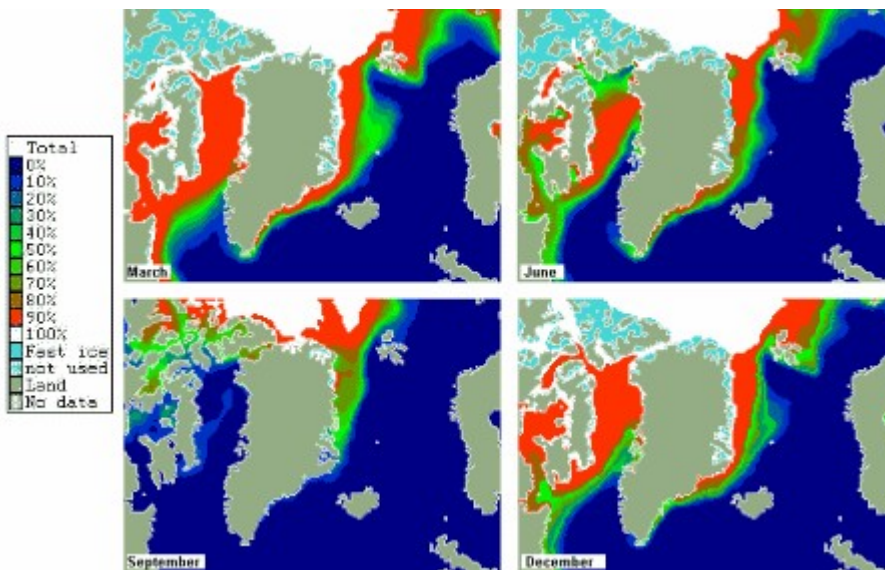
Figur 19: Historisk og fremtidig potensial for råte i eksponert treverk [17].

3.4.4 Avsmelting av innlandsis, isbreer og havis

Grønland er for klimaforskningen et svært spennende område. Her pågår det store endringer i hvilke arealer av innlandsisen som er påvirket av smelting i sommersesongen. I figur 20 b ser en at arealet som er påvirket av smelting i sommerhalvåret har hatt en markant økning fra 1980 til i dag. a og c i samme figur viser hvilke arealer som er påvirket. Isbreer i Skandinavia, på Island og Svalbard vil også i økende grad bli berørt av smelting på grunn av klimaendringene.



Figur 20: Endring i smelting av innlandsisen på Grønland[21]. a: Tilstanden i 1992 (rosa farge indikerer areal som er utsatt for avsmelting), b: utviklingen i påvirket areal, år for år og trend, c: tilstanden i 2002



Figur 21: Normal og ekstrem utbredelse av havis (middel haviskonsentrasjon) omkring Grønland i mars, juni, september og desember. Fargesonene viser hvor ofte det har vært registrert havis i et område, med mørkeblått (0 %) som aldri is. 50% (grønt) kan regnes for normal utbredelse, 0-10% og 90-100% som minimum og maksimum utbredelse for den gitte måneden. (Kilde: WMO Global Digital Sea Ice Databank)

Det er observert en klar avsmelting av isdekket i Arktis, spesielt har det vært svært lite is i Arktis somrene 2007 og 2008. Prosjeksjoner for isdekket i Arktis spriker ganske mye fra enkelte modeller som gir liten endring, til modeller som gir en rask avsmelting. Spriket mellom de ulike modellene skyldes at dynamikken i ismassene per i dag ikke er godt nok beskrevet i klimamodeller. Det mest trolige er

at Arktis vil bli periodevis fri for is om sommeren mot slutten av århundret. Endringene i utstrekning av havis om vinteren vil trolig endre seg mye mindre enn utstrekningen om sommeren. Sesongen der havet vil ha isdekke vil trolig gå ned. Mindre havis om vinteren vil gjøre kystområdene mer sårbar for vinterstormer.

3.4.5 Endringer i permafrost

I Norden er det hovedsakelig Grønland og Svalbard som har områder med permafrost. Det øverste laget i permafrosten, det vil si det laget som smelter hver sommer, kalles aktivt lag. Simuleringer med klimamodeller for slutten av århundret angir et aktivt lag på 2 - 3 meter i sedimenter og på over 3 meter i grunnfjell i området rundt Ilulissat, i dag er det aktive laget 1 - 2 meter [10].

Når det gjelder fastlandet i Skandinavia, er det permafrost i mange høyereliggende fjellområder. Her har Ketil Isaksen med flere undersøkt utviklingen av permafrosten, og funnet at temperaturen har steget betraktelig i de siste tiårene [13]. Signifikant oppvarming er sporet ned til minst 60 meters dybde i bakken, og for tiden er oppvarmingen i overflaten av permafrosten 0,04 - 0,07 °C/år, med den største oppvarmingen på Svalbard og i de nordlige områdene av Skandinavia. Det er tegn til at oppvarmingen er blitt kraftigere de siste 5-10 årene.

4 Oppsummering av fremtidig klimautvikling for utvalgte verdensarvsteder og kulturmiljøer

Under er det forsøkt å oppsummere hvordan fremtidige klimaendringer trolig vil slå ut for de syv utvalgte stedene med sentrale kulturmiljøer i Norden. Om ikke annet er skrevet, gjelder projeksjonene for perioden 2021 - 2050, med referanse 1981 - 2010.

Jacobshavn Isfjord (Ilulissat), Grønland Temperaturen her er forventet å stige med 3-4 °C frem til midten av århundret sammenliknet med normalen 1961 - 1990. Sterkt koblet til denne temperaturøkningen er en endring av mengden is i sjøen, og det forventes at det blir betydelig mindre havis i området. Det finnes dessverre ikke gode prognoser for fremtidig nedbør, men en må forvente en endring av nedbøren når temperaturen stiger. Trolig vil nedbøren øke på grunn av fordampning, som følge av varmere temperaturer og mindre is. Grønland er et område med permafrost, og dybden på det aktive laget, det vil si det laget som smelter om sommeren, er forventet å bli større. Større dybde på det aktive laget vil kunne resultere i mindre stabil løsmasse.

Kirkjubøur (Tórshavn), Færøyene Sammenliknet med perioden 1980 - 2010 er det forventet at temperaturen på Færøyene stiger med inntil 1 grad for alle sesonger. Det er også kun forventet moderate økninger, rundt 10 %, i nedbøren, og bare en svak økning i de kraftigste nedbørshendelsene og tilsvarende økning i vindstyrke. Observasjoner tyder på at Færøyene er utsatt for en relativ havnivåstigning. Projeksjoner fra NORACIA viser relativt beskjedne økninger i vindstyrken.

Pingvellir (Reykjavik), Island Bildet for Island er tilsvarende som for Færøyene, med inntil 1 grad økning i temperaturen, og moderate endringer i nedbør og vind.

Bryggen i Bergen, Norge Størst økning i temperaturen forventes om vinteren, ca 1,5°C, mens sommertemperaturen vil øke med inntil 1°C. Vestkysten av Norge, med Bergen sentralt, er et av de områdene der økningen i nedbør er størst. For vintermånedene må en forvente 20 - 30 % økning, mens økningen resten av året ligger på 10 - 20 %. De kraftigste hendelsene med nedbør vil forventes å opptre mellom 1,25 og 1,5 ganger så ofte som i dag. Når det gjelder vind kan se ut til at de kraftigste hendelsene øker noe. Frem mot slutten av århundret er det forventet at vannstanden stiger betydelig, kanskje med ca 50 cm i området.

Ribe (Esbjerg), Danmark Det forventes at temperaturen stiger mest om vinteren med ca 1,5 °C, resten av året i underkant av 1 °C. For nedbøren forventes det ca 10 % økning i høst- og vintermånedene, mens vår- og sommermånedene får noe mindre regn. Det er en svak tendens til økning av de kraftigste hendelsene med regn og vind. Ribe befinner seg i et område med noe landsenkning, slik at effekten av den globale havnivåøkningen vil bli ytterligere forsterket. Den lokale vannstanden kan komme til å øke med omkring 60 cm i løpet av dette århundret. Kysten utenfor Ribe er utsatt for sterk kysterossjon, dette kan forventes å øke noe.

Kirkebyen Gammelstad (Luleå), Sverige Området innerst i Bottenviken er beregnet til å få vintertemperaturer som er ca 3 °C høyere enn i dag, men mer moderate endringer på ca 1 °C om sommeren. Vinternedbøren i området er beregnet til å øke med 10 - 20 %, mens det er liten endring for resten av året. Det forventes noen flere hendelser med kraftig regnbyger. Vinden i området er forventet å øke en del, og vindstyrker som i dag kommer ca 4 ganger i året, vil trolig komme 5 - 6 ganger i året. Dette er et område med kraftig landheving etter siste istid, noe som medfører at vannstanden netto trolig vil synke med ca 40 cm.

Sveaborg (Helsinki), Finland Vintertemperaturerene i området vil bli ca 2 °C høyere enn i dag, med mer moderate endringer på ca 1 °C om sommeren. Vinternedbøren i området er beregnet å øke med ca 10 %, og en tilsvarende reduksjon i nedbøren om sommermånedene. Vinden i

området er forventet å øke en del, og vindstyrker som nå forekommer ca 4 ganger i året, vil trolig forekomme ca 5 ganger i året. Helsinki ligger i et område med landheving etter siste istid, men ikke så kraftig som lengre inne i Bottenviken. Netto havstigning i området er estimert til ca 20 cm i løpet av dette århundret.

Referanser

- [1] <http://whc.unesco.org>.
- [2] Eca & d. Website. <http://eca.knmi.nl/>.
- [3] Klimaændringer i Grønland. Website. http://www.dmi.dk/dmi/print/index/viden/fremtidens_klima-2/klimaaendringer_i_groenland-2.htm.
- [4] Nordklim. Website. http://www.smhi.se/hfa_coord/nordklim/.
- [5] World weather. website. <http://www.worldweather.org/>.
- [6] Climate change 2007, 2007. <http://www.ipcc.ch/>.
- [7] P. Brohan, J.J. Kennedy, I. Harris, S.F.B. Tett, and P.D. Jones. Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850. *J. Geophysical Research*, 111(D12106), 2006. <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/>.
- [8] John Cappelen, Bent Vraae Jørgensen, Ellen Vaarby Laursen, Lotte Slinging Stannius, and Rikke Sjølin Thomsen. The observed climate of Greenland, 1958-99 - with climatological standard normals, 1961-90. Technical Report 00-18, DMI, 2000.
- [9] John Cappelen and Ellen Vaarby Laursen. The climate of the Faroe islands - with climatological standard normals, 1961-1990. Technical Report 98-14, DMI, 1998.
- [10] R.P. Daanen, V.E. Romanovsky, S.S. Marchenko, J.H. Christensen, M. Stendel, and T. Ingeman-Nielsen. Greenland permafrost temperature simulations. In *Ninth International Conference on Permafrost*, 2008. <http://www.gi.alaska.edu/snowice/Permafrost-lab/article/GreenlandDaanenetal.pdf>.
- [11] Claus Dam. Kuturarvsstyrelsen.
- [12] Eirik J. Førland, Inger Hanssen-Bauer, Jan Erik Haugen, Rasmus Benestad, and Bjørn Aalandsvik. NorACIAs klimascenarier for norsk Arktis. Technical Report 9, Meteorologisk institutt, 2008. http://met.no/Forskning/Publikasjoner/metno_report/2008/.
- [13] J. L. Sollid P. Holmlund Isaksen, K. and C. Harris. Recent warming of mountain permafrost in Svalbard and Scandinavia. *J. Geophys. Res*, 2007.
- [14] S. A. Khan, J. Wahr, L. A. Stearns, G. S. Hamilton, T. van Dam, K. M. Larson, and O. Francis.lastic uplift in southeast Greenland due to rapid ice mass loss. *Geophys. Res. Lett.*, 34, 2007. doi:10.1029/2007GL031468.
- [15] H.P. Kierulf, B.R. Pettersen, D.S. MacMillan, and P Willis. The kinematics of Ny-Ålesund from spacegeodetic data. *J. of Geodynamics*, 2008. submitted.
- [16] Plag H.-P. Kierulf, H.P. and J. Kohler. Measuring surface deformations induced by present-day icemelting in Svalbard, eos trans. In *AGU Fall Meet.Suppl.*, 2008.
- [17] Kim Robert Lisø, Tore Kvande, and Jan Vincent Thue. Decay potential in wood structures using climate data. *Building research & information*, 34:546 – 551, 2006. DOI: 10.1080/09613210600736248.

- [18] Michael E. Mann, Zhihua Zhang, Malcolm K. Hughes, Raymond S. Bradley, Sonya K. Miller, Scott Rutherford, and Fenbiao Ni. Proxy-based reconstructions of hemispheric and global surface temperature variations over the past two millennia. *PNAS*, September 2008. <http://www.pnas.org/content/early/2008/09/02/0805721105.full.pdf+html?sid=62991316-f0bc-44c1-a765-54b9d55f91d4>.
- [19] Lis E. Mortensen. Faroese Earth and Energy Directorate.
- [20] Atle Nesje. Isbreene smelter - havnivået stiger. Website. <http://www.cicero.uio.no/fulltext/index.aspx?id=4182>.
- [21] Konrad Steffen and Russell Huff. Greenland melt extent, 2007. <http://cires.colorado.edu/science/groups/steffen/greenland/melt2007/index.html>.
- [22] Tarasov and W. Richard Peltier. Greenland glacial history and local geodynamic consequences. *Geophys. J. Int*, (150):198 – 229, 2002.
- [23] The BACC Author Team. *Assesment of Climate Change for the Baltic Sea Basin*. Springer, 2008.
- [24] Ole Einar Tveito, Eirik J Førland, Bengt Dahlström, Esko Elomaa, Povl Frich, Inger Hanssen-Bauer, Trausti Jónsson, Henning Madsen, Jaakko Perälä, Pauli Rissanen, and Haldo Vedin. 1997 nordic precipitation maps. Technical Report 22/97 KLIMA, Norwegian Meteorological Institute, 1997.