
Forord

Denne masteroppgaven er et avsluttende arbeid på det to-årige masterstudie i samfunnsøkonomi. Jeg ønsker å takke min veileder, professor Fredrik Carlsen, for glimrende veiledning og gode kommentarer under arbeidet. Carlsen introduserte meg for problemstillingen og vært engasjert gjennom hele perioden. En stor takk går også til familie og venner, både i Trondheim og Bergen.

Trondheim, Juni 2015

Dag Eirik Helle

Sammendrag

I denne masteroppgaven har jeg sett på prediksjoner for fremtidige endringer i nedbør og temperatur fra to rapporter utgitt av Hanssen-Bauer et al. (2000) og Hanssen-Bauer et al. (2001). Resultatene ble sammenlignet med estimerte endringer i nedbør og temperatur i periodene 1990-2014 og 2000-2014.

I oppgaven blir de estimerte endringene estimert ved bruk av en paneldatamodell. Det er estimert endringer i nedbør og temperatur i perioden 1960-2014, hvor hele perioden 1960-2014 er delt inn i flere kortere tidsperioder. Data for nedbør og temperatur ble hentet for utvalgte værstasjoner, i alt 72 (43 for nedbør og 29 for temperatur), for hele Fastlands-Norge. Fastlands-Norge ble delt opp i 13 nedbørsregioner og 6 temperaturregioner hvor det innenfor hver region ligger et ulikt antall værstasjoner. Bakgrunnen for inndelingen i regioner ble gjort med utgangspunkt i regioner som ble definert av Hanssen-Bauer (1998) og Hanssen-Bauer and Førland (1998).

Predikasjonene til Hanssen-Bauer et al. (2000) og Hanssen-Bauer et al. (2001) ble predikerte ved å hente data fra den globale klimamodellen til Max-Planck-Instituttet, ECHAM4/OPYC3 GSDIO. Dataene fra den globale klimamodellen ble nedskalert ved bruk av empirisk nedskalering. Det ble predikert endringer i nedbør og temperatur fra perioden 1961-1990 til perioden 2020-2049.

Resultatet av sammenligningen viser at de predikerte endringen ikke samsvarer med de estimerte endringene i nedbør og temperatur. Forskjellene var større for nedbør enn temperatur og forskjellene var større om vinteren enn om sommeren.

Innhold

Forord	i
Sammendrag	iii
Tabller	vii
Figurer	ix
1 Innledning	1
1.0.1 Problemstilling	1
1.0.2 Oppbygging av oppgaven	2
2 Klimaendringene	3
2.0.3 De globale klimaendringene	3
2.0.4 Globale konsekvenser av klimaendringene	4
2.0.5 Klima i Norge	5
2.0.6 Klimaendringene i Norge	6
2.0.7 Konsekvenser av klimaendringene i Norge	8
3 Regioner	13
3.1 Nedbørsregioner	13
3.2 Temperaturregioner	14
4 Predikasjoner	17
4.1 Nedbør	18
4.1.1 Standardisering av avhengig variabel	18
4.1.2 Uavhengige variabler	18
4.1.3 Estimering basert på historiske data	19
4.1.4 Modell for predikasjoner	20
4.2 Temperatur	20
4.2.1 Uavhengig variabel	21
4.2.2 Modell for predikasjoner	21

4.3	Resultater	23
4.3.1	Nedbør	23
4.3.2	Temperatur	24
5	Metode og data	25
5.1	Modell	26
5.2	Data	27
6	Resultater av estimeringen	29
6.0.1	Nedbør	30
6.0.2	Temperatur	38
7	Sammenligning av estimerte og predikerte endringer	43
7.0.3	Nedbør	44
7.0.4	Temperatur	46
7.0.5	Oppsummering	47
8	Oppsummering og Konklusjon	49
	Referanser	50
	Vedlegg	53

Tabeller

4.1	Predikert endringer i nedbør fra 1961-1990 til 2020-2049	23
4.2	Predikert endring i temperatur fra 1961-1990 til 2020-2049	24
5.1	Deskriptiv statistikk for månedsnedbør, i mm	27
5.2	Deskriptiv statistikk for månedstemperatur i, °C	27
6.1	Estimert endring i nedbør i perioden 1960-2014, i mm per år.	30
6.2	Estimert endring i nedbør i perioden 1961-1990, i mm per år	32
6.3	Estimert endring i nedbør i perioden 1990-2014, i mm per år	34
6.4	Estimert endring i nedbør i perioden 2000-2014, i mm per år	36
6.5	Estimert endring i temperatur i perioden 1960-2014, °C per år	38
6.6	Estimert endring i temperatur i perioden 1961-1990, i °C per år	39
6.7	Estimert endring i temperatur i perioden 1990-2014, i °C per år	40
6.8	Estimert endring i temperatur i perioden 2000-2014, i °C per år	41
7.1	Sammenligning av estimerte endringer i nedbør i perioden 1990-2014 med predikerte endringer i nedbør fra perioden 1961-90 til 2020-2049	44
7.2	Sammenligning av estimerte endringer i nedbør i perioden 2000-2014 med predikerte endringer i nedbør fra perioden 1961-90 til 2020-2049	45
7.3	Sammenligning av estimerte endringer i temperatur i perioden 1990-2014 med predikerte endringer i temperatur fra perioden 1961-90 til 2020-2049	46
7.4	Sammenligning av estimerte endringer i temperatur i perioden 2000-2014 med predikerte endringer i temperatur fra perioden 1961-90 til 2020-2049	46
8.1	Værstasjoner, nedbør	54
8.2	Værstasjoner, temperatur.	55

Figurer

3.1	Nedbørsregioner	15
3.2	Temperaturregioner	16

Kapittel 1

Innledning

Gjennom global oppvarming vil klimaendringene gi oss utfordringer som vi må forberede oss på, og tilpasse oss til. Klimaendringene blir derfor sett på som en av vår tids største samfunnsutfordring. Gjennom de siste tiårene er det gjort mye forskning rundt hvilke klimaendringer vi vil se i fremtiden, og hvilke konsekvenser fremtidige klimaendringer vil ha på naturen og samfunnet. Selv om vi stadig får mer kunnskap om klimaendringene er, fortsatt konsekvensene av klimaendringene til dels usikre, Aaheim et al. (2009).

1.0.1 Problemstilling

Problemstillingen i oppgaven er: Hvor gode er de regionale predikasjonene, for nedbør og temperatur, i Norge?

Problemstillingen tar for seg usikkerheten det er rundt nedskaleringsmodellene. I oppgaven vil jeg se på prediksjoner for nedbør og temperatur med bakgrunn i to rapporter utgitt av Hanssen-Bauer et al. (2000) og Hanssen-Bauer et al. (2001). For å svare på problemstillingen bruker jeg paneldata for nedbør og temperatur fra utvalgte norske værstasjoner i perioden 1960-2014. Resultater av analysen min blir sammenlignet med prediksjoner gjort i de to rapportene, som predikerer utviklingen for nedbør og temperatur fra perioden 1961-1990 til perioden 2020-2049.

Motivasjonene for problemstillingen er at de globale klimamodellene gir gode predikasjoner på hvordan det globale klimaet vil utvikle seg i fremtiden, men blir usikre når de skal forklare effekten av global oppvarming på lokalklimaet. Årsaken til at klimamodellene ikke gir en god beskrivelse av lokalklimaet er først og fremst at de ikke er konstruert for å simulere lokale detaljer, Benestad (2011). I et samfunnsøkonomisk perspektiv vil usikkerheten gjøre det vanskelig å estimere fremtidige økonomiske gevinster og kostnader forbundet med klimaendringene. De samfunnsøkonomiske konsekvensene er avhengig av utviklingen i klimaet. Det er derfor viktig

at lokale klimaendringene blir beskrevet så godt som mulig, gjennom klimamodellene. For at vi skal predikere fremtidige klimaendringer, lokalt, må de globale klimamodellene nedskaleres for å gjelde lokale forhold. Oreskes et al. (2010) mener at selv med en nedskalering av globale klimamodeller er usikkerheten så høy at man ikke kan tallfeste nøyaktig kostnader forbundet med klimatilpasningen og sårbarhet. Usikkerheten, ifølge Oreskes et al. (2010) , kan knyttes til mangler i selve nedskaleringen, mangler i de globale klimamodellene, samt kunnskap om fremtidige utslipp.

1.0.2 Oppbygging av oppgaven

Oppgaven er delt opp i 8 kapitler. I kapittel 2 gis det en oversikt over klimaendringene frem til nå, og antatte klimaendringer i fremtiden, både globalt og nasjonalt. I kapittel 2 blir det også gjennomgått noen konsekvenser klimaendringene har hatt til nå, og hvilke konsekvenser vi kan forvente å se i fremtiden. I kapittel 3 blir det definert nedbørs- og temperaturregioner for Fastlands-Norge. Videre i kapittel 4 kommer en gjennomgang av de to rapportene til Hanssen-Bauer et al. (2000) og Hanssen-Bauer et al. (2001), som prediksjonene er basert på. Kapittel 5 er en gjennomgang av metode og data som jeg bruker i min analyse. I kapittel 6 blir det gjennomgått resultater av analysen basert på metoden og data fra kapittel 5. Kapittel 7 viser en sammenligning av prediksjonene fra rapportene til Hanssen-Bauer et al. (2000) og Hanssen-Bauer et al. (2001), og analysen som jeg har gjort. Tilslutt, i kapittel 8, er det en oppsummering og konklusjon.

Kapittel 2

Klimaendringene

2.0.3 De globale klimaendringene

Den naturlige drivhuseffekten ble først beskrevet av den franske vitenskapsmannen Jean Baptist Fourier i 1824, Flåten and Skonhoft (2014). Fourier beskrev den naturlige drivhuseffekten ved å sammenligne atmosfæren med et drivhus. Sammenligningen ble gjort med bakgrunn av at drivhusgassene slipper igjennom det meste av solstrålingen fra solen, mens det meste av varmestrålingen fra jorden holdes igjen. Når bare en liten del av den reflekterte varmestrålingen fra jorden slipper gjennom atmosfæren, oppstår det en naturlig drivhuseffekt. Uten denne naturlige drivhuseffekten ville jordens gjennomsnittstemperatur vært -18°C i stedet for 15°C , Flåten and Skonhoft (2014).

De siste tiårene har det skjedd en endring i beholdningen av klimagasser. Beholdningen av klimagasser i atmosfæren er kommet på et slikt nivå at naturen ikke klarer å kvitte seg med de overflødige klimagassene. Når en så stor del av klimagassene ikke forsvinner naturlig, vil drivhuseffekten bli større enn den naturlige drivhuseffekten. Konsekvensene av økt beholdning av klimagasser er at mindre av den reflekterte varmestrålingen slipper gjennom atmosfæren, som igjen medfører at temperaturen stiger. Det er naturlig at vi ser variasjon i beholdningen av klimagasser i atmosfæren over tid. Spørsmålet er om de endringen i klima vi ser i dag skyldes naturlige endringer i klimagasser, eller menneskeskapte klimaendringer. FN sitt klimapanel konkluderte i 2013 i sin klimarapport at de klimaendringene vi har sett de siste 60 årene, med 95% sannsynlighet, er menneskeskapte, Miljødirektoratet.no (2014b). Vi opplever allerede betydelige og omfattende virkninger av klimaendringen over hele jordkloden. Vi ser at klimaendringen har hatt innvirkning på økosystemet, ferskvannsressursene, landbruk og helse. De menneskeskapte klimaendringene har vært en vesentlig faktor for at gjennomsnittstemperaturen på jordkloden har økt med ca $0,85^{\circ}\text{C}$ siden 1880. Årene fra 1983 til 2012 har med stor sannsynlighet vært de varmeste gjennom de siste 1400 år, Flåten and Skonhoft (2014).

Det er ikke bare lufttemperaturen som blir påvirket av klimaendringene, men også temperaturen i havet. Havtemperaturen har økt med 0.1°C siden 1971. Etter hvert som temperaturen i havet stiger vil fisk og skalldyr trekke nordover mot kaldere farvann. Økningen i havtemperaturen fører til at store havområder som er dekket av is, smelter, og da spesielt i Arktis og på Grønland. Smeltingen av Grønlandsisen skjer seks ganger raskere nå enn for ti år siden, unric.org (2013). Som en konsekvens av at havisen smelter vil havnivået stige. I perioden 1901 til 2010 har havnivået steget med 0.19 meter i gjennomsnitt, Miljøstatus.no (2013)

2.0.4 Globale konsekvenser av klimaendringene

Økosystem både på land og i havet blir påvirket av klimaendringene. Arter flytter på seg, endres og forandrer utbredelse. I havet har den pågående oppvarmingen og havforurensing, som følge økt lufttemperatur og opphoping av CO_2 i havet, påvirket de marine økosystemene i nære kystområder. Ved en økning i temperaturen på mer enn 2°C vil mange arter ikke finne områder med egnet klima. Etterhvert som temperaturen i havet stiger vil fisk og skalldyr trekke nordover mot kaldere farvann. En annen konsekvens, av en økning i havtemperatur på mer enn 2°C, er at den økte opphopningen av CO_2 i havet vil utgjøre en betydelig risiko for fisk og skalldyr. Det økonomiske grunnlaget for mange kystsamfunn vil endres som følge av en økning havtemperaturen på mer enn 2°C. For noen samfunn vil den økte havtemperaturen medføre store negative økonomiske konsekvenser, mens andre kystsamfunn vil profitere på den økte havtemperaturen. Som følge av at havet stiger kan tilpasningskostnadene bli store, for lavtliggende land, og utgjøre flere prosent av bruttonasjonalprodukt, Miljødirektoratet.no (2014a).

Landbruket er spesielt utsatt for klimaendringene, og i fremtiden vil vi mest sannsynlig se endringer i landbrukets sammensetting, og utbredelse. Klimaendringene kan i noen regioner redusere avlingen av ris, hvete og mais, mens i andre regioner kan klimaendringene ha en positiv effekt på avlingene. På den nordlige halvkule kan en betydelig økning i nedbør føre til økt fare for flom, mens det rundt ekvator kan oppstå hyppigere og kraftigere perioder med tørke. De siste årene har vi sett at produksjonen av viktige landbruksvarer har økt mindre enn hva den ville gjort uten klimaendringene, IPCC (2013). Klimaendringenes påvirkning på landbruket og fiske kan true fremtidig matsikkerhet.

Folks helse vil mest sannsynlig bli påvirket av klimaendringene. I løpet av århundret kan klimaendringene føre til dårligere helse i mange regioner, og da spesielt i de fattigste landene. Det kan forekomme økt dødelighet og skader som følge av hetebølger og skogbranner. Underernæring i de fattigste regionene, som følge av redusert matproduksjon, og sykdommer via forurenset vann, kan forekomme hyppigere, IPCC (2013).

Klimaendringene forventes å redusere den økonomiske veksten, i hele verden, og øke forskjellen mellom fattig og rik, sende flere mennesker på flukt og øke faren for konflikter. I følge FN sin klimarapport vil klimaendringene indirekte øke risikoen for voldelige konflikter ved å forsterke årsaker til slike konflikter, som fattigdom og redusert økonomisk aktivitet. Det er knyttet stor usikkerhet rundt de samfunnsøkonomiske konsekvensene rundt klimaendringene. Usikkerheten knyttes i hovedsak til de ulike forutsetningene og klimafremskrivningene som er gjort i de forskjellige klimamodellene. På det globale plan varierer de økonomiske konsekvensene, målt ved globalt BNP fra 0.3 % reduksjon, Mendelsohn et al. (1998) til en reduksjon i globalt BNP på over 2%, Stern (2008). Stern forutsatte en global temperaturøkning på 3.5-4°C i 2100.

2.0.5 Klima i Norge

Norge er et langstrakt land som strekker seg over 13 breddegrader fra Lindesnes i sør til Nordkapp i nord, noe som gjør at klimaet er variert både geografisk og gjennom året. Vi har en langstrakt kyst, høye fjell, dype fjorder, og store områder i arktis. Variasjonen i geografien gjør at vi gjennom alle tider har måttet ta hensyn til vær og klima. Norge har et svært mildt klima sammenlignet med andre områder på samme breddegrad. Grunnen til at vi har et mildt klima, sammenlignet med andre områder, er nærheten til Golfstrømmen. Den unike geografien i Norge gjør at vi får områder med et kontinentalt klima og områder med et maritimt klima, Hanssen-Bauer et al. (2009). I de kontinentale områdene, indre strøk av Østlandet og Finnmark, vil vintrene være kjølige og sommerene varmere enn i områdene med maritimt klima. Forskjellen i høyeste og laveste normale månedsmiddeltemperatur er henholdsvis 10-15°C og 20-30°C i de maritime og kontinentale klimaområdene, Hanssen-Bauer et al. (2009).

Årsmiddeltemperaturen for hele Norge ligger på ca +1°C. De høyeste temperaturene finnes langs kysten fra Lindesnes til Stadt hvor årsmiddeltemperaturen er på over 6°C, Hanssen-Bauer et al. (2009). På Østlandet vil den store forskjellen i vinter- og sommertemperatur bidra til at den normale årsmiddeltemperaturen vil være på linje med lavere og kystnære områder i Nord-Norge. I Nord-Norge og på Vestlandet er det store forskjeller i årsmiddeltemperaturer over små avstander grunnet høye fjell og dype fjorder. De kaldeste områdene på Fastlands-Norge er indre strøk av Finnmarksvidden. På Finnmarksvidden er årsmiddeltemperaturen nede i -3,1°C, men vi finner enkelte områder i høyfjellet hvor årsmiddeltemperaturen kan komme ned i -4,1°C, Hanssen-Bauer et al. (2009).

For vinterhalvåret er det langs kysten fra Oslofjorden til Vesterålen en middeltemperatur på rundt 0 °C. I de indre områdene på Østlandet og Nord-Norge kommer middeltemperaturen om vinteren under -10 °C, Hanssen-Bauer et al. (2009). I sommerhalvåret finner vi de høyeste temperaturene i lavlandet på Østlandet, fjordstrøk på Vestlandet og langs Trondheimsfjorden.

For sommerhalvåret, i Nord- Norge, finner vi de høyeste middeltemperaturene i indre fjordstørk i Troms og Finnmark, samt på Finnmarksvidden hvor middeltemperaturen er godt over 10 °C, Hanssen-Bauer et al. (2009).

Som med temperatur er det store forskjeller i nedbør både mellom regioner og årstid. Gjennomsnittlig årsnedbør for Norge er 1486 mm. Det er på Vestlandet finner vi områdene med høyest gjennomsnittlig årsnedbør, hvor Brekke målestasjon ytterst i Sognefjorden har den høyeste gjennomsnittlige årsnedbøren på 3575mm Hanssen-Bauer et al. (2009). Områdene hvor det faller minst nedbør, gjennom året, er indre strøk av Østlandet, Finnmarksvidden og enkelte områder som grenser mot Sverige. I disse områdene kan årsnedbøren være veldig lav, under 300mm, og det meste av nedbøren kommer i sommermånedene juli og august, Hanssen-Bauer et al. (2009).

2.0.6 Klimaendringene i Norge

Klimaendringer vi ser i dag er ikke noe nytt fenomen. Forskere har gjennom målinger funnet ut at klimaendringer har skjedd i forskjellige tidsperioder. Variasjonen i klima gjennom tidene skyldes i all hovedsak naturlige variasjoner. I rapporten klima i Norge 2100, Hanssen-Bauer et al. (2009) sammenlignes flere perioder med normalperioden 1961-1990. Ifølge, Hanssen-Bauer et al. (2009) var temperaturen for 6000 til 9000 år siden 1.5°C til 2°C høyere enn normalperioden. Forskerne mener at denne temperaturforskjellen skyldes at solen for 6000-9000 år siden var nærmere jorden om sommeren, men også at helningen på jordaksen var brattere. I middelalderen lå temperaturen 0.5°C til 1°C høyere enn den gjorde i normalperioden. Årsaken til at temperaturen var høyere i middelalderen enn i normalperioden er mest sannsynlig en kombinasjon av høy solaktivitet, og få vulkanutbrudd, Hanssen-Bauer et al. (2009).

Sammenligningen av periodene 1961-1990 og 1978-2008 viste at både nedbør og temperatur har økt for hele Fastlands-Norge. Hele Fastlands-Norge hadde en økning i årsmiddeltemperaturen på 0.5°C fra perioden 1961-1990 sammenlignet med perioden 1979-2008. Den største økningen kom på Østlandet hvor temperaturen økte med 0.6° sammenlignet med normalperioden. Det har vært en økning i temperaturen i alle årstidene. Den største økningen har skjedd om vinteren, 1 grads økning, og den minste økningen om høsten, med 0.3-0.4°C økning.

Hanssen-Bauer et al. (2009) bruker definisjonen på hva en vekstsesong er. Vekstsesong i de nordiske landene er perioder der døgnmiddeltemperaturen er over 5°C. I lys av definisjonen ble det vist at den temperaturbestemte vekstsesongen har økt med 1-2 uker for hele landet. Siden temperaturen har økt ulikt i forskjellige deler av landet, er det også variasjon i økningen i vekstsesongen. Ytterst langs kysten av Vestlandet har vi den største økningen i antall døgn med

temperatur over 5°C. Økningen var fra 225 døgn i perioden 1961-1990 til 238 døgn i perioden 1978-2008.

Energibehovet for oppvarming til bolig har avtatt over hele landet. Størst reduksjon i fyringsgraddager finner vi på Østlandet, indre strøk av Trøndelag og Nordland, og i store deler av Finnmark. Reduksjonen har i områdene ligger på mer enn 300 graddagssum. Minst reduksjon er det i ytre strøk av Vestlandet og Trøndelag, hvor reduksjon er på 100-150. Rapporten definerer fyringsgradssummen som differansen mellom døgnmiddeltemperaturen og en terskelverdi på 17 °C, og settes lik null for døgn med middeltemperatur på over 10 °C. Et eksempel er et døgn med middeltampeartur på -10 °C vil bidra med fyringsgradstall på $17 - (-10) = 27$. Fyringsgrad-dagssummen er summen av slike verdier, Hanssen-Bauer et al. (2009).

Varmedøgn er døgn hvor middeltemperaturen er over 20°C, Hanssen-Bauer et al. (2009). Det har vært en sterk økning i slike varme døgn fra perioden 1961-1990 til perioden 1978-2008. Det største antall døgn finner vi i indre deler av Oslofjorden. Fra perioden 1961-1990 til perioden 1978-2008 er det flere regioner som opplever varmedøgn. Nå forekommer det varmedøgn langs hele kysten av Sørlandet, indre fjordstrøk i Rogaland og Hordaland, samt i indre Trondheimsfjord.

Årsnedbøren for Fastlands-Norge har økt i alle regioner med ca 5%, men det er betydelige forskjeller i nedbør mellom årstidene og regioner. Regionene med den største økningen i nedbør er på Vestlandet, i indre Troms og i vestlige deler av Finnmarksvidden. På Vestlandet har det i perioden 1978-2008 falt 5-10 % mer nedbør sammenlignet med perioden 1961-1990. For landet som helhet har det vært en økning i nedbør om vinteren og våren på holdsvis ca 17 % og ca 10 %. Om høsten derimot har det vært en nedgang i nedbør på ca 3 % i perioden 1978-2008 sammenlignet med perioden 1961-1990, Hanssen-Bauer et al. (2009).

2.0.7 Konsekvenser av klimaendringene i Norge

Selv om det er stor enighet om klimaendringen globalt, er det ennå knyttet en usikkerhet til klimamodellene på det regionale og lokale planet. Usikkerheten rundt de regionale og lokale virkningen av klimaendringene gjør det vanskelig å vite hvilke økonomiske konsekvenser klimaendringen vil ha for Norge. Beregninger kan tyde på at de makroøkonomiske konsekvensene for Norge er minimale for en temperaturstigning på 2°C globalt, og en svak negativ endring for ytterlig temperaturøkning. I Norge er det ventet at de største konsekvensene vil forekomme på Vestlandet, Aaheim et al. (2009).

I denne delen skal jeg gå gjennom undersøkelser som har sett på konsekvensene av fremtidige klimaendringer på forskjellige plan i Norge. Gjennomgangen tar utgangspunkt i undersøkelsen utført av CICERO, Econ Pöyry og Vestlandsforskning i 2009¹. Mandatet som ble gitt var å utrede sårbarheten og behovet for å møte konsekvensen av klimaendringene i fremtiden, (regjeringen.no). Konklusjonene i undersøkelsen bygger på en forventet temperaturøkning på 2°C i Norden og moderate konsekvenser av klimaendringen globalt.

Primærnæringene

I følge rapporten vil effekten av klimaendringene for primærnæringene være små. Hyppigere tørke, og da spesielt om sommeren kan gi en negativ kostnadseffekt både for landbruket og skogsnæringen. I områder der det forventes økt nedbør, kan landbruket og skogsnæringen oppleve økte kostnader som følge av økt angrep av skadedyr og sopp. På den andre siden vil den økte temperaturen gi en lengre vekstsesong. I rapporten til Hanssen-Bauer et al. (2009) viste forfatterne at den temperaturbestemte vekstsesongen har økt med 1-2 uker for hele landet. En økt vekstsesong gir muligheten for å innføre nye arter, samt at vekstpotensialet øker for allerede eksisterende arter. I skogsnæringen vil effektene av klimaendringene være den samme som i landbruket, men her vil flytting av tregrensen oppover gi en positiv økonomisk tilleggseffekt. I følge undersøkelsen til CICERO, Econ Pöyry og Vestlandsforskning kan primærnæringene oppleve en liten økonomisk, positiv, nettoeffekt av klimaendringene.

I fiskerinæringen kan man se at klima påvirker utbredelsen av økonomisk viktige fiskearter, men det er en usikkerhet rundt hvilke endringer som kan forekomme. Usikkerheten knytter seg til hvordan en oppvarming av overflatevann vil påvirke virkemåten til havøkosystemet, og hvor stor denne effekten vil ha på artsammensetningen av økonomisk viktige fiskeslag. Klimaendringene har allerede hatt en innvirkning på enkelte fiskeslag, i noen områder. I Barentshavet har torskebestanden økt så mye de siste årene at den nå er på nivå med bestanden som var under

¹Undersøkelsen ble gjort på oppdrag fra klimatilpassningsutvalget satt ned av Miljøvernminister Erik Solheim i 2008, Regjeringen.no (2008).

krigen, da den i praksis var fredet. Det forskerne tror er grunnen er til den økte torskebestanden er et varmere Barentshav og en flytting av isgrensen nordover, Flåten and Skonhoft (2014). I ferskvannvassdrag kan det reduserte isdekke øke dødeligheten til lakseyngel. Som følge av oppvarmingen av overflatevann kan vi i fremtiden se et skift i utbredelsen av oppdrettsnæringen langs norskekysten. I dag er oppdrettsnæringen i all hovedsak lokalisert langs kysten av Sør-Norge, mens det i fremtiden kan være aktuelt å flytte næringen lengre nordover, langs kysten av Nord-Norge.

Kraftnæringen

I følge Aaheim et al. (2009) kan klimaendringene gi økt en kraftproduksjon. Gjennom mer nedbør øker potensialet for en større kraftproduksjonen, men økningen i kraftproduksjonen vil avhenge av hvor, og når økningen i nedbør kommer. I områder, med allerede mye nedbør vil tilslaget til kraftmagasinene sannsynligvis øke om vinteren, mens det vil være en omvendt virkning i de tørre områdene. Det som kan redusere de økonomiske gevinstene er at det kan bli dyrt å øke magasinkapasiteten med tilstrekkelig dampsikkerhet. Det forventes en endring i det fremtidige kraftbehovet ved at behovet for oppvarming om vinteren reduseres, mens behovet for avkjøling om sommeren antas å bli begrenset. Vi kan få en lavere kraftpris og jevnere pris gjennom året som følge av endringer i tilbud og etterspørsel. Utfordringene i kraftnæringen for fremtiden knytter seg til sårbarheten vi har oppbygget oss ovenfor lengre brudd i strømforsyningen. Dagens teknologi, mobiltelefonnett og annen informasjonsteknologi, har gjort oss mer avhengig av en stabil og forutsigbar leveranse av strøm.

Transport

I transportsektoren vil klimaendringene både kunne gi positive og negative konsekvenser, men i hvilke retning klimaendringene vil trekke oss er usikre. Det som trekker i positiv retning er en redusert snømengde som vil bedre driftsikkerheten og øke tilgangen til veier og havner. På den andre siden kan den økte nedbøren føre til økt behov for vedlikehold av veier, og dermed økte kostnader. Veiene i distriktene er spesielt utsatt for klimaendringen ettersom de er svakere dimensjonert, og det faktum at det finnes færre omkjøringsveier. I følge Aaheim et al. (2009) kan vi begrense konsekvensen av klimaendringene med gode beredskapsplaner. Det blir også påpekt at slike beredskapsplaner tar tid å lage, og kostnadene for å implementer slike planer kan bli høye.

Naturskader

Klimaendringen innebærer en større usikkerhet og mulighet for at hyppige og større naturskader skal oppstå. Risikoen og muligheten for nye former for naturskader økes også på grunn av klimaendringene. I dag kan vi se tegn på at samfunnet påføres store tap som følge av dårlig tilpasning. I følge undersøkelsen til Aaheim et al. (2009) kan vi oppnå store gevinster hvis vi klarer å organisere en bedre beredskap med klarere ansvarsfordeling og tydelige målsetninger.

Gjennom tilgjengelige klimascenarier, med mer nedbør, kan vi oppleve hyppigere og større flomepisoder enn i dag, og da spesielt på Vestlandet. Allerede i dag ser vi at flom kan skape store skader, og de økonomiske konsekvensene for de som blir utsatt kan være betydelige. Hvis det blir en økning i flomhyppigheten er det rimelig å anta at også kostnadene vil øke i tiden fremover, men det er ikke gjort egne analyser av konsekvenser flom kan ha på samfunnet i fremtiden. Internasjonale studier peker på negative helseeffekter knyttet til flom med tanke på vektorbårne sykdommer og forurensing av drikkevann. Etter flomepisoder i Norge har vi også sett noen av de effektene som de internasjonale studiene viser, Aaheim et al. (2009).

Skred er den naturulykken som tar flest liv i Norge, men de økonomiske kostnadene har vært mindre enn ved storm- og flomskader. I likhet med flom er det rimelig å anta en økning i jord- og snøskred i Norge gjennom de tilgjengelige klimascenarier som foreligger. I følge, Aaheim et al. (2009) har vi ikke kartlagt risiko-områdene for skred i tilstrekkelig grad i dag, noe som kan redusere risikoen ved skredskader.

Det forventes ikke at tørke skal bli et betydelig problem for Norge som følge av den økte nedbøren, men enkelte steder i landet kan det forekomme hyppigere tørkeperioder. Tidligere vårløsning og mindre nedbør om sommeren kan gi mer tørke på Sør- og Østlandet, og små forskyvninger i nedbørsperioden kan føre til mer tørke på Vestlandet. Tørke har, først og fremst konsekvenser for landbruksproduksjonen, men den kan i noe grad tilpasses. Tørke kan enkelte steder føre til en økt skogbrannfare. Vinteren 2014 førte en langvarig tørke i Trøndelag til flere skog- og lyngbranner. Lyngbrannen i Flatanger var den verste brannen siden andre verdenskrig i Norge med 66 skadete bygninger, der 24 av bygningen var hus eller fritidsboliger, NRK.no (2014).

Det økologiske og biologiske mangfoldet kan oppleve endringer som følge av klimaendringen. Klimaendringer fører med seg en ekstra stressfaktor, i tillegg til annen menneskelig aktivitet, som gjør enkelte arter ekstra sårbare for utryddelse. De mest sårbare artene vil være de som er tilpasset et arktisk klima. Ekspertene anslår at isbjørnbestanden i arktisk kan reduseres med så mye som 30-50% innen midten av århundret. Grunnen til den store reduksjonen i bestanden er et varmere klima som smelter havisen, som isbjørnen er avhengig av når den jakter, WWF.no

(2014). Vi ser allerede i dag at isbreene i Norge smelter, og vil mest sannsynlig smelte raskere frem mot 2100. Det antas at innen 2100 vil 90 prosent av norske isbreer være smeltet bort. På en annen side kan økt nedbør føre til at enkelte breer vil vokse i volum.

Kapittel 3

Regioner

Fastlands-Norge blir delt inn i 13 nedbørsregioner og 6 temperaturregioner. Inndelingen er gjort med bakgrunn fra to rapporter utgitt av Hanssen-Bauer (1998), for temperatur og Hanssen-Bauer and Førland (1998), for nedbør.

3.1 Nedbørsregioner

Hanssen-Bauer et al. (1997) publiserte artikkelen *Estimating Regional Precipitation Trends Comparison of two Methods*, hvor de klarte å identifisere 12 nedbørsregioner ved å bruk av komperativ trendanalyse¹ av til sammen 142 værstasjoner i perioden 1985-1994. I analysen ble det brukt standardiserte månedlige nedbørsdata. Standardiserte månedlige nedbørsdata er data som er dividert med sine respektive nedbørnormaler². Bakgrunnen for at forfatteren brukte standardiserte nedbørsdata var å minske påvirkningen store forskjeller i månedlig nedbør kan ha på det totale gjennomsnittet. Hanssen-Bauer and Førland (1998) brukte flere nedbørsdata fra Nord- Norge som gjorde at de kunne definer en region til, region 13, som ligger nordøst i Finnmark. De konkluderte med at variasjonen i nedbør på Fastlands- Norge de siste hundre årene, når nedbør er gitt som prosent av normalperioden 1961-1990, kan bli beskrevet nokså godt av nedbørsdata fra 13 nedbørsregioner.

¹ Komparativ trendanalyse er en subjektiv klassifisering av standardiserte og filtrerte nedbørsserier som viser lignende trender, Hanssen-Bauer (1994)

² Nedbørnormaler er gjennomsnittlig nedbør for værstasjonen i perioden 1961-1990

3.2 Temperaturregioner

For å definere temperaturregioner brukte Hanssen-Bauer (1998) data for årlige gjennomsnittstemperturer fra til sammen 46 værstasjoner (inkludert 6 Svenske og 1 Finsk) i perioden 1931-1980. Målet for undersøkelsen var å definere regioner som er nokså homogene med tanke på temperaturvariasjoner over en lengre periode. For å definere temperaturregionene ble det brukt to metoder, Principal component analysis (PCA)³ og cluster analysis⁴. PCA ble brukt for å identifiser 10 prinsipale komponenter som til sammen stod for 98 % av variansen i det originale datasettet. Videre ble de 10 prinsipale komponentene brukt i cluster analysen. Resultatet av analysene var at Fastlands- Norge kan deles inn i 6 temperaturregioner, hvor det innenfor hver region ligger værstasjoner som har høy korrelasjon mellom observerte temperaturer. På de to neste sidene er det en oversikt over nedbørs- og temperaturregionene. Kartetene er hentet har Kartverket sin nettside, Norgeskart.no (2015)

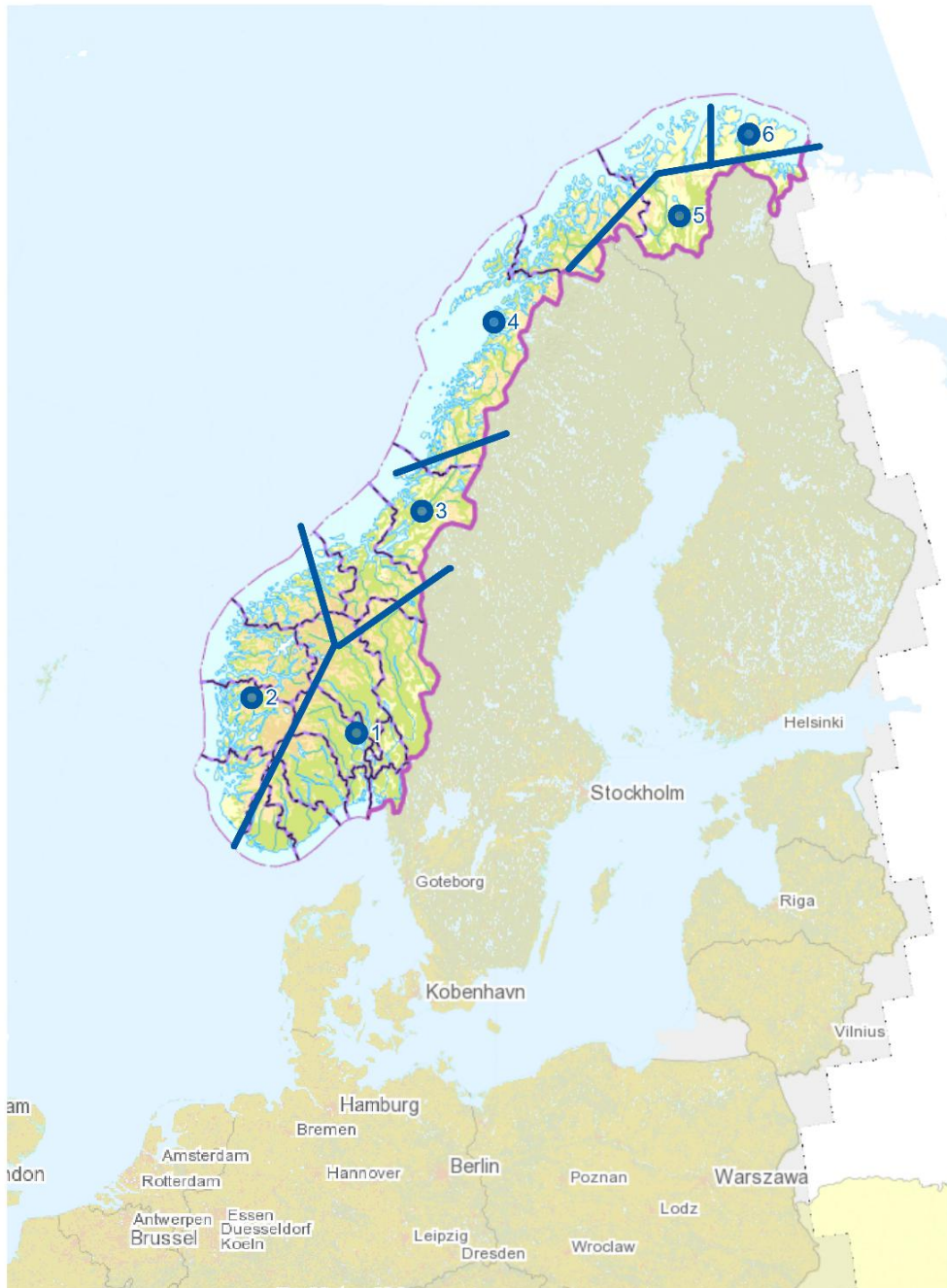
³Principal components analysis er en statistisk metode som transformerer et originalt sett av variabler til et sett av betydelig mindre sett av ukorrelerte variabler som inneholder det meste av informasjonen i det originale datasettet. PCA blir brukt fordi et mindre sett av ukorrelerte variabler er lettere å forstå og bruke i analyser enn et stort sett av korrelerte variabler, Dunteman (1984).

⁴Cluster analysis en en metode som har som mål å sortere forskjellige objekter inn i grupper på en slik måte at tilhørigheten mellom to objekter blir maksimert hvis de tilhører samme gruppe og minimert hvis de ikke er i slik gruppe, Statsoft.com (2015)



100 km

Figur 3.1: Nedbørsregioner



100 km

Figur 3.2: Temperaturregioner

Kapittel 4

Predikasjoner

I denne delen av oppgaven skal jeg gå gjennom predikasjoner for fremtidige endringer i temperatur og nedbør i Norge, fra perioden 1961-1990 til perioden 2020-2049. Predikasjonen er hentet fra to rapporter, Hanssen-Bauer et al. (2000) og Hanssen-Bauer et al. (2001). Grunnen til at jeg har valgt disse to rapportene er at de inngår i RegClim prosjektet som har som mål å estimere sannsynlige endringer i klima i Norge inkludert Svalbard, under global oppvarming, Iversen et al. (1997). I den første delen vil jeg gå gjennom metodene som er brukt for å estimere fremtidige endringer i nedbør og temperatur. På slutten vil jeg presentere resultatene.

For å predikere fremtidige endringer i nedbør og temperatur ble det brukt resultater fra Max-Planck-Instituttet sin globale klimamodell, ECHAM4/OPYC3 GSDIO. For å få presise predikasjoner for fremtidige endringer i nedbør og temperatur i Norge, ble resultatene fra den globale klimamodellen nedskalert ved bruk av empirisk nedskalering.¹

¹Empirisk nedskalering er en metode som utvikler statistiske sammenhenger mellom observerte lokale klimavariabler og observerte atmosfæriske forhold fra et større område, Uib.no (2000).

4.1 Nedbør

For å predikere fremtidige endringer i nedbør ble først uttrykket for regional nedbør omgjort til en standardiserte nedbørsserie. Uttrykket for den standardiserte nedbørsserien blir brukt som avhengig variabel.

4.1.1 Standardisering av avhengig variabel

Den avhengige variabelen $SR_{x,m}(t)$ ble standardisert for å kunne estimere og predikere endringer i nedbør for en spesifikk stasjon x , i region m , i år t . Utgangspunktet for standardiseringen ble gjort fra en regional nedbørsserie definert som.

$$R_{x,m}(t) \approx SR_m(t) * SN_x/100 \quad (4.1)$$

$R_{x,m}(t)$ er observert nedbør for stasjon x i region m , i år t . $SR_m(t)$ er den standardiserte regionale nedbørsserien gitt i prosent av perioden 1961-1990, for region m . SN_x er nedbøren i perioden 1961-1990 for stasjon x .

Hvis vi skriver om likning (4.1) får vi et uttrykk for en standardisert regional nedbørsserie for en spesifikk stasjon x i region m , i år t . Den standardiserte regionale nedbørsserien er gjennomsnittet av nedbørsseriene fra x værstasjoner, innefor region m .

$$SR_{m,x}(t) = \frac{R_{x,m}(t) * 100}{SN_x} \quad (4.2)$$

4.1.2 Uavhengige variabler

De uavhengige variablene er lufttrykk ved havnivå (SLP) og 2m temperatur². De uavhengige variablene blir brukt for både estimerte og predikerte endringer i nedbør.

1. SLP er brukt fordi det i flere andre nedskaleringstudier har blitt vist en sterk empirisk sammenheng mellom SLP og nedbør. Månedlige gjennomsnittsdata for SLP ble hentet fra UK Met Office,³ og fra ECHAM4/OPYC3 GSDIO for henholdsvis historiske og predikerte data. For SLP ble området 20°W-40°E, 50-85°N brukt. Selv om det er en sterk sammenheng mellom SLP og nedbør er det i noen områder, spesielt i de østlige regionen om vinteren, knyttet usikkerhet vedrørende variasjonen i nedbør har sammenheng med endringen i SLP. Derfor ble det besluttet å ha en ekstra uavhengig variabel.

²2m temperatur er temperaturen to meter over bakken.

³UK Met Office tilsvarer Norges Meteorologisk Institutt i Storbritannia

-
2. 2m temperatur er brukt som en tilnærming til luftfuktighet. Luftfuktighet har i andre studier vist seg å være en god uavhengig variabel, men kvaliteten på resultatene for luftfuktighet fra ECHAM4/OPYC3 GSDIO var ikke blitt analysert i Norge. Når kvaliteten ikke var analysert besluttet Hanssen-Bauer et al. (2001) å ikke bruke luftfuktighet som uavhengig variabel, men 2m temperatur. Grunnen til at de valgte å bruke 2m temperatur som uavhengig variabel, for nedbør, er at varmluft har et større potensiale for å inneholde mer nedbør enn kaldluft. Standardiserte månedlige 2m temperaturserie fra de 6 temperaturregionen ble hentet fra Hanssen-Bauer (1998) og brukt som historiske data, mens de regionale temperaturseriene predikert av Hanssen-Bauer et al. (2000) ble brukt som predikerte data.

4.1.3 Estimering basert på historiske data

De estimerte endringene ble utviklet ved en multipelregresjon basert på historiske data fra perioden 1900-1961, mens perioden 1961-1998 ble brukt som valideringsperiode. Modellene ble utviklet for hver av de 13 nedbørsregionene, og for hver måned. Månedlige data for SLP ble hentet fra UK Met Office og standardiserte månedlige 2m temperaturserie fra de 6 temperaturregionen definert av Hanssen-Bauer (1998) ble brukt som uavhengige variabler. To sett av modeller ble spesifisert.

1. Den første modellen ble utviklet ved å utføre en EOF (Empirical Orthogonal Function) analyse av SLP området, 20°W-40°E,50-85°N. Dataene ble hentet fra UK Met Office. EOF analyse ble valgt fordi det ble analysert data over store områder. Slike datasett kan være vanskelig å analysere, og derfor blir EOF analyse brukt, for å få et mindre sett av variabler som er lettere å analysere, uten å miste noe av den observerte variansen, Hannachi (2004). Resultatet av EOF analysen var at SLP området ble delt inn i tolv mindre EOF områder. De tolv EOF områdene ble ikke brukt direkte, men de seks ledende EOF områdene. De seks ledende EOF områdene står for 96 % av den observerte variansen fra de tolv opprinnelige EOF områdene. De seks ledende EOF områdene ble funnet ved å bruke en stegvis regresjon som ekskluderer de områdene som ikke signifikant forbedrer modellen, ved et signifikansnivå på 15 %.
2. Den andre modellen inneholdt de seks ledene EOF, fra modell 1, i tillegg til standardisert månedlig regional 2m temperatur, fra Hanssen-Bauer (1998). I denne modellformuleringen ble det ikke brukt en stegvis regresjon til å utelukke temperatur som ikke signifikant forbedret modellen. Argumentet til forfatterne var at temperatur, i et stabilt klima, ikke virker som den mest signifikante uavhengige variabelen, men endringen i temperatur kan være viktig for å estimere fremtidig nedbør.

4.1.4 Modell for prediksjoner

For å predikere endringer i fremtidig nedbør fra perioden 1961-1990 til perioden 2020-2049 ble det utviklet de samme settene av modeller som ble brukt i estimereingen. Forskjellene i modellene baserer seg på data for SLP og 2m temperatur. Predikerte data for SLP ble hentet fra ECHAM4/OPYC3 GSDIO, i perioden 2020-2049. De predikerte dataene for regional 2m temperatur ble hentet fra, Hanssen-Bauer et al. (2000). For å predikere endringen for hver stasjon ble de regionale nedbørseriene multiplisert med stasjonens gjennomsnittsnedbør i perioden 1961-1990.

4.2 Temperatur

For å finne predikasjoner for temperatur ble det i analysen brukt Hanssen-Bauer (1998) sin modell for en regional standardisert temperaturserie. Modellen viser månedsverdier for temperatur, innenfor en bestemt tidsperiode, t . Modellen kan estimere endringer i månedlige temperaturer for hver lokasjon x , innenfor en temperaturregion m , for en valgt tidsperiode t . I rapporten kommer det ikke klart frem hvor lokasjon x er, men jeg antar at det er en tilfeldig plass innenfor en temperaturregion, og som ikke trenger å være en værstasjon.

$$T_{xm}(t) \approx ST_m(t) * \sigma_{xm} + \mu_{xm} \quad (4.3)$$

$T_{xm}(t)$ er standardisert månedlig temperatur for lokasjon x innenfor temperaturregion m , i år t . $\sigma_{x,m}$ er standardavvik for temperatur i perioden 1961-1990 på lokasjon x , mens $\mu_{x,m}$ er gjennomsnittstemperatur i samme periode. ST_m ble definert av Hanssen-Bauer (1998) som regional standardisert temperaturserie. ST_m er dermed definert som gjennomsnittet av n standardiserte temperaturserier fra region m .

$$ST_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ST_{m,i} \quad m = 1, 2, \dots, 6 \quad (4.4)$$

$ST_{m,i}$ er standardiserte temperaturserie fra stasjon i , i region m . For å tillate serien til å gjelde forskjellige tidsperioder ble alle serier standardiserte ved å trekke fra gjennomsnittstemperaturen fra perioden 1961-1990 og delt på standardavviket fra samme periode.

$$ST_{m,i} \approx [T_{m,i} - \mu_{m,i}] / \sigma_{m,i} \quad (4.5)$$

$ST_{m,i}$ vil være en tidsserie med forventning lik 0 og standardavvik lik 1 i perioden 1961-1990.

4.2.1 Uavhengig variabel

For å predikere fremtidige endringer i temperatur blir 2m temperatur brukt som uavhengig variabel. Data for 2m temperatur ble hentet fra ECHAM4/OPYC3 GSDIO over Norge og Svalbard. Data for 2m temperatur fra ECHAM4/OPYC3 GSDIO er delt inn i flere rutenett. Rutenettene for 2m temperatur fra ECHAM4/OPYC3 GSDIO blir nedskalert i 9 mindre rutenett i de seks temperaturregionene. De største temperaturregionen, 1, 2 og 4, er dekket av to rutenett hver, mens de mindre regionene, 3, 5 og 6, bare er dekket av ett rutenett.

Rutenett	Region	Geografisk lokasjon
1n	1	Ligge Nordøst i region 1, ikke langt fra grensen til region 3
1s	1	Ligger i Østfold-fylke, altså Sørøst i region 1
2s	2	Ligger sør på Vestlandet, ved kysten i Rogaland
2n	2	Ligger Nord på Vestlandet, ute ved kysten ikke langt fra Stadt
3	3	Ligger helt sør i Oppland.
4s	4	Ligger helt sør i region 4, mot grensen til Sverige.
4n	4	Ligger mellom fastlandet og Lofoten.
5	5	Ligger helt nord i Finnland.
6	6	Ligger midt i region 6.

4.2.2 Modell for predikasjoner

Etter at det er innhentet data for 2m temperatur fra ECHAM4/OPYC3 GSDIO er det funnet et uttrykk for en predikert månedlig temperaturserie, $T_{p,m}$, fra rutenett p, i region m. Ved å bytte ut $T_{m,i}$, $\mu_{m,i}$ og $\sigma_{m,i}$ i likning (4.5), med $T_{p,m}$, $\mu_{p,m}$ og $\sigma_{p,m}$ får vi et uttrykk for en predikert standardisert regional temperaturserie som inneholder 2m temperatur fra ECHAM4/OPYC3 GSDIO.

$$ST_m(t) \approx [T_{p,m}(t) - \mu_{p,m}] / \sigma_{p,m} \quad (4.6)$$

$\mu_{p,m}$ og $\sigma_{p,m}$ er henholdsvis gjennomsnittstemperatur og standardavvik for månedlig gjennomsnittstemperatur i rutenett p. Ved å kombinere (4.3) og (4.6) får vi et uttrykk for en predikert lokal temperaturserie på lokasjon x, i region m.

$$\hat{T}_{x,m} - \mu_{x,m} = [T_{p,m}(t) - \mu_{p,m}] * [\sigma_{x,m} / \sigma_{p,m}] \quad (4.7)$$

Som referanseperiode ble det brukt to forskjellige perioder for gjennomsnittstemperatur og standardavvik. For gjennomsnittstemperaturer ble perioden 1961-1990 brukt som referanseperiode, både for observerte og predikerte verdier. Begrunnelsen til Hanssen-Bauer et al. (2000) for å bruke perioden 1961-1990 som referanseperiode var at undersøkelser av forskjellige gjennomsnittstemperaturer viste at de var rimelig stabil over en periode på 30 år. For standardavvik

viste det seg at en periode på 30 år var for liten, for å gi stabile verdier for standardavvik. Hanssen-Bauer et al. (2000) valgte en periode på 90 år, perioden 1901-1990, som de brukte for å predikere endringer i temperatur fra perioden 1961-1990 til perioden 2020-2049.

$$\hat{T}_{x,m} - \mu_{x,m}(1961 - 90) = [T_{p,m}(t) - \mu_{p,m}(1961 - 90)] * \left[\frac{\sigma_{x,m}(1901 - 90)}{\sigma_{p,m}(1901 - 90)} \right] \quad (4.8)$$

I leddet $[\sigma_{x,m}(1901-90)/\sigma_{p,m}(1901-90)]$ ble det bestemt å lage en verdi for vintermånedene og en verdi for sommermånedene. Vintermånedene var desember-februar og sommermånedene var april-september. De resterende månedene, mars, oktober og november, fikk en verdi mellom sommer- og vinterverdiene

4.3 Resultater

4.3.1 Nedbør

Tabell 4.1: Predikert endringer i nedbør fra 1961-1990 til 2020-2049

Region	Årlig endring	Vinter	Sommer
1	0.25-0.5	2.75-3.0*	(-1.25)-(-1.0)*
2	0.25-1.0	2.75-3.0*	(-1.75)-(-1.5)*
3	0.5-1.0	2.75-3.0*	(-1.5)-(-1.0)*
4	0.75-1.75*	2.0-3.0*	0.25-0.5
5	1.5-1.75*	3.0-3.25*	0.25-0.5
6	1.75-2.75*	3.0-3.25*	0.75-2.0*
7	0.25-0.75*	2.0-2.5*	0.0-1.5
8	1.5-2.75*	2.0-3.25*	1.5-3.0*
9	1.5-2.25*	2.0-2.5*	0.75-1.75*
10	2.0-2.5*	1.75-2.0*	(-0.75-1.25)*
11	1.5-3.75*	1.75-2.25*	(-0.75)-(-0.25)*
12	1.0-1.5*	1.75-2.0	(0.0-0.25)*
13	1.0-1.75*	1.75-2.0*	0.0-0.75*
14	1.4*	1.7*	(-0.9)

Merk: Endringer som er signifikante, ved et 5 % signifikansnivå, er markert med*. Endringene i predikert nedbør fra perioden 1961-1990 til 2020-2049 er gitt i prosent av gjennomsnittsnedbør i perioden 1961-1990, per tiår.

Utifra tabellen kan vi se at det er predikert en, signifikant, økning i årlig nedbør i hele landet bortsett fra regionene på Sør- og Østlandet, ved et signifikansnivå på 5 %. De regionene som har den største predikerte økningen i nedbør er regionene på Nordvestlandet, Øst i Nord-Trøndelag, Nordland, Troms og langs kysten av Vestfinnmark (6, 8, 9, 10 og 11), hvor den gjennomsnittlige økningen i predikert nedbør er på over 2 % per tiår. Regionen med minst økning i den predikerte nedbøren er øst i Sør-Trøndelag og Finnmarksvidden som hadde en økning på henholdsvis 0.25-0.75 % og 1.0-1.75 % per tiår.

I vintermånedene er det predikert en signifikant økning i nedbøren i alle regionene, utenom regionen på Finnmarksvidden. Den gjennomsnittlige predikerte økningen i nedbør om vinteren er på ca 2.4 % per tiår. Økningen i nedbør om vinteren er størst i Sør-Norge, hvor regionene på Vestlandet har den største predikerte endringen i nedbør. Den predikerte økningen i nedbør, på Vestlandet, er forventet å øke med 3.0-3.25 % per tiår.

Om sommeren er det en signifikant nedgang i den predikerte nedbøren i regionene på Sør- og Østlandet, på henholdsvis -1.2 og -1.0 % per tiår. I regionene som forventer en signifikant økning i predikert nedbør er regionen på Nordvestlandet (6, 8), øst i Nord-Trøndelag og på

kysten i Østfinnmark. Regionen med den største økningen i predikert nedbør finner vi i Møre og Romsdal, hvor økningen er predikert til å bli 1.5-3.0 % per tiår.

4.3.2 Temperatur

Tabell 4.2: Predikert endring i temperatur fra 1961-1990 til 2020-2049

Region	Årlig endring	Vinter	Sommer
1	0.2-0.35	0.3-0.55	0.25-0.35
2	0.2-0.4	0.2-0.5	0.2-0.4
3	0.2-0.3	0.2-0.5	0.2-0.3
4	0.25-0.45	0.3-0.6	0.25-0.4
5	0.4-0.55	0.55-0.7	0.3-0.35
6	0.4-0.5	0.5-0.6	0.25-0.35

Merk: Alle endringer er signifikante, ved en signifikansnivå på 5 %. Predikerte endringer i vinter- og sommertemperatur er gitt i °C per tiår fra perioden 1961-1990 til perioden 2020-2049. Årlig endring er gitt som årlig gjennomsnittstemperatur per tiår fra perioden 1961-1990 til perioden 2021-2050.

For hele Fastlands- Norge øker den predikerte årlige gjennomsnittstemperaturen fra 0.2°C til 0.55°C per tiår fra perioden 1961-1990 til perioden 2020-2049. For hele Fastlands- Norge er det områdene langs kysten som har den minste økningen i predikert årlig gjennomsnittstemperatur. Det er predikert en større gjennomsnittlig økning i temperaturen jo lengre nord, og lengre innover i landet vi beveger oss. Regionene med de største økningene, i de predikerte årlig gjennomsnittstemperaturene, er i de nordligste regionene, 4, 5, og 6, hvor regionen på Finnmarksvidden er den regionen med den største økning i predikert gjennomsnittstemperatur. Midt-Norge (region 3) viser den minste predikerte økningen i årlig gjennomsnittstemperatur på mellom 0.2-0.3°C per tiår.

Om vinteren er det predikert en økning i temperaturen fra 0.2°C til 0.7 °C per tiår for hele Fastlands- Norge. Den predikerte økningen i temperatur er minst på Vestlandet og Midt- Norge, hvor økningen ligger mellom 0.2-0.5 °C per tiår. Den predikerte endringen i temperatur fra perioden 1961-1990 til perioden 2020-2049 viser at det er på Finnmarksvidden hvor den største endringen i temperatur vil komme. På Finnmarksvidden vil den predikerte vintertemperaturen øke mellom 0.55-0.7 °C per tiår.

Økningen i predikert sommertemperatur er mindre enn økningen i vintertemperatur, i alle regioner. Den største økningen i predikert sommertemperatur finner på Vestlandet og i Nord-Norge. Økningen i predikerte sommertemperatur på Vestlandet er på 0.2-0.4 °C, mens det i Nord- Norge er predikert en økning i sommertemperatur på 0.25-0.4 °C per tiår. Den predikerte økningen i sommertemperatur er minst i Midt- Norge. I Midt- Norge er det predikert en økning i sommertemperatur på 0.2-0.3 °C per tiår fra perioden 1961-1990 til perioden 2020-2049.

Kapittel 5

Metode og data

For å undersøke endringene i nedbør og temperatur i perioden 1960-2014, i forskjellige regioner, benytter jeg en økonometrisk metode som er tilpasset en analyse av paneldata. Et datasett på panelform inneholder observasjoner som både har en tidsdimensjon og en tverrsnittsdimensjon. I analysen min vil årene 1960-2014 fange opp tidsdimensjonen, mens værstasjonene vil fange opp tverrsnittsdimensjonen. Hensikten med analysen er å undersøke hvor gode prediksjoner som foreligger for fremtidige endringer i temperatur og nedbør. For å analysere observert endringer i temperatur og nedbør velger jeg å bruke en paneldatamodell kalt Fixed effects estimering, eller estimering med faste effekter. Fixed effects modellen er en lineær regresjonsmodell hvor skjæringspunktet varierer mellom det enkelte individ, Verbeek (2012). Fordelen med Fixed effects i min analyse er at modellen kun vil bruke variasjonen over tid, ikke mellom stasjoner, til å estimere utviklingen i temperatur og nedbør.

5.1 Modell

$$Y_{t,m,s} = \alpha_s + \alpha_m + \alpha_1 * t \quad (5.1)$$

Modellen blir estimert for hver nedbørs- og temperaturregion, og for hver periode. Det blir estimert endringer om vinteren og endringer om sommeren. For vintermånedene blir månedene desember til februar brukt, mens sommermånedene er månedene juni til august. Den avhengige variabelen, $Y_{t,m,s}$, viser nedbør eller temperatur for stasjon s , i måned m , i år t . Nedbør er totalt nedbør for en måned målt i millimeter. Temperatur er definert som månedsmiddeltemperaturen, som igjen er gjennomsnittet av døgnmiddeltemperaturen. Døgnmiddeltemperaturen¹ er gjennomsnittstemperaturen gjennom et temperaturdøgn. Et temperaturdøgn strekker seg fra kl 06.00-18.00 UTC, det vil si til kl 19.00 norsk tid (kl 20.00, om sommeren), Met.no (2009b).

Det er definert N_s dummyvariabler for alle værstasjoner, untatt en, og N_m dummyvariabler for alle måneder, untatt en. Dummyvariablene vil ta verdien.

$$\alpha_s = \begin{cases} 1 & \text{Hvis stasjon } s \text{ er valgt} \\ 0 & \text{Ellers} \end{cases}$$

$$\alpha_m = \begin{cases} 1 & \text{Hvis måned } m \text{ er valgt} \\ 0 & \text{Ellers} \end{cases}$$

Koeffisienten foran α_1 vil være et estimat på endringen i den avhengige variabelen, Y , per år. α_1 er multiplisert med t . t vil ta verdi 0 for år 1960, 1 for 1961 osv. Den estimerte verdien på koeffisienten foran α_1 kan sammenlignes med predikasjonene til Hanssen-Bauer et al. (2000) og Hanssen-Bauer et al. (2001).

¹Døgnmiddeltemperaturen er definert som $t = N - k(N - \min)$ der $N = 1/3(t_{06} + t_{12} + t_{18})$ dvs et gjennomsnitt av temperaturene kl 06,12 og 18. k er en faktor som variere mellom måned og sted, og som er en kompensasjon for manglende målinger om natten. \min er temperaturdøgnets minunstemperatur, Met.no (2009a).

5.2 Data

Datamaterialet jeg bruker i analysen er hentet fra Meteorologisk Institutt sin klima database, eKlima. Det er hentet månedsdata, for nedbør og temperatur, fra i alt 72 værstasjoner. Perioden dataene er hentet fra strekker seg fra januar 1960 til og med desember 2014. Valget av værstasjoner ble gjort med utgangspunkt i stasjonene Hanssen-Bauer et al. (2000) og Hanssen-Bauer et al. (2001) brukte i sine rapporter. I forbindelse med innhenting av data ble det tidlig klart at en del av stasjonene som hadde blitt brukt i rapportene, ikke hadde fullstendig datamateriale for min periode. Det var to grunner til de ufullstendige datasettene, den ene var at noen stasjoner var lagt ned eller så manglet det mange observasjoner etter år 2000. For å få et tilstrekkelig antall værstasjoner, fordelt over flere regioner, fikk jeg en liste med stasjoner som hadde blitt brukt i en annen undersøkelse av min veileder Fredrik Carlsen. Fra denne listen ble det hentet data fra de værstasjonene som hadde et fullstendig datasett, for min periode. Til slutt endte jeg opp med 72 værstasjoner fordelt på 29 for temperatur og 43 for nedbør. I vedlegget er alle værstasjonene listet opp sammen med informasjon om hvilket fylke, kommune og hvilken region de tilhører.

Deskriptiv statistikk for de avhengige variablene.

Tabell 5.1: Deskriptiv statistikk for månedsnedbør, i mm

Variabel	Obs	Gjennomsnitt	Std.Dev	Min	Max
Nedbør	28287	102.97	86.69	0	883.2

Fra tabellen kan vi se at det er totalt 28287 observasjoner fordelt på 43 værstasjoner, i perioden 1960-2014. Gjennomsnittlig nedbør, for en måned, i perioden er 102.97 mm og maksimumnedbør er 883.2 mm.

Tabell 5.2: Deskriptiv statistikk for månedstemperatur i, °C

Variabel	Obs	Gjennomsnitt	Std.Dev	Min	Max
Temperatur	19091	5.60	6.55	-24.8	20.9

For temperatur er det 19091 observasjoner, i perioden 1960-2014. Gjennomsnittlig månedsmiddeltemperatur i perioden var 5.60°C. Laveste månedsmiddeltemperatur var -24.8 °C, mens høyeste månedsmiddeltemperatur var 20.9 °C, i perioden 1960-2014.

Kapittel 6

Resultater av estimeringen

Det er utført en regresjonsanalyse for hver av nedbørs- og temperaturregionene. I min analyse har jeg ikke data for alle 13 nedbørsregioner. Regionene jeg ikke datamateriale for er region 9 og region 12. Det er også et forskjellig antall værstasjoner innenfor hver region, dette gjelder både for nedbør og temperatur. Grunnen til at det forskjellig antall værstasjoner, innenfor hver region, er at størrelsen på regionene varierer, og da spesielt nedbørsregionene. Jeg har valgt å legge vekt på endringer om sommeren og vinteren for å få et klart skille mellom årstidene. For vintermånedene er månedene fra desember til februar brukt, mens sommermånedene er månedene juni til august. Jeg har valgt fire tidsperioder, 1960-2014, 1961-1990, 1990-2014 og 2000-2014. Den første perioden 1960-2014 inneholder observasjoner for hele perioden noe som gjør at jeg kan se utviklingen i temperatur og nedbør over en lengre periode. Jeg valgte å begynne i 1960 fordi FN sitt klimapanel har konkluderte at klimaendringene vi har sett de siste 60 årene, med 95% sannsynlighet, er menneskeskapt, Miljødirektoratet.no (2014b). Den andre perioden er normalperioden 1961-1990. Resultater fra perioden 1961-1990 blir brukt i sammenlikningen med predikasjonene. De to siste periodene ble valgt fordi dette er perioder hvor vi har historiske data, men som ikke er en del av periodene til predikasjonene. Endringen i de to siste periodene vil derfor sammenlignes med de predikerte endringene.

6.0.1 Nedbør

Perioden 1960-2014

Tabell 6.1: Estimert endring i nedbør i perioden 1960-2014, i mm per år.

Region	Vinter	Endring hele perioden	Sommer	Endring hele perioden
1	0.4097* (4.09)	22.12	0.2494* (2.09)	13.50
2	0.2775* (5.21)	14.98	0.3708* (5.13)	20.03
3	0.5027* (3.56)	27.15	0.3255 (2.33)	17.58
4	1.9148* (6.11)	103.40	0.1324 (0.72)	7.15
5	1.1281* (3.59)	60.92	0.04980 (0.32)	2.69
6	1.4106 (6.05)	76.16	0.0022 (0.02)	0.12
7	0.1818 (0.85)	9.82	0.5070* (2.75)	27.38
8	0.4670 (1.88)	25.22	0.3170* (2.52)	17.17
10	0.2930* (2.52)	15.82	-0.0350 (-0.30)	-1.89
11	0.1407 (0.83)	7.60	0.0705 (0.55)	3.81
13	0.28* (2.30)	14.9145	0.1074 (0.80)	5.80

Merk: t-verdier er oppgitt i parentes. Endringer som er signifikante, ved et 5 % signifikansnivå, er markert med*. Endringen i nedbør er den estimerte verdien på koeffisienten $\hat{\alpha}_1$. Avhengig variabel er $Y_{t,m,s}$, mens t er uavhengig variabel sammen med Fixed effects for stasjon og måned. For endringer om vinteren er månedene desember-februar brukt. Endringen om sommeren er månedene juni-august brukt. Endringen i hele perioden er multiplisert med 54.

Det har vært en signifikant økning i nedbør i de aller fleste regioner om vinteren. Gjennomsnittlig økning i nedbør om vinteren for de signifikante regionene, i perioden 1960-2014, er 46 mm. Fra tabellen ser vi at endringen i vinternedbør i de forskjellige regionene er stor. Det er på Sørlandet og Vestlandet endringen i vinternedbør har vært størst. Region 4, som ligger helt sør i Rogaland og Vest-Agder, er regionen med størst økning i vinternedbør på 103 mm i hele perioden 1960-2014. Langs kysten i Østfinnmark finner vi regionen hvor det har vært minst signifikant økning i vinternedbøren. Økningen var på 0.28 mm per år og 15 mm i hele perioden. Om sommeren er den gjennomsnittlige økningen mindre enn om vinteren. Den gjennomsnittlige økningen er på 19 mm for hele perioden, i de signifikante regionene. I sommermånedene er det i Østfold (region 1) og nord på Vestlandet (region 8) som har hatt den minste økningen i nedbør på henholdsvis 13 mm og 17 mm for hele perioden. De indre og nordlige delene av Østlandet har hatt den største økningen i nedbør om sommeren.

Perioden 1961-1990

Tabell 6.2: Estimert endring i nedbør i perioden 1961-1990, i mm per år

Region	Vinter	Endring hele perioden	Sommer	Endring hele perioden
1	0.5570* (2.34)	16.15	-0.0489 (-0.16)	-1.42
2	0.3702* (2.72)	10.74	-0.0317 (-0.18)	-0.92
3	0.4065 (1.17)	11.79	0.13 (0.38)	3.86
4	3.4753* (4.87)	100.78	0.0147 (0.03)	0.43
5	2.2350* (3.00)	64.81	-0.1982 (-0.48)	-5.75
6	3.2222* (6.05)	93.44	-0.4610 (0.02)	-13.37
7	-0.0816 (-0.15)	-2.37	0.1042 (0.26)	3.02
8	1.1974 (1.89)	34.73	0.1260 (0.45)	3.65
10	0.2680 (0.69)	7.77	0.2162 (0.75)	6.27
11	0.2448 (0.58)	7.10	-0.2296 (-0.73)	-6.66
13	1.2444* (2.30)	36.09	0.1822 (0.80)	5.29

Merk: t-verdier er oppgitt i parentes. Endringer som er signifikante, ved et 5 % signifikansnivå, er markert med*. Endringen i nedbør er den estimerte verdien på koeffisienten $\hat{\alpha}_1$. Avhengig variabel er $Y_{t,m,s}$, mens t er uavhengige variabel sammen med Fixed effects for stasjon og måned. For endringer om vinteren er månedene desember-februar brukt. Endringen om sommeren er månedene juni-august brukt. Endringen i hele perioden er multiplisert med 29.

I normalperioden 1961-1990 har det, i de signifikante regionene, vært en gjennomsnittlig økning i vinternedbøren på 56 mm. Det er Sørlandet og Vestlandet som har hatt den største økningen i vinternedbør. Økningen i de tre regionene, 4, 5 og 6 er tilnærmet lik den økningen vi ser i perioden 1960-2014. Langs kysten av Østfinnmark (region 13) har økningen i nedbør i perioden 1961-1990 mer en dobbelt seg, sammenlignet med perioden 1960-2014. Økningen i vinternedbør, langs kysten av Østfinnmark, var 36 mm i perioden 1961-1990, mens den i perioden 1960-2014 var 14 mm. Den minste økningen i vinternedbør har det vært i regionene på Østlandet, regionene 1 og 2. I sommermånedene er det ingen regioner som har hatt en signifikant endring i nedbør.

Perioden 1990-2014

Tabell 6.3: Estimert endring i nedbør i perioden 1990-2014, i mm per år

Region	Vinter	Endring hele perioden	Sommer	Endring hele perioden
1	0.0080 (0.02)	0.19	1.3440* (3.69)	32.25
2	0.3228 (1.85)	7.75	1.7749* (7.62)	42.60
3	0.4241 (0.86)	10.18	1.7770* (4.12)	42.65
4	-1.1549 (-0.98)	-27.72	0.9098 (1.73)	21.83
5	-1.5050 (-1.37)	-36.12	0.6709 (1.53)	16.10
6	-2.9214* (-3.79)	-70.11	0.1223 (0.37)	2.94
7	-0.3890 (-0.55)	-9.33	0.0245 (0.04)	0.59
8	-1.0044 (-1.32)	-24.11	0.3134 (0.45)	7.52
10	-1.2882* (-2.37)	-30.92	-0.9684* (-2.63)	-23.24
11	-1.7688* (-3.28)	-42.45	0.0952 (0.23)	2.28
13	-0.5416 (-1.48)	-12.10	-0.3105 (-0.64)	-7.45

Merk: t-verdier er oppgitt i parentes. Endringer som er signifikante, ved et 5 % signifikansnivå, er markert med*. Endringen i nedbør er den estimerte verdien på koeffisienten $\hat{\alpha}_1$. Avhengig variabel er $Y_{t,m,s}$, mens t er uavhengige variabel sammen med Fixed effects for stasjon og måned. For endringer om vinteren er månedene desember-februar brukt. Endringen om sommeren er månedene juni-august brukt. Endringen i hele perioden er multiplisert med 24.

For vintermånedene er det i perioden 1990-2014 bare tre regioner som har hatt en signifikant endring i nedbør. Alle regionene har hatt en signifikant nedgang i vinternedbøren i perioden 1990-2014. Den gjennomsnittlige reduksjonen i nedbør, for vintermånedene, er på 2 mm per år og 48 mm for hele perioden. Det er i Nordhordaland og Sogn og Fjordane hvor reduksjonen i vinternedbør har vært størst. Reduksjonen var på 2.93 mm per år og 70 mm i hele perioden. Før 1990 var det størst økning i nedbøren i Nordhordaland og Sogn og Fjordane. I sommermånedene er det tre regioner som har hatt en signifikant økning i nedbør, mens det er en region som har hatt en signifikant reduksjon i nedbør. Gjennomsnittlig endring i nedbør, for alle de signifikante regionene, var på 24 mm gjennom hele perioden. I sommermånedene er det på Sørlandet og Østlandet hvor økningen i sommernedbør har vært størst. Økningen i sommernedbør i disse regionen har mer enn doblet seg når vi sammenligner perioden 1990-2014 med perioden 1960-2014. I Nord-Trøndelag og Nordland har det i perioden 1990-2014 vært en signifikant nedgang i sommernedbøren på 23 mm i hele perioden.

Perioden 2000-2014

Tabell 6.4: Estimert endring i nedbør i perioden 2000-2014, i mm per år

Region	Vinter	Endring hele perioden	Sommer	Endring hele perioden
1	-0.0256 (-0.03)	-0.3580	0.9510 (1.22)	13.3144
2	1.3004* (3.40)	18.2061	2.4282* (4.82)	33.9943
3	2.5564* (2.32)	35.7897	2.3107* (2.48)	32.3498
4	3.5946 (1.41)	50.3246	2.1514 (1.95)	30.1201
5	1.5997 (0.66)	22.3953	0.4814 (0.51)	6.7392
6	-2.4058 (-1.41)	-33.6814	-0.6097 (-0.87)	-8.5356
7	-3.2179* (-2.24)	-77.2286	0.0205 (0.01)	4.9287
8	-3.7621* (-2.22)	-52.6692	0.7500 (0.77)	10.6396
10	-2.5701* (-2.22)	-35.9909	-1.0908 (-1.36)	-1.0910
11	-3.4952* (-3.33)	-48.9325	-0.6973 (-0.83)	9.7625
13	-1.1130 (-1.62)	-15.5816	-0.5575 (-0.59)	-7.805

Merk: t-verdier er oppgitt i parentes. Endringer som er signifikante, ved et 5 % signifikansnivå, er markert med*. Endringen i nedbør er den estimerte verdien på koeffisienten $\hat{\alpha}_1$. Avhengig variabel er $Y_{t,m,s}$, mens t er uavhengige variabel sammen med Fixed effects for stasjon og måned. For endringer om vinteren er månedene desember-februar brukt. Endringen om sommeren er månedene juni-august brukt. Endringen i hele perioden er multiplisert med 14.

I tidsperioden 2000-2014 er det i vintermånedene to regioner som har en signifikant økning i nedbør, mens det er fire regioner som har en signifikant reduksjon i nedbør. Regionene som har hatt en signifikant økning i vinternedbøren er regionene på Øst- og Sørlandet, mens det har vært en reduksjon i vinternedbør i østlige deler av Sør-Trøndelag (region 7), og fra Nord-Trøndelag til kysten av Vestfinnmark. Den gjennomsnittlige endringen i nedbør er -1.5 mm per år og -25.1 mm for hele perioden. Hvis vi sammenligner den signifikante økningen i vinternedbør i perioden med periodene 1960-2014 og 1990-2014 kan vi se at det har vært en betydelig økning i vinternedbøren, på Sørlandet. Den største økningen i vinternedbør, på Sørlandet, kom etter år 2000. Økningen etter år 2000 var mer enn tre ganger så stor som den var i perioden 1990-2014. På Østlandet var det den samme tendensen, som på Sørlandet, at den største økningen i nedbør kom etter år 2000. Økningen i vinternedbøren har mer enn doblet seg når vi sammenligner periodene 1990-2014 og 2000-2014. Sammenligner vi periodene 1960-2014 og 1961-90 har det, på Østlandet, vært en nedgang i vinternedbøren. Vi kan da si at økningen i vinternedbøren, på Østlandet, hovedsaklig har kommet etter 1990, og at økningen har vært aller størst etter år 2000. I sommermånedene er det i perioden 2000-2014 bare på Sør- og Østlandet hvor det har vært en signifikant økning i nedbør. Økningen i sommernedbøren var størst på Østlandet hvor økningen var på 34 mm i hele perioden. Når vi sammenligner endringene i sommernedbør på Østlandet og Sørlandet med de andre periodene ser vi at det var en stor økning i nedbøren fra perioden 1960-2014 til perioden 1961-1990. I periodene etter 1990 var økningen i sommernedbør mindre i perioden 2000-2014 enn i perioden 1990-2014. Økningen i sommernedbør på Østlandet og Sørlandet var tilnærmet lik i periodene etter 1990.

6.0.2 Temperatur

Perioden 1960-2014

Tabell 6.5: Estimert endring i temperatur i perioden 1960-2014, °C per år

Region	Vinter	Endring hele perioden	Sommer	Endring hele perioden
1	0.0429* (8.94)	2.3158	0.0280* (13.04)	1.5101
2	0.0276* (8.63)	1.4920	0.0271* (12.96)	1.4646
3	0.0330* (3.62)	1.7803	0.0258* (5.32)	1.3929
4	0.0333* (6.04)	1.8010	0.0158* (3.87)	0.8510
5	0.0481* (3.62)	2.5955	0.0172* (3.04)	0.9330
6	0.0350* (7.38)	1.8917	0.01278* (3.67)	0.6897

Merk: t-verdier er oppgitt i parentes. Endringer som er signifikante, ved et 5 % signifikansnivå, er markert med*. Endringen i temperatur er den estimerte verdien på koeffisienten $\hat{\alpha}_1$. Avhengig variabel er $Y_{t,m,s}$, mens t er uavhengige variabel sammen med Fixed effects for stasjon og måned. For endringer om vinteren er månedene desember-februar brukt. Endringen om sommeren er månedene juni-august brukt. Endringen i hele perioden er multiplisert med 54.

I perioden 1960-2014 har alle regionene på Fastlands-Norge hatt en signifikant økning i temperaturen, både om vinteren og sommeren. Den gjennomsnittlige økning i temperatur for alle regionene er 1.98°C, om vinteren. For vintermånedene er det en større forskjell i temperaturøkningen enn det er om sommeren. Om vinteren varierer temperaturøkningen fra 1.49°C til 2.60°C, for henholdsvis Vestlandet og på Finnmarksvidden. Om sommeren variere økningen i temperatur fra 0.69°C, øst i Finnmark, til 1.51°C, på Sør- og Østlandet. For sommermånedene er det i Sør- Norge og Midt- Norge hvor det har vært størst økning i temperatur, hvor det på Østlandet har hatt den største økningen på 1.51°C i hele perioden.

Perioden 1961-1990

Tabell 6.6: Estimert endring i temperatur i perioden 1961-1990, i °C per år

Region	Vinter	Endring hele perioden	Sommer	Endring hele perioden
1	0.0601* (4.69)	1.7456	0.0209* (4.27)	0.6050
2	0.0329* (3.88)	0.9530	0.0106* (2.34)	0.3074
3	0.0276 (1.13)	0.8008	0.0149 (1.43)	0.4309
4	0.0041 (0.28)	0.1194	0.0073 (0.70)	0.2117
5	-0.0023 (-0.07)	-0.0672	0.0006 (0.04)	0.0177
6	0.0082 (0.68)	0.2392	0.0112 (1.24)	0.3258

Merk: t-verdier er oppgitt i parentes. Endringer som er signifikante, ved et 5 % signifikansnivå, er markert med*. Endringen i temperatur er den estimerte verdien på koeffisienten $\hat{\alpha}_1$. Avhengig variabel er $Y_{t,m,s}$, mens t er uavhengige variabel sammen med Fixed effects for stasjon og måned. For endringer om vinteren er månedene desember-februar brukt. Endringen om sommeren er månedene juni-august brukt. Endringen i hele perioden er multiplisert med 29.

I perioden 1961-1990 er det flere regioner som ikke har en signifikant endring i temperatur. Fra tabellen ser vi at det har vært en signifikant økning i temperaturen på Sør- og Østlandet og på Vestlandet, i vintermånedene. Økningen i disse to regionen var på 1.75 °C og 0.95 °C for henholdsvis Sør- og Østlandet og Vestlandet. Hvis vi sammenligner endringene i vintertemperatur i disse to regionen med endringene i perioden 1960-2014 ser vi at det er en nedgang fra perioden 1960-2014 til perioden 1961-1990. I sommermånedene er det også regionene på Sør- og Østlandet og Vestlandet som har hatt en signifikant økning i temperaturen. For sommermånedene er den største endringen i sommertemperatur på Sør- og Østlandet, på henholdsvis 0.02°C per år og 0.61 °C for hele perioden. I sommermånedene ser vi den samme tendensen, som i vintermånedene, når vi sammenligner periodene 1960-2014 og 1961-1990. Det har vært en nedgang i endringene fra perioden 1960-2014 til perioden 1961-1990.

Perioden 1990-2014

Tabell 6.7: Estimert endring i temperatur i perioden 1990-2014, i °C per år

Region	Vinter	Endring i hele perioden	Sommer	Endring i hele perioden
1	-0.0680* (-4.82)	-1.6202	0.0410* (5.62)	0.9824
2	-0.0302* (-3.15)	-0.7257	0.05142* (4.05)	1.2340
3	-0.0503 (-1.90)	-1.2071	0.0574* (3.31)	1.3768
4	-0.0237 (-1.47)	-0.5676	0.01459 (1.19)	0.3502
5	-0.0852* (-2.15)	-2.0445	0.0276 (1.65)	0.6633
6	0.0008 (0.05)	0.0201	0.0161 (1.65)	0.3865

Merk: t-verdier er oppgitt i parentes. Endringer som er signifikante, ved et 5 % signifikansnivå, er markert med*. Endringen i temperatur er den estimerte verdien på koeffisienten $\hat{\alpha}_1$. Avhengig variabel er $Y_{t,m,s}$, mens t er uavhengige variabel sammen med Fixed effects for stasjon og måned. For endringer om vinteren er månedene desember-februar brukt. Endringen om sommeren er månedene juni-august brukt. Endringen i hele perioden er multiplisert med 24.

I perioden 1990-2014 er det i vintermånedene en signifikant nedgang i temperaturen i regionene i Sør-Norge og på Finnmarksvidden, mens det i sommermånedene er en signifikant økning i temperaturen i de samme regionene. Fra tabellen ser vi at det er på Finnmarksvidden (region 5) hvor den største reduksjonen i temperaturen har vært, i vintermånedene. Reduksjonen var på -0.09°C per år og -2.04°C for hele perioden. Den minste reduksjonen i temperaturen finner vi på Vestlandet. Reduksjonen på Vestlandet var på -0.07°C per år og -1.62°C i hele perioden. Når vi sammenligner disse resultatene med resultatene fra periodene 1960-2014 og 1961-1990 kan vi se at det har vært en reduksjon i vintertemperaturen etter 1990. Økningen i vintertemperaturen ble mindre fra perioden 1960-2014 til perioden 1961-1990 før endringen ble negativ i perioden 1990-2014. For sommermånedene har det vært en signifikant økning i temperaturen i Sør-Norge og Midt-Norge. Den gjennomsnittlige økningen i temperaturen var på 0.05°C per år og 1.18°C gjennom hele perioden. Det er regionene i Sør-Norge som har hatt den største økningen i sommertemperatur. I sommermånedene har økningen i temperaturen blitt mindre fra perioden 1960-2014 til perioden 1961-1990, mens økningen i sommertemperaturen har økt fra perioden 1961-1990 til perioden 1990-2014.

Perioden 2000-2014

Tabell 6.8: Estimert endring i temperatur i perioden 2000-2014, i °C per år

Region	Vinter	Endring hele perioden	Sommer	Endring hele perioden
1	-0.1177* (-3.79)	-1.6478	0.0113 (0.85)	0.1581
2	-0.0425 (-1.94)	-0.5949	0.0227 (1.54)	0.3183
3	-0.0450 (-0.73)	-0.6300	0.0454 (1.24)	0.6363
4	0.0206 (0.57)	0.2889	0.0096 (0.37)	0.1350
5	-0.0229 (-0.27)	-0.3211	-0.0181 (-0.51)	-0.2534
6	0.0279 (0.95)	0.3900	-0.0210 (-0.97)	-0.2944

Merk: t-verdier er oppgitt i parentes. Endringer som er signifikante, ved et 5 % signifikansnivå, er markert med*. Endringen i ntemperatur er den estimerte verdien på koeffisienten $\hat{\alpha}_1$. Avhengig variabel er $Y_{t,m,s}$, mens t er uavhengige variabel sammen med Fixed effects for stasjon og måned. For endringer om vinteren er månedene desember-februar brukt. Endringen om sommeren er månedene juni-august brukt. Endringen i hele perioden er multiplisert med 14.

I perioden 2000-2014 er det bare regionene på Sør- og Østlandet som har hatt en signifikant endring i temperaturen, om vinteren. På Sør- og Østlandet var det en reduksjon i temperaturen på -0.12°C per år, mens det har vært en nedgang på -1.65°C gjennom hele perioden. Sammenligner vi resultatene fra perioden 1990-2014 med perioden 2000-2014 ser vi at reduksjonen i vintertemperatur er marginalt større i perioden 2000-2014 enn hva den var i perioden 1990-2014. I sommermånedene er det ingen regioner som hadde en signifikant endring i temperaturen, ved et 5 % signifikansnivå.

Oppsummering

Nedbør har hatt en signifikant økning gjennom hele perioden 1960-2014 sett under ett. For vintermånedene er det på Vestlandet endringene har vært størst, i periodene 1960-2014 og 1961-1990. På Sør-Vestlandet har endringen i vinternedbør gått marginalt ned fra perioden 1960-2014 til perioden 1961-1990, mens den har økt i Nordhordaland og Sogn og Fjordane. I periodene etter 1990 har det vært en signifikant negativ endring i vinternedbør, bortsett fra Sør- og Østlandet, i perioden 2000-2014. For sommermånedene har det vært en økning i nedbør, i de signifikante regionene, i alle perioder. Fra perioden 1960-2014 til perioden 1990-2014 har endringen i nedbør blitt større, mens fra perioden 1990-2014 til perioden 2000-2014 har endringen blitt mindre.

For temperatur ser vi den samme utviklingen som i nedbør. Det er en signifikant økning i temperatur i hele perioden 1960-2014 sett under ett. I periodene 1960-2014 og 1961-1990 har det vært en signifikant økning temperatur i alle regioner, både om vinteren og sommeren. Etter 1990 er det en signifikant reduksjon i temperaturen.

Kapittel 7

Sammenligning av estimerte og predikerte endringer

I sammenligningen av predikerte og estimerte endringer, i nedbør og temperatur, har jeg brukt de to siste periodene for estimerte endringer. De to periodene for estimerte endringer, perioden 1990-2014 og 2000-2014, blir sammenlignet med predikerte endringer fra perioden 1961-1990 til perioden 2021-2049. Grunnen til at jeg har lagt vekt på de to periodene for, estimerte verdier, er at de ligger utenfor datagrunnlaget til de predikerte endringene, men perioden 1990-2014 har en overlapping på åtte år, for nedbør. Overlappingen på åtte år antar jeg ikke vil ha en stor innvirkning, da datagrunnlaget for de predikerte endringen er på nesten hundre år, 1900-1998. I perioden 2000-2014 er det ingen overlapping slik at de estimerte endringen i nedbør og temperatur ligger utenfor datagrunnlaget til de predikerte endringene i nedbør og temperatur.

7.0.3 Nedbør

Tabell 7.1: Sammenligning av estimerte endringer i nedbør i perioden 1990-2014 med predikerte endringer i nedbør fra perioden 1961-90 til 2020-2049

Region	Estimert, Vinter	Predikasjoner	Estimert, Sommer	Predikasjoner
1	0.1376	2.75-3.0	18.1261*	(-1.25)-(-1.0)*
2	5.9456	2.75-3.0	21.0911*	(-1.75)-(-1.5)*
3	5.2175	2.75-3.0	19.5277*	(-1.5)-(-1.0)*
4	-7.4884	2.0-3.0*	4.6136	0.25-0.5
5	-11.6155	3.0-3.25*	7.4157	0.25-0.5
6	-16.5440*	3.0-3.25*	1.0532	0.75-2.0*
7	-5.8402	2.0-2.5*	0.3133	0.0-1.5
8	-9.6933	2.0-3.25*	4.3300	1.5-3.0*
10	-11.8612*	1.75-2.0*	-10.8270*	-0.75-1.25*
11	-20.5462*	1.75-2.0*	1.3545	(-0.75)-(-0.25)*
13	-10.9045	1.75-2.0*	-6.4007	0.0-0.75*

Merk: Endringer som er signifikante, ved et 5 % signifikansnivå, er markert med*. De predikerte endringene er endring i nedbør fra perioden 1961-90 til perioden 2020-2049, i prosent av gjennomsnittlig nedbør i perioden 1961-90 per tiår. Estimerte endringer er endringen i nedbør, i perioden 1990-2014, i prosent av gjennomsnittlig nedbør i perioden 1961-90, per tiår.

Sammenligningen av estimert og predikert gjennomsnittlig prosentvis endring i nedbør, både om vinteren og sommeren, viser at ingen av de estimerte endringene ligger innenfor intervallet til de predikerte endringene. Endringene i den estimerte vinternedbøren er negativ, mens den predikerte endringen er positiv. I vintermånedene er det bare i Nordhordaland, Sogn og Fjordane, Nordland, Troms og Vest-Finnmark som har en signifikant, negativ, endring i den estimerte gjennomsnittlige prosentvise nedbøren. I sommermånedene er den største forskjellen i estimert og predikert nedbør på Sør- og Østlandet. I den nordlige regionen (region 10) viser den estimerte endringene en nedgang i den gjennomsnittlige prosentvise nedbøren. Den gjennomsnittlige prosentvise predikerte endringene i region 10 viser ikke en reduksjon i nedbøren, og den predikerte endringen ligger langt over den estimerte endringen.

Tabell 7.2: Sammenligning av estimerte endringer i nedbør i perioden 2000-2014 med predikerte endringer i nedbør fra perioden 1961-90 til 2020-2049

Region	Estimert, Vinter	Predikasjoner	Estimert, Sommer	Predikasjoner
1	-0.4397	2.75-3.0	12.8272	(-1.25)-(-1.0)*
2	23.9507*	2.75-3.0	28.8536*	(-1.75)-(-1.5)*
3	31.4490*	2.75-3.0	25.3922*	(-1.5)-(-1.0)*
4	23.3090	2.0-3.0*	18.8723	0.25-0.5
5	12.3468	3.0-3.25*	5.3206	0.25-0.5
6	-13.6241	3.0-3.25*	-5.2500	0.75-2.0*
7	-48.1300*	2.0-2.5*	0.2622	0.0-1.5
8	-36.3079*	2.0-3.25*	10.5228	1.5-3.0*
10	-23.6704*	1.75-2.0*	-12.1941	-0.75-1.25*
11	-40.6000*	1.75-2.0*	-9.9264	(-0.75)-(-0.25)*
13	-22.4064	1.75-2.0	-11.4898	0.0-0.75*

Merk: Endringer som er signifikante, ved et 5 % signifikansnivå, er markert med*. De predikerte endringene er endring i nedbør fra perioden 1961-90 til perioden 2020-2049, i prosent av gjennomsnittlig nedbør i perioden 1961-90 per tiår. Estimerte endringer er endringen i nedbør, i perioden 2000-2014, i prosent av gjennomsnittlig nedbør i perioden 1961-90, per tiår.

Sammenligning av de estimerte og predikerte gjennomsnittlige prosentvise endringen i nedbør er stor mellom de estimerte og predikerte verdiene. Forskjellen er stor både om sommeren og vinteren. I vintermånedene ser vi den største forskjellen mellom estimerte og predikerte gjennomsnittlige nedbørsendringer på Sør- og Østlandet, og fra Midt- Norge og nordover. Om sommeren er det bare to regioner som har en signifikant endring i den estimerte gjennomsnittlige prosentvise nedbøren. Dette gjelder regionene på Sør- og Østlandet hvor de estimerte gjennomsnittlige prosentvise nedbørsendringene er positive, noe som ikke er tilfelle for de predikerte gjennomsnittlige prosentvise nedbørsendringene. De predikerte nedbørsendringene anslår en negativ utvikling i nedbøren, i regionene på Sør- og Østlandet.

7.0.4 Temperatur

Tabell 7.3: Sammenligning av estimerte endringer i temperatur i perioden 1990-2014 med predikerte endringer i temperatur fra perioden 1961-90 til 2020-2049

Region	Estimerte vinter	Predikerte	Estimerte sommer	Predikerte
1	-4.0506*	0.3-0.55*	2.4561*	0.25-0.35*
2	-1.8142*	0.2-0.5*	3.0850*	0.2-0.4*
3	-3.0176	0.2-0.5*	3.4420*	0.2-0.3*
4	-1.4190	0.3-0.6*	0.8754	0.25-0.4*
5	-5.1113*	0.55-0.7*	1.6583	0.3-0.35*
6	0.0503	0.5-0.6*	0.9660	0.25-0.35*

Merk: Endringer som er signifikante, ved et 5 % signifikansnivå, er markert med*. De predikerte endringene i temperatur er angitt som endring i temperatur fra perioden 1961-90 til perioden 2020-2049 per tiår, i °C. De estimerte endringen oppgitt som endringer per 60 år, i °C

For vintermånedene viser de estimerte, signifikante, temperaturendringene en nedgang i temperaturene, mens de predikerte temperaturendringen viser en økning. For sommermånedene er det derimot en økning i de estimerte temperaturene. Både for vintermånedene og sommermånedene er det ingen regioner hvor den estimerte temperaturendringen ligger innenfor intervallet til de predikerte temperaturendringene. Regionen med den største forskjellen i de estimerte temperaturendringen og predikerte temperaturendringen er på Finnmarksvidden, for vintermånedene, mens det er størst forskjell på Vestlandet og Midt- Norge, for sommermånedene.

Tabell 7.4: Sammenligning av estimerte endringer i temperatur i perioden 2000-2014 med predikerte endringer i temperatur fra perioden 1961-90 til 2020-2049

Region	Estimerte vinter	Predikerte	Estimerte sommer	Predikerte
1	-7.0618*	0.3-0.55*	0.6778	0.25-0.35*
2	-2.5496	0.2-0.5*	1.36383	0.2-0.4*
3	-2.6997	0.2-0.5*	2.7267	0.2-0.3*
4	1.2381	0.3-0.6*	0.5786	0.25-0.4*
5	-1.3762	0.55-0.7*	-1.0859	0.3-0.35*
6	1.6713	0.5-0.6*	-1.2618	0.25-0.35*

Merk: Endringer som er signifikante, ved et 5 % signifikansnivå, er markert med*. De predikerte endringene i temperatur er angitt som endring i temperatur fra perioden 1961-90 til perioden 2020-2049 per tiår, i °C. De estimerte endringen oppgitt som endringer per 60 år, °C.

Fra tabellen kan vi se at det bare er i Østfold hvor det er en signifikant endring i den estimerte temperaturene, om vinteren. Endringen er negativ, og godt under intervallet til den predikerte temperaturendringen. Ser vi på sommermånedene er det ingen av de estimerte temperaturendringene som er signifikante, men det er i Nordland og Troms hvor den estimerte temperaturendringene kommer nærmest intervallet til den predikerte temperaturendringen.

7.0.5 Oppsummering

De predikerte endringen samsvarer, i alle regioner og perioder, ikke med de estimerte endringene når vi sammenligner de estimerte endringen i periodene 1990-2000 og 2000-2014 med de predikerte endringen fra periode 1961-90 til 2020-2049. Forskjellen mellom de predikerte endringen og de estimerte endringen er størst for nedbør.

For den gjennomsnittlige prosentvise endringen i nedbør viser den predikerte endringen en nedgang i nedbøren, i regionene på Sør- og Østlandet. En nedgang i den predikerte gjennomsnittlige prosentvise nedbøren samsvarer ikke med den estimerte endringen i nedbøren, for de samme regionene. I sommermånedene er forskjellene mellom de estimerte og predikerte gjennomsnittlige prosentvise endringene stor etter 1990.

For temperatur er det ingen av de estimerte temperaturendringen som ligger innenfor intervallet til de predikerte temperaturendringen, både om vinteren og sommeren. Forskjellen mellom de predikerte og estimerte temperaturendringen er størst om vinteren. Det blir predikerte en økning i temperaturen i alle regioner om vinteren, mens de estimerte temperaturendringene viser en nedgang i temperaturen i alle de signifikante regionene etter 1990. Om sommeren viser de estimerte, signifikante, temperaturendringene og predikerte temperaturendringen en økning i temperaturen i alle regioner.

Kapittel 8

Oppsummering og Konklusjon

Det er et stort fokus på fremtidige klimaendringer og hvilke konsekvenser klimaendringen vil ha på samfunnet i fremtiden. For at vi skal kunne si noe sikkert om hvilke konsekvenser klimaendringen vil ha er det viktig at predikasjonene for fremtidig utvikling i klima er så sikre som mulig. I denne masteroppgaven har jeg sett på prediksjoner for fremtidige endringer i nedbør og temperatur fra to rapporter utgitt av Hanssen-Bauer et al. (2000) og Hanssen-Bauer et al. (2001). Resultatene ble sammenlignet med estimerte endringer i nedbør og temperatur i periodene 1990-2014 og 2000-2014.

Analysen bygger på en paneldata modell, med data for nedbør og temperatur hentet fra vær-databasen eKlima. Data for nedbør og temperatur ble hentet for utvalgte værstasjoner, i alt 72 (43 for nedbør og 29 for temperatur), for hele Fastlands- Norge. Fastlands- Norge ble delt opp i 13 nedbørsregioner og 6 temperaturregioner hvor det innenfor hver region ligger et ulikt antall værstasjoner. Bakgrunnen for inndelingen i regioner ble gjort med utgangspunkt i regioner som ble definert av Hanssen-Bauer (1998) og Hanssen-Bauer and Førland (1998).

Resultatet av sammenligningen viser at de predikerte endringene ikke samsvarer, i alle regioner og perioder, med de estimerte endringene når vi sammenligner de estimerte endringen i periodene 1990-2000 og 2000-2014 med de predikerte endringen fra periode 1961-90 til 2020-2049. Forskjellene var større for nedbør enn temperatur og forskjellene var større om vinteren enn om sommeren.

Bibliografi

- Aaheim, A., Dannevig, H., Ericsson, T., van Oort, B., Innbjør, L., Rauken, T., Vennemo, H., Johansen, H., Tofteng, M., Aall, C., Groven, K., Heiberg, E., 2009. Konsekvenser av klimaendringer, tilpasning og sårbarhet i Norge, Rapport til Klimatilpassningsutvalget. CICERO,ECON Pöyry og Vestlandsforskning.
- Benestad, R., 2011. Nedskalering, hva gjør vi med usikkerheten. Forskningsrådet.no.
- Dunteman, G. H. O., 1984. Principal Coponent Analysis. Sage Publications, Inc.
- Flåten, O., Skonhoft, A., 2014. Naturressursenes økonomi. Gyldendal akademiske, Oslo.
- Hannachi, A., 2004. A primer for EOF analysis of climate data, Department of Meteorology, University of Reading, U.K. .
- Hanssen-Bauer, I. Førland, E. J., 1994. Homogenizing long Norwegian precipitation series. American meteorological society, Journal of climate, vol 7.
- Hanssen-Bauer, I., Drange, H., Førland, E. J., Roald, L. A., Børsheim, K. Y., Hisdal, H., Lawrence, D., Nesje, A., Sandven, S., Sorteberg, A., Sundby, S., Vasskog, K., Ådlandsvik, B., 2009. Klima i Norge 2100, Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing. Norsk Klimasenter, september 2009.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E. J., 1998. Annual and seasonal precipitation variation in Norway 1876-1997. Det norske meteorologiske institutt, rapport nr. 27/98.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E. J., Tveito, O. E., Nordli, P. O., 1997. Estimating Regional Precipitation Trends Comparison of two Methods. Nordic Hydrology, 28,21 -36,The Norwegian Meteorological Institute, Oslo, Norway.
- Hanssen-Bauer, I., Tveito, O. E., Førland, E. J., 2000. Temperatur scenarios for Norway empirical downscaling from the ECHAM4/OPYC3 GSDIO. Norwegian meteorological institute, rapport nr. 24/00.
- Hanssen-Bauer, I., Tveito, O. E., Førland, E. J., 2001. Precipitation scenarios for Norway empirical downscaling from the ECHAM4/OPYC3 GSDIO. Norwegian meteorological institute, rapport nr. 10/01.

-
- Hanssen-Bauer, I. Nordli, P. , 1998. Annual and seasonal temperature variation in Norway 1876-1997. Det norske meteorologiske institutt, rapport nr. 25/98.
- IPCC, 2013. <http://ipcc-wg2.gov/AR5/report/> .
- Iversen, T., Førland, E. J., Røed, L. P., Stordal, F., 1997. Regional Climate Under Global Warming. Project Description. NILU, P.O.BOX 100,N-2007, Norway rapport nr. 25/98.
- Mendelsohn, R., Morrison, W., Schlesinger, M., Andronova, N. G., 1998. Country-Specific market impacts of climate change. *Climatic Change* 45(3-4): 553-569 .
- Met.no, 2009a. <https://metlex.met.no/wiki/Middeltemperatur> .
- Met.no, 2009b. <https://metlex.met.no/wiki/Temperaturd%C3%B8gn> .
- Miljødirektoratet.no, 2014a. <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M148/M148.pdf> .
- Miljødirektoratet.no, 2014b. <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M36/M36.pdf> .
- Miljøstatus.no, 2013. <http://www.miljostatus.no/Tema/Klima/Klima-globalt/Globale-klimaendringer/endringer-i-havet/> .
- Norgeskart.no, 2015. . .
- NRK.no, 2014. <http://www.nrk.no/trondelag/disse-husene-ble-skadd-i-brannen-1.11510283> .
- Oreskes, N., Stainforth, D. A., Smith, L. A., 2010. Do climate models tell us what we need to know? *Philosophy of Science*, Vol 77, No. 5.
- Regjeringen.no, 2008. <https://www.regjeringen.no/nb/dokumenter/oppnevning-av-offentlig-utvalg-som-skal-/id538623/> .
- Statsoft.com, 2015. <http://www.statsoft.com/Textbook/Cluster-Analysis> .
- Stern, N., 2008. The Economics of Climate Change. Richard T. Ely Lecture, *American Economic Review* 98:2, 1-37.
- Uib.no, 2000. <http://web.gfi.uib.no/forskning/RegClim/Scenario.html> .
- unric.org, 2013. <http://www.unric.org/no/aktuelt/26572-fns-klimapanel-kan-med-95-sikkerhet-si-at-klimaendringene-er-menneskeskapte> .
- Verbeek, M., 2012. A guide to modern econometrics, 4th edition. John Wiley Sons Ltd.
- WWF.no, 2014. <http://www.wwf.no/stottwwf/pandaklubb2/vissteduat/hvorforisbjorn.cfm> .

Vedlegg

Tabell 8.1: Værstasjoner, nedbør

Stasjonsnummer	Navn	Kommune	Fylke	Region
1080	Hvaler	Hvaler	Østfold	1
17150	Rygge	Rygge	Østfold	1
1650	Strømfoss sluse	Aremark	Østfold	1
11900	Biri	Gjøvik	Oppland	2
18500	Bjørnholtet	Oslo	Oslo	2
23560	Beito	Øystre Slind	Oppland	2
18700	Blinderen	Oslo	Oslo	2
24600	Grimeli i Krødsherad	Krødsherad	Buskerud	2
27800	Hedrum	Larvik	Vestfold	2
34900	Postmyr i Drangesal	Drangedal	Telemark	2
5350	Nord Odal	Nord-Odal	Hedmark	2
33250	Rauland	Vinje	Telemark	2
23720	Vang i Valdres	Vang	Oppland	2
20520	Lunner	Lunner	Oppland	2
38600	Mykland	Froland	Aust Agder	3
37650	Fyresdal	Fyresdal	Telemark	3
38450	Herefoss	Birkenes	Aust Agder	3
37230	Tveitsund	Nissedal	Telemark	3
42720	Bakke	Flekkefjord	Vest Agder	4
41480	Åseral	Åseral	Vest Agder	4
42950	Øvre Sirdal	Sirdal	Vest Agder	4
46450	Røldal	Odda	Hordaland	5
47300	Utsira	Utsira	Rogaland	5
44800	Sviland	Sandnes	Rogaland	5
52750	Frøyset	Masfjorden	Hordaland	6
52170	Eksingedalen	Vaksdal	Hordaland	6
58480	Briksdal	Stryn	Sogn og Fjordane	6
58320	Myklebust i Breim	Gloppen	Sogn og Fjordane	6
55730	Sogndal-Selseng	Sogndal	Sogn og Fjordane	6
52750	Frøyset	Masfjorden	Hordaland	6
53070	Vik i Sogn 3	Vik	Sogn og Fjordane	6
57480	Botnen i Førde	Førde	Sogn og Fjordane	6
68420	Aunet	Tydal	Sør Trøndelag	7
60400	Norrdal	Norrdal	Møre og Romsdal	8
15660	Skjåk	Skjåk	Oppland	8
63100	Øksendal	Sunnadal	Møre og Romsdal	8
71900	Bessakker	Roan	Sør Trøndelag	10

Stasjonsnummer	Navn	Kommune	Fylke	Region
77850	Susendal	Hattfjelldal	Nordland	10
71550	Ørland 3	Ørland	Sør Trøndelag	10
75100	Liafoss	Inderøy	Nord Trøndelag	10
88100	Bones i Bardu	Bardu	Troms	11
90450	Tromsø	Tromsø	Troms	11
98550	Vardø Radio	Vardø	Finnmark	13

Tabell 8.2: Værstasjoner, temperatur.

Stasjonsnummer	Navn	Kommune	Fylke	Region
23160	Åbjørnbråten	Nord Aurdal	Oppland	1
18700	Blinderen	Oslo	Oslo	1
27500	Færder fyr	Tjøme	Vestfold	1
39040	Kjevik	Kristiansand	Vest Agder	1
42160	Lista Fyr	Farsund	Vest Agder	1
35860	Lyngør Fyr	Tvedestrand	Aust Agder	1
39100	Oksøy Fyr	Kristiansand	Vest Agder	1
37230	Tveitsund	Nissedal	Telemark	1
36200	Torungen Fyr	Arendal	Aust Agder	1
50540	Bergen-Florida	Bergen	Hordaland	2
46610	Sauda	Sauda	Rogaland	2
50500	Bergen Flesland	Bergen	Hordaland	2
48330	Slotterøy Fyr	Bomløy	Hordaland	2
44560	Sola	Sola	Rogaland	2
52860	Takle	Gulen	Sogn og Fjordane	2
47300	Utsira Fyr	Utsira	Rogaland	2
59800	Svinøy Fyr	Herøy	Møre og Romsdal	2
60500	Tafjord	Nordal	Møre og Romsdal	2
60990	Vigra	Giske	Møre og Romsdal	2
69100	Værnes	Stjørdal	Nord Trøndelag	3
71550	Ørland 3	Ørland	Sør Trøndelag	3
82290	Bodø 4	Bodø	Nordland	4
90450	Tromsø	Tromsø	Troms	4
90800	Torsvåg Fyr	Karlsøy	Troms	4
89350	Bardufoss	Målselv	Troms	5
93900	Sihccajavri	Kautokeino	Finnmark	5
96400	Slettnes Fyr	Gamvik	Finnmark	6
94500	Furholmen fyr	Måsøy	Finnmark	6
98550	Vardø radio	Vardø	Finnmark	6