

Klimaforhold ved utvalgte steder med automatisk fredede bygninger

NCCS report no. 3/2016

Forfattere

Eirik J. Førland og Helga Therese Tilley Tajet



Middelalderstabbur, Norsk folkemuseum, Bygdøy Oslo
Foto: Marte Boro, Riksantikvaren

KLIMAFORHOLD VED UTVALGTE STEDER

Norsk klimaservicesenter (KSS) er et samarbeid mellom Meteorologisk institutt, Norges vassdrags- og energidirektorat og UniResearch. Senterets hovedformål er å gi beslutningsgrunnlag for klimatilpasning i Norge. I tillegg til samarbeidspartnerne er Miljødirektoratet representert i styret

KSS' rapportserie omfatter ikke bare rapporter der en eller flere forfattere er tilknyttet senteret, men også rapporter som senteret har vært med å initiere. Alle rapporter som trykkes i serien har gjennomgått en faglig vurdering av minst en fagperson knyttet til senteret. Rapporter i denne serien kan i tillegg inngå i rapportserier fra institusjoner som hovedforfatterne er knytte til.



KLIMAFORHOLD VED UTVALGTE STEDER

Tittel:

Klimaforhold ved utvalgte steder med automatisk fredede bygninger

Dato

14.01.2016

ISSN nr.

2387-3027

Rapport nr.

3/2016

Forfattere

Eirik J. Førland og Helga Therese Tilley Tajet

Klassifisering

Fri

Oppdragsgiver

Riksantikvaren

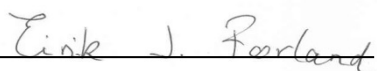
Oppdragsgivers referanse

Sammendrag

Rapporten gir en grov beskrivelse av klimavariabler som kan påvirke eldre bygninger, og illustrerer også hvor store klimaforskjeller det er mellom utvalgte steder der Riksantikvaren har ansvar for overvåking av fredede bygninger. Det er i første omgang valgt ut syv steder i fastlands-Norge (pluss en enkel oversikt over Longyearbyen på Svalbard). For disse stedene er det utarbeidet oversikt over historisk utvikling av temperatur og nedbør; av dagens klimaforhold og fremskrivning av klimautvikling frem til år 2100.

Stikkord

Historisk klima, fremtidig klima, temperatur, nedbør, fredede bygninger



Fagansvarlig



Leder KSS

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	INNLEDNING.....	5
2	DATAGRUNNLAG.....	7
3	KLIMAFORHOLD VED MISVÆR.....	8
4	KLIMAFORHOLD VED VÆRNES.....	13
5	KLIMAFORHOLD VED BERGEN-BRYGGEN.....	18
6	KLIMAFORHOLD VED MANDAL	23
7	KLIMAFORHOLD VED RØROS.....	28
8	KLIMAFORHOLD VED NOTODDEN - HEDDAL.....	33
9	KLIMAFORHOLD VED OSLO-BYGDØY	38
10	KLIMAFORHOLD VED LONGYEARBYEN.....	43
11	REFERANSER	47

1. INNLEDNING: Bruk av klimadata for vurdering av klima-påvirkninger på fredede bygninger

Oversiktene i denne «pilotrapporten» gir en grov beskrivelse av klimavariabler som kan påvirke eldre bygninger, og illustrerer også hvor store klimaforskjeller det er mellom utvalgte steder der Riksantikvaren har ansvar for overvåking av automatisk fredede bygninger. «Automatisk fredede bygninger» er bygninger fra før 1650, samiske bygninger eldre enn 100 år og bygninger fra før 1945 på Svalbard.

Det er i første omgang valgt ut syv steder i fastlands-Norge. For disse stedene er det utarbeidet oversikt over historisk utvikling av temperatur og nedbør; av dagens klimaforhold og fremskrivning av klimautvikling frem til år 2100. Klimafremskrivningene bygger på datasettene som ble benyttet i rapporten «Klima i Norge 2100» (Hanssen-Bauer et al., 2015). De syv stedene i fastlands-Norge er: Misvær, Værnes, Bergen, Mandal, Røros, Notodden og Oslo-Bygdøy. I tillegg er det gitt en enkel oversikt for Longyearbyen på Svalbard. Beliggenheten av de utvalgte stedene er vist i figur 1.1.

Videre arbeid med å utvikle skreddersydde klimaindikatorer for ulike bygningstyper og lokaliteter må utføres i tett samarbeid mellom Klimaservicesenteret og Riksantikvaren.

De foreløpige diskusjonene mellom Riksantikvaren og MET har blinket ut følgende klimarelaterte problemstillinger som kan være nyttige i vurderingen av klimaforhold som påvirker fredede bygninger i dagens og fremtidens klima:

1. Fryse/tine episoder: Hyppighet av døgn der temperaturen passerer 0 °C (frostsprengning, erosjon)
2. Temperatur-indeks for husbukk. Avhenger utbredelse av husbukk av nivå på sommer og vinter-temperatur? Er det en terskeltemperatur for høy maksimumstemperatur som dreper husbukk?
3. Kraftig nedbør / fare for overvann. Er overvannssystemene rundt bygningene dimensjonert for å tåle dagens og fremtidens nedbørforhold?
4. Slagregn: Kombinasjon av nedbør, vindretning og vindhastighet. Kan bygge på foreliggende slagregnkart (Kvande, Lisø, Rydock, Hygen; 2006: Nytt slagregnkart (Byggeindustrien)). Dette kartet er basert på lokale målinger og krever samtidighet av temperatur og nedbør. For hver vindretning er det beregnet mengde slagregn på vertikale vegger.
5. Snø / maksimal snødybde / snølast på tak / snøvannsekvivalent

KLIMAFORHOLD VED UTVALGTE STEDER

6. Flom / skred som kan påvirke fredede bygninger (inkl. kirkegårder / gårdsanlegg)
7. Vind / Vindkast. For hvilke vindretninger forekommer de høyeste vindhastigheter?
8. Relativ fuktighet
9. Solstråling / sky-forhold
10. Stormflo / Havnivå-økning
11. Råteindeks
12. Varighet av sammenhengende perioder med nedbør, tørkeperioder, lengde av snøsesong
13. Lokal- /Mikro-klima rundt utsatte bygninger. Ved å etablere måleopplegg med ulike sensorer (temperatur / stråling / fuktighet, ++) rundt utvalgte bygninger et det mulig å kartlegge gradienter mellom f.eks. sol- og skyggesider. Ved å relatere slike lokale data til nærliggende regulære meteorologiske målestasjoner, kan det være mulig å si noe om historiske langtidsvariasjoner, og om endringer i lokale forhold i fremtidens klima.
14. Mulighet for å finne sammenhenger mellom ute- og inne-klima?

For de fleste av disse problemstillingene må det benyttes foreliggende observasjoner fra nærliggende meteorologiske stasjoner. Norsk Klimaservicesenter (KSS) imøteser en nærmere diskusjon om mulig prosjektsamarbeid. I disse diskusjonene vil det være nyttig at også de andre KSS-partnerne deltar; - spesielt NVE (snø, flom, skred, mm) og eventuelt også UniResearch (finskala modellering, fremtidsklima).



Figur 1.1. Kart over utvalgte steder beskrevet i rapporten

2. DATAGRUNNLAG

2.1 Historisk klimautvikling 1900-2014

De historiske nedbør- og temperaturverdiene er i denne rapporten basert på fylkesvise tidsserier beregnet fra METs griddede månedsvise datasett. Disse datasettene har en geografisk oppløsning på 1x1 km, og viser avvik fra «normalverdi» for hver måned tilbake til år 1900. I figurene som viser tidsutvikling 1900-2014 er verdiene justert til å representere forholdene ved hvert av de utvalgte målestedene. Justeringen er utført ved å tilpasse verdier for perioden 1971-2000 til gjennomsnittsverdiene som er presentert under kapittel 2.2 for «dagens klima»

2.2 Dagens klima

Verdiene for «dagens klima» er basert på griddede datasett (1x1 km) med døgnverdier (fra www.senorge.no), og det er valgt ut verdi for gridpunkt som ligger nærmest hvert av målestedene. Det er gitt verdier både for perioden 1971-2000 og for hele perioden det finnes gridverdier for, dvs. 1958-2014. Perioden 1971-2000 er referanse-perioden benyttet i «Klima i Norge 2100», og det er verdiene for denne perioden som er utgangspunkt for de endringene som beskrevet i teksten om fremtidsklima.

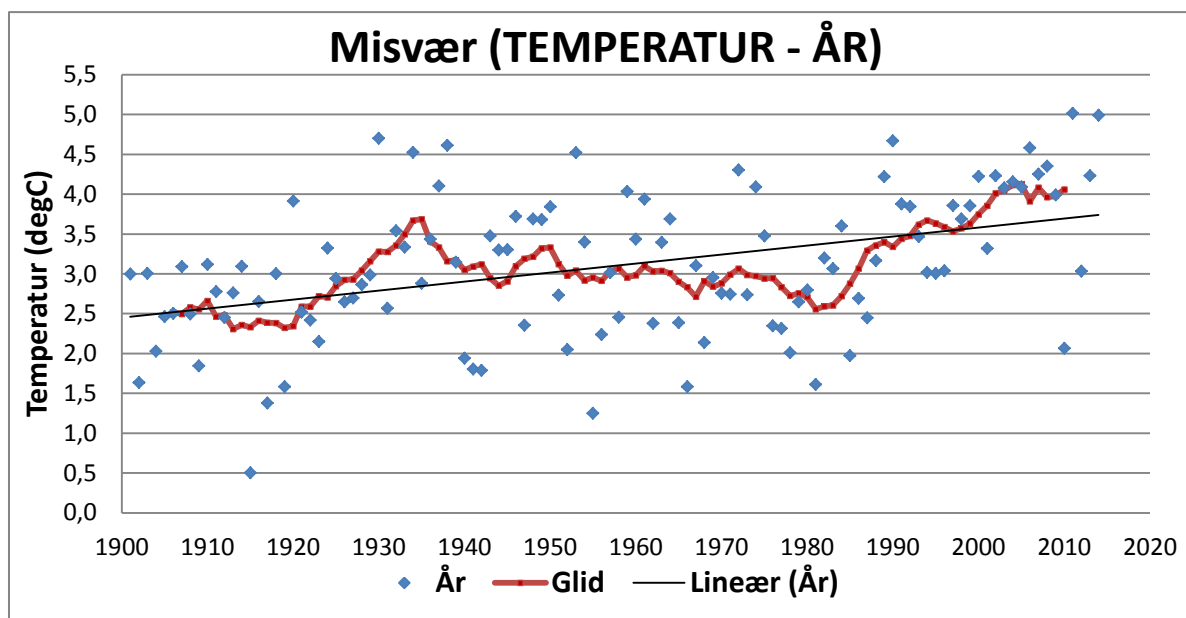
Det kan være avvik mellom høyeste og laveste verdi i grafene for historisk klimautvikling (kapittel 2.1), og tilsvarende verdier oppgitt i tabellene for «dagens klima». Dette skyldes at grafene for historisk klimautvikling er basert på fylkesvise verdier fra et griddet datasett av månedsvier tilbake til 1900, mens verdiene i tabellene for dagens klima er tatt ut som punktverdier for hver av de utvalgte lokalitetene fra et griddet datasett med døgnverdier som dekker perioden etter 1957.

2.3 Fremtidig klima

Estimatene av fremtidig klimautvikling er basert på rapporten «Klima i Norge 2100» (tilgjengelig på www.klimaservicesenter.no). De fleste beregningene av fremtidig klimautvikling i Norge er basert to av utslippsscenarioene anbefalt av FNs klimapanel (IPCC). Disse to er hhv. RCP4.5 som forutsetter stabile klimagassutslipp de første årene, og kraftig reduksjon fra 2020; og RCP8.5 som forutsetter kontinuerlig vekst i klimagassutslipp (ofte kalt «business as usual»). En rekke globale klimamodeller er benyttet til å gi projeksjoner for ulike utslippsscenarioer, og disse resultatene er «nedskalert» for å gi data med bedre geografisk oppløsning. Det foreligger en del slike nedskaleringer for Norge, og disse er benyttet til å gi estimat av Median, Lav (10-persentil) og Høy (90-persentil) endring for hver av utslippsscenarioene. Detaljer er gitt i rapporten «Klima i Norge 2100» (Hanssen-Bauer et al., 2015).

3. KLIMAFORHOLD VED MISVÆR

3.1 Historisk klimautvikling 1900-2014

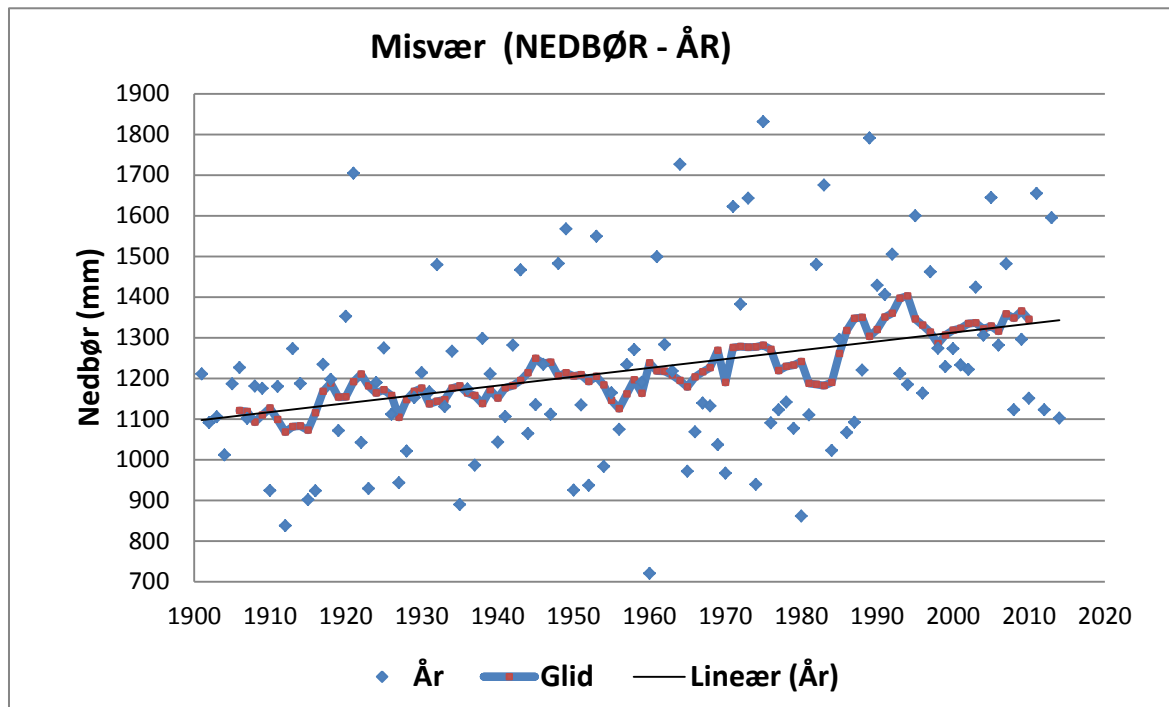


Figur 3.1. Årstemperatur for Misvær 1900-2014

Figuren viser verdier for hvert år (blå diamanter), glidende 10-årsmiddel (rød kurve) og lineær trend (heltrukken svart linje)

Figuren viser at det er store variasjoner fra år til år, men med en overvekt av varme år etter ca. 1980. Lineær trend (heltrukket svart linje) for årstemperatur gjennom hele perioden 1900-2014 er på 0,11 °C per 10-år; dvs. årsmiddeltemperaturen har gjennom disse 115 årene økt med ca. 1,3 °C. For de ulike årstidene er den lineære trenden i temperatur (°C per 10-år): Vinter: 0,08; Vår: 0,14; Sommer: 0,08; og Høst: 0,12. Temperaturøkningen for året, vår, sommer og høst er statistisk signifikant.

Den utjevnete kurven viser at det har vært perioder med kjølige år; - f.eks. i starten av serien og rundt 1980, - og at det både de siste dekadene og på 1930-tallet er perioder med forholdsvis høy årsmiddel-temperatur.



Figur 3.2. Årsnedbør for Misvær 1900-2014

Figuren viser verdier for hvert år (blå diamanter), glidende 10-årsmiddel (rød kurve) og lineær trend (heltrukken svart linje)

Figuren viser at det er store variasjoner fra år til år, men med en overvekt av nedbørrike år de siste dekadene. Lineær trend (heltrukket svart linje) for årsnedbør gjennom hele perioden 1900-2014 er på 1,6 % per 10-år; dvs. årsnedbøren har gjennom disse 115 årene økt med ca. 18 %. (Hanssen-Bauer et al., 2015). For de ulike årstidene er den lineære trenden i nedbør (prosent per 10-år): Vinter: 1,7; Vår: 2,3; Sommer: 1,8; og Høst: 1,1. Det er kun nedbørøkningen for året som er statistisk signifikant.

Den utjevnete kurven viser at det har vært perioder med mye nedbør; - f.eks. på 1990-tallet, - og perioder med lavere årsnedbør, f.eks. i starten av serien og rundt 1980.

3.2. Dagens klima

Tabell 1 Temperaturforhold ved Misvær

Variabel	Tidsrom	År	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Gjennomsnittsverdi (°C)	1971-2000	3,2	-4,3	1,7	12,0	3,3
Antall døgn per år >20 °C	1971-2000	1	0	0	1	0
Laveste års- og årstidsmiddel (°C)	1958-2014	0,5	-10,9	-1,4	9,3	0,2
Høyeste års- og årstidsmiddel (°C)	1958-2014	5,6	0,4	4,2	14,5	7,5
Laveste døgnmiddel (°C)	1958-2014	-22	-22	-16	1	-15
Høyeste døgnmiddel (°C)	1958-2014	25	8	20	25	18
Antall døgn per år <0 °C	1958-2014	130	73	34	0	23
Antall døgn per år >20 °C	1958-2014	2	0	0	2	0

Tabell 1 viser bl.a. at årsmiddeltemperaturen er ca. 3°C, at det i middel i perioden 1971-2000 var 1 døgn per år der døgnmiddeltemperaturen var over 20 °C, og 130 døgn med døgnmiddeltemperatur under 0°C. Forskjellen mellom laveste og høyeste døgnmiddeltemperatur er på nesten 50 °C.

Tabell 2 Nedbørforhold ved Misvær

Variabel	Tidsrom	År	Vinter	Vår	Sommer	Host
Gjennomsnittsverdi (mm)	1971-2000	1307	422	230	234	425
99,5 % verdi for døgnnedbør (mm)	1971-2000	38	49	28	24	43
Laveste års- og årstidsverdi (mm)	1958-2014	725	107	101	103	118
Høyeste års- og årstids-verdi (mm)	1958-2014	2045	874	494	473	825
Høyeste 1-døgns nedbør (mm)	1958-2014	131	131	74	103	80
Antall døgn pr år med nedbør >1 mm	1958-2014	166	43	36	40	47
Antall døgn pr år med nedbør >10 mm	1958-2014	37	12	6	5	14

Tabell 2 viser bl.a. at årsnedbøren er ca. 1300 mm, og at det meste av nedbøren kommer høst og vinter. Høyeste og laveste årsverdi er hhv. 2045 og 725 mm. Høyeste nedbørmengde i løpet av ett døgn er ca. 130 mm. Verdien for «99,5 %» er døgnnedbør som i gjennomsnitt forekommer i de 0,5 % våteste døgnene; - dvs. i gjennomsnitt ca. 2 ganger pr år på årsbasis. For Misvær er denne verdien på årsbasis ca. 40 mm. I gjennomsnitt er det 166 døgn per år med nedbør over 1 mm, og 37 døgn per år med nedbør over 10 mm. Hyppigheten av døgn med mye nedbør er størst høst og vinter.

3.3. Fremtidig klima

Estimatene av fremtidig klimautvikling er basert på rapporten «Klima i Norge 2100», se kapittel 2.3. Det foreligger en del slike beregninger av fremtidig klimautvikling i Norge, og disse fremskrivningene er benyttet til å gi estimat av Median, Lav (10-persentil) og Høy (90-persentil) endring for utslippsscenariene RCP4.5 og RCP8.5. Detaljert beskrivelse er gitt i rapporten «Klima i Norge 2100» (Hanssen-Bauer et al., 2015). Tabell nedenfor presenterer resultat fra denne rapporten, men tilpasset Misvær.

3.3.1 Endring i temperatur

Tabell 3. Beregnet forandring i temperatur fra 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenariene RCP4.5 og RCP8.5.

	1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
	Endring (°C) i temperatur						Endring (°C) i temperatur					
	RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År	2,1	1,1	3,5	2,4	1,5	4,0	3,1	1,9	4,4	4,7	3,4	6,9
Vinter DJF	2,4	0,7	4,4	2,9	1,3	5,3	3,4	1,4	5,8	5,5	3,3	8,4
Vår MAM	2,2	0,9	4,2	2,5	1,3	4,4	3,4	1,8	5,2	5,0	3,4	7,2
Sommer JJA	1,7	0,6	2,9	1,9	0,6	3,6	2,5	1,1	3,9	3,6	2,2	5,6
Høst SON	2,3	1,0	3,6	2,5	1,4	4,0	3,2	1,7	4,6	4,9	3,3	6,9

Tabell 3 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil årsmiddeltemperaturen (Median) øke med 2,4 og 4,7 °C frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Ved å sammenligne med verdiene i tabell 1, fremgår det at for RCP8.5 vil årsmiddeltemperaturen mot slutten av hundreåret øke fra 3,2°C til nesten 8°C, og middel-temperaturen for vinterperioden desember-februar vil øke fra -4,3 °C til ca. +1 °C.

Misvær har i dagens klima ca. 1 dag per år med middeltemperatur over 20 °C Mot slutten av århundret beregnes det å være over 5-10 slike «varme døgn» per år i Misvær-området (RCP8.5 ifølge figur 5.2.5 i «Klima i Norge 2100» (Hanssen-Bauer et al., 2015)).

3.3.2 Endring i nedbør

Tabell 4. Beregnet relativ endring (%) i års- og årstids-nedbør fra perioden 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenariene RCP4.5 og RCP8.5.

REG 2	1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
	Endring (%) i total nedbørmengde						Endring (%) i total nedbørmengde					
	RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År	8	0	13	10	6	17	11	6	17	17	7	25
Vinter DJF	3	-8	16	5	-2	15	5	-1	19	11	-4	22
Vår MAM	2	-13	13	7	-5	14	9	2	20	7	-1	16
Sommer JJA	11	0	21	15	4	27	20	3	30	32	8	51
Høst SON	11	1	20	14	4	27	9	4	21	23	11	34

KLIMAFORHOLD VED UTVALGTE STEDER

Tabell 4 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil årsnedbøren (Median) øke med 10 og 17 % frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Ved å sammenligne med verdiene i tabell 2, fremgår det at for RCP8.5 vil årsnedbøren øke fra ca. 1300 mm i dag til over 1500 mm mot slutten av hundreåret. Mens det for våren ventes forholdsvis små endringer i totalnedbør, vil nedbøren om sommeren øke med over 30 %. Verdiene for «Høy» projeksjon viser at det for sommeren er enkelte klimamodeller som gir ca. 50 % økning i sommernedbør.

Tabell 5. Beregnet relativ endring (%) i hyppighet av episoder med kraftig 1-døgns nedbør på års- og årstids-basis fra perioden 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5.

REG 2		1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
		Endring (%) i antall dager med kraftig nedbør						Endring (%) i antall dager med kraftig nedbør					
		RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong		Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År		39	11	66	51	28	83	58	32	91	114	50	161
Vinter DJF		30	-31	73	27	-1	66	41	9	91	63	-4	153
Vår MAM		43	-19	111	49	3	121	69	15	123	94	49	138
Sommer JJA		51	12	86	76	43	125	58	48	126	139	80	257
Høst SON		51	28	84	58	40	139	78	39	110	130	85	207

Tabell 5 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil det på årsbasis (Median) bli 51 og 114 % økning i antall dager med kraftig nedbør frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Dvs. den nedbørverdien som i dagens klima bare overskrides ca. to ganger per år vil mot slutten av hundreåret forekomme mer enn fire ganger i året. Både for sommer og høst blir det mer enn en dobling av slike dager. «Høy»-verdien for RCP8.5 indikerer endog at enkelte modeller både for sommer og høst kan gi mer enn en tredobling i slike verdier frem mot slutten av hundreåret.

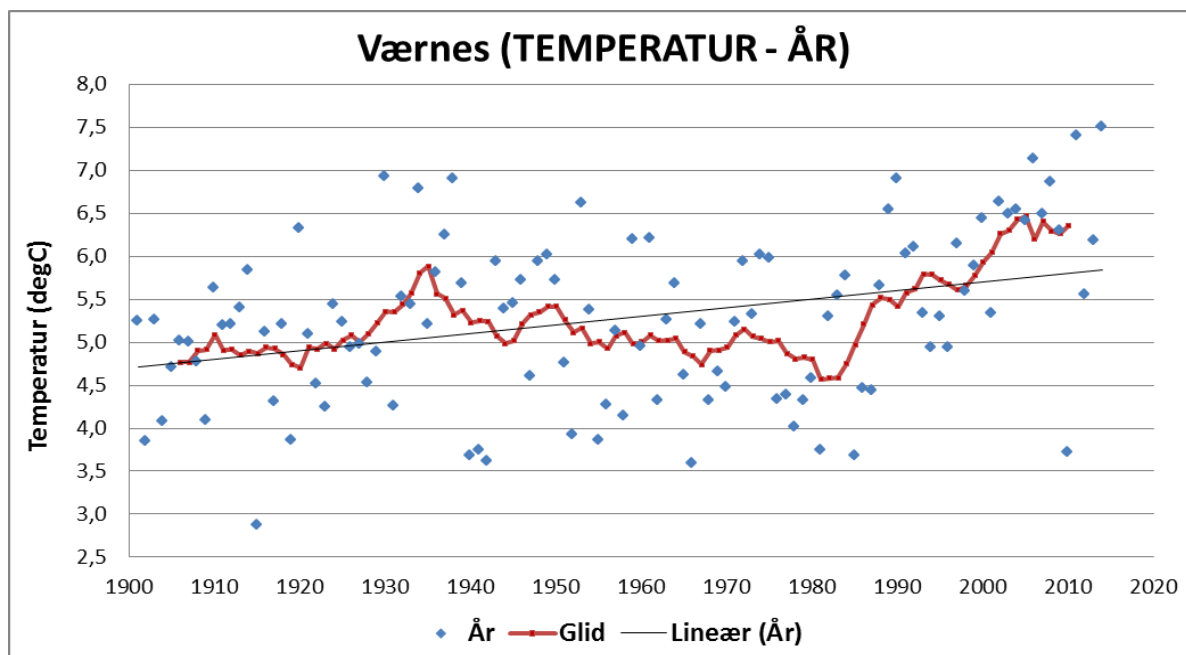
Tabell 6. Beregnet relativ endring i intensitet på døgn med kraftig nedbør på års- og årstids-basis fra perioden 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5.

REG 2		1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
		Endring (%) i nedbørmengde på dager med kraftig nedbør						Endring (%) i nedbørmengde på dager med kraftig nedbør					
		RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong		Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År		10	2	14	11	6	17	13	7	19	23	9	30
Vinter DJF		5	-13	16	5	-4	14	9	0	17	9	-5	28
Vår MAM		10	-7	23	9	-3	24	13	2	24	17	8	25
Sommer JJA		11	2	20	17	10	25	13	11	27	30	16	47
Høst SON		10	6	15	12	7	26	14	8	22	23	13	31

Tabell 6 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil det på årsbasis (Median) bli 10 og 21 % økning i intensiteten på dager med kraftig nedbør («q99,5») frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Tabell 2 viser at denne verdien i dag er på 40 mm. Mot slutten av hundreåret vil den være nesten 50 mm. Beregningene viser at den største økningen i nedbørintensitet finnes for sommeren; - med en økning på ca. 30 %, og der «Høy»-verdien gir en økning på hele 47 %. Den minste økningen finnes for vintersesongen.

4. KLIMAFORHOLD VED VÆRNES

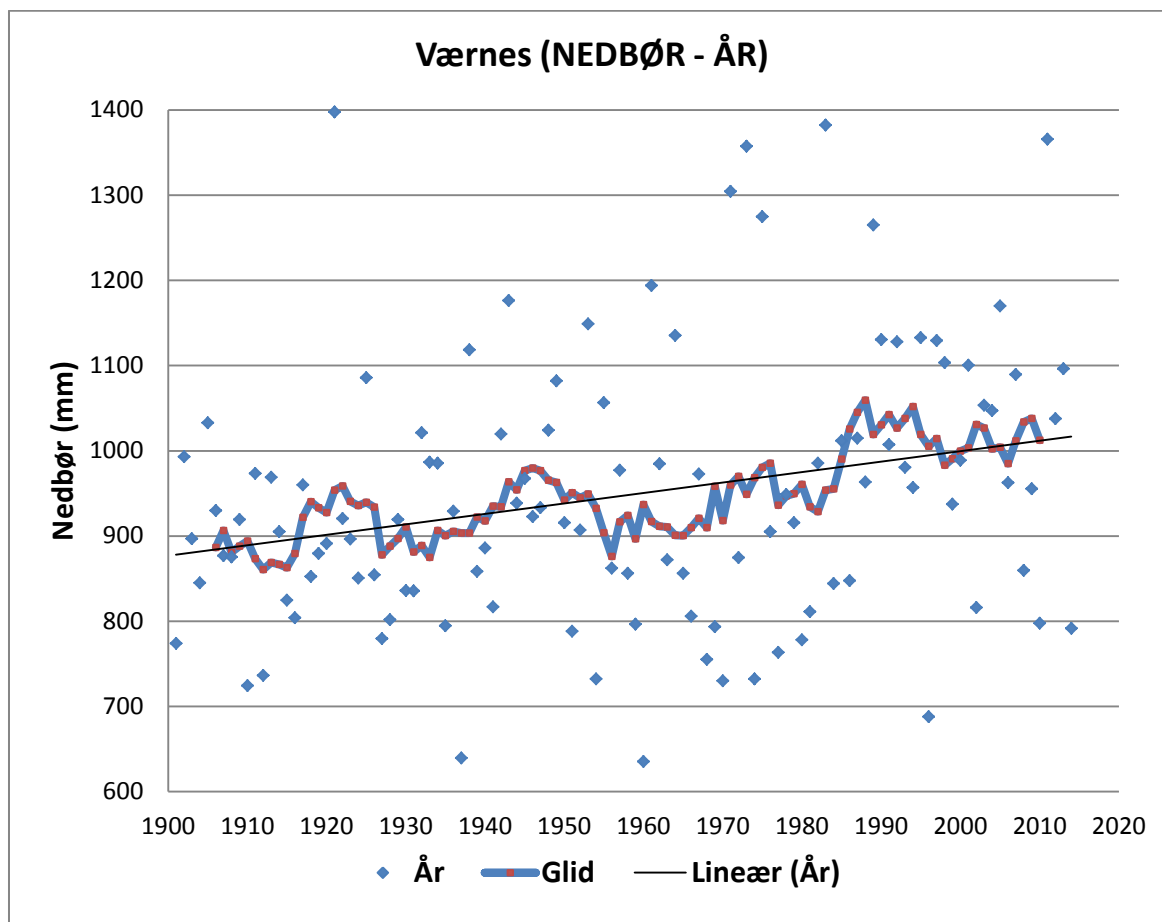
4.1 Historisk klimautvikling 1900-2014



Figur 4.1. Årstemperatur for Værnes 1900-2014.

Figuren viser verdier for hvert år (blå diamanter), glidende 10-årsmiddel (rød kurve) og lineær trend (heltrukket svart linje)

Figuren viser at det er store variasjoner fra år til år, men med en overvekt av varme år etter ca. 1980. Lineær trend (heltrukket svart linje) for årstemperatur gjennom hele perioden 1900-2014 er på 0,10 °C per 10-år; dvs. årsmiddeltemperaturen har gjennom disse 115 årene økt med ca. 1,2 °C. (Hanssen-Bauer et al., 2015). For de ulike årstidene er den lineære trenden i temperatur (°C per 10-år): Vinter: 0,08; Vår: 0,13; Sommer: 0,08; og Høst: 0,11. Temperaturøkningen for året, vår og høst er statistisk signifikant. Den utjevnete kurven viser at det har vært perioder med kjølige år; - f.eks. i starten av serien og tidlig på 1980-tallet, - og at det både de siste dekadene og på 1930-tallet er perioder med forholdsvis høy årsmiddel-temperatur



Figur 4.2. Årsnedbør Værnes 1900-2014

Figuren viser verdier for hvert år (blå diamanter), glidende 10-årsmiddel (rød kurve) og lineær trend (heltrukken svart linje)

Figuren viser at det er store variasjoner fra år til år, men med en overvekt av nedbørrike år de siste dekadene. Lineær trend (heltrukket svart linje) for årsnedbør gjennom hele perioden 1900-2014 er på 1,7 % per 10-år; dvs. årsnedbøren har gjennom disse 115 årene økt med ca. 20 %. (Hanssen-Bauer et al., 2015). For de ulike årstidene er den lineære trenden i nedbør (prosent per 10-år): Vinter: 1,8; Vår: 2,1; Sommer: 0,8; og Høst: 1,0. Nedbørøkningen for året og vårsesongen er statistisk signifikant.

Den utjevnete kurven viser at det har vært perioder med mye nedbør; - f.eks. rundt 1990, - og perioder med lavere årsnedbør, f.eks. i starten av serien og på 1950-tallet.

KLIMAFORHOLD VED UTVALGTE STEDER

4.2 Dagens klima

Verdiene er basert på 1x1 km rutenett-verdier fra senorge.no, og det er valgt ut verdi for gridpunkt nærmest Værnes. Det er gitt verdier både for perioden 1971-2000 og for hele perioden det finnes gridverdier for, dvs. 1958-2014. Årstidsinndelingen er: Vår: Mars-Mai, Sommer: Juni-August, Høst: September-November og Vinter: Desember-Februar.

Tabell 1 Temperaturforhold ved Værnes

Variabel	Tidsrom	År	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Gjennomsnittsverdi (°C)	1971-2000	5,3	-1,7	4,3	13,5	5,4
Antall døgn per år >20 °C	1971-2000	3	0	0	3	0
Laveste års- og årstidsmiddel (°C)	1958-2014	3,3	-8,4	0,4	11,4	3,1
Høyeste års- og årstidsmiddel (°C)	1958-2014	7,8	2,0	6,6	16,1	8,3
Laveste døgnmiddel (°C)	1958-2014	-23	-23	-17	4	-16
Høyeste døgnmiddel (°C)	1958-2014	25	9	22	25	21
Antall døgn per år <0 °C	1958-2014	83	53	18	0	12
Antall døgn per år >20 °C	1958-2014	4	0	0	4	0

Tabell 1 viser bl.a. at årsmiddeltemperaturen er 5,3°C, at det i middel i perioden 1971-2000 var 3 døgn per år der døgnmiddeltemperaturen var over 20 °C, og 83 døgn med døgnmiddeltemperatur under 0°C. Forskjellen mellom laveste og høyeste døgnmiddeltemperatur er på nesten 50 °C.

Tabell 2 Nedbørforhold ved Værnes

Variabel	Tidsrom	År	Vinter	Vår	Sommer	Host
Gjennomsnittsverdi (mm)	1971-2000	1005	250	178	279	300
99,5 % verdi for døgnnedbør (mm)	1971-2000	28	29	25	32	28
Laveste års- og årstidsverdi (mm)	1958-2014	633	99	91	104	62
Høyeste års- og årstids-verdi (mm)	1958-2014	1431	537	314	402	525
Høyeste 1-døgns nedbør (mm)	1958-2014	80	49	47	62	80
Antall døgn pr år med nedbør >1 mm	1958-2014	153	39	33	39	42
Antall døgn pr år med nedbør >10 mm	1958-2014	24	5	3	8	8

Tabell 2 viser bl.a. at årsnedbøren er ca. 1000 mm, og at høsten er årstiden med mest nedbør. Høyeste og laveste årsverdi er hhv. 1430 og 630 mm. Høyeste nedbørmengde i løpet av ett døgn er ca. 80 mm. Verdien for «99,5 %» er døgnnedbør som i gjennomsnitt forekommer i de 0,5 % våteste døgnene; - dvs. i gjennomsnitt ca. 2 ganger pr år på årsbasis. For Værnes er denne verdien på årsbasis ca. 30 mm. I gjennomsnitt er det 153 døgn per år med nedbør over 1 mm, og 24 døgn per år med nedbør over 10 mm. Hyppigheten av døgn med mye nedbør er størst sommer og høst.

4.3 Fremtidig klima

Estimatene av fremtidig klimautvikling er basert på rapporten «Klima i Norge 2100», se kapittel 2.3. Det foreligger en del slike beregninger av fremtidig klimautvikling i Norge, og disse fremskrivningene er benyttet til å gi estimat av Median, Lav (10-persentil) og Høy (90-persentil) endring for utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5. Detaljert beskrivelse er gitt i rapporten «Klima i Norge 2100» (Hanssen-Bauer et al., 2015). Tabell nedenfor presenterer resultat fra denne rapporten, men tilpasset Værnes.

4.3.1 Endring i temperatur

Tabell 3. Beregnet forandring i temperatur fra 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5.

Sesong	1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
	Endring (°C) i temperatur						Endring (°C) i temperatur					
	RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
År	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År	1,8	0,9	2,9	2,1	1,2	3,4	2,5	1,5	3,8	4,0	2,9	5,8
Vinter DJF	1,9	0,4	3,6	2,3	0,4	4,3	2,6	1,0	4,6	4,8	2,6	7,0
Vår MAM	1,9	0,6	3,3	2,1	1,0	3,6	2,6	1,3	4,2	4,2	2,7	5,9
Sommer JJA	1,4	0,2	2,6	1,6	0,1	3,0	1,9	0,5	3,2	2,8	0,7	4,7
Høst SON	2,3	0,9	3,6	2,4	1,2	3,8	3,1	1,6	4,6	4,7	3,2	6,8

Tabell 3 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil årsmiddeltemperaturen (Median) øke med 2,1 og 4,0 °C frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Ved å sammenligne med verdiene i tabell 1, fremgår det at for RCP8.5 vil årsmiddeltemperaturen mot slutten av hundreåret øke fra 5,3°C til over 9°C, og middel-temperaturen for vinterperioden desember-februar vil øke fra -1,7 °C til ca. +3 °C.

Værnes har i dagens klima ca. 3 dager per år med middeltemperatur over 20 °C. Mot slutten av århundret beregnes det å være ca. 10-15 slike «varme døgn» per år i Værnes-området (RCP8.5 ifølge figur 5.2.5 i «Klima i Norge 2100» (Hanssen-Bauer et al., 2015)).

4.3.2 Endring i nedbør

Tabell 4. Beregnet relativ forandring (%) i års- og årstids-nedbør fra perioden 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5.

REG 2	1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
	Endring (%) i total nedbørmengde						Endring (%) i total nedbørmengde					
	RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
År	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År	7	3	13	9	4	17	11	2	14	21	5	25
Vinter DJF	0	-10	9	4	-5	11	1	-1	8	10	-5	20
Vår MAM	2	-14	11	4	-7	10	9	0	24	6	0	20
Sommer JJA	10	2	24	16	5	29	10	1	30	26	13	46
Høst SON	13	10	18	13	1	30	10	5	21	27	10	38

KLIMAFORHOLD VED UTVALGTE STEDER

Tabell 4 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil årsnedbøren (Median) øke med 9 og 21 % frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Ved å sammenligne med verdiene i tabell 2, fremgår det at for RCP8.5 vil årsnedbøren øke fra ca. 1000 mm i dag til ca. 1200 mm mot slutten av hundreåret. Mens det for våren ventes små endringer i totalnedbør, vil nedbøren både sommer og høst øke med over 25 %. Verdiene for «Høy» projeksjon viser at det for sommeren er enkelte klimamodeller som gir opp mot 50 % nedbørøkning.

Tabell 5. Beregnet relativ forandring (%) i hyppighet av episoder med kraftig 1-døgns nedbør på års- og årstids-basis fra perioden 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenariene RCP4.5 og RCP8.5.

REG 2		1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
		Endring (%) i antall dager med kraftig nedbør						Endring (%) i antall dager med kraftig nedbør					
		RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong		Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År		33	11	63	46	26	77	49	21	66	97	54	122
Vinter DJF		6	-36	44	13	-27	55	19	-7	50	58	8	89
Vår MAM		13	-16	76	18	-6	86	37	-1	114	52	12	86
Sommer JJA		55	13	90	79	33	118	62	33	146	137	72	230
Høst SON		73	10	94	60	19	171	58	4	135	145	78	210

Tabell 5 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil det på årsbasis (Median) bli 46 og 97 % økning i antall dager med kraftig nedbør frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Dvs. den nedbørverdien som i dagens klima bare overskrides ca. to ganger per år vil mot slutten av hundreåret forekomme fire ganger i året. Både for sommer og høst blir det mer enn en dobling av slike dager. «Høy»-verdien for RCP8.5 indikerer endog at enkelte modeller både for sommer og høst kan gi mer enn en tredobling i slike verdier frem mot slutten av hundreåret.

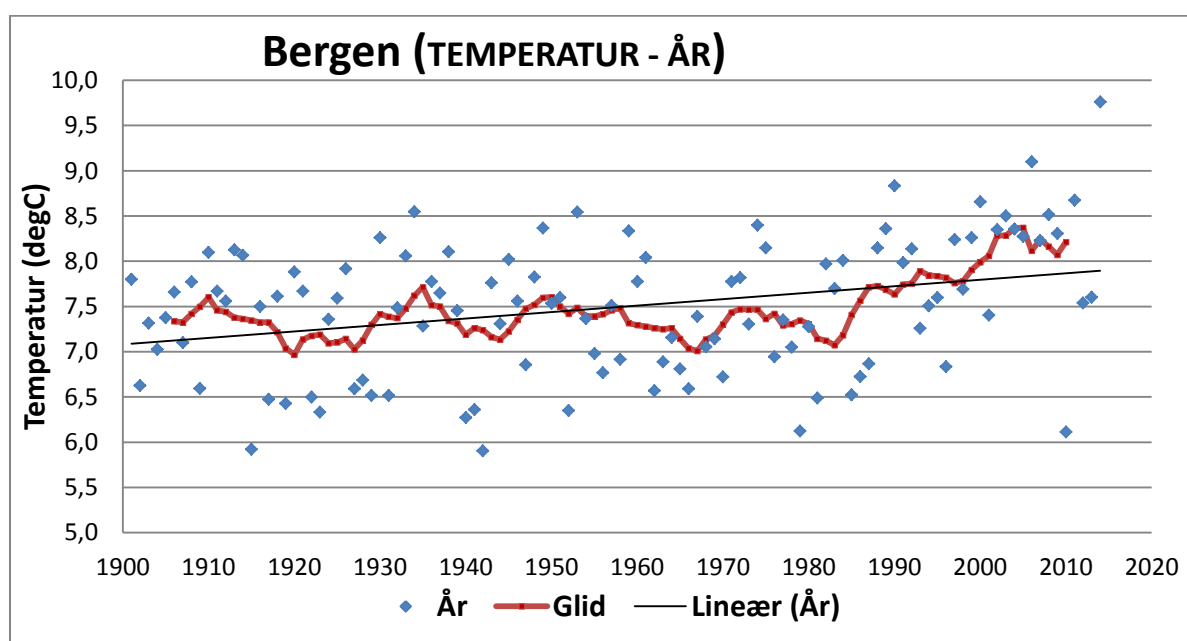
Tabell 6. Beregnet relativ forandring i intensitet på døgn med kraftig nedbør på års- og årstids-basis fra perioden 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenariene RCP4.5 og RCP8.5.

REG 2		1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
		Endring (%) i nedbørmengde på dager med kraftig nedbør						Endring (%) i nedbørmengde på dager med kraftig nedbør					
		RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong		Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År		8	2	15	10	5	16	11	4	14	21	10	24
Vinter DJF		2	-12	8	2	-8	14	3	-2	12	13	0	19
Vår MAM		2	-5	21	2	-3	20	8	0	23	9	3	16
Sommer JJA		13	2	19	16	7	23	13	7	28	28	15	39
Høst SON		13	2	20	11	3	29	13	0	26	24	14	38

Tabell 6 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil det på årsbasis (Median) bli 10 og 21 % økning i intensiteten på dager med kraftig nedbør («q99,5») frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Tabell 2 viser at denne verdien i dag er på 28 mm. Mot slutten av hundreåret vil den være ca. 35 mm. Beregningene viser at den største økningen i nedbørintensitet finnes for sommeren; - med en økning på nesten 30 %, og der «Høy»-verdien gir en økning på hele 39 %. Den minste økningen finnes for vår og vinter.

5. KLIMAFORHOLD VED BERGEN-BRYGGEN

5.1 Historisk klimautvikling 1900-2014

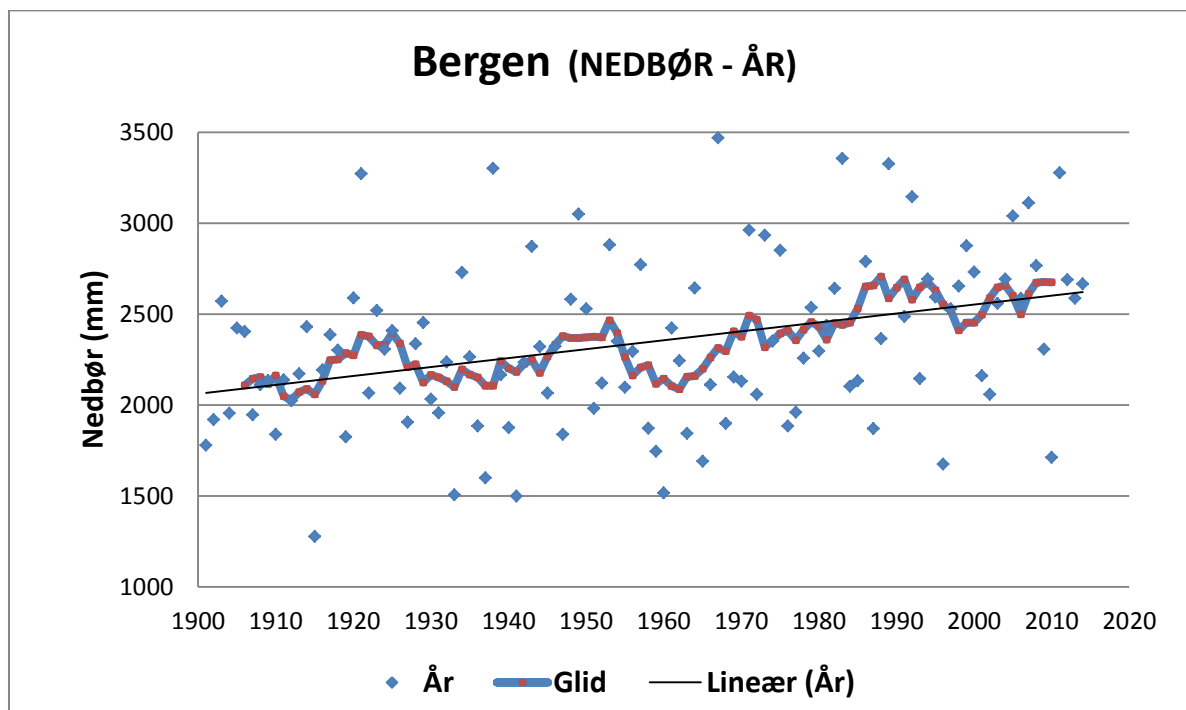


Figur 5.1. Årstemperatur for Bergen 1900-2014.

Figuren viser verdier for hvert år (blå diamanter), glidende 10-årsmiddel (rød kurve) og lineær trend (heltrukken svart linje)

Figuren viser at det er store variasjoner fra år til år, men med en overvekt av varme år etter ca. 1980. Lineær trend (heltrukket svart linje) for årstemperatur gjennom hele perioden 1900-2014 er på 0,06 °C per 10-år; dvs. årsmiddeltemperaturen har gjennom disse 115 årene økt med ca. 0,7 °C. (Hanssen-Bauer et al., 2015). For de ulike årstidene er den lineære trenden i temperatur (°C per 10-år): Vinter: 0,02; Vår: 0,08; Sommer: 0,05; og Høst: 0,07. Temperaturøkningen for året, våren og høsten er statistisk signifikant.

Den utjevnete kurven viser at det har vært perioder med kjølige år; - f.eks. på 1960- og 1980-tallet, - og at det både de siste dekadene og på 1930-tallet er perioder med forholdsvis høy årsmiddeltemperatur.



Figur 5.2. Årsnedbør for Bergen 1900-2014.

Figuren viser verdier for hvert år (blå diamanter), glidende 10-årsmiddel (rød kurve) og lineær trend (heltrukket svart linje)

Figuren viser at det er store variasjoner fra år til år, men med en overvekt av nedbørrike år de siste dekadene. Lineær trend (heltrukket svart linje) for årsnedbør gjennom hele perioden 1900-2014 er på 1,8 % per 10-år; dvs. årsnedbøren har gjennom disse 115 årene økt med over 20 %. (Hanssen-Bauer et al., 2015). For de ulike årstidene er den lineære trenden i nedbør (prosent per 10-år): Vinter: 1,4; Vår: 2,6; Sommer: 0,9; og Høst: 2,1. Nedbørøkningen for året, vår og høst er statistisk signifikant.

Den utjevnete kurven viser at det har vært perioder med mye nedbør; - f.eks. rundt 1920 og de siste dekadene, - og at det f.eks. rundt 1960 var en periode med forholdsvis lav årsnedbør.

KLIMAFORHOLD VED UTVALGTE STEDER

5.2 Dagens klima

Verdiene er basert på 1x1 km rutenett-verdier fra senorge.no, og det er valgt ut verdi for gridpunkt nærmest Bergen-sentrum. Det er gitt verdier både for perioden 1971-2000 og for hele perioden det finnes gridverdier for, dvs. 1958-2014. Årstidsinndelingen er: Vår: Mars-Mai, Sommer: Juni-August, Høst: September-November og Vinter: Desember-Februar.

Tabell 1 Temperaturforhold i Bergen sentrum

Variabel	Tidsrom	År	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Gjennomsnittsverdi (°C)	1971-2000	7,6	2,1	6,3	14,0	8,1
Antall døgn per år >20 °C	1971-2000	2	0	0	2	0
Laveste års- og årstidsmiddel (°C)	1958-2014	6,2	-1,4	3,8	11,9	6,5
Høyeste års- og årstidsmiddel (°C)	1958-2014	9,8	4,8	8,7	17,0	10,6
Laveste døgnmiddel (°C)	1958-2014	-14	-14	-7	5	-8
Høyeste døgnmiddel (°C)	1958-2014	26	12	21	26	22
Antall døgn per år <0 °C	1958-2014	33	26	4	0	3
Antall døgn per år >20 °C	1958-2014	4	0	0	4	0

Tabell 1 viser bl.a. at årsmiddeltemperaturen for Bergen er ca. 7,5 °C, at det i middel i perioden 1971-2000 var 2 døgn per år der døgnmiddeltemperaturen var over 20 °C, og 33 døgn med døgnmiddel-temperatur under 0°C. Forskjellen mellom laveste og høyeste døgnmiddeltemperatur er på ca. 40 °C.

Tabell 2 Nedbørforhold i Bergen sentrum

Variabel	Tidsrom	År	Vinter	Vår	Sommer	Host
Gjennomsnittsverdi (mm)	1971-2000	2539	744	448	498	853
99,5 % verdi for døgnnedbør (mm)	1971-2000	60	65	50	51	66
Laveste års- og årstidsverdi (mm)	1958-2014	1537	174	98	238	261
Høyeste års- og årstids-verdi (mm)	1958-2014	3326	1315	834	868	1482
Høyeste 1-døgns nedbør (mm)	1958-2014	168	96	77	77	168
Antall døgn pr år med nedbør >1 mm	1958-2014	196	52	43	45	56
Antall døgn pr år med nedbør >10 mm	1958-2014	87	25	15	18	29

Tabell 2 viser bl.a. at årsnedbøren for Bergen sentrum er ca. 2500 mm, og at det meste av nedbøren kommer høst og vinter. Høyeste og laveste årsverdi er hhv. 3326 og 1537 mm. Høyeste nedbørmengde i løpet av ett døgn er ca. 168 mm. Verdien for «99,5 %» er døgnnedbør som i gjennomsnitt forekommer i de 0,5 % våteste døgnene; - dvs. i gjennomsnitt ca. 2 ganger pr år på årsbasis. For Bergen sentrum er denne verdien ca. 60 mm. I gjennomsnitt er det nesten 200 døgn per år med nedbør over 1 mm, og nesten 90 døgn per år med nedbør over 10 mm. Hyppigheten av døgn med mye nedbør er størst høst og vinter.

5.3 Fremtidig klima

Estimatene av fremtidig klimautvikling er basert på rapporten «Klima i Norge 2100», se kapittel 2.3. Det foreligger en del slike beregninger av fremtidig klimautvikling i Norge, og disse fremskrivningene er benyttet til å gi estimat av Median, Lav (10-persentil) og Høy (90-persentil) endring for utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5. Detaljert beskrivelse er gitt i rapporten «Klima i Norge 2100» (Hanssen-Bauer et al., 2015). Tabell nedenfor presenterer resultat fra denne rapporten, men tilpasset Bergen-sentrum.

5.3.1 Endring i temperatur

Tabell 3. Beregnet forandring i temperatur fra 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5.

Sesong	1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
	Endring (°C) i temperatur						Endring (°C) i temperatur					
	RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
År	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År	1,6	0,8	2,6	1,9	1,0	3,0	2,4	1,5	3,6	3,7	2,5	5,2
Vinter DJF	1,8	0,1	3,5	2,2	-0,1	4,2	2,7	0,7	5,0	4,4	2,1	6,7
Vår MAM	1,6	0,6	2,9	1,9	0,8	3,1	2,5	1,1	3,7	3,6	2,3	5,0
Sommer JJA	1,1	-0,1	2,1	1,3	0,2	2,6	1,6	0,6	3,0	2,4	1,1	4,0
Høst SON	2,1	0,8	3,2	2,3	1,0	3,6	2,8	1,6	4,3	4,4	2,9	6,5

Tabell 3 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil årsmiddeltemperaturen (Median) øke med 1,9 og 3,7 °C frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Ved å sammenligne med verdiene i tabell 1, fremgår det at for RCP8.5 vil årsmiddeltemperaturen mot slutten av hundreåret øke fra 7,6°C til over 11°C, og middel-temperaturen for vinterperioden desember-februar vil øke fra 2,1 °C til ca. 6,5 °C.

Bergen har i dagens klima ca. 2 dager per år med middeltemperatur over 20 °C. Mot slutten av århundret beregnes det å være over 5-10 slike «varme døgn» per år i Bergens-området (RCP8.5 ifølge figur 5.2.5 i «Klima i Norge 2100» (Hanssen-Bauer et al., 2015)).

5.3.2 Endring i nedbør

Tabell 4. Beregnet relativ forandring (%) i års- og årstids-nedbør fra perioden 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5.

REG 2	1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
	Endring (%) i total nedbørmengde						Endring (%) i total nedbørmengde					
	RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
År	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År	6	1	11	8	2	12	8	0	14	17	4	20
Vinter DJF	4	-13	11	4	-5	19	1	-2	16	13	-3	28
Vår MAM	6	-10	9	7	-10	11	6	-5	24	8	2	18
Sommer JJA	9	-1	14	7	1	20	8	-3	19	16	4	23
Høst SON	8	4	14	6	1	19	8	3	19	14	6	33

KLIMAFORHOLD VED UTVALGTE STEDER

Tabell 4 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil årsnedbøren (Median) øke med 8 og 17 % frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Ved å sammenligne med verdiene i tabell 2, fremgår det at for RCP8.5 vil årsnedbøren øke fra ca. 2500 mm i dag til nesten 3000 mm mot slutten av hundreåret. Mens det for våren ventes forholdsvis små endringer i totalnedbør, vil nedbøren om sommeren øke med ca. 16 %. Verdiene for «Høy» projeksjon viser at det for høsten er enkelte klimamodeller som gir over 30 % nedbørøkning.

Tabell 5. Beregnet relativ forandring (%) i hyppighet av episoder med kraftig 1-døgns nedbør på års- og årstids-basis fra perioden 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenariene RCP4.5 og RCP8.5.

REG 2		1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
		Endring (%) i antall dager med kraftig nedbør						Endring (%) i antall dager med kraftig nedbør					
		RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong		Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År		26	3	58	38	14	60	41	10	69	86	40	116
Vinter DJF		49	-46	78	38	-27	80	47	-20	81	93	23	194
Vår MAM		4	-20	42	20	-19	73	13	-34	109	32	-13	90
Sommer JJA		47	20	69	52	29	82	58	33	81	101	76	128
Høst SON		38	-5	69	46	13	80	52	21	86	100	63	128

Tabell 5 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil det på årsbasis (Median) bli 38 og 86 % økning i antall dager med kraftig nedbør frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Dvs. den nedbørverdien som i dagens klima bare overskrides ca. to ganger per år vil mot slutten av hundreåret forekomme 3 -4 ganger i året. Både for sommer og høst blir det mer enn en dobling av slike dager. «Høy»-verdien for RCP8.5 indikerer endog at enkelte modeller for vintersesongen kan gi nesten en tredobling i slike verdier frem mot slutten av hundreåret.

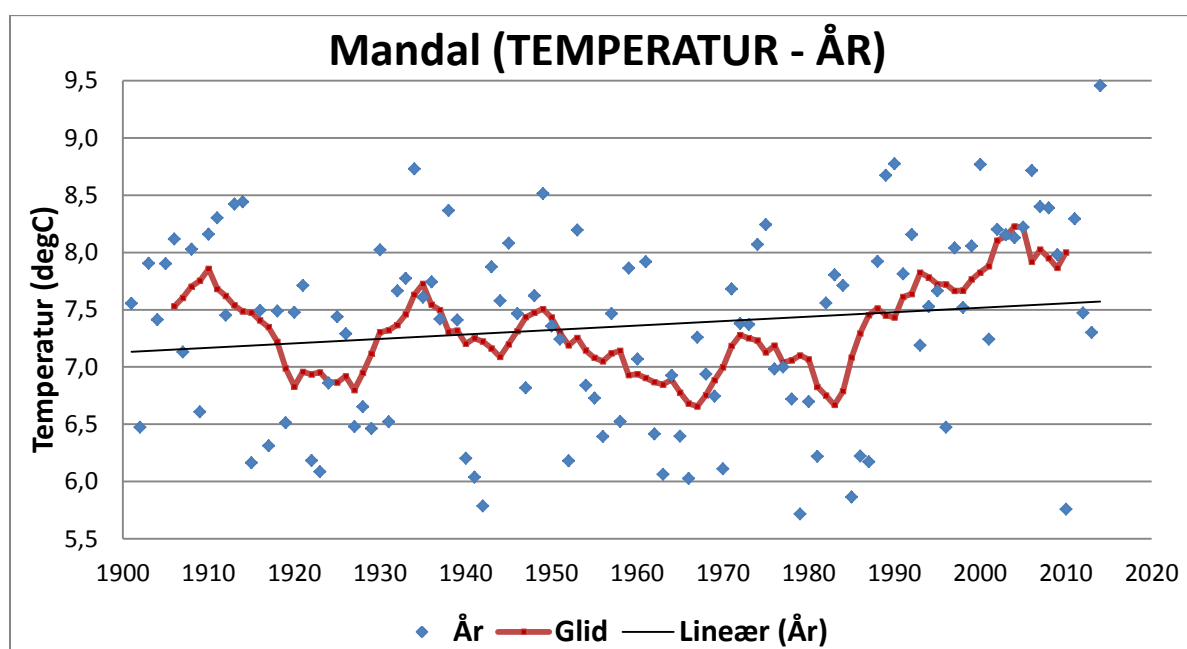
Tabell 6. Beregnet relativ forandring i intensitet på døgn med kraftig nedbør på års- og årstids-basis fra perioden 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenariene RCP4.5 og RCP8.5.

REG 2		1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
		Endring (%) i nedbørmengde på dager med kraftig nedbør						Endring (%) i nedbørmengde på dager med kraftig nedbør					
		RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong		Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År		5	0,	12	7	2	11	8	2	13	14	8	22
Vinter DJF		9	-13	15	9	-8	13	7	-6	14	14	5	33
Vår MAM		1	-6	9	3	-6	16	1	-12	21	6	-6	17
Sommer JJA		9	4	15	10	6	15	12	6	16	18	13	25
Høst SON		7	-2	16	7	3	13	9	4	14	16	12	21

Tabell 6 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil det på årsbasis (Median) bli 7 og 14 % økning i intensiteten på dager med kraftig nedbør («q99,5») frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Tabell 2 viser at denne verdien i dag er på 60 mm. Mot slutten av hundreåret vil den være nesten 70 mm. Beregningene viser at den største økningen i nedbørintensitet finnes for sommeren; - med en økning på ca. 18 %. For vintersesongen gir «Høy»-verdien en økning på 33 %. Den minste økningen finnes for vårsesongen.

6. KLIMAFORHOLD VED MANDAL

6.1 Historisk klimautvikling 1900-2014

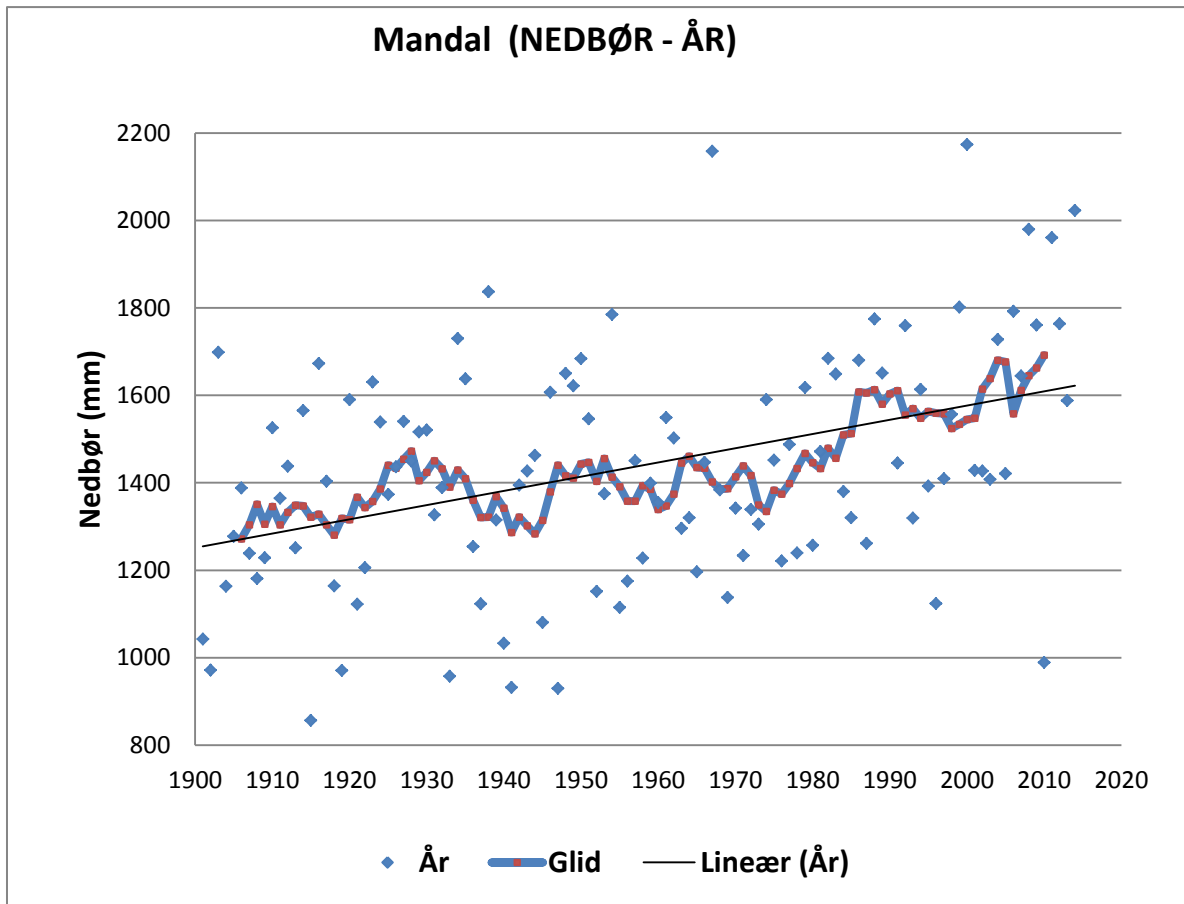


Figur 6.1. Årstemperatur for Mandal 1900-2014.

Figuren viser verdier for hvert år (blå diamanter), glidende 10-årsmiddel (rød kurve) og lineær trend (heltrukket svart linje)

Figuren viser at det er store variasjoner fra år til år, men med en overvekt av varme år de siste dekadene. Lineær trend (heltrukket svart linje) for årstemperatur gjennom hele perioden 1900-2014 er på 0,08 °C per 10-år; dvs. årsmiddeltemperaturen har gjennom disse 115 årene økt med ca. 0,9 °C. (Hanssen-Bauer et al., 2015). For de ulike årstidene er den lineære trenden i temperatur (°C per 10-år): Vinter: 0,02; Vår: 0,13; Sommer: 0,07; og Høst: 0,08. Temperaturøkningen for året, vår og høst er statistisk signifikant.

Den utjevnete kurven viser at det har vært perioder med kjølige år; - f.eks. på 1960-tallet og 1980-tallet, - og at det både de siste dekadene og på 1930-tallet er perioder med forholdsvis høy årsmiddel-temperatur.



Figur 6.2. Årsnedbør for Mandal 1900-2014.

Figuren viser verdier for hvert år (blå diamanter), glidende 10-årsmiddel (rød kurve) og lineær trend (heltrukken svart linje)

Figuren viser at det er store variasjoner fra år til år, men med en overvekt av nedbørrike år de siste dekadene. Lineær trend (heltrukket svart linje) for årsnedbør gjennom hele perioden 1900-2014 er på 2,0 % per 10-år; dvs. årsnedbøren har gjennom disse 115 årene økt med ca. 23 %. (Hanssen-Bauer et al., 2015). For de ulike årstidene er den lineære trenden i nedbør (prosent per 10-år): Vinter: 2,0; Vår: 1,5; Sommer: 1,0; og Høst: 2,8. Nedbørøkningen for året og høstsesongen er statistisk signifikant.

Den utjevnete kurven viser at det har vært perioder med mye nedbør; - f.eks. rundt 1990 og de siste årene, - og perioder med lavere årsnedbør, f.eks. i starten av serien og på 1940-tallet og rundt 1970.

KLIMAFORHOLD VED UTVALGTE STEDER

6.2 Dagens klima

Verdiene er basert på 1x1 km rutenett-verdier fra senorge.no, og det er valgt ut verdi for gridpunkt nærmest Mandal. Det er gitt verdier både for perioden 1971-2000 og for hele perioden det finnes gridverdier for, dvs. 1958-2014. Årstidsinndelingen er Vår: Mars-Mai, Sommer: Juni-August, Høst: September-November og Vinter: Desember-Februar.

Tabell 1 Temperaturforhold ved Mandal

Variabel	Tidsrom	År	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Gjennomsnittsverdi (°C)	1971-2000	7,4	1,2	5,5	14,5	8,5
Antall døgn per år >20 °C	1971-2000	2	0	0	2	0
Laveste års- og årstidsmiddel (°C)	1958-2014	5,5	-3,5	2,7	12,4	6,3
Høyeste års- og årstidsmiddel (°C)	1958-2014	9,5	4,5	8,1	16,7	11,3
Laveste døgnmiddel (°C)	1958-2014	-18	-18	-9	7	-7
Høyeste døgnmiddel (°C)	1958-2014	24	10	20	24	18
Antall døgn pr år, døgnmid <0 °C	1958-2014	45	35	8	0	2
Antall døgn pr år, døgnmid >20 °C	1958-2014	2	0	0	2	0

Tabell 1 viser bl.a. at årsmiddeltemperaturen er 7,4°C, at det i middel i perioden 1971-2000 var 2 døgn per år der døgnmiddeltemperaturen var over 20 °C, og 45 døgn med døgnmiddel-temperatur under 0°C. Forskjellen mellom laveste og høyeste døgnmiddeltemperatur er på ca. 40 °C.

Tabell 2 Nedbørforhold ved Mandal

Variabel	Tidsrom	År	Vinter	Vår	Sommer	Host
Gjennomsnittsverdi (mm)	1971-2000	1514	442	287	287	498
99,5 % verdi for døgnnedbør (mm)	1971-2000	41	42	35	40	46
Laveste års- og årstidsverdi (mm)	1958-2014	692	119	99	84	183
Høyeste års- og årstids-verdi (mm)	1958-2014	2173	811	460	500	858
Høyeste 1-døgns nedbør (mm)	1958-2014	122	87	122	108	72
Antall døgn pr år med nedbør >1 mm	1958-2014	160	46	34	32	48
Antall døgn pr år med nedbør >10 mm	1958-2014	55	16	10	11	18

Tabell 2 viser bl.a. at årsnedbøren er ca. 1500 mm, og at høsten er årstiden med mest nedbør. Høyeste og laveste årsverdi er hhv. 2173 og 692 mm. Høyeste nedbørmengde i løpet av ett døgn er ca. 120 mm. Verdien for «99,5 %» er døgnnedbør som i gjennomsnitt forekommer i de 0,5 % våteste døgnene; - dvs. i gjennomsnitt ca. 2 ganger pr år på årsbasis. For Mandal er denne verdien på årsbasis ca. 40 mm. I gjennomsnitt er det 160 døgn per år med nedbør over 1 mm, og 55 døgn per år med nedbør over 10 mm. Hyppigheten av døgn med mye nedbør er størst høst og vinter.

KLIMAFORHOLD VED UTVALGTE STEDER

6.3 Fremtidig klima

Estimatene av fremtidig klimautvikling er basert på rapporten «Klima i Norge 2100», se kapittel 2.3. Det foreligger en del slike beregninger av fremtidig klimautvikling i Norge, og disse fremskrivningene er benyttet til å gi estimat av Median, Lav (10-persentil) og Høy (90-persentil) endring for utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5. Detaljert beskrivelse er gitt i rapporten «Klima i Norge 2100» (Hanssen-Bauer et al., 2015). Tabell nedenfor presenterer resultat fra denne rapporten, men tilpasset Mandal.

6.3.1 Endring i temperatur

Tabell 3. Beregnet forandring i temperatur fra 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5.

	1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
	Endring (°C) i temperatur						Endring (°C) i temperatur					
	RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År	1,7	0,9	2,8	2,2	1,3	3,4	2,4	1,2	3,5	4,3	3,1	5,8
Vinter DJF	2,0	0,4	3,9	2,7	1,0	4,8	2,6	0,8	4,9	5,4	3,5	7,5
Vår MAM	1,8	0,6	3,1	2,1	0,9	3,3	2,4	1,1	3,9	4,0	2,6	5,5
Sommer JJA	1,2	0,2	2,2	1,6	0,9	3,0	1,4	0,0	2,8	3,4	2,3	5,3
Høst SON	2,1	0,8	3,4	2,4	1,1	3,6	2,9	1,6	4,3	4,4	2,9	6,3

Tabell 3 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil årsmiddeltemperaturen (Median) øke med 2,2 og 4,3 °C frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Ved å sammenligne med verdiene i tabell 1, fremgår det at for RCP8.5 vil årsmiddeltemperaturen mot slutten av hundreåret øke fra 7,4°C til 11,7°C, og middel-temperaturen for vinterperioden desember-februar vil øke fra 1,2 °C til ca. 6,5 °C.

Mandal har i dagens klima ca. 2 dager per år med middeltemperatur over 20 °C. Mot slutten av århundret beregnes det å være over 10-15 slike «varme døgn» per år i Mandals-området (RCP8.5 ifølge figur 5.2.5 i «Klima i Norge 2100» (Hanssen-Bauer et al., 2015)).

6.3.2 Endring i nedbør

Tabell 4. Beregnet relativ forandring (%) i års- og årstids-nedbør fra perioden 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5.

REG 4	1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
	Endring (%) i total nedbørmengde						Endring (%) i total nedbørmengde					
	RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År	4	1	10	7	2	12	6	1	12	11	3	20
Vinter DJF	8	-5	14	8	-1	28	8	0	23	23	4	33
Vår MAM	10	4	16	11	-2	22	9	4	17	18	4	23
Sommer JJA	7	-6	10	6	-7	10	3	-12	9	-2	-16	11
Høst SON	-1	-2	9	4	-5	12	3	-2	10	10	-8	24

KLIMAFORHOLD VED UTVALGTE STEDER

Tabell 4 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil årsnedbøren (Median) øke med 7 og 11 % frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Ved å sammenligne med verdiene i tabell 2, fremgår det at for RCP8.5 vil årsnedbøren øke fra ca. 1500 mm i dag til nesten 1700 mm mot slutten av hundreåret. Nedbøren ventes å øke mest (ca. 23 %) om vinteren, og for denne årstiden gir enkelte klimamodeller en økning på over 30 %. Det er verdt å merke seg at medianverdien for RCP8.5 gir en svak minking i sommer nedbør for denne delen av Norge; - enkelte modeller antyder endog at sommernedbøren frem mot slutten av hundreåret kan bli ca. 16 % lavere enn i dag.

Tabell 5. Beregnet relativ forandring (%) i hyppighet av episoder med kraftig 1-døgns nedbør på års- og årstids-basis fra perioden 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for RCP4.5 og RCP8.5.

REG 4		1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
		Endring (%) i antall dager med kraftig nedbør						Endring (%) i antall dager med kraftig nedbør					
		RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong		Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År		19	2	41	33	15	50	33	14	66	81	56	121
Vinter DJF		38	9	92	44	6	116	75	29	156	154	100	212
Vår MAM		12	-27	57	21	-5	62	28	-20	72	36	20	98
Sommer JJA		28	-21	73	30	-8	73	30	5	57	58	0	79
Høst SON		7	-13	57	43	-10	65	25	-14	68	81	32	159

Tabell 5 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil det på årsbasis (Median) bli 33 og 81 % økning i antall dager med kraftig nedbør frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Dvs. den nedbørverdien som i dagens klima bare overskrides ca. to ganger per år vil mot slutten av hundreåret forekomme nesten dobbelt så hyppig. For vintersesongen gir fremskrivningene mer enn en dobling av slike dager. «Høy»-verdien for RCP8.5 indikerer endog at enkelte modeller for vintersesongen kan gi mer enn en tredobling av slike verdier frem mot slutten av hundreåret.

Tabell 6. Beregnet relativ forandring i intensitet på døgn med kraftig nedbør på års- og årstids-basis fra perioden 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenariene RCP4.5 og RCP8.5.

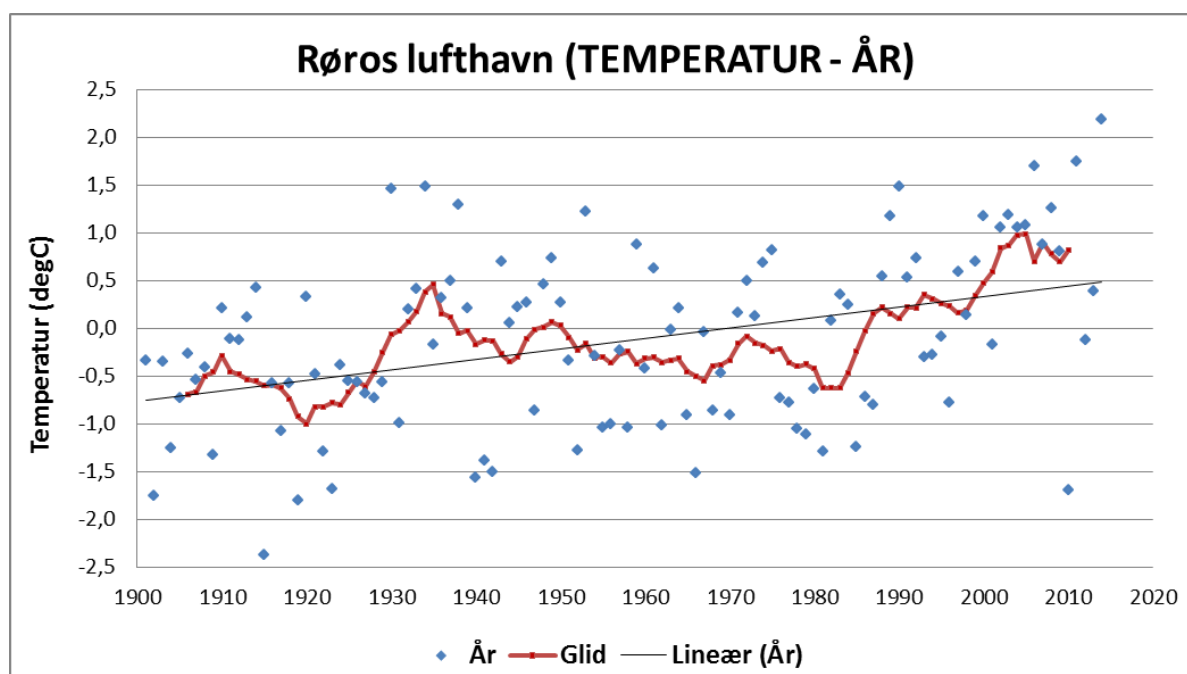
REG 4		1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
		Endring (%) i nedbørmengde på dager med kraftig nedbør						Endring (%) i nedbørmengde på dager med kraftig nedbør					
		RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong		Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År		4	0	8	6	3	10	6	3	13	16	11	22
Vinter DJF		6	1	16	7	2	19	13	5	24	23	16	27
Vår MAM		3	-6	9	4	-2	12	6	-5	15	8	4	18
Sommer JJA		6	-5	16	7	-2	16	6	1	12	11	0	19
Høst SON		1	-3	10	7	-3	12	4	-3	14	15	5	26

Tabell 6 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil det på årsbasis (Median) bli 6 og 16 % økning i intensiteten på dager med kraftig nedbør («q99,5») frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Tabell 2 viser at denne verdien i dag er på ca. 40 mm. Mot slutten av hundreåret vil den være på 46 mm. Beregningene viser at den største økningen i nedbørintensitet finnes for vinteren; - med en økning på ca. 23 %. Både for vinter- og høst-sesongen gir «Høy»-verdien en økning på over 25 %. Den minste økningen finnes for vårsesongen.

Det er verdt å merke seg at mens det er en minking i total sommernedbør (Tabell 4), er det en økning på 11 % i nedbørintensitet på dagene med kraftig nedbør. Dette indikerer at det i hovedsak vil bli tørrere om sommeren, men at kraftige byger vil bli enda heftigere enn i dagens klima.

7. KLIMAFORHOLD VED RØROS

7.1 Historisk klimautvikling 1900-2014

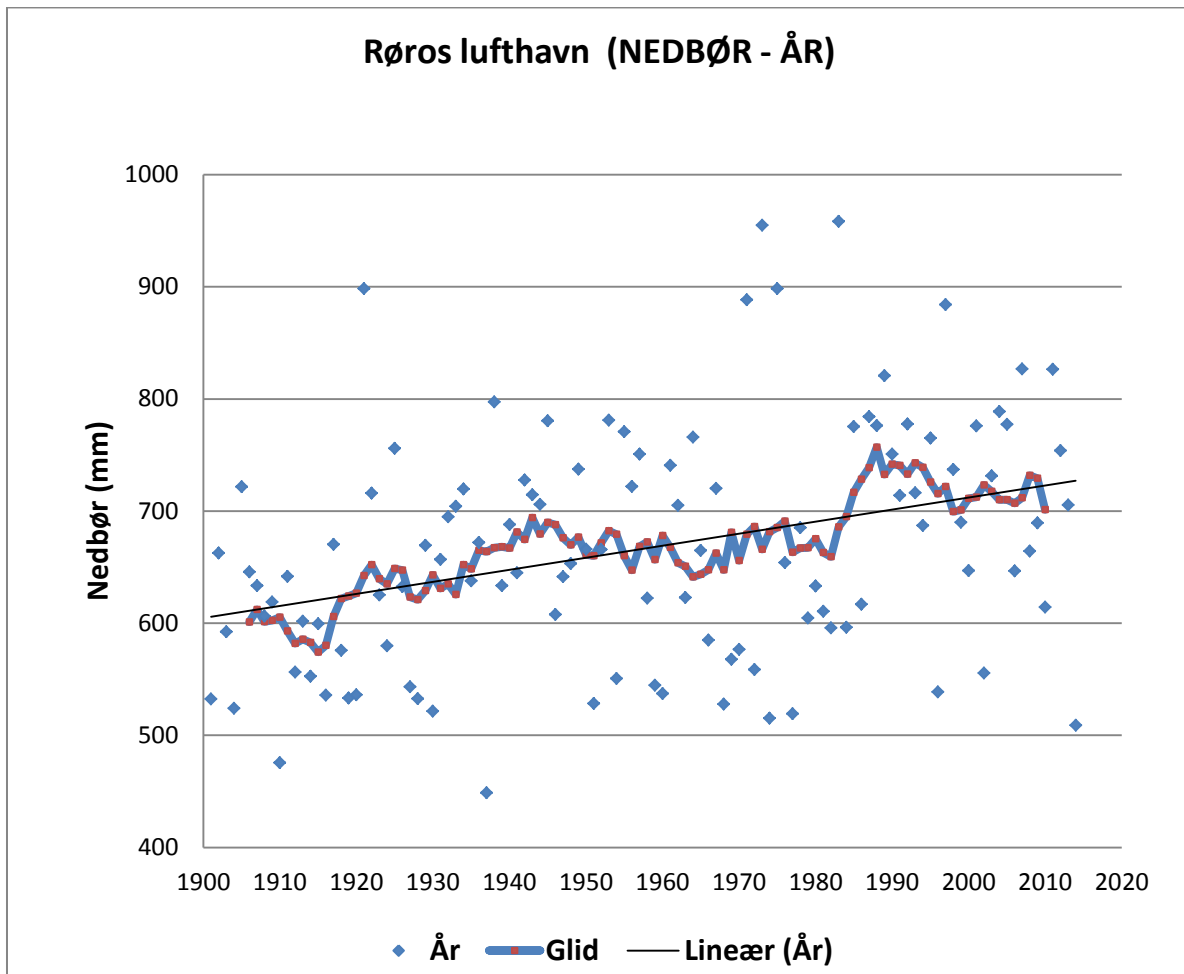


Figur 7.1. Årstemperatur for Røros 1900-2014.

Figuren viser verdier for hvert år (blå diamanter), glidende 10-årsmiddel (rød kurve) og lineær trend (heltrukken svart linje)

Figuren viser at det er store variasjoner fra år til år, men med en overvekt av varme år de siste dekadene. Lineær trend (heltrukket svart linje) for årstemperatur gjennom hele perioden 1900-2014 er på 0,08 °C per 10-år; dvs. årsmiddeltemperaturen har gjennom disse 115 årene økt med ca. 0,9 °C. (Hanssen-Bauer et al., 2015). For de ulike årstidene er den lineære trenden i temperatur (°C per 10-år): Vinter: 0,02; Vår: 0,13; Sommer: 0,07; og Høst: 0,08. Temperaturøkningen for året, vår og høst er statistisk signifikant.

Den utjevnete kurven viser at det har vært perioder med kjølige år; - f.eks. på 1960-tallet og 1980-tallet, - og at det både de siste dekadene og på 1930-tallet er perioder med forholdsvis høy årsmiddel-temperatur.



Figur 7.2. Årsnedbør for Røros 1900-2014.

Figuren viser verdier for hvert år (blå diamanter), glidende 10-årsmiddel (rød kurve) og lineær trend (heltrukket svart linje)

Figuren viser at det er store variasjoner fra år til år, men med en overvekt av nedbørrike år de siste dekadene. Lineær trend (heltrukket svart linje) for årsnedbør gjennom hele perioden 1900-2014 er på 1,8 % per 10-år; dvs. årsnedbøren har gjennom disse 115 årene økt med ca. 20 %. (Hanssen-Bauer et al., 2015). For de ulike årstidene er den lineære trenden i nedbør (prosent per 10-år): Vinter: 1,3; Vår: 2,7; Sommer: 1,4; og Høst: 2,0. Nedbørøkningen for året, vår og høst er statistisk signifikant.

Den utjevnete kurven viser at det har vært perioder med mye nedbør; - f.eks. rundt 1990, - og perioder med lavere årsnedbør, f.eks. i starten av serien og på 1960-tallet.

KLIMAFORHOLD VED UTVALGTE STEDER

7.2 Dagens klima

Verdiene er basert på 1x1 km rutenett-verdier fra senorge.no, og det er valgt ut verdi for gridpunkt nær Røros sentrum. Det er gitt verdier både for perioden 1971-2000 og for hele perioden det finnes gridverdier for, dvs. 1958-2014. Årstidsinndelingen er: Vår: Mars-Mai, Sommer: Juni-August, Høst: September-November og Vinter: Desember-Februar.

Tabell 1 Temperaturforhold ved Røros

Variabel	Tidsrom	År	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Gjennomsnittsverdi (°C)	1971-2000	0,0	-9,7	-0,9	10,4	0,4
Antall døgn per år >20 °C	1971-2000	0	0	0	0	0
Laveste års- og årstidsmiddel (°C)	1958-2014	-2,3	-17,6	-5,8	7,8	-2,4
Høyeste års- og årstidsmiddel (°C)	1958-2014	2,5	-5,3	2,1	12,2	3,7
Laveste døgnmiddel (°C)	1958-2014	-42	-42	-29	0	-32
Høyeste døgnmiddel (°C)	1958-2014	22	6	17	22	15
Antall døgn per år <0 °C	1958-2014	171	86	48	0	37
Antall døgn per år >20 °C	1958-2014	0	0	0	0	0

Tabell 1 viser bl.a. at årsmiddeltemperaturen er 0°C, at det i middel i perioden 1971-2000 ikke var noen døgn per år der døgnmiddeltemperaturen var over 20 °C, og 171 døgn med døgnmiddeltemperatur under 0°C. Forskjellen mellom laveste og høyeste døgnmiddeltemperatur er på ca. 65 °C.

Tabell 2 Nedbørforhold ved Røros

Variabel	Tidsrom	År	Vinter	Vår	Sommer	Host
Gjennomsnittsverdi (mm)	1971-2000	712	163	124	243	183
99,5 % verdi for døgnnedbør (mm)	1971-2000	18	16	15	25	17
Laveste års- og årstidsverdi (mm)	1958-2014	516	72	65	85	99
Høyeste års- og årstids-verdi (mm)	1958-2014	982	376	194	426	278
Høyeste 1-døgns nedbør (mm)	1958-2014	73	27	43	73	42
Antall døgn pr år med nedbør >1 mm	1958-2014	145	37	28	43	37
Antall døgn pr år med nedbør >10 mm	1958-2014	13	3	2	5	3

Tabell 2 viser bl.a. at årsnedbøren er ca. 700 mm, og at sommeren er årstiden med mest nedbør. Høyeste og laveste årsverdi er hhv. 982 og 516 mm. Høyeste nedbørmengde i løpet av ett døgn er ca. 75 mm. Verdien for «99,5 %» er døgnnedbør som i gjennomsnitt forekommer i de 0,5 % våteste døgnene; - dvs. i gjennomsnitt ca. 2 ganger pr år på årsbasis. For Røros er denne verdien på årsbasis ca. 20 mm. I gjennomsnitt er det 145 døgn per år med nedbør over 1 mm, og 13 døgn per år med nedbør over 10 mm. Hyppigheten av døgn med mye nedbør er størst sommerstid.

7.3 Fremtidig klima

Estimatene av fremtidig klimautvikling er basert på rapporten «Klima i Norge 2100», se kapittel 2.3. Det foreligger en del slike beregninger av fremtidig klimautvikling i Norge, og disse fremskrivningene er benyttet til å gi estimat av Median, Lav (10-persentil) og Høy (90-persentil) endring for utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5. Detaljert beskrivelse er gitt i rapporten «Klima i Norge 2100» (Hanssen-Bauer et al., 2015). Tabell nedenfor presenterer resultat fra denne rapporten, men tilpasset Røros.

7.3.1 Endring i temperatur

Tabell 3. Beregnet forandring i temperatur fra 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5.

	1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
	Endring (°C) i temperatur						Endring (°C) i temperatur					
	RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År	1,7	0,9	2,8	2,2	1,3	3,4	2,4	1,2	3,5	4,3	3,1	5,8
Vinter DJF	2,0	0,4	3,9	2,7	1,0	4,8	2,6	0,8	4,9	5,4	3,5	7,5
Vår MAM	1,8	0,6	3,1	2,1	0,9	3,3	2,4	1,1	3,9	4,0	2,6	5,5
Sommer JJA	1,2	0,2	2,2	1,6	0,9	3,0	1,4	0,0	2,8	3,4	2,3	5,3
Høst SON	2,1	0,8	3,4	2,4	1,1	3,6	2,9	1,6	4,3	4,4	2,9	6,3

Tabell 3 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil årsmiddeltemperaturen (Median) øke med 2,2 og 4,3 °C frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Ved å sammenligne med verdiene i tabell 1, fremgår det at for RCP8.5 vil årsmiddeltemperaturen mot slutten av hundreåret øke fra 0,0°C til 4,3°C, og middel-temperaturen for vinterperioden desember-februar vil øke fra -9,7 °C til -4,3 °C.

Røros har i dagens klima ingen dager med middeltemperatur over 20 °C. Mot slutten av århundret kan det bli noen få slike «varme døgn» også i Røros-området (RCP8.5 ifølge figur 5.2.5 i «Klima i Norge 2100» (Hanssen-Bauer et al., 2015)).

7.3.2 Endring i nedbør

Tabell 4. Beregnet relativ forandring (%) i års- og årstids-nedbør fra perioden 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5.

Reg 7	1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
	Endring (%) i total nedbørmengde						Endring (%) i total nedbørmengde					
	RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År	8	1	18	11	4	17	13	3	20	22	7	36
Vinter DJF	9	-6	15	10	2	22	10	3	17	20	8	32
Vår MAM	5	-1	17	7	1	16	10	1	23	23	4	32
Sommer JJA	8	-3	23	10	1	25	10	-1	24	18	5	47
Høst SON	9	3	18	12	-2	21	11	0	23	23	4	32

KLIMAFORHOLD VED UTVALGTE STEDER

Tabell 4 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil årsnedbøren (Median) øke med 11 og 22 % frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Ved å sammenligne med verdiene i tabell 2, fremgår det at for RCP8.5 vil årsnedbøren øke fra ca. 700 mm i dag til ca. 870 mm mot slutten av hundreåret. Nedbøren ventes å øke mest (23 %) vår og høst. For sommersesongen gir enkelte klimamodeller en økning på ca. 45 %. Det er verdt å merke seg at «Lav-verdiene» for RCP8.5 gir meget svak økning i nedbør i alle årstidne, og kun 7 % på årsbasis.

Tabell 5. Beregnet relativ forandring (%) i hyppighet av episoder med kraftig 1-døgns nedbør på års- og årstids-basis fra perioden 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenariene RCP4.5 og RCP8.5.

Reg 7		1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
		Endring (%) i antall dager med kraftig nedbør						Endring (%) i antall dager med kraftig nedbør					
		RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong	År	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
	År	35	12	77	37	24	85	42	24	98	86	63	185
	Vinter DJF	52	11	97	60	22	134	81	25	126	139	55	233
	Vår MAM	41	18	74	46	20	87	66	27	126	125	63	184
	Sommer JJA	41	0	91	51	31	100	49	7	101	85	60	227
	Høst SON	50	9	94	68	3	125	72	24	164	150	94	210

Tabell 5 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil det på årsbasis (Median) bli 37 og 86 % økning i antall dager med kraftig nedbør frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Dvs. den nedbørverdien som i dagens klima bare overskrides ca. to ganger per år vil mot slutten av hundreåret forekomme nesten dobbelt så hyppig. For både vinter-, vår- og høst-sesongene gir fremskrivningene mer enn en dobling av slike dager. «Høy»-verdien for RCP8.5 indikerer endog at enkelte modeller for disse sesongene kan gi mer enn en tredobling av slike verdier frem mot slutten av hundreåret.

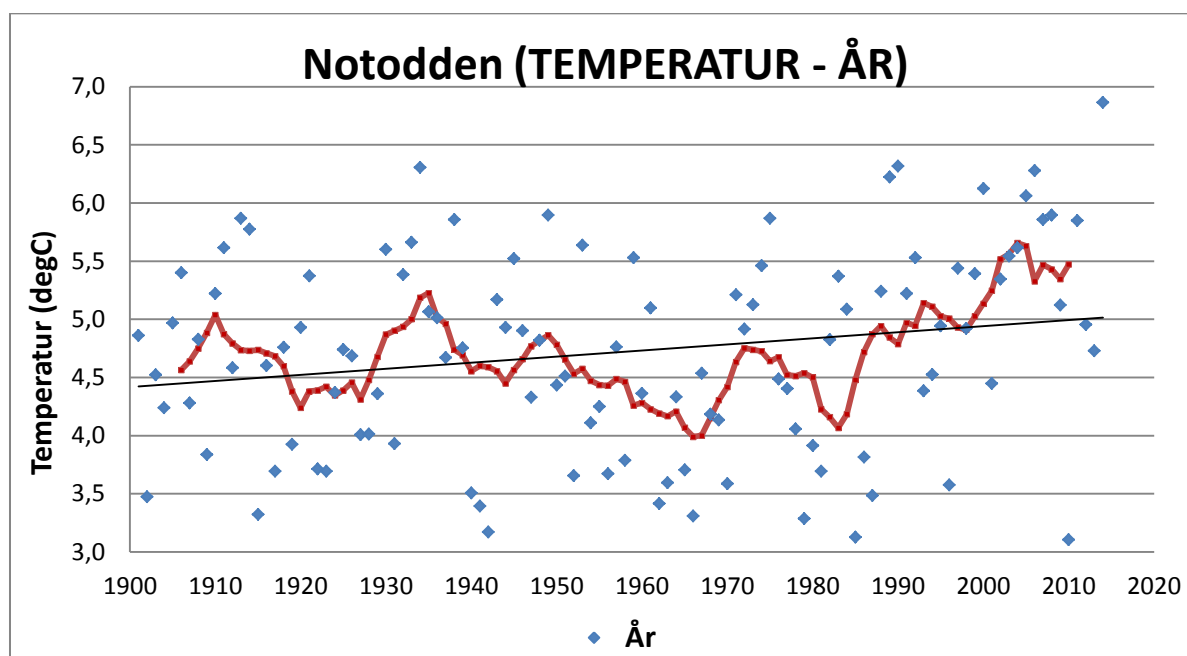
Tabell 6. Beregnet relativ forandring i intensitet på døgn med kraftig nedbør på års- og årstids-basis fra perioden 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenariene RCP4.5 og RCP8.5.

Reg 7		1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
		Endring (%) i nedbørmengde på dager med kraftig nedbør						Endring (%) i nedbørmengde på dager med kraftig nedbør					
		RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong	År	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
	År	10	3	19	10	7	20	11	6	24	21	15	40
	Vinter DJF	10	3	20	10	2	21	14	3	21	19	10	36
	Vår MAM	10	3	18	11	4	19	16	6	27	27	13	41
	Sommer JJA	12	0	19	13	8	23	12	2	22	20	13	41
	Høst SON	12	3	20	15	0	25	16	6	34	28	20	39

Tabell 6 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil det på årsbasis (Median) bli 10 og 21 % økning i intensiteten på dager med kraftig nedbør («q99,5») frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Tabell 2 viser at denne verdien i dag er på 18 mm. Mot slutten av hundreåret vil den være på ca. 22 mm. Beregningene viser at den største økningen i nedbørintensitet finnes for vår og høst; - med en økning på ca. 28 %. «Høy»-verdiene gir en økning på 35-40 % for både årstider og år. Den minste økningen finnes for vinter og sommer.

8. KLIMAFORHOLD VED NOTODDEN - HEDDAL

8.1 Historisk klimautvikling 1900-2014

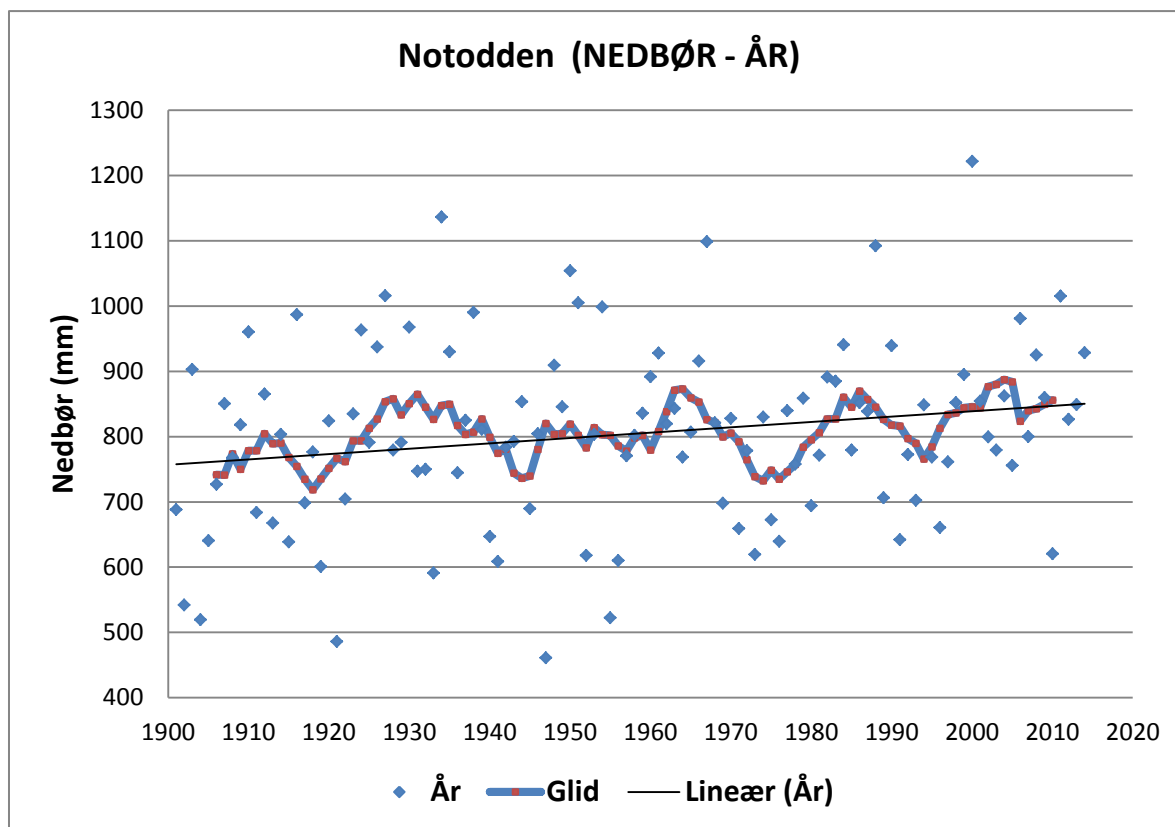


Figur 8.1. Årstemperatur for Notodden -Heddal 1900-2014

Figuren viser verdier for hvert år (blå diamanter), glidende 10-årsmiddel (rød kurve) og lineær trend (heltrukken svart linje)

Figuren viser at det er store variasjoner fra år til år, men med en overvekt av varme år etter ca. 1980. Lineær trend (heltrukket svart linje) for årstemperatur gjennom hele perioden 1900-2014 er på 0,08 °C per 10-år; dvs. årsmiddeltemperaturen har gjennom disse 115 årene økt med nesten 1 °C. (Hanssen-Bauer et al., 2015). For de ulike årstidene er den lineære trenden i temperatur (°C per 10-år): Vinter: 0,02; Vår: 0,13; Sommer: 0,07; og Høst: 0,08. Temperaturøkningen for året, vår og høst er statistisk signifikant.

Den utjevnete kurven viser at det har vært perioder med kjølige år; - f.eks. på 1960- og 1980-tallet, - og at det både de siste dekadene og på 1930-tallet er perioder med forholdsvis høy årsmiddeltemperatur.



Figur 8.2. Årsnedbør for Notodden 1900-2014.

Figuren viser verdier for hvert år (blå diamanter), glidende 10-årsmiddel (rød kurve) og lineær trend (heltrukken svart linje)

Figuren viser at det er store variasjoner fra år til år, men med en overvekt av nedbørrike år de siste dekadene. Lineær trend (heltrukket svart linje) for årsnedbør gjennom hele perioden 1900-2014 er på 1,5 % per 10-år; dvs. årsnedbøren har gjennom disse 115 årene økt med ca. 17 %. (Hanssen-Bauer et al., 2015). For de ulike årstidene er den lineære trenden i nedbør (prosent per 10-år): Vinter: 1,4; Vår: 1,5; Sommer: 0,9; og Høst: 2,2. Det er kun nedbørøkningen for året som er statistisk signifikant.

Den utjevnete kurven viser at det har vært perioder med mye nedbør; - f.eks. rundt 1930 og de siste dekadene, - og perioder med lavere årsnedbør, f.eks. i starten av serien og på 1970-tallet.

KLIMAFORHOLD VED UTVALGTE STEDER

8.2 Dagens klima

Verdiene er basert på 1x1 km rutenett-verdier fra senorge.no, og det er valgt ut verdi for gridpunkt nær Notodden-Heddal. Det er gitt verdier både for perioden 1971-2000 og for hele perioden det finnes gridverdier for, dvs. 1958-2014. Årstidsinndelingen er: Vår: Mars-Mai, Sommer: Juni-August, Høst: September-November og Vinter: Desember-Februar.

Tabell 1 Temperaturforhold ved Notodden-Heddal

Variabel	Tidsrom	År	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Gjennomsnittsverdi (°C)	1971-2000	4,8	-4,7	4,4	15,0	4,7
Antall døgn per år >20 °C	1971-2000	4	0	0	4	0
Laveste års- og årstidsmiddel (°C)	1958-2014	2,5	-11,6	0,4	12,5	2,1
Høyeste års- og årstidsmiddel (°C)	1958-2014	7,3	-0,4	7,3	17,3	7,6
Laveste døgnmiddel (°C)	1958-2014	-28	-28	-18	5	-17
Høyeste døgnmiddel (°C)	1958-2014	26	9	21	26	18
Antall døgn per år <0 °C	1958-2014	112	74	20	0	18
Antall døgn per år >20 °C	1958-2014	4	0	0	4	0

Tabell 1 viser bl.a. at årsmiddeltemperaturen er ca. 5°C, at det i middel i perioden 1971-2000 var 4 døgn per år der døgnmiddeltemperaturen var over 20 °C, og 112 døgn med døgnmiddeltemperatur under 0°C. Forskjellen mellom laveste og høyeste døgnmiddeltemperatur er på over 50 °C.

Tabell 2 Nedbørforhold ved Notodden - Heddal

Variabel	Tidsrom	År	Vinter	Vår	Sommer	Host
Gjennomsnittsverdi (mm)	1971-2000	806	163	156	235	251
99,5 % verdi for døgnnedbør (mm)	1971-2000	27	20	21	28	32
Laveste års- og årstidsverdi (mm)	1958-2014	571	47	70	52	70
Høyeste års- og årstids-verdi (mm)	1958-2014	1290	324	287	473	650
Høyeste 1-døgns nedbør (mm)	1958-2014	49	44	35	43	49
Antall døgn pr år med nedbør >1 mm	1958-2014	126	29	27	35	35
Antall døgn pr år med nedbør >10 mm	1958-2014	24	3	4	8	9

Tabell 2 viser bl.a. at årsnedbøren er ca. 800 mm, og at det meste av nedbøren kommer sommer og høst. Høyeste og laveste årsverdi er hhv. 1290 og 570 mm. Høyeste nedbørmengde i løpet av ett døgn er ca. 50 mm. Verdien for «99,5 %» er døgnnedbør som i gjennomsnitt forekommer i de 0,5 % våteste døgnene; - dvs. i gjennomsnitt ca. 2 ganger pr år på årsbasis. For Notodden-Heddal er denne verdien på årsbasis ca. 30 mm. I gjennomsnitt er det 125 døgn per år med nedbør over 1 mm, og nesten 24 døgn per år med nedbør over 10 mm. Hyppigheten av døgn med mye nedbør er størst sommer og høst.

KLIMAFORHOLD VED UTVALGTE STEDER

8.3 Fremtidig klima

Estimatene av fremtidig klimautvikling er basert på rapporten «Klima i Norge 2100», se kapittel 2.3. Det foreligger en del slike beregninger av fremtidig klimautvikling i Norge, og disse fremskrivningene er benyttet til å gi estimat av Median, Lav (10-persentil) og Høy (90-persentil) endring for utslippsscenariene RCP4.5 og RCP8.5. Detaljert beskrivelse er gitt i rapporten «Klima i Norge 2100» (Hanssen-Bauer et al., 2015). Tabell nedenfor presenterer resultat fra denne rapporten, men tilpasset Notodden-Heddal.

8.3.1 Endring i temperatur

Tabell 3. Beregnet forandring i temperatur fra 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenariene RCP4.5 og RCP8.5.

	1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
	Endring (°C) i temperatur						Endring (°C) i temperatur					
	RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År	1,7	0,9	2,8	2,2	1,3	3,4	2,4	1,2	3,5	4,3	3,1	5,8
Vinter DJF	2,0	0,4	3,9	2,7	1,0	4,8	2,6	0,8	4,9	5,4	3,5	7,5
Vår MAM	1,8	0,6	3,1	2,1	0,9	3,3	2,4	1,1	3,9	4,0	2,6	5,5
Sommer JJA	1,2	0,2	2,2	1,6	0,9	3,0	1,4	0,0	2,8	3,4	2,3	5,3
Høst SON	2,1	0,8	3,4	2,4	1,1	3,6	2,9	1,6	4,3	4,4	2,9	6,3

Tabell 3 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil årsmiddeltemperaturen (Median) øke med 2,2 og 4,3 °C frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Ved å sammenligne med verdiene i tabell 1, fremgår det at for RCP8.5 vil årsmiddeltemperaturen mot slutten av hundreåret øke fra 4,8°C til 9,1°C, og middel-temperaturen for vinterperioden desember-februar vil øke fra -4,7 °C til +0,7 °C.

Notodden har i dagens klima ca. 4 dager per år med middeltemperatur over 20 °C. Mot slutten av århundret beregnes det å være over 15 slike «varme døgn» per år i Notoddens-området (RCP8.5 ifølge figur 5.2.5 i «Klima i Norge 2100» (Hanssen-Bauer et al., 2015)).

8.3.2 Endring i nedbør

Tabell 4. Beregnet relativ forandring (%) i års- og årstids-nedbør fra perioden 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenariene RCP4.5 og RCP8.5.

REG 2	1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
	Endring (%) i total nedbørmengde						Endring (%) i total nedbørmengde					
	RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År	6	2	16	7	4	16	8	3	18	15	8	29
Vinter DJF	9	-4	20	14	1	29	17	2	27	28	22	38
Vår MAM	14	5	24	18	4	21	14	7	24	25	13	42
Sommer JJA	4	-7	21	1	-4	17	2	-5	18	4	-9	28
Høst SON	0	-4	12	5	-5	19	8	-6	17	12	-8	23

KLIMAFORHOLD VED UTVALGTE STEDER

Tabell 4 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil årsnedbøren (Median) øke med 7 og 15 % frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Ved å sammenligne med verdiene i tabell 2, fremgår det at for RCP8.5 vil årsnedbøren øke fra ca. 800 mm i dag til ca. 920 mm mot slutten av hundreåret. Nedbøren ventes å øke mest (ca. 28 %) om vinteren, og for denne årstiden og for våren gir enkelte klimamodeller en økning på ca. 40 %. Det er verdt å merke seg at medianverdien for RCP8.5 gir en svak økning i sommer nedbør; - enkelte modeller («Lav») antyder endog at sommernedbøren frem mot slutten av hundreåret kan bli ca. 9 % lavere enn i dagens klima, og høst-nedbøren ca. 8 % lavere.

Tabell 5. Beregnet endring (%) i hyppighet av episoder med kraftig 1-døgns nedbør på års- og årstids-basis fra 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenarioer RCP4.5 og RCP8.5.

REG 2	1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
Sesong År	Endring (%) i antall dager med kraftig nedbør						Endring (%) i antall dager med kraftig nedbør					
	RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År	26	21	62	40	28	61	48	19	80	81	63	148
Vinter DJF	66	3	118	82	37	118	108	31	188	212	145	316
Vår MAM	55	21	89	69	39	79	76	43	103	120	83	179
Sommer JJA	25	10	98	45	17	62	42	16	93	75	25	158
Høst SON	23	9	59	48	22	88	47	11	119	103	41	153

Tabell 5 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil det på årsbasis (Median) bli 40 og 81 % økning i antall dager med kraftig nedbør frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Dvs. den nedbørverdien som i dagens klima bare overskrides ca. to ganger per år vil mot slutten av hundreåret forekomme nesten dobbelt så hyppig. For vintersesongen gir fremskrivningene mer enn en tredobling av slike dager. «Høy»-verdien for RCP8.5 indikerer endog at enkelte modeller for vintersesongen kan gi mer enn en firedobling av slike verdier frem mot slutten av hundreåret.

Tabell 6. Beregnet relativ forandring i intensitet på døgn med kraftig nedbør på års- og årstids-basis fra perioden 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5.

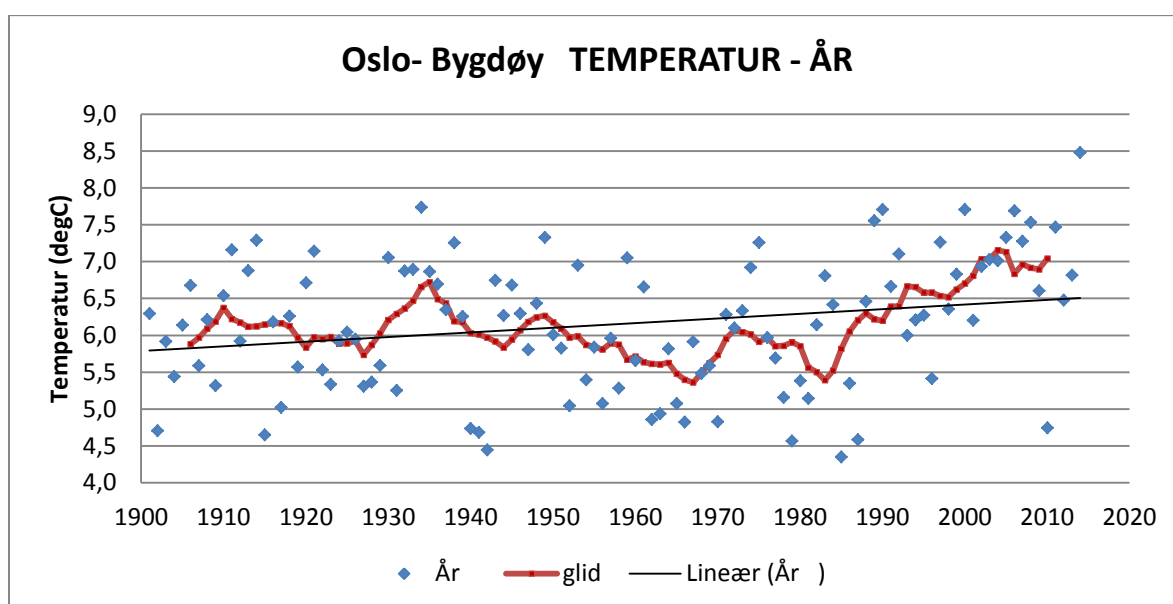
REG 2	1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
Sesong År	Endring (%) i nedbørmengde på dager med kraftig nedbør						Endring (%) i nedbørmengde på dager med kraftig nedbør					
	RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År	6	5	14	10	6	14	11	4	19	17	14	30
Vinter DJF	11	0	20	12	6	18	17	5	26	28	21	43
Vår MAM	11	5	18	14	8	17	16	9	22	23	18	35
Sommer JJA	6	2	20	11	4	15	12	4	23	19	6	33
Høst SON	5	2	13	10	6	17	11	2	23	19	9	27

Tabell 6 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil det på årsbasis (Median) bli 10 og 17 % økning i intensiteten på dager med kraftig nedbør («q99,5») frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Tabell 2 viser at denne verdien i dag er på 27 mm. Mot slutten av hundreåret vil den være på ca. 32 mm. Beregningene viser at den største økningen i nedbørintensitet finnes for vinteren; - med en økning på ca. 28 %. For vintersesongen gir «Høy»-verdien en økning på over 40 %. Den minste økningen finnes for sommer og høst.

Det er verdt å merke seg at mens det bare er en svak økning (4 %) i total sommernedbør (Tabell 4), er det en økning på 19 % i nedbørintensitet på dagene med kraftig nedbør. Dette indikerer at det i hovedsak vil bli tørrere om sommeren, men at kraftige byger vil bli enda heftigere enn i dagens klima.

9. KLIMAFORHOLD VED OSLO-BYGDØY

9.1 Historisk klimautvikling 1900-2014

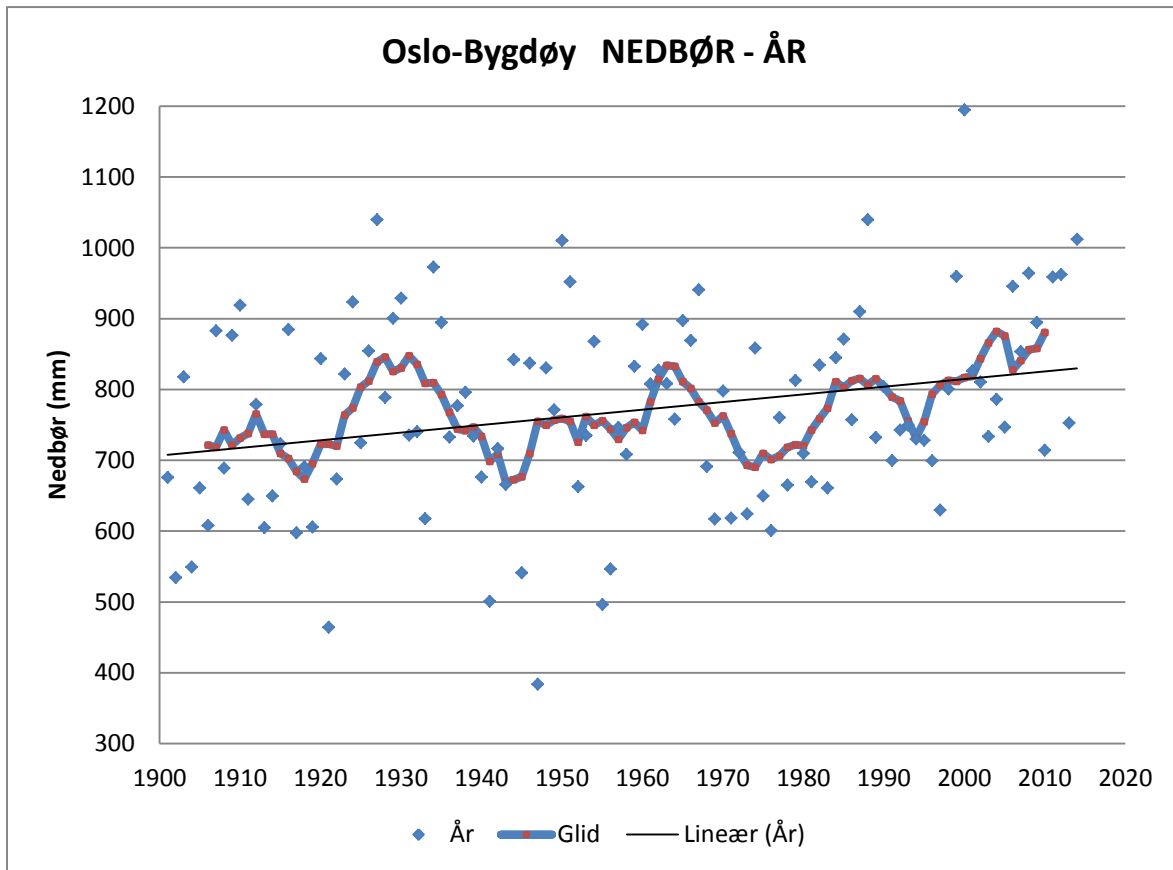


Figur 9.1. Årstemperatur for Oslo-Bygdøy 1900-2014

Figuren viser verdier for hvert år (blå diamanter), glidende 10-årsmiddel (rød kurve) og lineær trend (heltrukket svart linje)

Figuren viser at det er store variasjoner fra år til år, men med en overvekt av varme år etter ca. 1985. Lineær trend (heltrukket svart linje) for årstemperatur gjennom hele perioden 1900-2014 er på 0,08 °C per 10-år; dvs. årsmiddeltemperaturen har gjennom disse 115 årene økt med nesten 1 °C. (Hanssen-Bauer et al., 2015). For de ulike årstidene er den lineære trenden i temperatur (°C per 10-år): Vinter: 0,02; Vår: 0,13; Sommer: 0,07; og Høst: 0,08. Temperaturøkningen for året, våren og høsten er statistisk signifikant.

Den utjevnete kurven viser at det har vært perioder med kjølige år; - f.eks. på 1960- og 1980-tallet,- og at det både de siste dekadene og på 1930-tallet er perioder med forholdsvis høy årsmiddeltemperatur.



Figur 9.2. Årsnedbør for Oslo-Bygdøy 1900-2014.

Figuren viser verdier for hvert år (blå diamanter), glidende 10-årsmiddel (rød kurve) og lineær trend (heltrukken svart linje)

Figuren viser at det er store variasjoner fra år til år, men med en overvekt av nedbørrike år de siste dekadene. Lineær trend (heltrukket svart linje) for årsnedbør gjennom hele perioden 1900-2014 er på 1,5 % per 10-år; dvs. årsnedbøren har gjennom disse 115 årene økt med ca. 17 %. (Hanssen-Bauer et al., 2015). For de ulike årstidene er den lineære trenden i temperatur (prosent per 10-år): Vinter: 1,4; Vår: 1,5; Sommer: 0,9; og Høst: 2,2. Det er kun nedbørøkningen for året som er statistisk signifikant.

Den utjevnete kurven viser at det har vært perioder med mye nedbør; - f.eks. rundt 1930 og de siste dekadene, - og at det f.eks. på 1940-tallet og 1970-tallet var perioder med forholdsvis lav årsnedbør.

KLIMAFORHOLD VED UTVALGTE STEDER

9.2. Dagens klima

Verdiene er basert på 1x1 km rutenett-verdier fra senorge.no, og det er valgt ut verdi for gridpunkt nærmest Bygdøy. Det er gitt verdier både for perioden 1971-2000 og for hele perioden det finnes gridverdier for, dvs. 1958-2014. Årstidsinndelingen er Vår: Mars-Mai, Sommer: Juni-August, Høst: September-November og Vinter: Desember-Februar.

Tabell 1 Temperaturforhold ved Oslo-Bygdøy

Variabel	Tidsrom	År	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Gjennomsnittsverdi (°C)	1971-2000	6,2	-3,0	5,4	16,2	6,1
Antall døgn per år >20 °C	1971-2000	10	0	0	10	0
Laveste års- og årstidsmiddel (°C)	1958-2014	3,7	-9,1	2,3	13,8	3,8
Høyeste års- og årstidsmiddel (°C)	1958-2014	8,4	0,5	7,9	19,0	8,9
Laveste døgnmiddel (°C)	1958-2014	-24	-24	-16	6	-13
Høyeste døgnmiddel (°C)	1958-2014	26	8	24	26	20
Antall døgn per år, døgnmid<0 °C	1958-2014	93	65	16	0	12
Antall døgn per år, døgnmid >20 °C	1958-2014	11	0	0	11	0

Tabell 1 viser bl.a. at årsmiddeltemperaturen for Bygdøy er litt i overkant av 6 °C, at det i middel er ca. 10 døgn per år der døgnmiddeltemperaturen er over 20 °C og nesten 100 døgn med middeltemperaturen under 0°C. Forskjellen mellom laveste og høyeste døgnmiddeltemperatur er på ca. 50 °C.

Tabell 2 Nedbørforhold ved Oslo-Bygdøy

Variabel	Tidsrom	År	Vinter	Vår	Sommer	Host
Gjennomsnittsverdi (mm)	1971-2000	769	143	147	241	238
99,5 % verdi for døgnnedbør (mm)	1971-2000	24,8	17,6	18	27,7	29,9
Laveste års- og årstidsverdi (mm)	1958-2014	553	39	59	62	63
Høyeste års- og årstids-verdi (mm)	1958-2014	1163	275	240	440	555
Høyeste 1-døgns nedbør (mm)	1958-2014	56	31	33	56	55
Antall døgn pr år med nedbør >1 mm	1958-2014	116	25	25	34	32
Antall døgn pr år med nedbør >10 mm	1958-2014	22	3	3	8	8

Tabell 2 viser bl.a. at årsnedbøren for Bygdøy er ca. 770 mm, og at det mest av nedbøren kommer sommer og høst. Høyeste og laveste årsverdi er hhv. 1163 og 553 mm. Høyeste nedbørmengde i løpet av ett døgn er ca. 55 mm, og slike verdier har forekommet både sommer og høst. Verdien for «99,5 %» er døgnnedbør som i gjennomsnitt forekommer i de 0,5 % våteste døgnene; - dvs. i gjennomsnitt ca. 2 ganger pr år på årsbasis. For Bygdøy er denne verdien på årsbasis ca. 25 mm. I gjennomsnitt er det 116 døgn per år med nedbør over 1 mm, og 22 døgn per år med nedbør over 10 mm. Hyppigheten av døgn med mye nedbør er størst sommer og høst.

KLIMAFORHOLD VED UTVALGTE STEDER

9.3 Fremtidig klima

Estimatene av fremtidig klimautvikling er basert på rapporten «Klima i Norge 2100», se kapittel 2.3. Det foreligger en del slike beregninger av fremtidig klimautvikling i Norge, og disse fremskrivningene er benyttet til å gi estimat av Median, Lav (10-persentil) og Høy (90-persentil) endring for utslippsscenariene RCP4.5 og RCP8.5. Detaljert beskrivelse er gitt i rapporten «Klima i Norge 2100» (Hanssen-Bauer et al., 2015). Tabell nedenfor presenterer resultat fra denne rapporten, men tilpasset Oslo-Bygdøy.

9.3.1 Endring i temperatur

Tabell 3. Beregnet forandring i temperatur fra 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenariene RCP4.5 og RCP8.5.

	1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
	Endring (°C) i temperatur						Endring (°C) i temperatur					
	RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År	1,7	0,9	2,8	2,2	1,3	3,4	2,4	1,2	3,5	4,3	3,1	5,8
Vinter DJF	2,0	0,4	3,9	2,7	1,0	4,8	2,6	0,8	4,9	5,4	3,5	7,5
Vår MAM	1,8	0,6	3,1	2,1	0,9	3,3	2,4	1,1	3,9	4,0	2,6	5,5
Sommer JJA	1,2	0,2	2,2	1,6	0,9	3,0	1,4	0,0	2,8	3,4	2,3	5,3
Høst SON	2,1	0,8	3,4	2,4	1,1	3,6	2,9	1,6	4,3	4,4	2,9	6,3

Tabell 3 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil årsmiddeltemperaturen (Median) øke med 2,2 og 4,3 °C frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Ved å sammenligne med verdiene i tabell 1, fremgår det at for RCP8.5 vil årsmiddeltemperaturen mot slutten av hundreåret være over 10°C, og middel-temperaturen for vintermånedene desember-februar vil øke fra -3,0 °C til ca. +2 °C.

For dager med middeltemperatur over 20 °C er Bygdøy blant de områdene i Norge som har flest slike døgn i dagens klima (ca. 10 per år). Det er også disse områdene innerst i Oslofjorden som vil få størst økning i slike dager fremover. Mot slutten av århundret beregnes det å være ca. 25 slike «varme døgn» per år i Bygdøy-området (RCP8.5 ifølge figur 5.2.5 i «Klima i Norge 2100»)

9.3.2 Endring i nedbør

Tabell 4. Beregnet relativ forandring (%) i års- og årstids-nedbør fra perioden 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenariene RCP4.5 og RCP8.5.

REG 2	1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
	Endring (%) i total nedbørmengde						Endring (%) i total nedbørmengde					
	RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År	6	2	16	7	4	16	8	3	18	15	8	29
Vinter DJF	9	-4	20	14	1	29	17	2	27	28	22	38
Vår MAM	14	5	24	18	4	21	14	7	24	25	13	42
Sommer JJA	4	-7	21	1	-4	17	2	-5	18	4	-9	28
Høst SON	0	-4	12	5	-5	19	8	-6	17	12	-8	23

KLIMAFORHOLD VED UTVALGTE STEDER

Tabell 4 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil årsnedbøren (Median) øke med 7 og 15 % frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Ved å sammenligne med verdiene i tabell 2, fremgår det at for RCP8.5 vil årsnedbøren øke fra ca. 770 mm i dag til ca. 885 mm mot slutten av hundreåret. Mens det for sommeren ventes små endringer i totalnedbør, vil vinternedbøren øke fra ca. 145 mm i dag til ca. 185 mm mot slutten av århundret. Verdiene for «Lav» projeksjon viser at det for både sommer og høst er enkelte klimamodeller som gir minking i sommernedbør.

Tabell 5. Beregnet relativ forandring (%) i hyppighet av episoder med kraftig 1-døgns nedbør på års- og årstids-basis fra perioden 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for RCP4.5 og RCP8.5.

REG 2	1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
	Endring (%) i antall dager med kraftig nedbør			Endring (%) i antall dager med kraftig nedbør			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År	26	21	62	40	28	61	48	19	80	81	63	148
Vinter DJF	66	3	118	82	37	118	108	31	188	212	145	316
Vår MAM	55	21	89	69	39	79	76	43	103	120	83	179
Sommer JJA	25	10	98	45	17	62	42	16	93	75	25	158
Høst SON	23	9	59	48	22	88	47	11	119	103	41	153

Tabell 5 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil det på årsbasis (Median) bli 40 og 80 % økning i antall dager med kraftig nedbør frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Dvs. den nedbørverdien som i dagens klima bare overskrides ca. to ganger per år vil mot slutten av hundreåret forekomme opp mot fire ganger i året. Både for vår og høst blir det mer enn en dobling av slike dager, og for vinteren mer enn en tredobling frem mot slutten av hundreåret.

Tabell 6. Beregnet relativ forandring i intensitet på døgn med kraftig nedbør på års- og årstids-basis fra perioden 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100 for utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5.

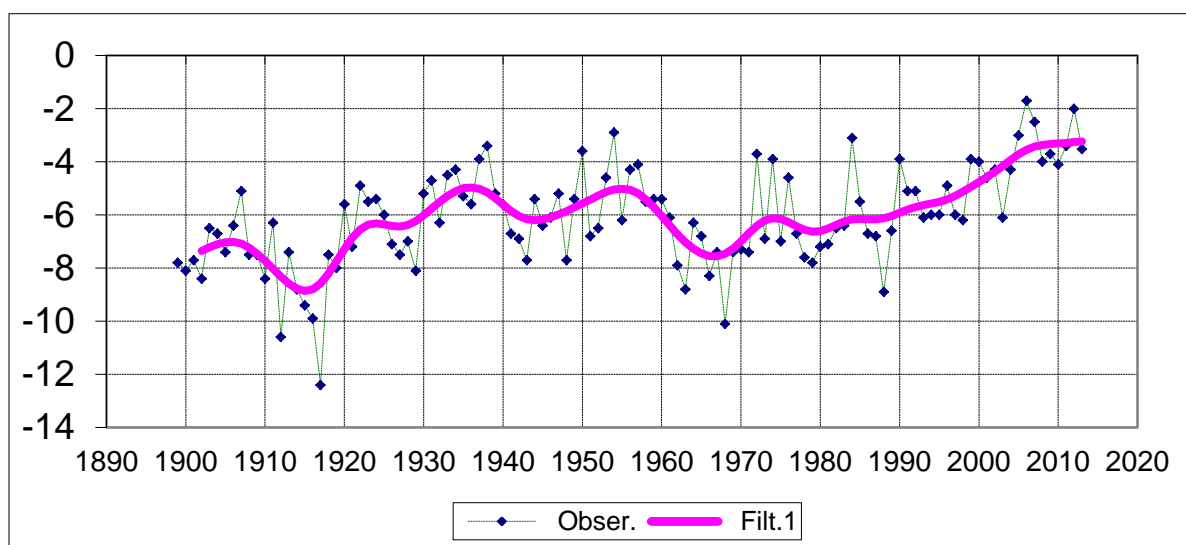
REG 2	1971-2000 til 2031-2060						1971-2000 til 2071-2100					
	Endring (%) i nedbørmengde på dager med kraftig nedbør			Endring (%) i nedbørmengde på dager med kraftig nedbør			RCP4.5			RCP8.5		
Sesong	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy	Med	Lav	Høy
År	6	5	14	10	6	14	11	4	19	17	14	30
Vinter DJF	11	0	20	12	6	18	17	5	26	28	21	43
Vår MAM	11	5	18	14	8	17	16	9	22	23	18	35
Sommer JJA	6	2	20	11	4	15	12	4	23	19	6	33
Høst SON	5	2	13	10	6	17	11	2	23	19	9	27

Tabell 6 viser at for høyt utslippsscenario (RCP8.5) vil det på årsbasis (Median) bli 10 og 17 % økning i intensiteten på dager med kraftig nedbør («q99,5») frem mot hhv. midten og slutten av hundreåret. Tabell 2 viser at denne verdien i dag er på ca. 25 mm. Mot slutten av hundreåret vil den være ca. 30 mm. Beregningene viser at den største økningen i nedbørintensitet finnes for høsten; - med en økning på nesten 30 %, og der «Høy»-verdien gir en økning på hele 43 %. Det er verdt å merke seg at mens det bare er en marginal økning i total sommernedbør (Tabell 4), er det en økning på nesten 20 % i nedbørintensitet på dagene med kraftig nedbør. Dette indikerer at det i hovedsak vil bli tørrere om sommeren, men at kraftige byger vil bli enda heftigere enn i dagens klima.

10. KLIMAFORHOLD VED LONGYEARBYEN

Det er også en rekke automatisk fredede bygninger på Svalbard. Riksantikvaren har derfor interesse av klimadata også for Longyearbyen, men dette inngikk ikke i dette pilotoppdraget. Nedenfor gis en summarisk sammenstilling av relevante klimaforhold for Longyearbyen hentet fra utvalgte rapporter og presentasjoner.

10.1 Historisk klimautvikling 1900-2013



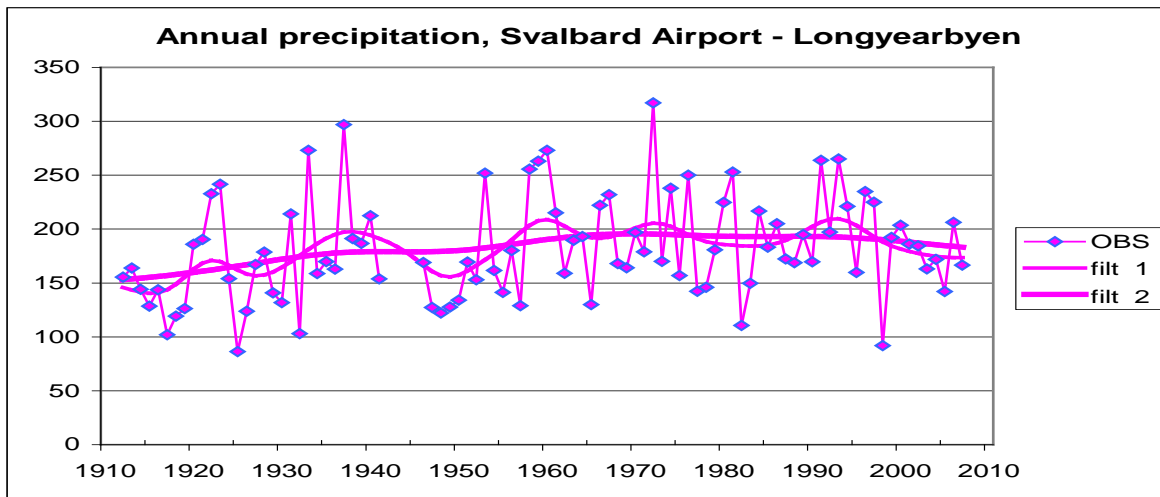
Figur 10.1. Årstemperatur for Longyearbyen 1898-2013

Figuren viser verdier for hvert år (blå diamanter), glidende 10-årsmiddel (rosa kurve).

Figuren viser at det har vært svært store år-til-år variasjoner i årsmiddeltemperaturen i Longyearbyen området; - fra -12,4 °C i 1917 og til høyere enn -2 °C i enkelte år etter 2005. Det var også perioder med relativt høye verdier på 1930- og 1950-tallet. Lineær trend for årsmiddeltemperatur i perioden 1898-2012 er på 0,26 °C per dekad; - dvs. at årsmiddeltemperaturen en ca. 3 °C høyere enn rundt år 1900. For de enkelte årstidene er trenden (°C per dekad): Vinter 0,29, Vår: 0,39, sommer 0,10 og høst 0,24.

I perioden 1975-2012 var trenden i årsmiddeltemperatur på hele 1,04 °C per dekad, og for vinteren 1,66 °C per dekad. Dvs. at i løpet av perioden 1975-2015 har midlere vintertemperatur økt med nesten 7 °C!

KLIMAFORHOLD VED UTVALGTE STEDER



Figur 10.2. Årsnedbør for Longyearbyen 1900-2008

Figuren viser verdier for hvert år og utjevnete kurver på 10- og 30 årsskala.

I løpet av perioden 1912-2005 har års nedbøren ved Svalbard Lufthavn, Longyearbyen økt med ca 2 % per dekad

10.2 Dagens klima (Longyearbyen)

Årsmiddeltemperatur (1961-90): -6.0 °C

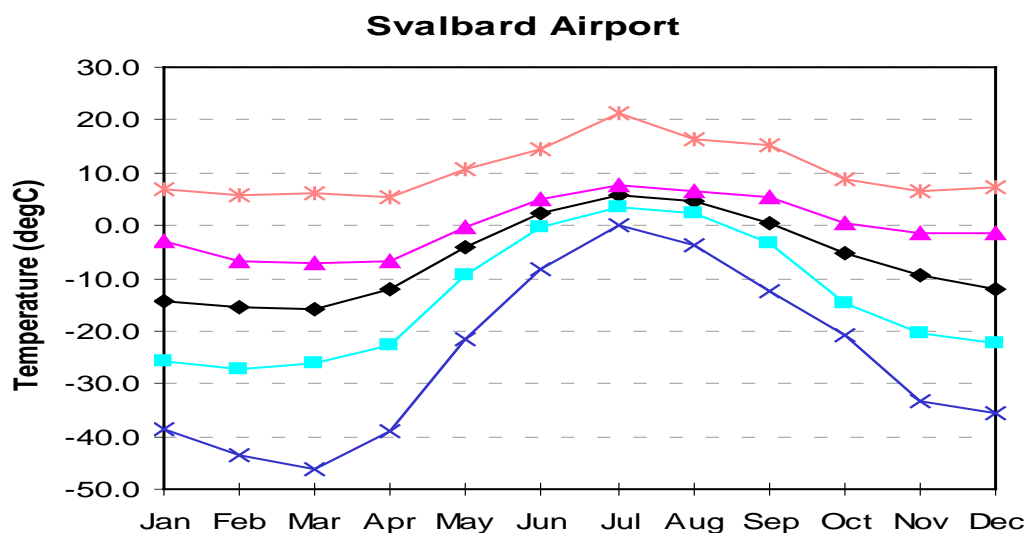
Årsnedbør: 210 mm

Antall dager per år med minimumstemperatur ≤ 0 °C: 265 dager

Antall dager per år med maksimumstemperatur ≤ 0 °C: 203 dager

Høyeste målte temperatur: +21.3 °C (Juli 1979)

Laveste målte temperatur: -46.3 °C (Mars 1986)



Figur 10.3 Temperaturvariasjon gjennom året ved Svalbard Lufthavn, Longyearbyen

Mørk blå kurve: Laveste temperatur, Lys blå: Midlere minimumstemperatur, svart: Middelttemperatur, rosa: Midlere maksimumstemperatur og lys brun: Høyeste målte temperatur

KLIMAFORHOLD VED UTVALGTE STEDER

Wind rose, frequency distribution of wind

Winddirection divided in sectors of 30°

Frequency distribution of wind speed in percent %

Wind speed (m/s)

- > 20.2
- 15.3-20.2
- 10.3-15.2
- 5.3-10.2
- 0.3-5.2

Calm (%)

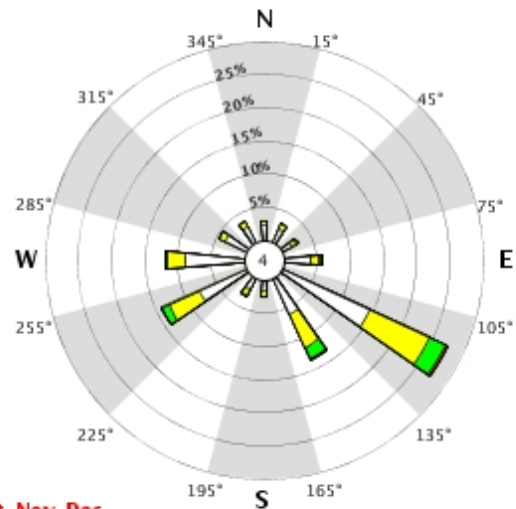


Year: 1975 - 2012

Jan, Feb, Mar, Apr, May, Jun, Jul, Aug, Sep, Oct, Nov, Dec

Hour: 1, 7, 13, 19 (NMT)

99840 SVALBARD LUFTHAVN



Figur 10.4 Vindrose for Svalbard Lufthavn, Longyearbyen

Figuren viser at dominerende vindretning er fra sørøst, og at de sterkeste vindene (grønn skravur) kommer fra sørøst og sørvest. Det blåser sjelden vind fra sektoren nordvest til øst.

10.3 Fremtidig klima

Projected changes in annual and seasonal temperatures (°C) from 1961-90 to 2071-2100 for Svalbard Airport / Longyearbyen

a). Based on simulations by Regional Climate Models

Svalbard Airport / Longyearbyen					
	Annual	Winter	Spring	Summer	Autumn
Median (50%)	6,6	10,4	6,4	2,8	5,6

b). Based on Empirical-Statistical Downscaling

Svalbard Airport / Longyearbyen					
	Annual	Winter	Spring	Summer	Autumn
Median (50%)	6,8	9,4	7,6	2,5	7,3

Projected changes in precipitation totals (%) from 1961-90 to 2071-2100 for Svalbard Airport / Longyearbyen

Svalbard Airport / Longyearbyen					
Percentile	Annual	Winter	Spring	Summer	Autumn
Median (50 %)	12	4	28	11	21

Resultatene ovenfor er hentet fra Førland et al. (2011) og vil bli oppdatert i nær fremtid. Men de indikerer en betydelig oppvarming i Longyearbyen frem mot år 2100. Årsmiddeltemperaturen beregnes å øke med ca. 7 °C, og vintertemperaturen med ca. 10 °C. Dette vil føre til dramatiske endringer i klimaforholdene i Longyearbyen-området utover i dette hundreåret.

11. REFERANSER

Førland, E.J., R.E.Benestad, I. Hanssen-Bauer, J.E.Haugen and T. Engen- Skaugen, 2011: Temperature and Precipitation Development at Svalbard 1900–2100. *Advances in Meteorology*, Volume 2011, Article ID 893790, 14 pages (doi:10.1155/2011/893790)

Hanssen-Bauer, I., E.J. Førland, I. Haddeland, H. Hisdal, S. Mayer, A. Nesje, J.E.Ø. Nilsen, S. Sandven, A.B. Sandø, A. Sorteberg, B. Ådlandsvik (Red.) (2015) *Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015*. NCCS report no. 2/2015 (Tilgjengelig på www.klimaservicesenter.no)

Nordli, Ø, R. Przybylak, A.E.J. Ogilvie and K. Isaksen, 2014: Long-term temperature trends and variability on Spitsbergen: The extended Svalbard Airport series, 1898-2012. *Polar Research*, 32 (doi 10.3402/polar.v33.21349)