



Meteorologisk
institutt

Nr. 14/2018
ISSN 2387-4201
KLIMA
Oslo, 28.12.2018

METreport

Klimarapport for Aurskog-Høland

Temperatur og nedbør i dagens og framtidens klima

Elin Lundstad og Anne Solveig Håvelsrud Andersen





Meteorologisk
institutt

METreport

Tittel Klimarapport for Aurskog-Høland	Date 2018-12-28
Avdeling Avdeling for klimatjenester	Rapport nr. Nr. 14/2018
Forfattere Elin Lundstad og Anne Solveig Håvelsrud Andersen	Klassifisering ● Fri ○ Begrenset
Oppdragsgiver Aurskog-Høland kommune	Kontaktperson Ole Christian Østreng
Abstract Rapporten viser nåtidens, fortidens og framtidig utvikling av temperatur og nedbør i Aurskog-Høland. Analyser for Østlandsområdet viser at det de siste 100-150 år har vært økning både i temperatur og nedbør. Denne økningen vil fortsette, og for temperatur blir økningen fram mot år 2100 vesentlig større enn for de siste hundre år. Rapporten inkluderer framskrivninger av endring i middeltemperatur, total nedbør og kraftig nedbør framover i dette århundre. Rapporten beskriver også kort hendelser med flom og skred. Foto forside: Kenneth Lommerud	
Nøkkelord Temperatur, nedbør, skred, flom, klimaendringer	


Fagansvarlig


Administrativt ansvarlig

Sammendrag

Aurskog-Høland kommune har gitt Meteorologisk institutt (MET) i oppdrag å kartlegge fortidens, nåtidens og framtidens klima for kommunen. Vår kontaktperson er Ole-Christian Østreng. Hovedmålet er å beskrive historiske endringer i klima basert på meteorologiske målinger i området, og presentere oppdatert lokale beregninger av hvordan klimautviklingen vil bli i dette området utover i dette århundret. Rapporten har lagt hovedvekt på forventede klimaendringer ved «høye klimagass-utslipp» (RCP8.5). Dette er valgt fordi regjeringen i Stortingsmeldingen om klimatilpasning sier at en for å være «føre var» skal legge til grunn høye alternativer fra de nasjonale klimaframskrivningene når konsekvenser av klimaendringer vurderes. Men vi har også tatt med forventede klimaendringer også ved «moderate klimagassutslipp». FNs klimapanel (IPCC) har fullført fem hovedrapporter om klimaets tilstand i verden. Kunnskapsgrunnlaget om klima har blitt vesentlig forbedret de siste tiårene. Vi vet blant annet mer om endringer av temperatur, havforsuring, smelting av is, nedbørsmønstre og naturlige variasjoner og kan bedre forutsi hvordan klimaet vil endre seg i framtiden. Den siste IPCC-rapporten viser blant annet at verden de siste tiårene har sett endrede nedbørsmønstre, og smeltende snø og is har påvirket både vannkvalitet og vanntilgang flere steder. Permafrost har tint. Havet har blitt varmere og havnivået har steget gjennomsnittlig 19 cm og er blitt surere. Det er også observert endringer i ekstremvær siden 1950, bl.a. flere episoder med ekstremtemperaturer, ekstremnedbør og ekstreme havnivåer. I rapporten «Klima i Norge 2100», som bygger på IPCCs femte hovedrapport (Hanssen-Bauer et al., 2015) gis det et oppdatert vitenskapelig grunnlag for klimatilpasning i Norge, og der både historisk og framtidig klimautvikling beskrives for landet som helhet og for ulike regioner. Norsk Klimaservicesenter har laget «Klimaprofil Akershus» (www.klimaservicesenter.no). I denne rapporten presenteres aktuelt kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning i Akershus, både for temperatur, nedbør, vind, snø, vannføring, flom, tørke og ulike skredtyper.

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse	4
Figurliste	6
Tabelliste	7
1 Generelt om vær og klima	8
1.1 Temperatur	8
1.2 Nedbør	9
1.3 Vind	14
2 Data og metoder	15
2.1 Historisk klimautvikling og dagens klima	15
3 Framtidig klimautvikling	17
3.1 Globale klimamodeller	17
3.2 Utslippsscenarier	17
3.3 Framskrivninger av klimautvikling fra til år 2100	19
3.4 Usikkerhet	21
4 Temperatur	22
4.1 Historisk temperaturutvikling	22
4.2 Framtidig temperaturutvikling	23
5 Nedbør	24
5.1 Historisk nedbørutvikling	24
5.2 Framtidig nedbørutvikling	25

6 Flom, ras og kraftig nedbør	27
6.1 Skred	27
6.2 Flom	28
6.3 Historisk utvikling av kraftig ett og to døgns nedbør	29
6.4 Kraftig nedbør i dagens klima	29
6.5 Endring i nedbørmengde på dager med bl.a. kraftig nedbør	31
Oppsummering	32
Referanser	33
Appendiks	34
Acknowledgements	35
Ordlister	36

Figurliste

Figur 1. Kart over Norge som viser normal temperatur og nedbør.	8
Figur 2. Nærmere øyesyn av temperaturen i østre deler av Indre Østlandet.	9
Figur 3. Nærmere øyesyn av nedbøren i Sør-Norge og østre deler av Indre Østlandet.	10
Figur 4. Kart og bilde av nåværende offisielle værstasjon i kommunen: 2650 Aurskog 2.	11
Figur 5. Månedlig temperaturnormal for 4 forskjellige met.stasjoner i Aurskog-Høland.	11
Figur 6. Månedlig nedbørnormal for 6 forskjellige met.stasjoner i Aurskog-Høland.	12
Figur 7. Vindrose fra Aurskog 2.	14
Figur 8. Kart over meteorologiske målestasjoner som har vært i drift i området.	16
Figur 9. Homogenisert tidsserie for årsmiddeltemperatur i °C for perioden 1972-2018.	22
Figur 10. Framtidig temperaturutvikling °C mot år 2100.	23
Figur 11. Homogenisert tidsserie for årsnedbør (mm) fra Høland (1939-2017).	24
Figur 12. Fremtidig nedbørutvikling(lav og høy verdi).	25
Figur 13. Fremtidig nedbørutvikling med 10 og 30 års middel.	26
Figur 14. Flomskred ved Naddum (1950-tallet)	27
Figur 15. Kart over området der 2 skred er merket.	28
Figur 16. Nedbør og flomhendelser i fremtiden(A.V. Dyrddal, MET).	29
Figur 17. IVF-kurve for Aurskog-Høland.	30
Figur 18. Retourverdier for 24-timers nedbør i området i mm.	31
Figur 19. Kart over Aurskog-Høland Kommune	34

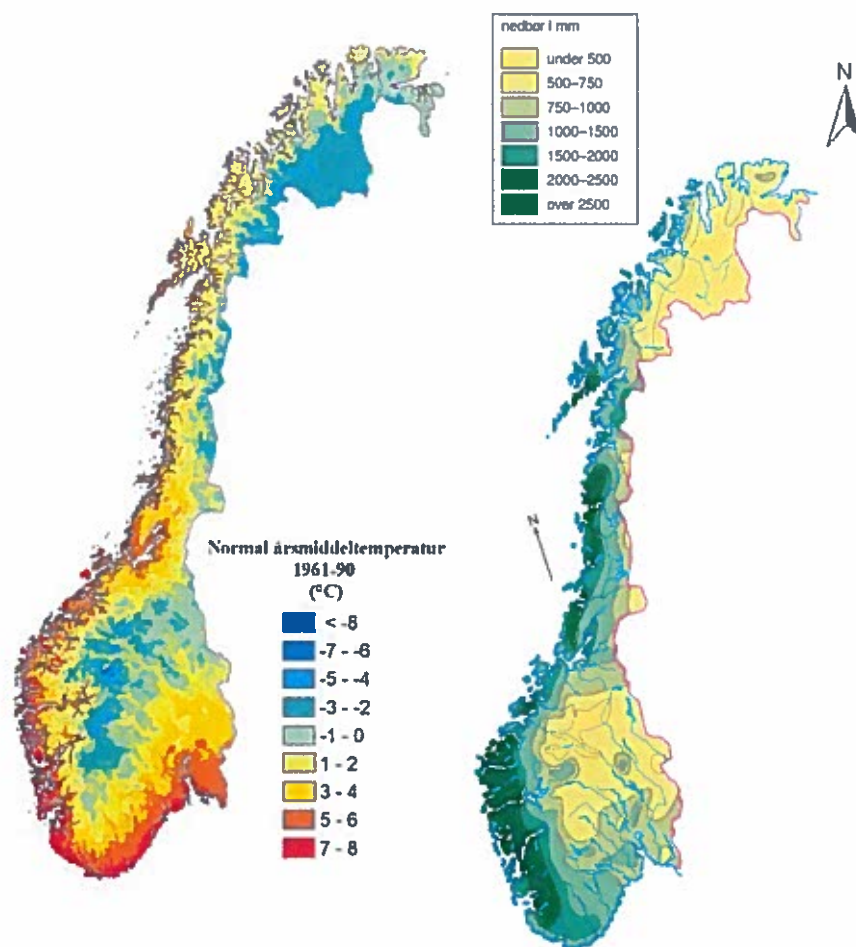
Tabelliste

Tabell 1. Temperaturnormal per måned vist i °C.	12
Tabell 2. Nedbørnormal per måned i mm.	12
Tabell 3. Oversikt over største nedbørepisoder som er målt i Aurskog-Høland fra 1931-2018.	13
Tabell 4. Oversikt over de meteorologiske stasjonene med driftstid	16
Tabell 5. Oversikt over temperaturendring og nedbørendring for fremtiden (scenario RCP 4.5)	18
Tabell 6. Oversikt over temperaturendring og nedbørendring for fremtiden (scenario RCP 8.5)	19
Tabell 7. Sammendrag av sannsynlig utvikling for fremtiden.	20

1 Generelt om vær og klima

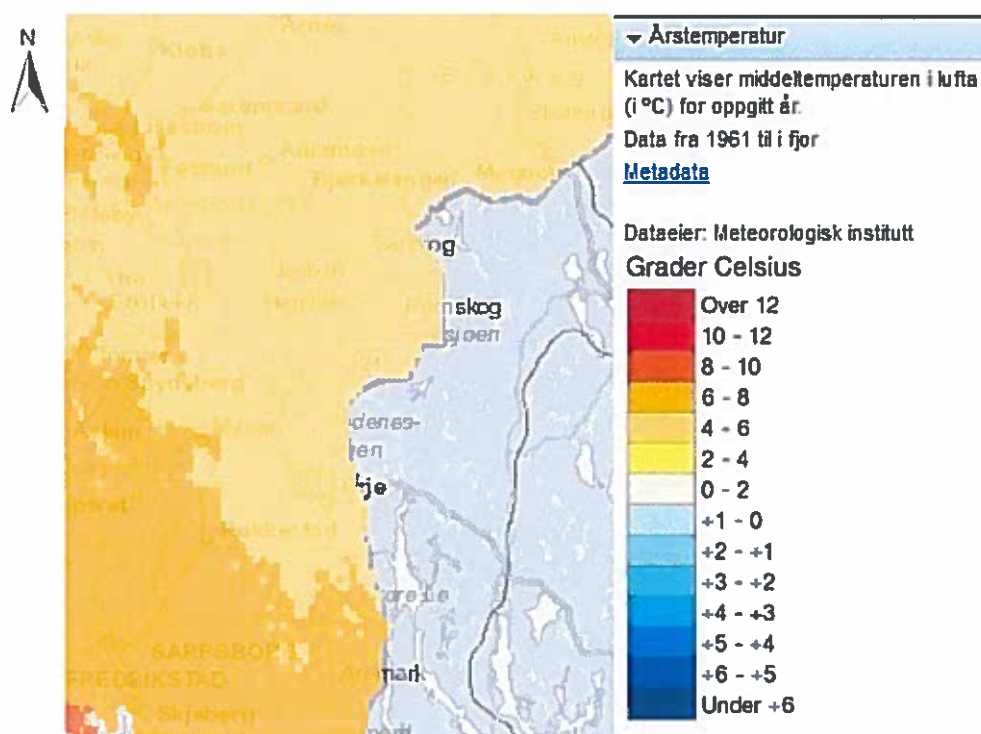
Norge ligger på samme breddegrad som Alaska og Sibir, men fordi havtemperaturene ligger 5–10 °C over andre steder på tilsvarende breddegrader, og fordi landet mottar temperert havluft med vestavindene, ligger også lufttemperaturene godt over tilsvarende breddegrader.

1.1 Temperatur



Figur 1. Kart over Norge som viser normal temperatur og nedbør.

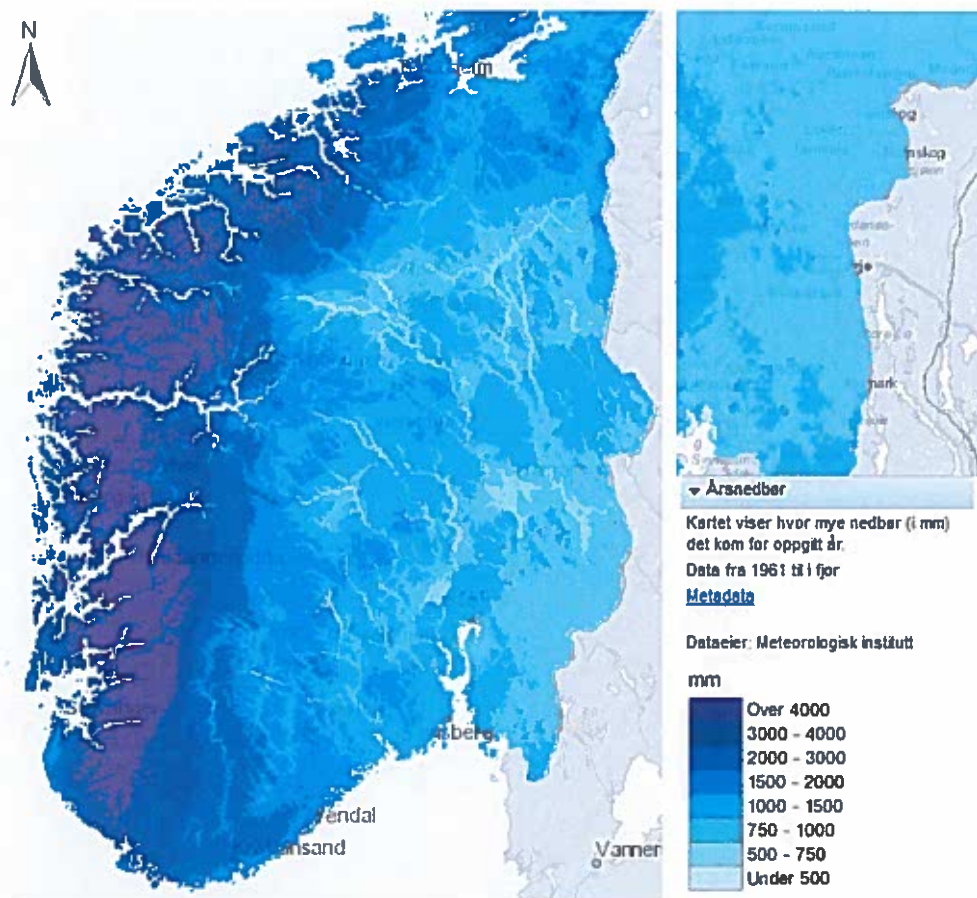
Figur 1 viser normal årsmiddeltemperatur for Norge. Aurskog Høland ligger i det sørøstre hjørnet av Norge og har ca. 3-4 °C som årsmiddeltemperatur (se figur 2). Temperaturen på vinteren kan være i gjennomsnitt på -8 °C (januar) på vinteren og over 15 °C i gjennomsnitt på sommeren (juli). Den absolutt registrerte laveste minimumstemperaturen i kommunen er -36,5 °C og ble målt 10. februar 1985. Den absolutte høyeste temperaturen ble målt 27. juli i år (2018) med 33 °C.



Figur 2. Nærmere øyesyn av temperaturen i østre deler av Indre Østlandet.

1.2 Nedbør

Årsnedbøren ligger på rundt 700 mm (figur 3). Klimaet på Østlandet har forholdsvis lite nedbør og er varmt om sommeren og kaldt med snø om vinteren. Indre Østland består av mye skog, fjell og daler og elver som også påvirker klimaet.



Figur 3. Nærmere øyesyn av nedbøren i Sør-Norge og østre deler av Indre Østlandet.

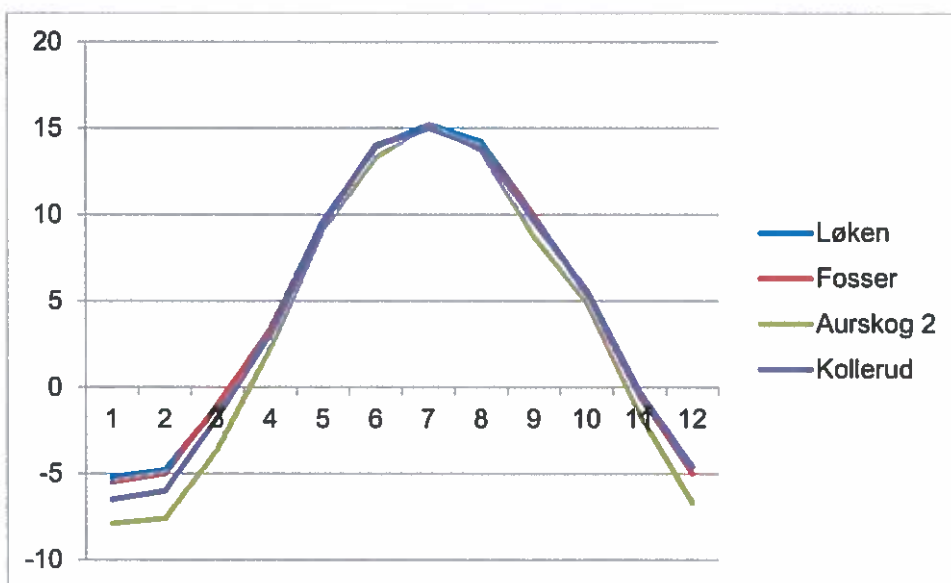
Aurskog-Høland kommune har siden 1897 hatt i tur og orden flere (i alt 7) værstasjoner eid av Det norske meteorologiske institutt med en lokal fastboende værobservatør på forskjellige steder. Det har vært flere grunner at man ville kartlegge været i dette området. Mest på grunn av jordbruksforhold, og oppfølging av Glommavassdraget, og så har det blitt tradisjon å holde været under oppsikt her som flere andre steder i landet. Målet til Meteorologisk institutt er å skape lange tidsserier av temperatur og nedbør for et sted. Slik at man kan se endringer i været. Det er ikke så stor forskjell på disse stedene som målepunktene har blitt flyttet i Aurskog-Høland, så det er mulig å sammenligne i hvert fall temperatur tilbake til 1972 og nedbør tilbake til 1939 (se figur 9 & 11).

I dag settes det opp automatiske værstasjoner, som er uavhengig av observatører og eierforhold. Kommunen kan tilrettelegge et område som blir øremerket til meteorologisk værstasjon. Det er da ønskelig at den blir stående trygt i minimum et par generasjoner. I 2007 fikk Aurskog-Høland en ny *automatisk* værstasjon. Den er kalt 2650 Aurskog II. Denne værstasjonen tok over fra den tidligere manuelt drevne værstasjonen på Fosser. Figur 4 viser kart over værstasjonens plassering i kommunen på Lierfoss i Aurskog, og et bilde av denne automatiske værstasjonen.



Figur 4. Kart og bilde av nåværende offisielle værstasjon i kommunen: 2650 Aurskog 2.

Figur 5 viser en graf over gjennomsnittet av hvordan temperaturnormaler (1961-1990) per måned er fordelt på 4 av stedene der det er målt temperatur i kommunen. Vi ser av figuren og tabell 1 at det er ikke de store forskjellene på disse stedene. Målestedet i dag (grønn linje) er noe kaldere på vinteren (des, jan, feb og mars) enn de andre stedene som er blitt målt.

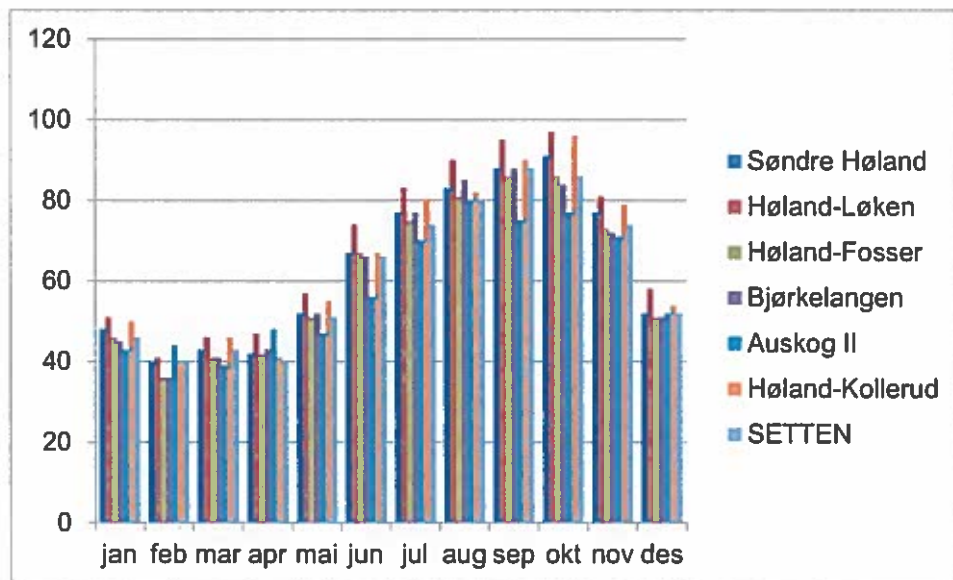


Figur 5. Månedlig temperaturnormal for 4 forskjellige met.stasjoner i Aurskog-Høland.

Tabell 1. Temperaturnormal per måned vist i °C.

Stasjon	Moh	Jan	Feb	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Des	År
Løken	134	-5,2	-4,8	-1,1	3,4	9,6	13,9	15,2	14,2	9,9	5,4	-0,5	-5,0	4,6
Fosser	152	-5,5	-5,0	-1,0	3,3	9,5	14,0	15,0	14,0	9,8	5,5	-0,5	-5,0	4,5
Aurskog2	128	-7,9	-7,6	-3,6	2,3	9,1	13,3	15,2	13,7	8,7	4,9	-1,6	-6,7	3,3
Kollerud	139	-6,5	-6,0	-1,7	3,1	9,5	14,0	15,0	13,9	9,6	5,6	-0,3	-4,6	4,3

Figur 6 og tabell 2 viser en fordeling av gjennomsnittlig nedbør (normal) per måned for 7 av de stedene det er har vært nedbørmålinger i Aurskog Høland. Vi ser f.eks. at Høland-Løken (rød) har mest årsnedbør med 820 mm pr år, mens dagens værstasjon Aurskog 2 (turkis) måler minst med 702 mm i gjennomsnitt året. De andre punktmålingene av nedbør i kommunen viser følgende tall i årsgjennomsnitt: Søndre Høland (755 mm), Fosser (735 mm), Setten (740 mm), Bjørkelangen (735 mm) og Kollerud har 780 mm.



Figur 6. Månedlig nedbørnormal for 6 forskjellige met.stasjoner i Aurskog-Høland.

Tabell 2. Nedbørnormal per måned i mm.

Stasjon	Moh	Jan	Feb	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Des	År
SøndreH.	146	48	40	43	42	52	67	77	83	88	91	77	52	760
Løken	134	51	41	46	47	57	74	83	90	95	97	81	58	820
Fosser	152	46	36	41	42	51	67	75	81	86	86	73	51	735
Bjørkelang	135	45	36	41	43	52	66	77	85	88	84	72	51	740
Aurskog2	128	43	44	39	48	47	56	70	80	75	77	71	52	702
Kollerud	139	50	40	46	41	55	67	80	82	90	96	79	54	780
Setten	174	46	40	43	40	51	66	74	80	88	86	74	52	740

Den absolutt største nedbørepisoden som er målt i Aurskog-Høland kommune er på Setten den 3. september 1988 med 71,8 mm. I tabellen under vises det de 10 største nedbørhendelsene vi kan finne igjen i Meteorologisk institutt sitt arkiv.

Tabell 3. Oversikt over største nedbørepisoder som er målt i Aurskog-Høland fra 1931-2018.

Sted	Dato	Nedbørmengde (mm)
Setten	3. september 1988	71,8 mm
Bjørkelangen	3. september 1988	70,1 mm
Setten	14. august 1994	67 mm
Bjørkelangen	1. august 1989	66 mm
Fosser	25. august 1996	61,1 mm
Søndre Høland	20. juli 1931	59 mm
Søndre Høland	21. juli 1959	51,7 mm
Søndre Høland	12. juli 1976	51,4 mm
Kollerud	27. juli 1981	50,5 mm
Aurskog 2	21. august 2008	44,6 mm

Tabell 3 viser de største nedbørepisodene i Aurskog-Høland. Tabellen er rangert i forhold til antall mm nedbør. Den nyeste episoden den 21. august 2008 er absolutt ikke en av de 10 største, men det er den største nedbørhendelsen på dagens målestasjon på Aurskog og kan si litt om hva man kan forvente seg. Det var også en stor nedbørepisode den 7. juni 2001 med 42,3 mm. Den seneste store hendelsen ble målt 2. september 2015 med 38 mm. Nedbør-episoder på over 30 mm en gang i året er allerede vanlig i området og for fremtiden mot år 2100 bør man nok ikke bli overrasket over at det kan komme nedbør på over 50 mm i løpet av et døgn (Norsk Klimaservicesenter, 2017).

1.3 Vind

Dominerende vindretning på Aurskog er fra sør, se figur 8. Figuren viser en såkalt vindrose fra Aurskog som viser både vindhastighet og dominerende vindretning. Det er sjelden sterkere vind en frisk bris (< 10,7 m/s) i dette området.

Vindrose, frekvensfordeling av vind

Vindretning deles i sektorer på 30°

Frekvensfordeling av vindhastighet i prosent %

Vindhastighet (m/s)

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

Stille (%)

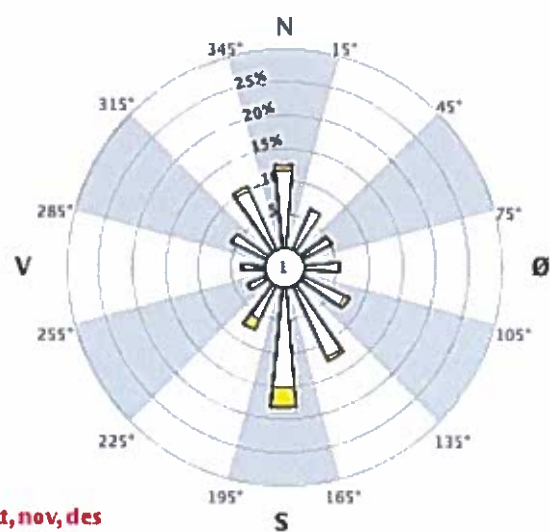


År: 2007 - 2018

jan, feb, mar, apr, mai, jun, jul, aug, sep, okt, nov, des

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

2650 AURSKOG II



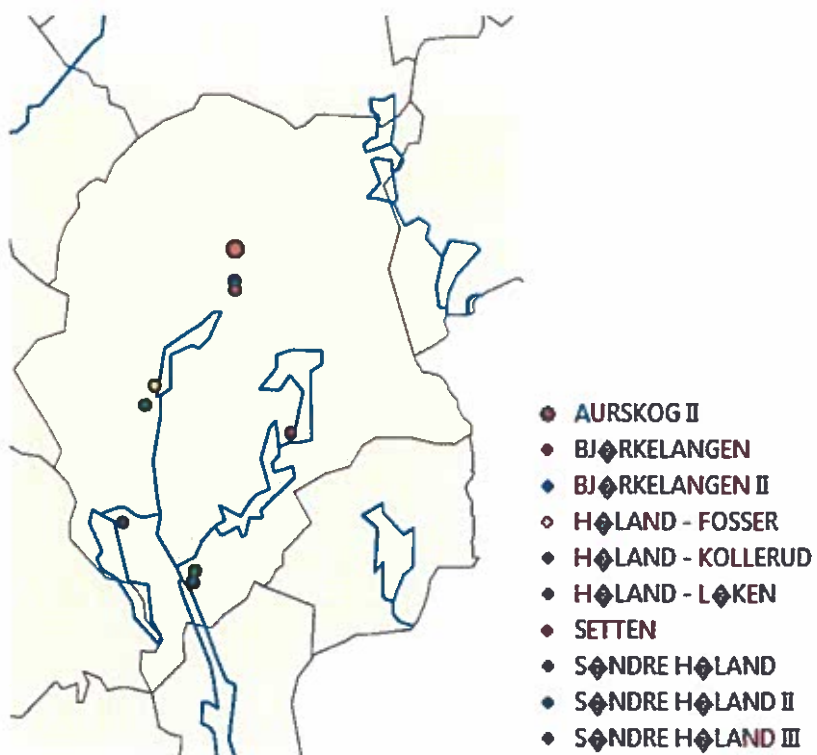
Figur 7. Vindrose fra Aurskog 2.

2 Data og metoder

Klima på et sted beskrives ofte ved hjelp av middelveier (normaler), men også ekstremverdier er en del av klimaet. Det er viktig å være klar over at det kan være store forskjeller fra år til år, både i temperatur og nedbør. Framskrivninger av temperatur og nedbør fram til år 2100 bygger på data fra globale klimamodeller.

2.1 Historisk klimautvikling og dagens klima

I denne rapporten er historiske data fra målestasjoner i området hentet fra klimadata-arkivet på Meteorologisk institutt, og fra gridda datasett. Også middelveier for den meteorologiske «standardnormalperioden 1961-1990 (normalverdier)» er hentet fra dette arkivet. Figur 8 viser målestasjoner i området. Middelveier for perioden 1971-2000, som er referanseperioden for klimaframskrivningene, er beregnet på flere måter. Noen stasjoner har måleserier i denne perioden, disse blir da brukt til å beregne middelveier. For en del stasjoner er verdier fra normalperioden 1961-1990 brukt som grunnlag, og verdier for perioden 1971-2000 er beregnet ved bruk av regionale tidsserier. Når man regner ut scenarier for fremtiden blir normalperioden «1971-2000» brukt.



Figur 8. Kart over meteorologiske målestasjoner som har vært i drift i området.

Tabell 4. Oversikt over de meteorologiske stasjonene med driftstid

Navn	I drift fra	I drift til	Hoh
SØNDRE HØLAND III	jun.51	sep.63	127
SØNDRE HØLAND II	jan.31	jul.82	132
SØNDRE HØLAND	jan 1897	okt.71	146
SETTEN	okt.82	des.01	174
HØLAND - LØKEN	okt.88	feb.91	134
HØLAND - FOSSER	okt.91	okt.07	152
BJØRKELANGEN	jan.39	jan.62	131
BJØRKELANGEN II	jan.62	jun.12	135
AURSKOG 2	nov.07		128
HØLAND - KOLLERUD	mai.72	mai.88	139

3 Framtidig klimautvikling

3.1 Globale klimamodeller

I denne rapporten er det brukt data fra klimamodeller fra et internasjonalt samarbeid, CORDEX (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment). Dette samarbeidet har som mål å samordne nedskalerte data fra regionale klimamodeller, og gjøre dem tilgjengelige for klimastudier. Alle CORDEX-modellene dekker et minimum av perioden 1970-2100.

Innen Euro-CORDEX (<http://www.euro-cordex.net/>) er globale klimamodeller nedskalert for Europa ved bruk av regionale klimamodeller med oppløsning på 12x12 km² og 50x50 km². Men på grunn av vår kompliserte topografi er bare 12x12 km² oppløsningen brukt for Norge (Hanssen-Bauer et al., 2017). For Norge har døgnlige verdier for temperatur og nedbør fra to forskjellige utslippsscenarioer (RCP4.5 og RCP8.5) for ti klimaprojeksjoner blitt postprosessert og biaskorrigert fra 12x12 km² oppløsning til et grid på 1x1 km².

Ved nedskalering av data fra de globale modellene brukes det to forskjellige metoder. En metode benytter empirisk-statistiske modeller og en annen modelltype bygger på fysisk-dynamiske modeller. Flere detaljer er presentert av Hanssen-Bauer med fler (2015) og på www.klimaservicesenter.no.

For framskrivningene i denne rapporten er døgnerverdier for temperatur og nedbør hentet fra dynamiske modeller. For temperatur inkluderes også (se figur 14) framskrivninger ved bruk av empirisk statistisk nedskalering.

3.2 Utslippsscenarioer

For å beskrive framtidige klimaendringer er globale klimamodeller kjørt med ulike utslippsscenarioer. I IPCC (2013) blir utslippsscenarioer for drivhusgasser og partikler kalt for RCP'er "Representative Concentration Pathways". I denne rapporten ser vi på to slike RCP'er, RCP4.5 og RCP8.5, det vil i rapporten omtales som moderate utslipp og høye utslipp. Beskrivelsene av disse utslippene er hentet fra Hanssen-Bauer et al., 2017.

RCP4.5 Moderate utslipp: Stabile/svakt økende utslipp til 2040, deretter reduserte utslipp

Her vil klimagasskonsentrasjonene i atmosfæren øke noe fram mot 2060, men vil stabilisere seg mot slutten av århundret. På global skala beregnes under dette scenarioriet en temperaturøkning på rundt 2,5 grader mot slutten av århundret, relativt til perioden 1850-1900. Tabell 5 & 6 er hentet fra kss.no (klimaservicesenteret).

Tabell 5. Oversikt over temperaturendring og nedbørendring for fremtiden (scenarioriet RCP 4.5)

Akershus

Utslippsscenario RCP4.5

		RCP4.5							
		2031-2060				2071-2100			
Element	År / Årstid	Middel	Median	Lav	Høy	Middel	Median	Lav	Høy
Middeltemperatur	År	1,7	1,7	1,0	2,3	2,4	2,5	1,7	3,0
Middeltemperatur	Vinter (DJF)	1,9	2,1	1,0	2,7	2,8	2,7	2,1	3,9
Middeltemperatur	Vår (MAM)	1,9	1,9	0,8	2,8	2,7	2,5	1,5	3,7
Middeltemperatur	Sommer (JJA)	1,3	1,3	0,8	1,8	1,9	1,8	1,2	2,4
Middeltemperatur	Høst (SON)	1,6	1,5	1,3	2,1	2,3	2,1	1,8	2,9
Nedbørsum	År	6	5	0	15	8	6	4	16
Nedbørsum	Vinter (DJF)	8	9	-4	18	15	15	2	27
Nedbørsum	Vår (MAM)	15	14	7	26	16	17	8	22
Nedbørsum	Sommer (JJA)	3	1	-9	20	1	1	-10	14
Nedbørsum	Høst (SON)	1	1	-6	11	6	6	-7	17
Kraftig nedbør (intensitet)	År	7	7	3	15	11	11	4	20
Kraftig nedbør (intensitet)	Vinter (DJF)	11	9	1	28	17	16	8	31
Kraftig nedbør (intensitet)	Vår (MAM)	11	9	4	22	16	19	4	26
Kraftig nedbør (intensitet)	Sommer (JJA)	9	7	-2	23	12	12	2	28
Kraftig nedbør (intensitet)	Høst (SON)	5	3	-4	19	11	8	0	34
Kraftig nedbør (hyppighet)	År	30	24	13	64	47	44	18	81
Kraftig nedbør (hyppighet)	Vinter (DJF)	62	52	1	153	111	89	47	229
Kraftig nedbør (hyppighet)	Vår (MAM)	51	42	19	101	76	78	21	124
Kraftig nedbør (hyppighet)	Sommer (JJA)	37	26	-6	105	49	36	2	122
Kraftig nedbør (hyppighet)	Høst (SON)	25	15	-17	99	52	29	1	171

Tabellen viser endring i temperatur og nedbør fra 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100. Det er gitt verdier for gjennomsnittlig (middell), median, lav og høy projeksjon for både lavt (RCP4.5) og høyt (RCP8.5) utslippsscenario. For temperatur er endringene gitt i grader Celsius, for de tre nedbørindikatorne i prosent.

RCP8.5 Høye utslipp: Kontinuerlig vekst i klimagassutslipp

Dette scenarieret kalles ofte "business as usual" fordi økningen i klimagassutslipp i stor grad følger samme utvikling som vi har hatt siste tiårene. I dette scenarieret er det svært sannsynlig at global temperaturøkning ved slutten av århundret blir mer enn 4 grader relativt til perioden 1850-1900.

Tabell 6. Oversikt over temperaturendring og nedbørendring for fremtiden (scenarieret RCP 8.5)

Akershus

Utslippsscenario RCP8.5

Element	År / Årstid	RCP8.5							
		2031-2060				2071-2100			
		Middel	Median	Lav	Høy	Middel	Median	Lav	Høy
Middeltemperatur	År	2,1	2,0	1,6	2,8	4,2	4,1	3,4	5,0
Middeltemperatur	Vinter (DJF)	2,5	2,5	1,9	3,3	4,9	4,7	4,0	6,0
Middeltemperatur	Vår (MAM)	2,3	2,3	1,7	3,1	4,4	4,4	3,3	5,6
Middeltemperatur	Sommer (JJA)	1,7	1,6	1,1	2,3	3,4	3,3	2,5	4,4
Middeltemperatur	Høst (SON)	2,1	2,1	1,1	2,7	4,0	4,0	3,2	5,0
Nedbørsum	År	8	6	4	16	15	13	9	26
Nedbørsum	Vinter (DJF)	11	13	-2	24	28	28	20	37
Nedbørsum	Vår (MAM)	16	19	4	23	27	26	14	42
Nedbørsum	Sommer (JJA)	3	1	-8	20	5	5	-15	26
Nedbørsum	Høst (SON)	5	4	-5	17	8	9	-9	22
Kraftig nedbør (intensitet)	År	10	11	6	13	20	19	12	31
Kraftig nedbør (intensitet)	Vinter (DJF)	12	9	2	22	32	31	22	50
Kraftig nedbør (intensitet)	Vår (MAM)	13	12	5	25	24	23	17	32
Kraftig nedbør (intensitet)	Sommer (JJA)	10	11	-1	22	22	23	3	39
Kraftig nedbør (intensitet)	Høst (SON)	10	8	-1	22	18	18	8	33
Kraftig nedbør (hyppighet)	År	39	41	5	64	95	85	58	158
Kraftig nedbør (hyppighet)	Vinter (DJF)	34	31	-19	95	222	205	136	342
Kraftig nedbør (hyppighet)	Vår (MAM)	22	21	-37	83	125	115	90	172
Kraftig nedbør (hyppighet)	Sommer (JJA)	49	45	16	82	87	82	11	158
Kraftig nedbør (hyppighet)	Høst (SON)	55	53	-10	129	99	80	39	199

Tabellen viser endring i temperatur og nedbør fra 1971-2000 til hhv. 2031-2060 og 2071-2100. Det er gitt verdier for gjennomsnittlig (middel), median, lav og høy projeksjon for både lavt (RCP4.5) og høyt (RCP8.5) utslippsscenario. For temperatur er endringene gitt i grader Celsius, for de tre nedbørindikatorne i prosent.

3.3 Framskrivninger av klimautvikling fra til år 2100

I resultatene for framskrivninger presenteres endring i temperatur, total nedbørmengde, antall dager med kraftig nedbør og endring i nedbørmengde på dager med kraftig nedbør.

Resultatene blir presentert i tabeller (5 & 6) og plott (figur 11) med medianverdi av alle modellene, og lav og høy verdi for de to ulike utslippsscenarioene, RCP 4.5 og RCP 8.5. Lav og høy verdi tilsvarer 10-persentil og 90-persentil av modellresultatene. Det blir presentert endringer for hver sesong og året totalt. For temperatur vises endring i middeltemperatur i grader. For nedbør vises endringen av total nedbørmengde i prosent for hele året og for hver sesong (figur 14 & 15). For antall dager med kraftig nedbør vises endringen i antall dager og endringen i nedbørmengde i prosent.

Tabell 7 viser sammendrag av forventede endringer i Oslo og Akershus fra 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer som kan ha betydning for samfunnssikkerheten. Tabellen er hentet fra klimaprofil for Oslo og Akershus (Norsk Klimaservicesenter, 2017).

Tabell 7. Sammendrag av sannsynlig utvikling for fremtiden.

ØKT SANNSYNLIGHET	
 Kraftig nedbør	Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. Dette vil også føre til mer overvann
 Regnflom	Det forventes flere og større regnflommer, og i mindre bekker og elver må man forvente en økning i flomvannføringen
 Jord- og flomskred	Økt fare som følge av økte nedbørmengder
 Stormflo	Som følge av havnivåstigning forventes stormflonivået å øke
MULIG ØKT SANNSYNLIGHET	
 Tørke	Det forventes små endringer i sommernedbør, og høyere temperaturer og økt fordampning kan derfor gi økt fare for tørke om sommeren
 Kvikkleireskred	Økt erosjon som følge av kraftig nedbør og økt flom i elver og bekker kan utløse flere kvikkleireskred
UENDRET ELLER MINDRE SANNSYNLIGHET	
 Snøsmelteflom	Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret
 Isgang	Kortere isleggings sesong. Ennå vinterisganger i innlandet, men mindre ismengder. Elvene ved kysten vil ha lite is
USIKKERT	
 Sterk vind	Trolig liten endring
 Steinsprang og steinskred	Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil kunne øke hyppigheten av disse skredtypene, men hovedsakelig for mindre steinspranghendelser

3.4 Usikkerhet

Det er usikkerhet knyttet til globale og regionale klimaframskrivninger. Hanssen-Bauer med fler (2015) har listet opp tre hovedkategorier for usikkerheter:

- Usikkerhet knyttet til framtidige menneskeskapte utslipp
- Usikkerhet knyttet til naturlige variasjoner (f.eks. vulkaner og forandring i solinnstråling)
- Modellusikkerhet (f. eks usikkerhet knyttet til manglende forståelse av klimasystemet, begrenset regnekapasitet osv.)

Det er også usikkerhet i nedskalering og postprosessering av data fra globale modeller til data på et mye finere grid. Det er derfor viktig å se på de ulike simuleringene og de to utslippsscenariene for å få et bilde på en mulig framtid. I denne rapporten vil vi se på median/middelverdier av framskrivningene, men også presentere høye og lave beregninger for å gi et bilde på usikkerheten.

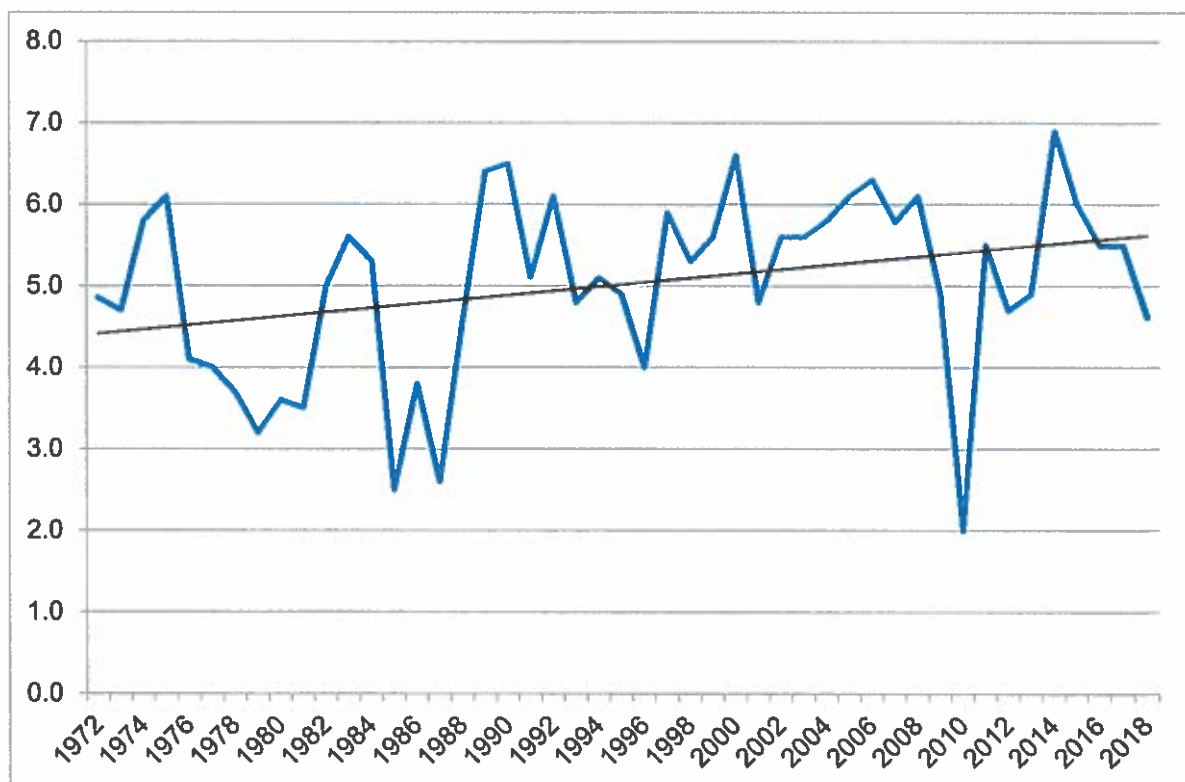
4 Temperatur

4.1 Historisk temperaturutvikling

Temperaturutviklingen i området viser en generell økning i middeltemperatur de siste 46 årene. Figur 10 viser temperaturutviklingen ved de meteorologiske målingene på Høland og Aurskog. Dette er en homogenisert tidsserie (se ordliste). Da er hull i tidsserien «fylt igjen» ved hjelp av målinger fra værstasjoner i nærheten. Den er også justert for endringer som skyldes flytting av målested, skifte av instrumenter eller målemetodikk, e.l. Figuren viser at temperaturen stiger i området etter ca. 1990. Gjennomsnittlig temperatur (5,0 °C) for hele perioden 1972-2018. Vi ser at temperaturøkningen på disse nesten 50 årene har vært ca. 1 °C.

Kalde år: 2010 (2,0 °C), 1985, 1987, 1979 og 1981.

Varme år: 2014 (6,9 °C), 2000, 1990, 1989 og 2006.

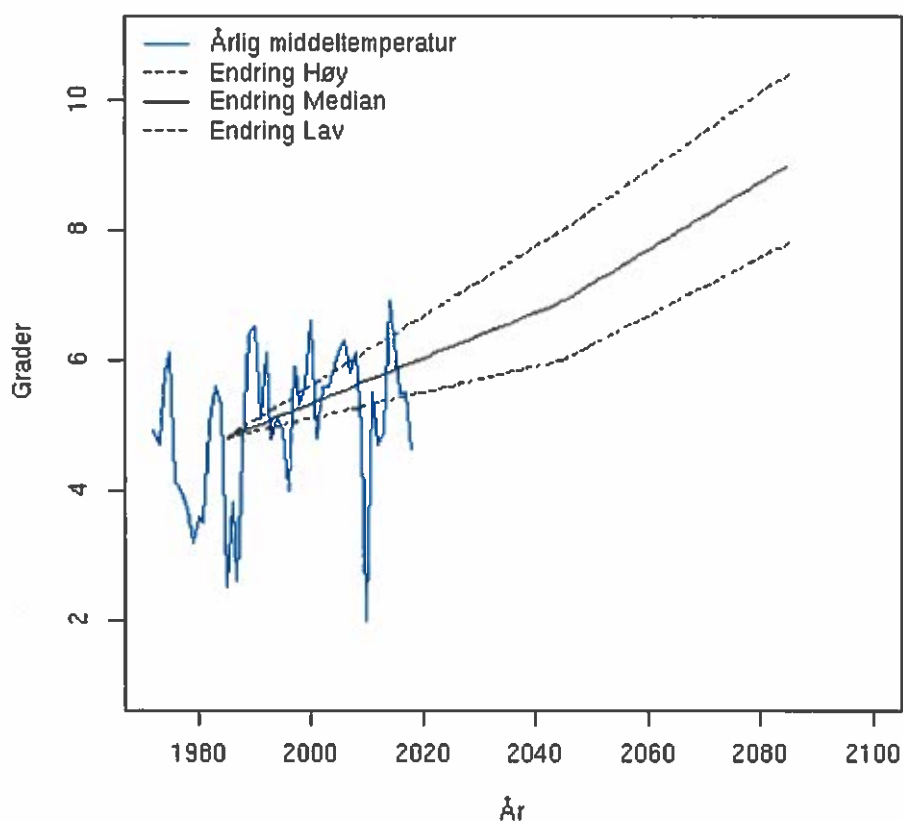


Figur 9. Homogenisert tidsserie for årsmiddeltemperatur i °C for perioden 1972-2018.

4.2 Framtidig temperaturutvikling

Framskrivningene av årsmiddeltemperatur for området fra 1971-2000 til 2031-2060 viser en økning på 1,5 °C for moderate klimagassutslipp (RCP4.5) og 2 °C ved høye utslipp (RCP8.5). Framskrivningene fram til 2071-2100 viser en økning på 2,3 °C for moderate klimagassutslipp og 3,9 °C ved høye utslipp. Midterste svarte linje viser et gjennomsnitt av disse (se figur 10).

Høland middeltemperatur år



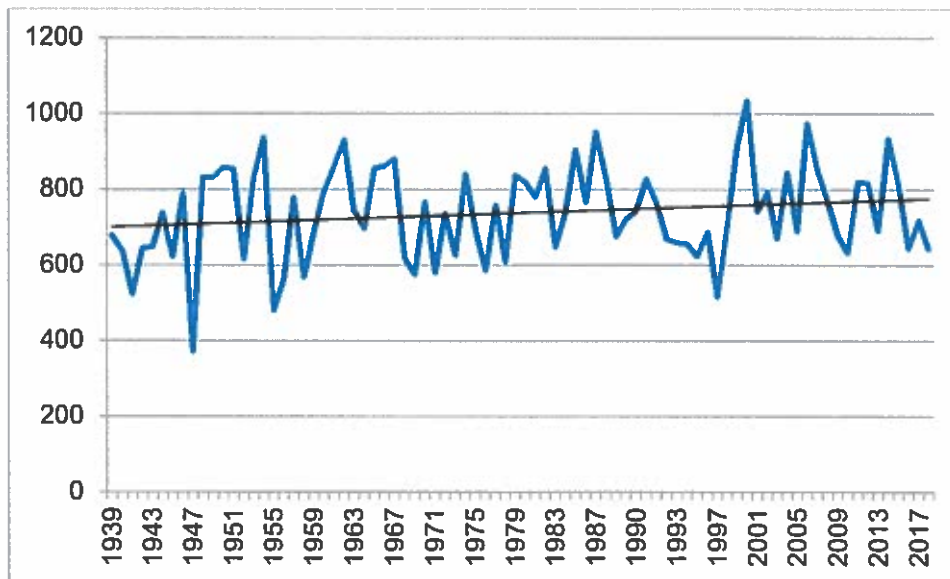
Figur 10. Framtidig temperaturutvikling °C mot år 2100.

Gjennomsnittlig årstemperatur i Akershus er beregnet å øke med 4,0 °C. Den største temperaturøkningen beregnes for vinter og vår, ca. 4,5 °C, mens sommertemperaturen er beregnet å øke med ca. 3,5 °C. Vekstsesongen kan øke med ca. 2 måneder. Vinterstid vil dagene med svært lav temperatur bli sjeldnere. Temperaturendringene forventes ikke i seg selv å få vesentlige konsekvenser for den kommunale planleggingen, men de kan gi effekter i kombinasjon med endringer i andre klimaelementer, for eksempel nedbør.

5 Nedbør

5.1 Historisk nedbørutvikling

Tidsutviklingen av nedbør i området er blitt analysert på flere måter. Det er dessverre få målestasjoner med lange måleserier av nedbør i området, så vi har også benyttet estimert nedbør for Høland hentet fra et gridda datasett med oppløsning 1x1 km (Tveito, 2018). Figur 12 ~~Feil! Fant ikke referansekilden.~~ viser nedbørutviklingen 1939-2017 ved den meteorologiske værstasjonen på Aurskog og Høland. Tidsserien er også homogenisert så den justert for flyttinger. Vi ser at nedbøren øker i området gjennom perioden. Gjennomsnittlig nedbør (738 mm) for hele måleperioden 1939-2017, mens normal nedbør er 702 mm. Gjennomsnittlig nedbør siden 1991 (neste normalperiode) er 747 mm pr år.



Figur 11. Homogenisert tidsserie for årsnedbør (mm) fra Høland (1939-2017).

Vi ser av figuren at nedbøren har økt i perioden 1939-2017, men at det innimellom har vært noen vesentlig tørrere og/eller våtere år enn gjennomsnittet.

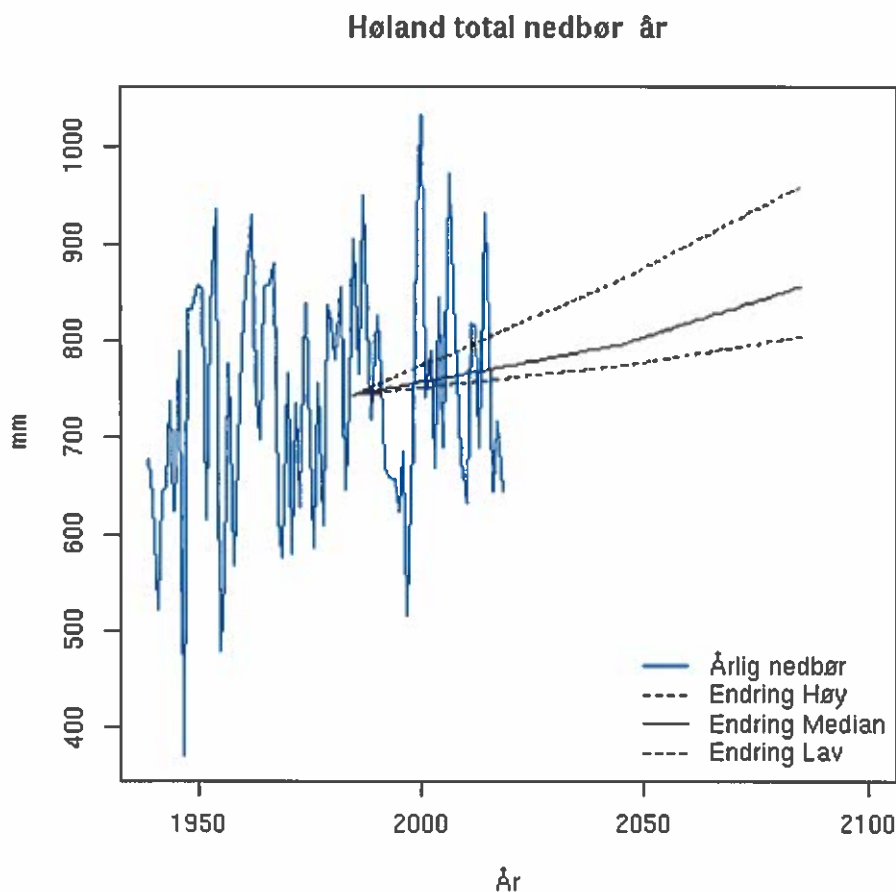
Tørreste år: 1947 (372 mm), 1955, 1997, 1941 og 1956.

Våtteste år: 2000 (1033 mm), 2006, 1987, 1954, 1962.

5.2 Framtidig nedbørutvikling

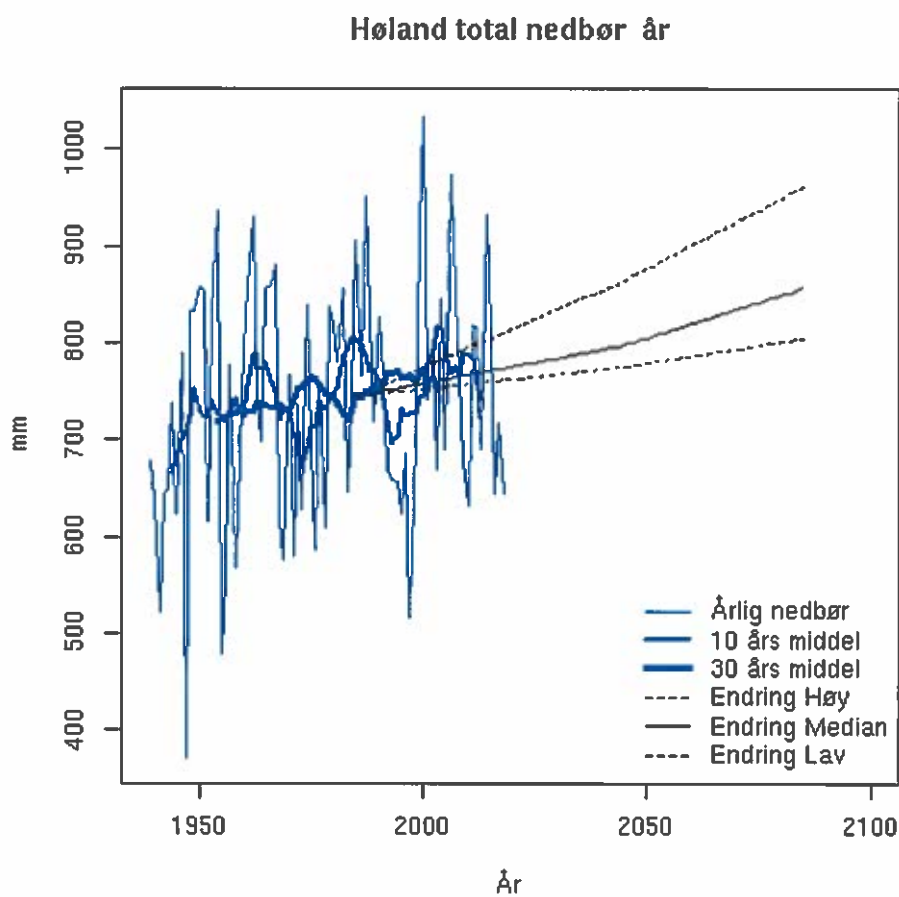
Framskrivningene av total nedbørmengde fra 1971-2000 til 2031-2060 viser for Indre Østlandet en økning på 5 % for moderate klimagass-utslipp (RCP4.5) og 8 % ved høye utslipp (RCP8.5) (Hanssen-Bauer m. fl. (2015). Framskrivningene fram til 2071-2100 viser en økning på 6 % for moderate klimagass-utslipp (RCP4.5) og 12 % ved høye utslipp (RCP8.5). Endringen er presentert i mm i figur 12.

Observasjonene fra 1971-2000 viser at i dagens klima er det mest nedbør i vinter og høstsesongen. Framskrivningene utover dette århundret viser at nedbøren er ventet å øke i mengde for alle årstider; - med størst økning i prosent for sommeren og våren. For begge utslippsscenarioene er det størst usikkerhet i beregningene for vintersesongen.



Figur 12. Fremtidig nedbørutvikling(lav og høy verdi).

Figur 13 viser den samme utvikling som figur 12, men her er det også lagt inn en 10- og 30 års middel bakover i tid.



Figur 13. Fremtidig nedbørutvikling med 10 og 30 års middel.

6 Flom, ras og kraftig nedbør

6.1 Skred

Det har ikke vært store skred som man vet om (pers. komm. Østreng). Det er to mindre skred man kjenner godt til: Ett ved Nedre Naddum (ved Hølandselva) på 1950-tallet (se bilde, figur 14) og ett bare rundt en km unna nærmere Løken sentrum (ved en mindre elv/bekk fra Hølandselva som renner sørvestover).

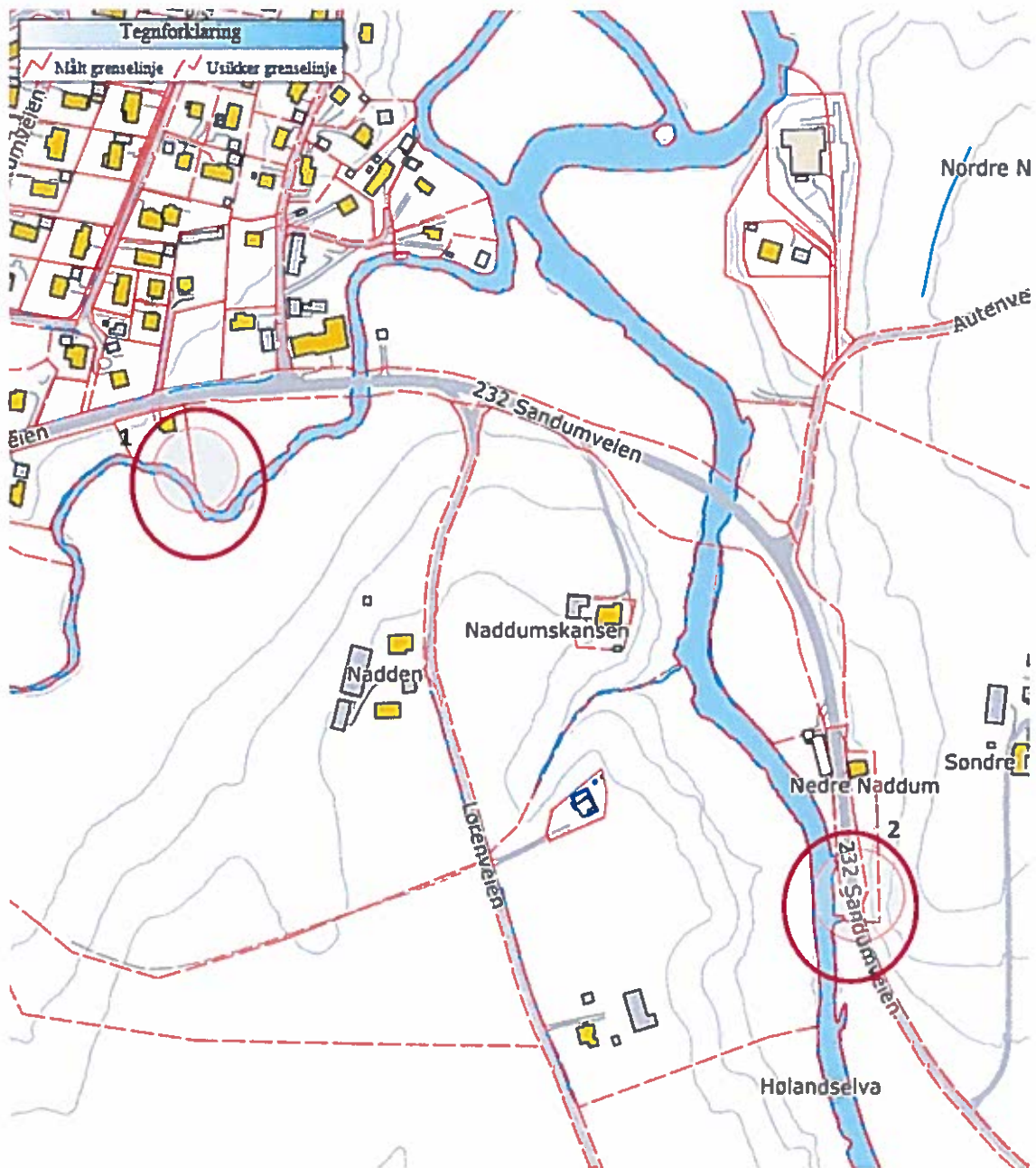


Figur 14. Flomskred ved Naddum (1950-tallet)

Se vedlagte kartutsnitt (figur 15), der begge plassene er merket med sirkel.

Skred:

1. Løken sentrum
2. Nedre Naddum (Hølandselva)



Figur 15. Kart over området der 2 skred er merket.

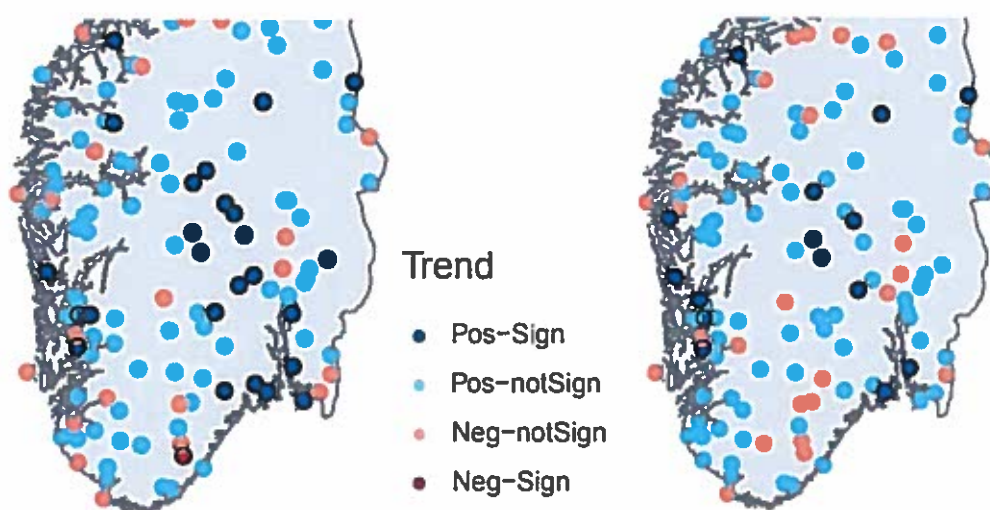
6.2 Flom

Det har blitt gjort noen undersøkelser hva angår flom i kommunen. Det ble gjort befaringer og intervjuer med gårdbrukere for å avdekke i forhold til jordbruksareal og flom. Det har forøvrig vært mye flom mange steder i vassdraget, både ved hovedstrengen og i sideelver/-bekker. Noe kan naturlig forklares ved at Haldenvassdraget har så lite fall hele veien fra Høland i nord til Halden i sør. Det har vært antydninger om at selve reguleringen av vassdraget har forårsaket flom. NIVA har laget en flomberegningmodell for hovedvassdraget (2004), på oppdrag fra

Vannområde Haldenvassdraget, som viser at bl.a. reguleringen av vassdraget ikke er årsak til flom. Senkning av Bjørkelangsjøen (på 1940-tallet) med hensikt å øke jordbruksarealet i området kan være en av årsakene til flom. Det er steder langs hovedstrengen og sidevassdragene som hvert eneste år er flomutsatt og er gjenstand for mer eller mindre oversvømmelse. En registrering/kartfesting er ikke gjort systematisk etter den befaringen og registreringen som ble gjort på åtti-tallet en gang (NIVA, 2004 og pers.komm. Østreng).

6.3 Historisk utvikling av kraftig ett og to døgns nedbør

Utvikling av kraftig ett- og to-døgns nedbør er presentert i figur 17. Her er det brukt data fra nedbør i nedbørdøgnet, det vil si 24 timers nedbør målt hver morgen. Kartene viser stasjoner i Sør-Norge med signifikant økning i ett/to døgns nedbør (positiv trend), signifikant nedgang i ett/to døgns nedbør (negativ trend), og ikke signifikante endringer. Det fremgår at for de fleste målestasjonene på Indre Østlandet har det vært en økning i kraftig 1- og 2-døgns nedbør. Figur 16 viser beregnede trender i maksimal ett- (venstre) og to (høyre) døgns nedbør for hele året fra 1968 til 2017. Signifikante trender er ved 5 % signifikansnivå.



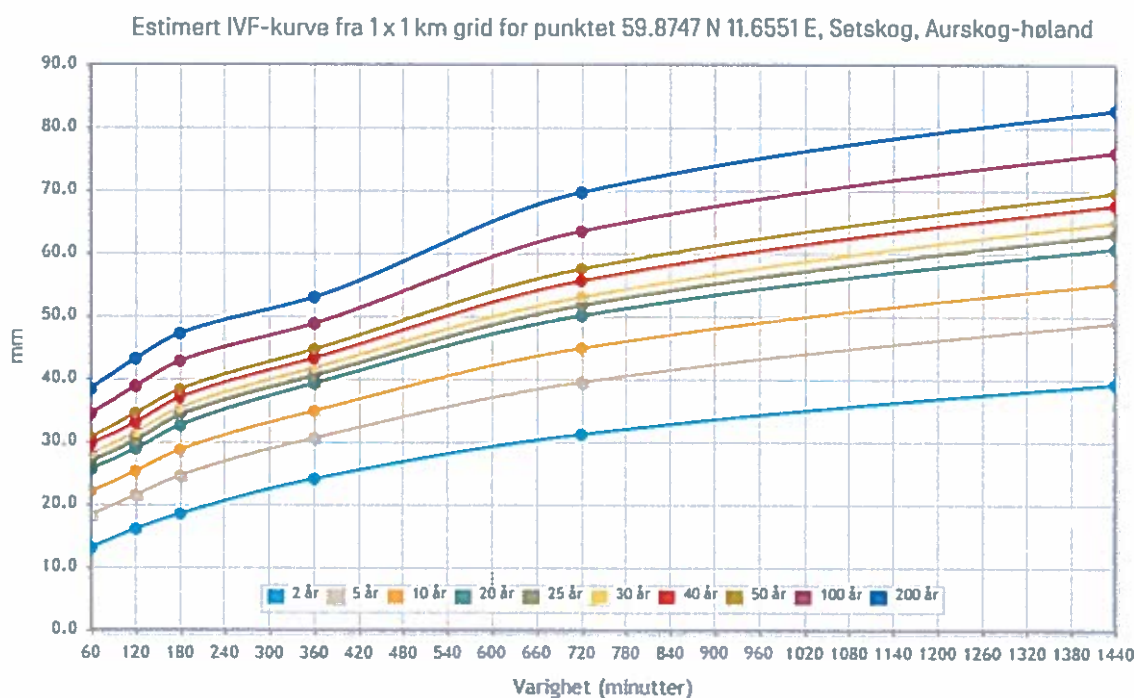
Figur 16. Nedbør og flomhendelser i fremtiden(A.V. Dyrddal, MET).

6.4 Kraftig nedbør i dagens klima

For å dimensjonere riktig trengs oppdaterte data om korttidsnedbør. Dagens og framtidens intensitet-, varighet- og frekvens-verdier, såkalt IVF-statistikk, må legges til grunn. IVF-statistikk angir hvilken nedbørintensitet man må forvente for ulike varigheter og for ulike returperioder.

For dimensjoneringsformål og for å vurdere «sjeldenhet» brukes ofte begrepene «returperiode» eller «gjentaksintervall». Dette er verdier som i løpet av en lang tidsperiode i gjennomsnitt overskrides én gang i løpet av f.eks.100 år («Hundreårsverdi»). Vi har i denne rapporten i hovedsak konsentrert oss om nedbør i løpet 24-72 timer. For små nedbørfelt og urbane områder kan også kraftig nedbør i løpet av kortere tidsrom forårsake overvann. For dimensjonering av overvann i slike områder har MET utarbeidet såkalte IVF-kurver (Intensitet-Varighet-Frekvens). Fra disse kurvene kan man se hvor mye nedbør som kan komme for ulike tidsintervall for ulike returperioder. Slike IVF-kurver foreligger for målestasjoner som registrerer korttidsnedbør, men også med mulighet for å hente ut estimat for vilkårlige steder i fastlands-Norge. Dette verktøyet er tilgjengelig på www.klimaservicesenter.no.

Når det kommer mye regn i løpet av en kort tidsperiode oppstår det oppstuinger på ledningsnett. Det gir risiko for overvannsflom og kjelleroversvømmelser. Dimensjonering av overvannsystemer må ta hensyn til både nedbørintensitet og returperiode. I områder med lavt skadepotensial kan man velge å dimensjonere ut fra en kortere returperiode enn i områder med høyt skadepotensial. Figur 16 viser en IVF-kurve fra Aurskog – Høland. Man leser figuren på den måten at det regner f.eks. 40 mm på en time. Det regnes da som et 200-års fenomen og kan betraktes som svært sjelden (klimaservicesenter.no).



Figur 17. IVF-kurve for Aurskog-Høland.

Oppsummering

I denne rapporten beskrives historiske endringer av klima i området for både temperatur og nedbør de siste 100-150 årene. For nedbør er både total nedbørmengde og kraftig nedbør presentert. Opp i gjennom årene har dette området vært utsatt for en rekke skadevoldende skred og flommer som er forårsaket av kraftig nedbør. Noen av disse hendelser er presentert i rapporten. For å få et innblikk i hvordan klima endrer seg i området utover i dette århundret, er lokale beregninger av framskrivninger av temperatur og nedbør presentert. En oppsummering av de historiske klimaendringene og framskrivningene utover i dette århundret er presentert under.

Temperatur

- I løpet av 50 år med temperaturmålinger i Aurskog-Høland har årsmiddeltemperaturen økt med ca. 0,8 °C. Økningen er størst om våren.
- Framskrivningene av årsmiddeltemperatur for området til midten av århundret viser en økning på 1,5 °C ved moderate klimagassutslipp og 2 °C ved høye utslipp.

Nedbør

- Nedbørutviklingen i området viser en generell økning i total nedbør de siste 100-150 årene.
- For Aurskog-Høland har årsnedbøren siden år 1900 økt med over 20 %, og med størst økning om høsten og minst om sommeren.

Kraftig nedbør

- De fleste målestasjonene i Akershus viser en økning i kraftig 1- og 2-døgns nedbør i årene 1968-2017.
- Framskrivninger for antall dager med kraftig nedbør i området fram til midten av århundret viser en økning på 20-50 % for året totalt, og 40-90 % til slutten av århundret.

Ras og flom

- Flommer i Glomma-vassdraget skyldes oftest mildvær og regn utover sensommer og høst.

Referanser

Dyrddal, Anita Verpe, 2018: Beregnede trender i maksimal ett- og to døgns nedbør for hele året fra 1968 til 2017. Meteorologisk institutt.

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 and B.Ådlandsvik, 2015: Klima i Norge 2100 – Kunnskapsgrunnlag for Klimatilpasning, oppdatert i 2015. (In English: Climate in Norway 2100 – Knowledge base for climate adaptation, updated in 2015). *NCCS report no. 2/2015* - klimaservicesenter.no

NIVA, 2004: Karakterisering – Haldenvassdraget med utenforliggende fjordområder. *Rapport Lnr. 4785 – 2004*.

Norges offentlige utredninger, 1996: Tiltak mot flom. *NOU: 16*

Norsk Klimaservicesenter, 2017: Klimaprofil Oslo og Akershus. *NCCS rapport* - klimaservicesenter.no

Roald, Lars. A. 2013: *Flom i Norge. (NVE-rapport 56, 2013)*. Tom & Tom 2013.

Tveito, O.E., 2018: Griddet (1x1 km) datasett med månedsverdier (anomalier) for perioden 1901-2017. Meteorologisk institutt (Pers.Komm.).

Appendiks



Figur 19. Kart over Aurskog-Høland Kommune

Acknowledgements

Det var veldig hyggelig å bli kontaktet av deg Ole Christian Østreng i Aurskog-Høland kommune om å lage en slik klimarapport for kommunen. Tusen takk for hjelp med framskrivningene Anne-Solveig Håvelsrud Andersen og tusen takk for gjennomlesing Hans Olav Hygen.

Ordliste

Homogenisert klimatologisk tidsserie: vil si at over tid vil observasjoner fra et visst sted påvirkes av flyttinger, instrumentering eller endringer i målerutiner og endringer i vegetasjon og bygninger rundt målestasjonen. For at observasjonene skal gi et korrekt bilde av eventuelle klimaforandringer kreves det at data er gransket og korrigert for feil og eventuelle inhomogeniteter. Dersom en tidsserie er homogen, betyr det at variasjonen i tidsserien kun kommer av variasjoner i vær og klima. Da kan vi også snakke om: Klimaet har endret seg....

IVF-kurve: er en Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF-verdier) av nedbør fra meteorologiske målestasjoner. For å dimensjonere riktig trengs oppdaterte data om korttidsnedbør. Dagens og framtidens intensitet-, varighet- og frekvens-verdier, såkalt IVF-statistikk, må legges til grunn. IVF-statistikk angir hvilken nedbørintensitet man må forvente for ulike varigheter og for ulike returperioder. IVF framstilles både som tabeller og kurver. Meteorologisk institutt samarbeider med Statens veivesen, Jernbaneverket, NVE og en rekke kommuner om innsamling og kvalitetskontroll av korttidsnedbørdata. Når Meteorologisk institutt har tilstrekkelig lange tidsserier, minst ti år, utarbeides IVF-statistikk som gjøres tilgjengelig på eklima.no.

Normal: Med dette menes gjennomsnittsvær over en periode på tredve år. Normalperioden i dag er fra 1961 til 1990. Neste normalperiode vil være fra 1991-2020.