



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Klimaendringenes påvirkning på landbruket i Norge innenfor ulike klimasoner

NIBIO RAPPORT | VOL. 4 | NR. 75 | 2018



Eivind Uleberg og Sigridur Dalmannsdottir

Divisjon for matproduksjon og samfunn /Frukt og grønt, Fôr og husdyr

TITTEL/TITLE

Klimaendringenes påvirkning på landbruket i Norge innenfor ulike klimasoner

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Eivind Uleberg og Sigridur Dalmannsdottir

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
12.06.2018	4/75/2018	Åpen	10981	17/03107
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02121-6	2464-1162	43		

OPPDRAAGSGIVER/EMPLOYER:

Fylkesmannen i Troms

Fylkesmannen i Buskerud

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Eivind Uleberg

STIKKORD/KEYWORDS:

Klimaendring, klimasoner, landbruk

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Landbruk

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Klimaendringer vil ha stor påvirkning på fremtidig landbruksproduksjon i Norge og tilpasning vil være nødvendig både for å utnytte muligheter og håndtere utfordringer som følger av det nye klimaet. Klimaprojeksjoner fram mot slutten av dette århundret viser at klimaet kan endres betydelig, men det er fortsatt stor usikkerhet rundt nivået på disse endringene. Det er likevel slik at mange aktuelle tilpasninger i landbrukssektoren vil ha positiv effekt uavhengig av klimaendringene. I landbruket brukes 6 agroklimatiske klimasoner for å beskrive dyrkingsforholdene i de forskjellige delene av landet. De beste sonene finnes i hovedsak på Østlandet, Sør-Vestlandet og i Trøndelag og samsvarer i stor grad med korndyrkingsområdene. I Buskerud er 75 % av dagens dyrka arealer innenfor de to beste klimasonene og dette gjenspeiles i en variert jordbruksproduksjon innen fylket, med mye korn, grønnsaker, frukt og bær. I Troms finnes det dyrka arealet innen sonene 4 og 5 og brukes i all hovedsak til produksjon av grovfôr. Forskjellene i produksjoner innebærer også noe forskjeller i sårbarhet for forskjellige klimaeffekter. For Buskerud vil handtering av overflatevann være viktig fremover. Flom og ekstreme nedbørshendelser vil ha stor potensiell skadeeffekt på arealer med ettårige vekster. For Troms vil særlig vinteroverlevelse av fôrvekster kunne bli et viktig tema fremover. Felles for fylkene er behovet for fokus på overvåking av flom og skred samt behov for oppgradering av hydrotekniske løsninger.



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

LAND/COUNTRY: Norge
FYLKE/COUNTY: Troms
KOMMUNE/MUNICIPALITY: Tromsø
STED/LOKALITET: Holt

GODKJENT /APPROVED



INGER MARTINUSSEN

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



EIVIND ULEBERG



Forord

Utredningsarbeidet i denne rapporten er gjort på oppdrag for Fylkesmannen i Troms og Fylkesmannen i Buskerud, og er tilknyttet prosjektet «Klimatilpasning i landbruket».

Rapporten tar utgangspunkt i ulike klimasoner og sammenstiller eksisterende kunnskap om klimaeffekter og deres påvirkning på landbruket innenfor ulike klimasoner. Sammenstillingen er basert både på dagens klimabilde og klimaframskrivninger. Rapporten gir en framstilling av den geografiske utbredelsen av klimasoner (på landsbasis) og oppsummerer forventede klimaendringer på kortere og lengre sikt og hvordan disse klimaendringene vil kunne påvirke landbruket i Troms og Buskerud fylker. Avslutningsvis er de viktigste likheter og forskjeller i forhold til klimaendringenes påvirkning av landbrukssektoren i Troms og Buskerud fylker oppsummert.

Arbeidet med rapporten er hovedsakelig utført av de to forfatterne, Eivind Uleberg (Nibio Divisjon for matproduksjon og samfunn, Avdeling frukt og grønt) og Sigridur Dalmannsdottir (Nibio Divisjon for matproduksjon og samfunn, Avdeling fôr og husdyr). I tillegg har Finn-Arne Haugen (Nibio Divisjon for kart og statistikk, Avdeling arealundersøkelser) bidratt med å utvikle kartmateriale til rapporten. Forfatterne ønsker å takke Lillian Øygarden (Nibio Divisjon for miljø og naturressurser, Avdeling vannressurser og hydrologi) for gjennomlesning og innspill til rapporten.

Tromsø, 12.06.18

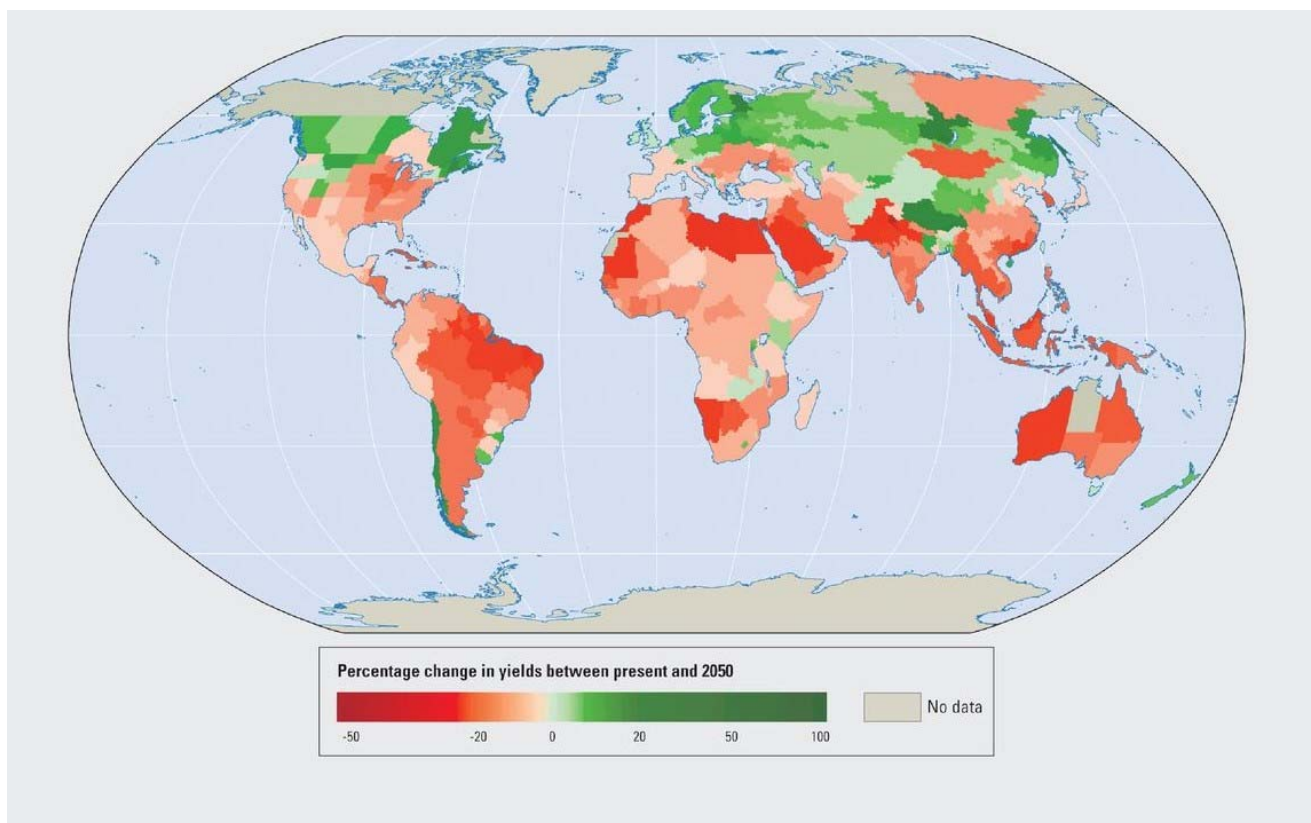
Eivind Uleberg

Innhold

1	Innledning.....	6
2	Klima og klimaendringer i Norge	8
2.1	Oversikt over forventede klimaendringer frem mot 2100	8
2.1.1	Dagens trend.....	8
2.1.2	Klima i fremtiden – projeksjoner frem mot 2031-2060	10
2.1.3	Klima i fremtiden – projeksjoner frem mot 2071-2100	11
2.2	Viktige klimatiske faktorer i landbruket	12
2.3	Oversikt over klimasoner i Norge	14
2.4	Oversikt over de viktigste forventede endringene i klimasonene frem mot 2100.....	17
3	Hvordan vil klimaendringene påvirke landbruket i på kortere og lengre sikt.....	19
3.1	Muligheter (eks. forlenget vekstsesong, økt vekstpotensial, nye sorter og arter) og hvilke forventede effekter dette vil ha på driftsopplegg, naturressurser og arealbruk	19
3.1.1	Skogbruk.....	19
3.1.2	Jordbruk	19
3.2	Utfordringer (eks. økt nedbør, økt ekstremvær, avrenning, flom, tørke, stormflo, mer ustabile vintre) og hvilke forventede effekter dette vil ha på driftsopplegg, naturressurser og arealbruk	20
3.2.1	Skogbruk.....	20
3.2.2	Jordbruk	21
3.3	Klimatilpasninger	23
3.3.1	Næringsmessige tilpasninger	24
3.3.2	Forvaltningsmessige tilpasninger	25
4	Hvordan vil de forventede klimaendringene påvirke landbruket i Troms og Buskerud fylker.....	31
4.1	Beskrivelse av fylkene.....	31
4.2	Forventede effekter av klimaendringer i Buskerud og Troms –muligheter, utfordringer og tilpasninger.....	34
4.3	Forvaltningsmessig fremtidssyn i Buskerud og Troms	37
5	Oppsummering – anbefalinger, forskningsbehov, kunnskapshull	39
	Litteraturreferanse	41

1 Innledning

Klimaendringene som er beregnet for dette århundret vil globalt sett ha veldig stor betydning for verdens landbruksproduksjon, i likhet med mange andre sektorer. For store deler av dagens viktigste landbruksområder vil klimaendringene redusere mulighetene til matproduksjon. Lenger nord vil effektene av endringene være mindre og i mange områder også øke mulighetene for matproduksjon. Samlet sett kan dette bety at nordlig matproduksjon får større relativ betydning for fremtiden (Fig. 1) og at det blir mer og mer viktig å ta vare på produksjonsgrunlaget i Norge, også i en global sammenheng.



Figur 1. Simulerte endringer (%) for landbruksproduksjon fra nå til 2050, basert på simulerte avlinger av 11 forskjellige landbruksvekster. Fra World Bank Publishers.

Dagens kunnskap om pågående og forventede klimaendringer i Norge er oppsummert i rapporten «Klima i Norge 2100» (Hanssen-Bauer m.fl. 2015), og denne rapporten er brukt som utgangspunkt for å gi en beskrivelse av hva vi forventer av fremtidens klima.

Hovedeffektene av klimaendringer i Norge er høyere temperatur og økt nedbør. For landbruket medfører det utfordringer og muligheter med tilpasning til et endret klima. Klimatilpasset landbruk betyr at det er i stand til å begrense eller unngå ulemper som følge av klimaet og å dra nytte av de fordeler klimaendringene gir.

Som naturbasert næring er landbruket naturlig nok sterkt påvirket av klimaet, og et endret klima vil ha store effekter på landbruksproduksjonene. I de siste årene har forskningen hatt mest fokus på å kartlegge klimagassutslipp fra landbruksproduksjon og tiltak for å redusere disse. Mindre fokus har vært på hvordan landbruksproduksjonen kan tilpasses klimaendringene og hvilke tiltak som må til, der er vi kun i startfasen. I denne rapporten baserer vi vårt bidrag på tilgjengelige rapporter på temaet,

bl.a. rapporten «Landbruk og klimaendringer – Rapport fra arbeidsgruppe» (Hohle m.fl. 2016) som sammenfatter en del av de mulighetene og utfordringene som er viktige for Norge. Vi vet mindre om hvordan et endret klima vil påvirke landbruket lokalt innenfor forskjellige klimasoner, regioner eller mindre geografiske områder, som fylker eller kommuner, men det finnes noen eksempler på dette, som eksempelvis for Nord-Norge (Kvalvik m.fl. 2011 og Uleberg m.fl. 2013) og Vestlandet (Øpstad m.fl. 2016).

I denne rapporten brukes både klimasoner og geografi som utgangspunkt for å beskrive effekter av klimaendringer på landbruket. Fordelene med å bruke klimasoner som utgangspunkt for sammenligning av effekter er at disse i utgangspunktet da vil ha overføringsverdi til andre områder innenfor samme klimasoner i andre deler av landet. Dette forutsetter likevel at områdene innenfor samme klimasoner har sammenlignbare forhold, noe som ikke alltid nødvendigvis er tilfellet, da dette er avhengig av hvilke kriterier som ligger til grunn for soneinndelingen. I noen sammenhenger er det hensiktsmessig å bruke geografiske enheter, som fylker og kommuner, for å vurdere effekter på landbruket. Dette fordi forhold som eksempelvis daglengde varierer mye fra nord til sør i Norge, og effekter som er knyttet til dette vil derfor ha forskjellige utslag i sør og nord, selv om områdene i utgangspunktet kan være klassifisert innen samme sone.

I denne rapporten vil vi sammenfatte dagens kunnskapsstatus innenfor området landbruk og klimaendringer og samtidig relatere denne kunnskapen mer spesifikt mot klimasoner. Vi vil videre relatere dette til fylkene Buskerud og Troms og på deler også til utvalgte referansekommuner innenfor fylkene. Referansekommunene i Buskerud er Nes og Lier, mens tilsvarende i Troms er Bardu, Harstad og Nordreisa. Vi legger vekt på sesongvariasjoner, endringer i vinterforhold, nedbør og temperatur og hvordan det påvirker jordbruksproduksjon og skogbruk i en biologisk/naturvitenskapelig sammenheng. Vi vurderer tiltak innen forvaltning, men setter det ikke i sammenheng med økonomiske og politiske rammebetingelser. Vi diskuterer heller ikke teknologiske utviklinger og endring i samfunnsstruktur i de kommende tiår, hvor man regner med stor utvikling i tiden fremover.



Grasarealer på Tromsøya (Foto: Sigridur Dalmannsdottir, Nibio)

2 Klima og klimaendringer i Norge

I rapporten «Klima i Norge 2100» (Hanssen-Bauer m.fl. 2015) brukes perioden 1971-2000 som referanseperiode. For planleggingsformål for de neste 10-20 årene anbefales det at verdier for den siste trettiårsperiode, dvs. perioden 1985-2014, benyttes. For langsiktig planlegging anbefales det at klimaframskrivninger benyttes. Disse er i hovedsak beregnet for periodene 2031-2060 og 2071-2100. I henhold til Stortingsmelding om klimatilpasning i Norge skal høyeste scenario legges til grunn i arbeid med klimatilpasning, jf. føre-var prinsippet (Meld. St. 33 (2012-2013)). I det påfølgende presenteres derfor alle klimaframskrivninger med utgangspunkt i RCP8,5 scenariet fra «Klima i Norge 2100».

Klimaframskrivninger er usikre av flere årsaker. Det er usikkerhet knyttet til 1) framtidige menneskeskapte utslipp, 2) naturlige klimavariasjoner og 3) klimamodellene (Hanssen-Bauer m.fl. 2015). Klimaendringene som er beregnet i «Klima i Norge 2100», og gjengitt her, er for det meste gitt med usikkerhetsintervall basert på flere modellberegninger. Usikkerhetsmomentet øker med tidsperioden, og jo lenger frem i tid beregningene framskrives, jo flere forhold er det som kan endres og påvirke estimatene. Ved å bruke de høyeste estimatene for fremtidig klima, basert på dagens utslippsnivå, er det mindre sannsynlig at vi underestimerer de faktiske endringene, samtidig øker det sannsynligheten for å overestimere selve effekten av endringene.

I dette kapittelet presenteres de viktigste trendene i dagens klimaendringer, basert på data for 1985-2014, samt de viktigste framskrivningen for periodene 2031-2060 og 2071-2100. Felles kilde for alt datamateriale er rapporten «Klima i Norge 2100».

2.1 Oversikt over forventede klimaendringer frem mot 2100

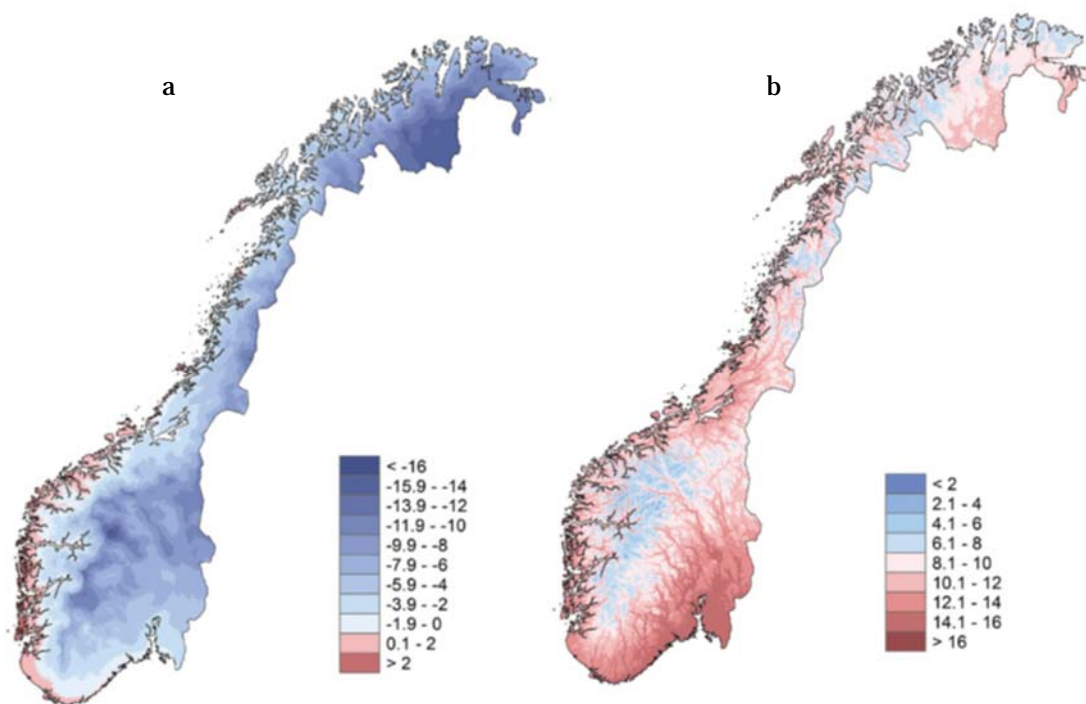
2.1.1 Dagens trend

Figur 2 viser temperaturer for sommer og vinter i referanseperioden. Temperaturen for perioden 1985-2014 var høyere enn for 1971-2000 for alle regioner og sesonger (Hanssen-Bauer m.fl. 2015). Årsmiddeltemperaturen var 0,5 °C høyere, mens økningen var minst på Vestlandet (0,4 °C) og størst på Finnmarksvidda (0,6 °C). For de enkelte årstidene var økningen på landsbasis størst om høsten (0,6 °C) og minst (0,4 °C) om vinteren. Vekstsesongens lengde økte med 1-2 uker over store deler av landet. Spesielt stor var økningen i Nordland, Troms og Finnmark.

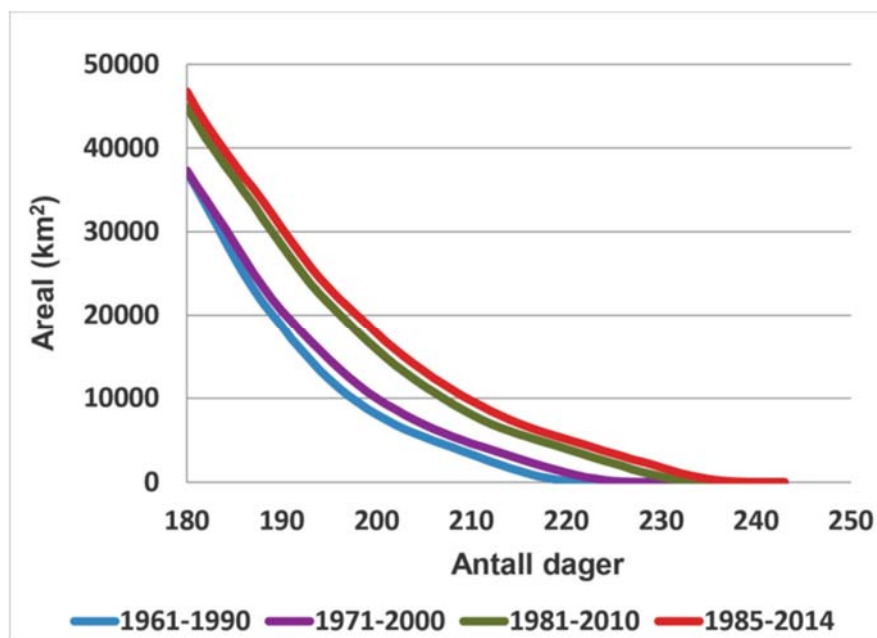
Arealet med vekstsesong på over 180 dager har økt fra ca. 37 000 km² for perioden 1971-2000 til over 45 000 km² for 1985-2014 (Hanssen-Bauer m.fl. 2015) (Fig. 3).



Kornåker i Tromsø (Foto: Sigridur Dalmannsdottir, Nibio).

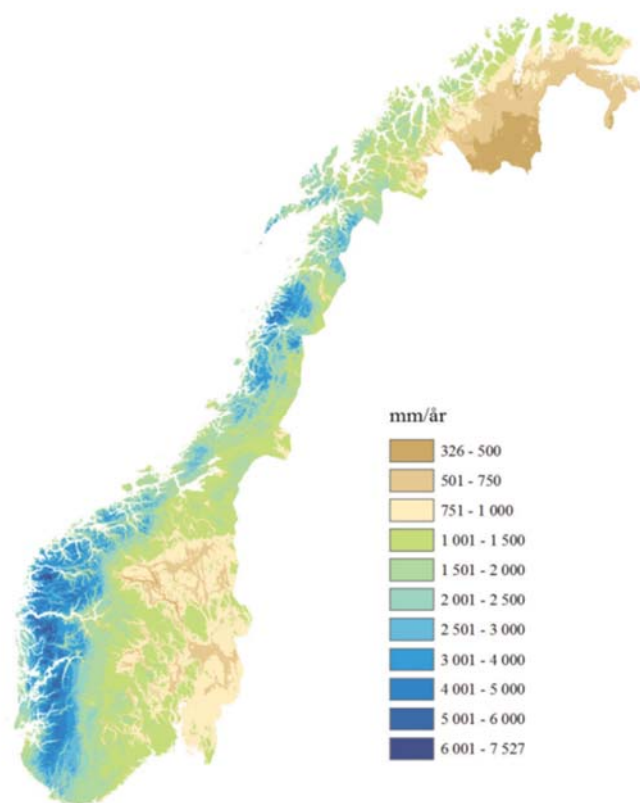


Figur 2. Midlere vintertemperatur (a) og sommertemperatur (b) (°C) i referanseperioden 1971–2000 (Kilde: Klima i Norge 2100).



Figur 3. Areal (km²) med vekstsesong lenger enn 180 dager (Kilde: Klima i Norge 2100).

Figur 4 viser årsnedbør i Norge for referanseperioden 1971-2000. Årsnedbøren for perioden 1985-2014 var høyere enn for referanseperioden for alle regioner. For Norge som helhet var økningen på årsbasis 4 %, mens den største økning (7-8 %) var på Østlandet, Sørlandet og på Finnmarksvidda. Det er særlig på våren nedbøren har økt og på landsbasis er økningen om våren 10 %, hvor økningen i vårnedbør har vært størst i Trøndelag (15 %). Om høsten har derimot nedbørmengdene avtatt både i landet som helhet (3 %) og i de fleste regioner. Det er en tendens til høyere verdier for døgn med kraftig nedbør på Østlandet og i Rogaland, Trøndelag, Troms og Finnmark, mens Vestlandet, Møre og Romsdal og Nordland har lavere verdier.



Figur 4. Midlere årsnedbør (mm) i referanseperioden 1971–2000. (Kilde: Klima i Norge 2100).

Årsavrenningen for Norge er litt større for perioden 1985-2014 enn for referanseperioden 1971-2000, men endringene i årsavrenning er små sammenliknet med de årlige variasjonene. For de ulike sesongene er det derimot større endringer, som økning på vinteren (6 %) og våren (6 %). Vinteravrenningen har økt i alle landsdeler bortsett fra på Vestlandet. Størst økning har det vært i Troms og Finnmark (ca. 19 %) fulgt av Østlandet (ca. 8 %). Om høsten har avrenningen i Norge økt noe (3 %), mens sommeravrenningen er omtrent lik i de to periodene. Trendanalyser av lange tidsserier (1920- 2005) viser klare trender mot økt vannføring om vinteren og våren, og tidligere snøsmelting i Norge (Hanssen-Bauer m.fl. 2015).

2.1.2 Klima i fremtiden – projeksjoner frem mot 2031-2060

For perioden 2031-2060 er det beregnet en temperaturøkning på 2,2 °C for Norge (Hanssen-Bauer m.fl. 2015). Forventet økning er størst om vinteren (2,8 °C) og minst om sommeren (1,4°C).

Det forventes økt nedbørmengde i denne perioden, ca. 7 % økning på Østlandet og 10 % i Hålogaland (Finnmark, Troms og nordre Nordland) på årsbasis. På Østlandet er denne økningen forventet størst på vinter og vår, mens i Hålogaland er økningen størst sommer og høst. Det forventes en forholdsvis

stor økning i antall dager med kraftig nedbør. For Østlandet er økningen 40 % og mest på vinter og vår, mens for Hålogaland er økningen totalt på 51 %, mest om sommeren og høsten.

Framskrivningene viser relativt liten endring i avrenning på årsnivå både for Norge totalt og regionene Østlandet og Troms og Finnmark, mens tidspunktet for når avrenningen skjer endres, med redusert avrenning om sommeren og en klar økning om vinteren. For Troms og Finnmark er det også en økning på våren og høsten.

2.1.3 Klima i fremtiden – projeksjoner frem mot 2071-2100

Med fortsatt raskt økende klimagassutslipp (modell RCP8.5) er det beregnet følgende hovedendringer i klima for perioden 2071-2100 (Hanssen-Bauer m.fl. 2015).

Fram til perioden 2071-2100 forventes årstemperaturen for Norge å øke med ca. 4,5 °C (3,3 til 6,4 °C). Mest for deler av Finnmark, hvor oppvarmingen er beregnet til mer enn 6 °C, og minst på Vestlandet med 3,7 °C. Oppvarmingen vil være størst om vinteren og minst om sommeren. Det blir flere varme døgn med mer enn 20 °C, særlig i sørøstlige deler av landet. Det blir også betydelig lengre vekstsesong (Fig. 5), særlig langs kysten. For indre strøk av Østlandet og i en del innlandsstrøk i Nord-Norge er økningen på 1-2 måneder, i mesteparten av landet for øvrig er økningen 2-3 måneder, mens i enkelte ytre kyststrøk beregnes over 3 måneders økning.

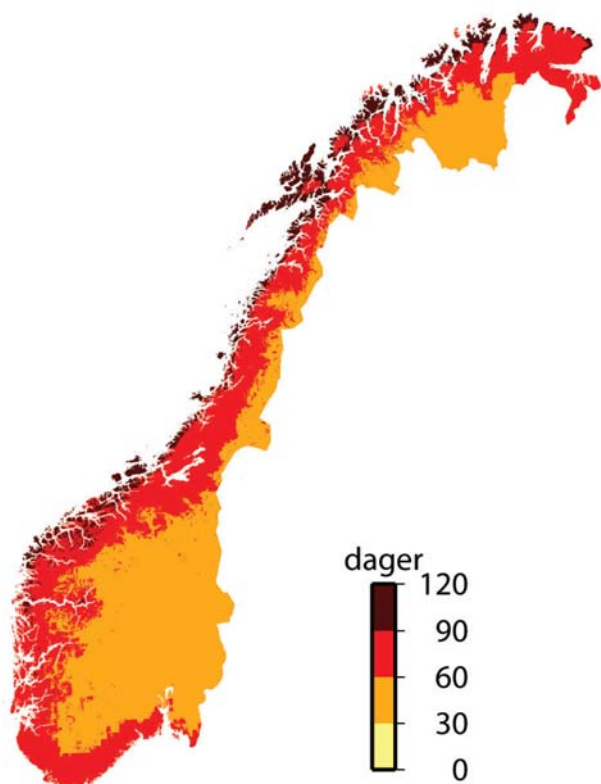
Økningen for årsnedbør i Norge er beregnet til 18 % (7 til 23 %) mot slutten av århundret. Det forventes en dobling av antall dager med kraftig nedbør og nedbørmengden på dager med kraftig nedbør forventes økt med 19 %.

Styrtregneepisodene blir kraftigere og vil forekomme hyppigere, mens regnflommene blir større og kommer oftere.

Avrenning og nedbørsendringer henger sammen, men også temperaturøkning påvirker avrenningen. Det forventes relativt liten endring i total årsavrenning for Norge de neste 50 årene, men mot slutten av århundret beregnes en liten økning. Sesongendringene er større og det beregnes økt avrenning om vinteren og redusert avrenning om sommeren.

Snøsesongen blir kortere i hele landet og reduksjonen i antall dager med snø blir størst i lavlandet, hvor snøsesongen kan bli redusert med flere måneder mot slutten av århundret. Det blir færre isbreer og de som er igjen vil være sterkt redusert i størrelse. Havnivået øker med mellom 15 og 55 cm avhengig av sted. Det beregnes kun meget små endringer både i middelvind og i kraftig vind.

Størrelsen på regnflommer beregnes å øke, mens smeltevannsflommer vil avta på sikt. Høyere temperatur fører til at flomtidspunktet forskyver seg mot tidligere vårflom, samtidig som faren for flommer sent på høsten og om vinteren øker. I store innlandsvassdrag dominert av snøsmelteflom er det forventet en reduksjon i vårflommene på opptil 50 %. I vassdrag som i dag domineres av regnflom, forventes flomstørrelsene å øke med opptil ca. 60 %. Flere og kraftigere lokale, intense regneepisoder i framtiden forventes å skape særlige utfordringer i små, bratte elver og bekker og i urbane strøk.



Figur 5. Antall dager økning i vekstsesongen fra perioden 1971-2000 til 2071–2100 ifølge medianframskrivningen RCP8.5 (Kilde: Klima i Norge 2100).

Det beregnes et økt markvannsunderskudd, spesielt mot slutten av århundret. Perioder med lav grunnvannstand og lav vannføring i elver kan bli lengre flere steder i landet. Samlet sett kan økt markvannsunderskudd, lav grunnvannstand og lengre perioder med lav vannføring om sommeren medføre vanningsbehov og skogbrannfare.

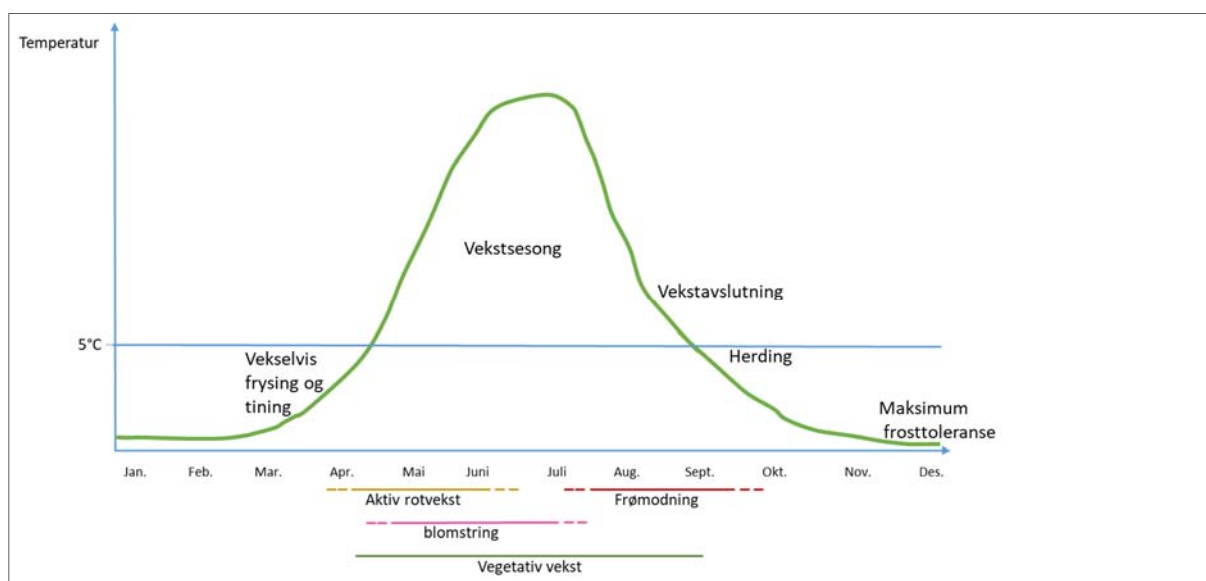
Skredfare har sterk sammenheng med lokale terrengforhold, men været er en viktig utløsningsfaktor. I bratt terreng vil klimaendringene særlig kunne gi økt hyppighet av skred som er knyttet til kraftig nedbør. Dette gjelder først og fremst jordskred, flomskred og sørpeskred. Økt erosjon som følge av hyppigere og større flommer, kan utløse flere kvikk-leirskred. Økt temperatur vil føre til flere snøfrie områder mot slutten av århundret. Faren for tørrsnøskred blir redusert, mens faren for våtsnøskred øker.

2.2 Viktige klimatiske faktorer i landbruket

De klimatiske faktorene som har mest betydning i landbruket er temperatur, innstråling, vekstsesongens lengde og nedbør og er delvis beskrevet i rapport av Grønlund og Svendgård-Stokke (2013).

Temperatur er en kritisk faktor for planteproduksjon. Det foregår svært liten plantevekst på temperaturer under 5°C, både når det gjelder biomasseproduksjon og modning av frukt, bær og korn. **Vekstsesongens lengde**, og temperatursum i vekstsesongen er ofte brukt som klimaindikatorer for landbruksformål. Vekstsesongen for gras er vanligvis definert som perioden der døgnmiddeltemperaturen er over 5 °C (Fig. 6). I tillegg til tidligere nevnte klimatiske faktorer, kan vekstsesongens lengde være ytterligere begrenset av snødekke om våren og tele i jord. Store **nedbørsmengder** og fuktig jord om våren og høsten kan også redusere teoretisk mulig vekstsesong.

Nedbørsoverskudd på høsten kan skape store problemer for innhøsting og kvalitet på korn, poteter og grønnsaker. I løpet av vekstperioden er nedbør avgjørende for plantenes vannforsyning. Nedbørmengder i Norge er tilstrekkelig for plantevekst de fleste steder i normale år, det er derfor ikke vanlig med vanning av jordbruksarealer. Men i noen nedbørfattige områder og perioder kan veksten bli sterkt hemmet på grunn av tørke. Det gjelder spesielt på våren og første halvdel av sommeren, når vannbehovet er størst. Riley og Berentsen (2009) regnet ut vannforbruket av jordbruksareal med poteter, grønnsaker og korn for månedene april-september. De baserte sine målinger på værdata fra målestasjoner i årene 1973-2008, vannfordampning (evapotranspirasjon) fra planter og jordas vannholdingskapasitet. Vannforbruket ble regnet til å være 457 mm for Sør-Østlandet, 360 mm for Nord-Østlandet, 383 mm for Sør-Vestlandet og 328 mm for Midt-Norge. Fordi vannfordampingen avtar når temperaturen avtar, så er humiditeten høyere på et sted med kjøligere klima enn på et sted med et varmere klima når nedbørmengden er den samme på de to stedene.



Figur 6. Definisjon av vekstsesongen.

Innstråling av sollys er avgjørende for fotosyntesen og dermed plantevekst. Den er påvirket av solvinkel, daglengde og skydekke. Solvinkel og daglengde er fast tilknyttet geografisk plassering på jordkloden, hvor solvinkelen avtar med nordlig bredde, men blir kompensert med økt daglengde i sommerhalvåret. Lysinstrålingen er derfor en sterkt begrensende faktor for vekst på sensommeren i nordlige områder, hvor den reduseres raskt etter høstjevndøgn som følge av redusert solvinkel og daglengde. Perioder med overskyet vær kan også begrense lysinnstråling og påvirke planteproduksjonen.

2.3 Oversikt over klimasoner i Norge

Klimaforhold i Norge er meget varierende siden landet strekker seg over 13 breddegrader helt til 71°N, noe som medfører store daglendiforskjeller og med både kyst-, fjell- og innlandsklima. Det finnes flere inndelinger av landet i klimasoner og disse defineres ut ifra hvilke parametere som er lagt til grunn for soneinndelingen.

En ofte benyttet inndeling av land i klimasoner er W.P. Köppens klassifikasjon av klima (Store norske leksikon, [https://snl.no/Köppens klimaklassifikasjon](https://snl.no/Köppens_klimaklassifikasjon)). Den er basert på meteorologiske data over måneds- og årsmiddeltemperatur og nedbør. Ifølge den deles Norge opp i tre hovedkategorier; Temperert regnklima med milde vintre (C) finner vi på kysten fra Oslofjorden opp til Finnmark, Polarklima eller kaldtemperert klima (D) i innlandet med årvisst snødekke og mer barskog som naturlig vegetasjon, og arktisk klima (E) eller tundra- og glasiaklima på Svalbard og i fjellet.

Det er flere hensyn å ta enn kun værmessige forhold når dyrking av forskjellige plantearter og sorter skal vurderes. Da betyr daglengde, jordsmonn og andre faktorer mye. Egil Hansen (1984) har delt Norge opp i 8 klimasoner hvor soneinndelingen indikerer hvor de ulike trær og prydbusker klarer seg. Sone H1 har det mildeste klima og sone H8 har det tøffeste klima. Inndelingen baseres på klimavariabler som vintertemperatur, årsmiddeltemperatur og vekstsesongens lengde. Samtidig er det viktig å være klar over at denne inndelingen er svært grov, og at lokalklimaet varierer innenfor hver sone.

Moen (1998) har delt Fennoscandia opp i klimasoner basert på værforhold og vegetasjon (nasjonalatlas for Norge). Atlasen beskriver den spesielle variasjonen i vegetasjon og flora i Norge og sammenligner situasjonen her i landet med verden forøvrig. Kartene legger vekt på å fremme regionale variasjoner, men presenterer også detaljer om de enkelte fylkene. Hovedvekten er lagt på kartlegging av vegetasjonssoner- og seksjoner, og vegetasjonsgeografiske regioner. Fordelingen er i store deler bestemt av klimaet, hvor sonene gjenspeiler plantedekkets ulike krav til sommervarme. Nemoral (temperert løvskogsoner) og boreonemoral (edelløv- og barskogsoner) sone finner vi på lavlandet i sør, sørboreal sone (sørlig barskogsoner) ligger på 500 m.o.h. i sør mot havnivået i Nordland, mellom-borealsone (mindre barskogsoner) har tilsvarende forløp, men høyeste grense på 850 m.o.h., og går til havnivået ved Alta, nordboreal sone (nordlig bar- og bjørkeskogsoner) har en øvre grense i den klimatiske skoggrensen, fra noe over 1200 m. o.h. i sør til havnivået like sør for Nordkapp, lav-mellom- og høyalpine soner representerer høydebelter med grense på ca. 1500-1800 m.o.h.

Høgda m.fl. (2013) har delt Fennoscandia opp i klimasoner basert på fenologiske målinger ved vekstsesongens start og vekstsesongens lengde ved hjelp av moderne fjernmålingsutstyr basert på «Normalized Difference Vegetation Index» (NDVI). Disse soneinndelingene er basert på vegetasjonsinndelingen til Moen (1998).

Åsbjørn Moen og Egil Hansen sin inndeling i klimasoner kan brukes i forbindelse med planlegging av skogproduksjon og vegetasjonskartlegging innen økosystemer. Daglengde er imidlertid en viktig faktor i forhold til vekst av forskjellige treslag og kloner, derfor brukes det en spesiell soneinndeling for landets forsyning med skogfrø og skogplanter av norske treslag, som ble utarbeidet i 1957 (Statens skogfrøverk, 1995). Soneinndelingen er først og fremst en administrativ inndeling for kontroll av skogfrøforsyningen og følger stort sett nåværende og tidligere kommunegrenser, som betyr at daglengdefaktoren delvis er innebygd i sonene. I tillegg til sin inndeling i høydelag og indre og ytre strøk har den vist seg som et godt praktisk/biologisk verktøy. Norge var et av de første landene som organiserte skogfrøforsyningen etter en inndeling i sankeområder og høydelag.

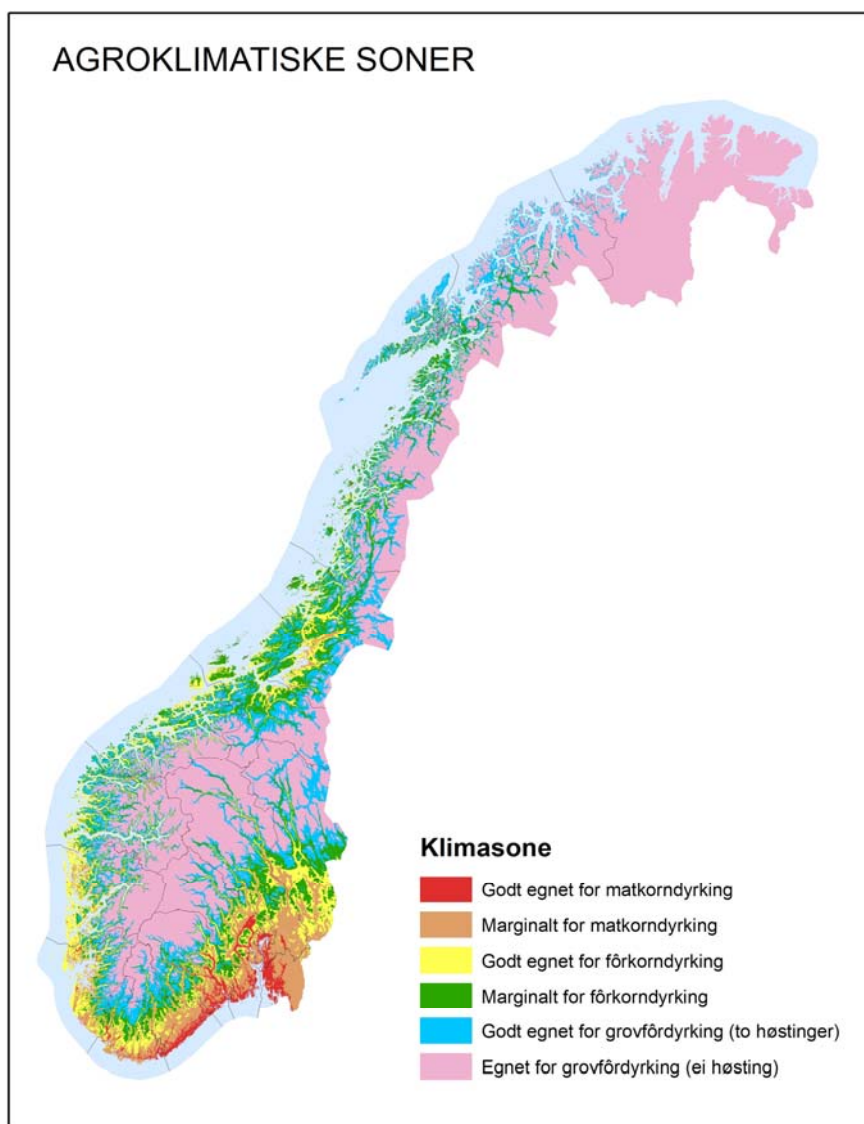
Beskrivelse av klimasoner i forhold til jordbruksvekster i Norge er fortsatt basert på Skjelvåg sitt arbeid i 1987, såkalte agroklimatiske soner. Det er imidlertid ikke detaljert, kan ikke fange opp lokalklimatiske variasjoner, og inkluderer bl.a. ikke variasjoner i nedbør under innhøstingen.

Tiden er inne for revurdering av inndelingen av agroklimatiske soner, også i forhold til klimaendringene som har vært siden 80-tallet. Skjelvåg (1987) delte landet opp i 6 soner basert på

modning av korn og avlingspotensial for gras (Fig. 7); 1) godt egnet for matkorndyrking, 2) marginal for matkorndyrking, 3) godt egnet for førkorndyrking, 4) marginal for førkorndyrking, 5) godt egnet for grovfôr dyrking (to slåtter), 6) egnet for grovfôr dyrking (en slått). Klimadata som inngår i modellen for soneinndelingen er landsdekkende og bygger på dyrkingssoneinndelingen etter Strand i 1964 som tok utgangspunkt i middeltemperaturen i vekstsesongen mai – september. Inndelingen som brukes i modellen til Skjelvåg tar for seg månedsmiddeltemperaturene for april og juli.

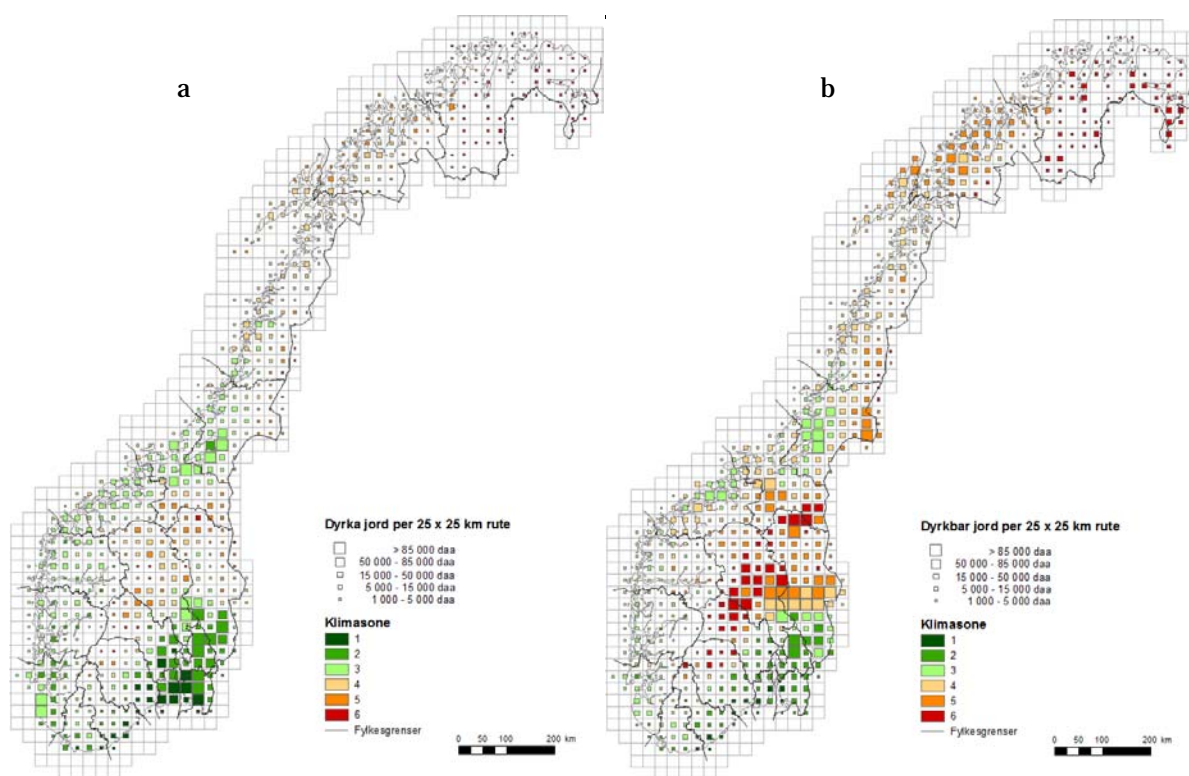
Tveito m.fl. (2014) har kartlagt mulighetene til å etablere detaljerte dyrkingssonekart for eple dyrking i Buskerud ved bruk av fenologiske registreringer (blomstringstid) og basert på Skjelvåg sine inndelinger i soner. NIBIO jobber nå med å etablere dyrkingssonekart for gras, korn og poteter. De er beregnet etter metoder beskrevet av Njøs (1979) og baseres på "Modell for dyrkingssoneklassifisering av gras, korn og potet" og hentes fra jordsmonndatabasen ved NIBIO (Klakegg ofl. 2008). Disse dataene er kombinert med klimasonemodellen til Skjelvåg (1987).

I denne rapporten tar vi utgangspunkt i Skjelvåg sin inndeling i agroklimatiske soner når vi diskuterer klimasoneinndelinger i fylkene Buskerud og Troms.

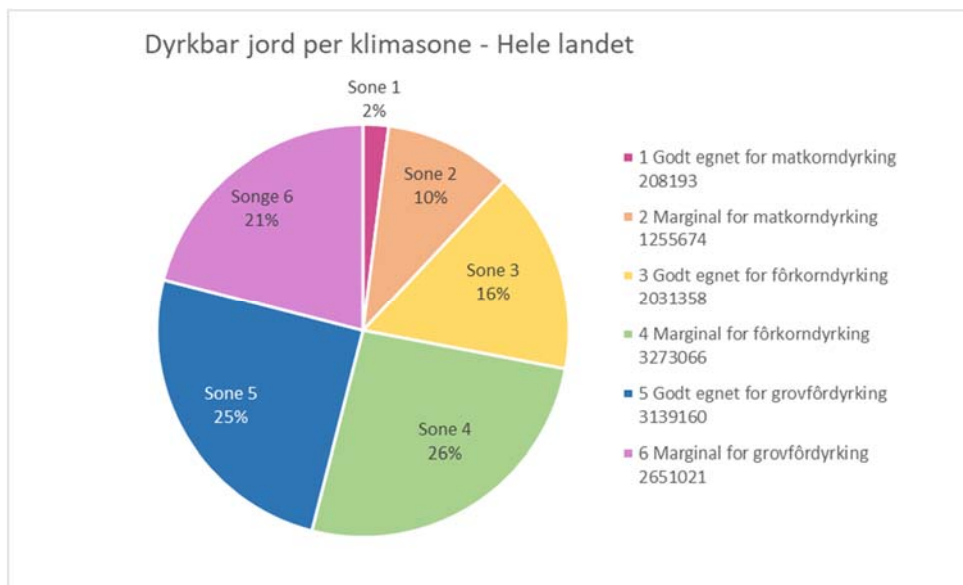


Figur 7. Geografisk fordeling av agroklimatiske soner i Norge, basert på Skjelvåg (1987), utarbeidet av NIBIO.

Siden 2006 har jordkartleggere fra Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) jobbet med å få kartlagt jordsmonnet i hele landet. Jordsmonnsstatistikken viser hvordan jordsmonnsegenskaper varierer mellom ulike deler av landet. For å definere jordbruksarealer er informasjon om jordsmonn geografisk kombinert med Skjelvåg sine temperaturbaserte agroklimatiske soner, både for fulldyrka (Fig. 8a) og dyrkbar jord (Fig. 8b). Fulldyrka jord er areal dyrket til vanlig pløyedybde og som kan brukes til åkervekster eller til eng som kan fornyes ved pløyning. Dyrkbar jord er arealer som ved oppdyrking kan settes i stand til å holde krav til fulldyrka jord. Andel dyrkbar jord innen hver klimasone er framstilt i figur 9.



Figur 8. Geografisk fordeling av a) dyrka jord og b) dyrkbar jord på agroklimatiske soner. Fra Svengård-Stokke 2015, fremstilt av A.B. Nilsen.



Figur 9. Andel dyrkbar jord innen forskjellige agroklimatiske soner basert på utredning fra NIBIO (Kilden.nibio.no).

2.4 Oversikt over de viktigste forventede endringene i klimasonene frem mot 2100

Det er naturlig nok stor usikkerhet forbundet med vurderinger om mulige fremtidige endringer i jordbruksvekster innen forskjellige klimasoner frem mot 2100. Figur 10 summerer mulige endringer innenfor hver sone de neste tiårene basert på klimaprojeksjoner frem mot 2100 og med utgangspunkt i Skjelvåg (1987) sin geografiske oppdeling i agroklimatiske soner. Sterk økning i temperatur og 1-3 måneders lengre vekstsesong kan potensielt øke produksjon av ettårige vekster over hele landet. Det vil kunne dyrkes korn over store deler av landet og i klimasone 1 rundt Oslofjorden kan en se muligheter for dyrking av vindruer. Vindrueproduksjon krever ikke alt for høye temperaturer siden det kan redusere kvaliteten. Endrede og mer ustabile klimaforhold vil føre til mer eller endret stress for flerårige planter. Abiotiske stressfaktorer som f.eks. vannmetting og oversvømmelse, perioder med tørke, høyere temperaturer under herdingsperioden om høsten, veksttemperaturer med mindre lys om høsten og isdekke i områder som tidligere hadde stabilt snødekke, vil mest sannsynlig bli et økende problem for planteproduksjon i de kommende tiårene. Klimaendringene slår sterkest inn lengst nord og blir forsterket av daglengdeeffekten. Det kan føre til en forsinket herdingsprosess som vil foregå ved kortere daglengde og redusere frosttoleransen i plantene. Derfor blir dyrkingsforholdene i sone 5 og 6 meget forskjellig i nord og sør.



Figur 10. Mulige fremtidige endringer i vekstforhold innen agroklimate soner.

3 Hvordan vil klimaendringene påvirke landbruket på kortere og lengre sikt

Pågående og kommende klimaendringer vil ha stor påvirkning på landbruket i Norge. Økt temperatur og forlenget vekstsesong gir en del nye muligheter, mens økt nedbør, mindre snødekke og økt frekvens av ekstremvær også vil gi en del utfordringer. I dette kapitlet er de viktigste mulighetene, utfordringene og aktuelle tilpasningstiltak skissert, basert på tilgjengelig informasjon fra litteratursøk. Tabell 1 oppsummerer aktuelle klimaeffekter og tilpasninger på kort og lang sikt.

3.1 Muligheter (eks. forlenget vekstsesong, økt vekstpotensial, nye sorter og arter) og hvilke forventede effekter dette vil ha på driftsopplegg, naturressurser og arealbruk.

3.1.1 Skogbruk

Gjennom økt temperatur og forlenget vekstsesong vil skogarealet kunne øke (Søgaard m.fl. 2017). I tillegg til at større arealer kan forventes å bli tilgjengelige for skogproduksjon, vil også økt temperatur og høyere CO₂-innhold i atmosfæren gi økt tilvekst, både på enkelttre og bestandsnivå, der ikke vann er en bregrensende faktor (Søgaard m.fl. 2017). Klimaendringer kan også gi nye muligheter gjennom endret utbredelsesområde for ulike treslag, men treslagsskifte har så langt vært lite forsket på under Norske forhold (Søgaard m.fl. 2017).

3.1.2 Jordbruk

Flerårige vekster

Med økt temperatur utvides vekstsesongen, noe som gir mulighet til å ta ut større totale avlinger, både gjennom flere engslåtter og mulig introduksjon av nye og/eller mer produktive arter/sorter. Man anslår en økning på 11-14% av grasavling frem til 2050 (Höglind m.fl. 2013), basert på modeller for avling i jordbruksvekster. Høyere temperaturer vil også gi mulighet for større artsdiversitet og mer varierte og robuste frøblandinger. På lang sikt vil temperaturøkningen også kunne åpne for dyrking i nye områder hvor det per i dag er for dårlige klimaforhold. Temperaturøkningen forventes å stimulere belgvekster mer enn gras (Yu m.fl. 2002). Økt andel belgvekster er positivt for nitrogenforsyningen gjennom nitrogenfiksering fra luften og i tillegg positivt for proteininnholdet i fôret. Det kan derfor øke førkvaliteten og redusere behovet for nitrogen gjødsling. Økt nedbør i vekstsesongen kan bidra til økt produksjon i nedbørfattige områder.

Ettårige vekster

Økt temperatur vil gi muligheter for introduksjon av nye og/eller mer produktive arter/sorter med høyere produktivitet og også utvide det potensielle produksjonsarealet for ettårige vekster (Seehusen m.fl. 2016). Økt temperatur vil også gi økte muligheter for valg av arter til å inngå i vekstskifte (Molteberg og Vågen 2016).

Husdyr

Med forlenget vekstsesong følger også forlenget beitesesong. Økt temperatur og forlenget vekstsesong kan også muliggjøre introduksjonen av nye arter med høyere avlingspotensial og bedre førkvalitet, noe som kan redusere behovet for kraftfôr i fremtiden.



Grønnsaksdyrking i Troms (Foto: Sigridur Dalmannsdottir, Nibio).

3.2 utfordringer (eks. økt nedbør, økt ekstremvær, avrenning, flom, tørke, stormflo, mer ustabile vintre) og hvilke forventede effekter dette vil ha på driftsopplegg, naturressurser og arealbruk.

3.2.1 Skogbruk

Økt temperatur medfører at mer av nedbøren kommer som regn enn som snø i vintersesongen. Snøsesongen vil bli kortere, nedbøren om vinteren vil øke og det vil være mindre tele i jorda når vi snakker om klima mot 2100, derimot kan tele i jord øke på kortere sikt p.g.a. mindre snødekke og frost på bar jord (Bjerke m.fl. 2015). Samtidig øker frekvensen av intense nedbørsepisoder, som kan føre til at skogsveier skades eller vaskes bort. For skogsdriften kan dette føre til redusert framkommelighet og økt risiko for kjøreskader i terrenget (Hohle m.fl. 2016).

Risikoen for vindfelling forventes å øke, særlig om høsten og vinteren. Årsaken ligger i en økning av episoder med sterk vind, mer tien og våt jord på vinterstid, kraftige nedbør og mer rotråte, sammen med økt andel gammelskog (Søgaard m.fl. 2017). Endring i dominerende vindretninger eller ekstremvær hvor vinden kommer fra nye retninger, kan medføre økt skade på skog som tidligere har stått seg godt (Hohle m.fl. 2016).

Det kan bli økt risiko for brannskader, særlig på Sørlandet og Østlandet (Tveito 2014). Faktorer som påvirker denne risikoen inkluderer lengre tørre perioder, økt frekvens av tordenvær og lynnedslag og endret treslagssammensetning. Spredningsrisikoen påvirkes av vegetasjonstype, skogens alder, treslag og graden av oppkvisting (Hohle m.fl. 2016)

Tørkeskader kan også bli en økende utfordring, både p.g.a. mer fordampning (evapotranspirasjon) ved høyere veksttemperatur og som følge av forsterket markvannsunderskudd (Hohle m.fl. 2016). Det er først og fremst i lavlandet på Østlandet og på Sørlandet at vanntilgangen er begrensende for skogens

vekst (Solberg og Dalen 2007), og derfor spesielt i disse områdene at risikoen for tørkestress kan øke. Samtidig øker nedbøren, noe som kan motvirke dette, og det er derfor usikkert hvor stort dette problemet vil bli (Søgaard m.fl. 2017).

Økt risiko for frostskafer kan bli en konsekvens av varmere vintre. Varme perioder om vinteren vil redusere trærnes hardighet og toleranse for påfølgende frost, og kan derfor øke omfanget av vinter- og vårfrostskafer, særlig i innlandet (Søgaard m.fl. 2017, Hohle m.fl. 2016). Klimaendringene kan gi utfordringer i forhold til genetisk tilpasning til nytt klima, noe som vil kreve langsiktig arbeid med treforedling.

Det vil også bli økt risiko for problemer med skoghelse gjennom økt press fra skadeorganismer (insekter, sopp), både eksisterende og nye, fordi at forholdene for skadeorganismene blir bedre og organismene tilpasser seg raskt klimaendringene pga. kort generasjonstid (Krokene og Økland 2010).

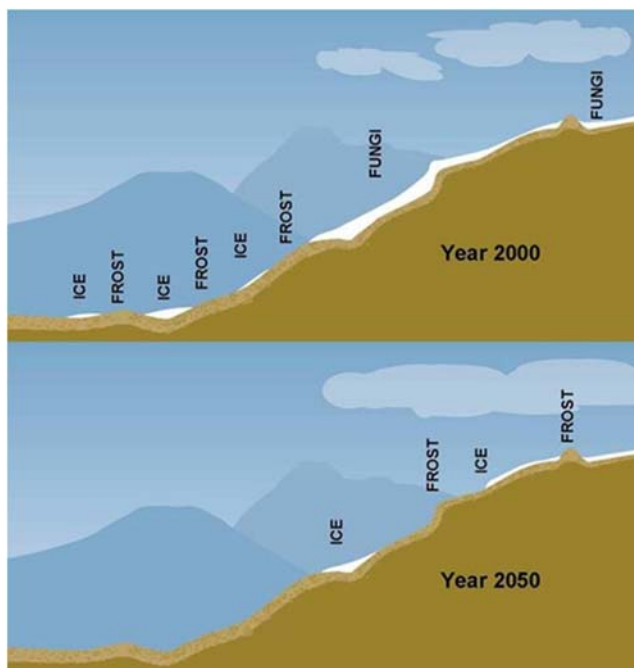
3.2.2 Jordbruk

Flerårige vekster

Risikoen for vinterstress vil øke, gjennom mer ustabile vintre med mindre snødekke, noe som gir dårligere beskyttelse mot frost og fører til mer ustabil overvintring for plantene (Jørgensen m.fl. 2010, Rapacz m.fl. 2014). Risikoen for vinterstress vil i tillegg øke gjennom reduserte muligheter for herding på høsten (Ergon 2017). Klimaendringer kan føre til en forsinket herdingsprosess som vil foregå ved kortere daglengde, spesielt i Nord-Norge, noe som kan redusere frosttoleranse hos gras og høstkorn. Arter og foredlete sorter/populasjoner responderer forskjellig på temperatur og fotoperiode, og særlig tilpasset materiale mangler egenskapen til å starte vekstavslutning tidlig nok for å kunne oppnå tilstrekkelig herding. Nordlig materiale derimot, responderer på temperatur og daglengde og reduserer fotosyntetisk aktivitet tidlig på høsten (Dalmannsdottir m.fl. 2017). Vinterskade grunnet langvarig isdekke blir sannsynligvis et mindre problem ved kysten, men et økende problem innover i landet og i fjellstrøkene (Gudleifsson 2009) (Fig. 11). Frostskafer på bar mark kan øke langs kysten og på lavlandet. Vi kan forvente økt spredning av overvintringssopp som ikke krever snødekke for å angripe plantene (Gaudet m.fl. 2012).

Mer nedbør på høsten vil vanskeliggjøre innhøsting og kombinert med at nedbøren også blir mer uregelmessig vil det bli vanskeligere å utforme høstingsstrategier. Mer nedbør og bruk av tunge maskiner kan videre øke risikoen for jordpakking og medføre dårligere jordkvalitet (Øpstad m.fl. 2016). Det vil også kunne bli mer trækkeskafer. Vannmettet jord vil også redusere oksygentilførsel til roten og kan påvirke herding om høsten (Dalmannsdottir m.fl. 2014).

Høyere temperatur fører til mer ugressvekst og kan øke forekomsten av nye og eksisterende sykdommer og skadedyr (Uleberg m.fl. 2014). Områder med tørre perioder, spesielt på Østlandet og Sørlandet, kan oppleve større risiko for tørke og avlingssvikt. Tørr om våren og fare for frost på bar jord kan redusere effekten av utvidet vekstsesong (Bjerke m.fl. 2015). Oversvømmelser og flomskader på jordbruksareal langs elver kan gi økt erosjon/avrenning. Skred, jordras og avrenning inn på jordbruksareal kan være en konsekvens av økt hyppighet av intensiv nedbør. Drenering, hydrotekniske systemer i landbruket har et etterslep på vedlikehold og det vil i tillegg bli nye krav til dimensjonering av disse i fremtidig klima. Våtere forhold under vekst og innhøsting kan påvirke produkt- og lagringskvalitet i flere vekster (Molteberg og Vågen 2016). Økt temperatur kan gi forsterka gjengroing og økt press på kulturlandskapet. Økt temperatur med lengre vekstsesonger og varmere vintre kan medføre økt press fra ugras, skadeorganismer og sykdommer. Kortvarig, intens nedbør kan medføre flommer/skred med store lokale konsekvenser i tilknytning til mindre, ikke kartlagte vassdrag.



Figur 11. Forventet endring i vinterstress hos plantevekster fremtidig klima. Fra Gudleifsson 2009.

Ettårige vekster

Endringer i nedbørmengder og intensitet vil ha spesielt stor betydning for ettårige vekster. Ekstrem nedbør vil øke risikoen for næringstap via avrenning og erosjon, spesielt for grønnsaker og potet hvor mye jord er eksponert i sesongen (Molteberg og Vågen 2016). Økt nedbør på høsten vil også vanskeliggjøre innhøsting, medføre økt fare for jordpakking, tråkkeskader, dårligere jordkvalitet og jordstruktur og det vil bli vanskeligere å utforme høstingsstrategier på grunn av mer uregelmessig nedbør. Økt nedbør kan også føre til forlengede tidsrom med vannmetta jord, som kan gi skader hos korn og grønnsaker (Seehusen m.fl. 2016, Molteberg og Vågen 2016). Våtere forhold under vekst og innhøsting kan påvirke kvalitet i flere vekster, spesielt ettårige. Økt press fra ugras, skadeorganismer og sykdom grunnet økt temperatur vil kunne gi press på plantevernet.

Høyere temperatur kan gi mer ugressvekst og kan øke forekomst av sykdommer og skadedyr. Områder med tørre somre kan oppleve tørke og avlingssvikt. Tele om våren og fare for frost på bar jord vanskeliggjør planlegging og oppstart om våren. Oversvømmelser og flomskader, skred, jordras og avrenning er også aktuelle problemer for ettårige vekster. Også her er det spørsmål knyttet til drenering og hydrotekniske systemer.

Temperaturendringene forventes å gi økte arealer med høstkorn, som har større avlingspotensiale. Samtidig vil varmere høster og varmere og mer ustabile vintre gi utfordringer for vinteroverlevelsen hos høstkorn (Seehusen m.fl. 2016).

Husdyr

Forlenget vekstsesong kombinert med mildere vintre kan gi bedre forhold for insekter, parasitter og sykdommer som i dag ikke er et problem. Økt temperatur kan i tillegg gi økt risiko for spredning av smitte fra insekter og andre smittebærere og økt overlevelse av forskjellige virus (Iglesias m.fl. 2012). Beitesesongen blir lengere i fremtiden, men ikke nødvendigvis beitekvaliteten. Forventet økning av gjengroing kombinert med endringer i beitesesongen kan ha konsekvenser for tilgjengeligheten og kvaliteten på fôret gjennom sesongen (Uleberg m.fl. 2014). Beitearealene kan videre påvirkes av flere tineperioder om vinteren, økt nedbør og ekstremværhendelser. Mer nedbør kan påvirke fôr kvaliteten

og det er også vist at regn kan påvirke kroppstemperaturen hos sau og er korrelert med stress og form hos dyret (Lowe m.fl. 2001).



Isdekke på eng (Foto: Ellen Elverland, Nibio).

3.3 Klimatilpasninger

Tiltak er nødvendig for at landbruksnæringen skal tilpasse seg mulighetene og utfordringene som følger av de forventede klimaendringene. Noen tilpasninger kan gjennomføres på den enkelte gård mens andre krever innsats fra landbrukets organisasjoner, forskningsmiljøet og samfunnet for øvrig. Landbruksnæringen er vant til å tilpasse seg årlige variasjoner i klima og er derved godt rustet til å tilpasse seg gradvise klimaendringer. Regionale og kommunale forvaltningsmyndigheter har en viktig rolle i å gjennomføre overordnede tiltak for klimatilpasning og å tilrettelegge for lokale tiltak.

Tempo og omfang av klimaendringene er avhengig av mange faktorer og langsiktige framskrivninger av forventede klimaendringer og medfølgende effekter er derfor beheftet med relativt stor usikkerhet. Dette innebærer at langsiktige tiltak for klimatilpasning innebærer en risiko for mistilpasning. Eksempler på dette kan være at tiltaket iverksettes til feil tid eller at forutsetningene som lå til grunn for tiltaket er endret underveis. Tiltak med god effekt for én sektor kan også få utilsiktede konsekvenser for andre sektorer og derved innebære en mistilpasning totalt sett. Effekten av mistilpasning kan være feil ressursbruk og økonomiske tap. Aktuelle tilpasningstiltak i landbruket er likevel tiltak som er aktuelle også i dagens klima. Risikoen for mistilpasning ved gjennomføring av slike tiltak er derved relativt liten, selv om eksempelvis underdimensjonering av hydrologiske systemer kan medføre utfordringer på lang sikt.

Teknologisk utvikling innen landbruket skjer hurtig og fremtidig tilpasning til klima vil mest sannsynlig dra nytte av nye verktøy innen presisjonslandbruk.

3.3.1 Næringsmessige tilpasninger

3.3.1.1 Skogbruk

For å kunne dra nytte av muligheter som oppstår ved fremtidige klimaendringer, er det nødvendig med driftsmessige tilpasninger. Eksempler på viktige driftstilpasninger inkluderer valg av plantemateriale og plantetetthet ved etablering av nye bestander (Søgaard m.fl. 2017).

Klimatilpasset plantemateriale er nødvendig både for å utnytte fremtidige muligheter og for å kunne håndtere de utfordringene som følger med et endret klima. Det er per i dag kun gran som har eget foredlingsprogram i Norge. Med tanke på omløpet i skogen (40-120 år) er det viktig at plantematerialet som benyttes er godt genetisk klimatilpasset for å kunne utnytte potensialet som oppstår gjennom økt temperatur og forlenget vekstsesong. Skogfrøverket (www.skogfroverket.no) gir anbefalinger for valg av plantemateriale basert på genetisk opphav, frøplantasjenes beliggenhet, forsøks erfaringer og regelverk. Skogeier må i tillegg vurdere frostrisiko, en svært viktig faktor for valg av plantemateriale (Søgaard m.fl. 2017).

Opprusting av eksisterende skogsveinett er en viktig tilpasning for å redusere terrengskader. Et godt utbygd veinett er også viktig for å redusere behovet for terrengkjøring og dermed omfanget av kjøreskader (Hohle m.fl. 2016).

Det er behov for tiltak for å redusere risikoen for stormskader i utsatte områder. Mulighetene for å skape skogbestander som er robuste mot vind påvirkes både av treslagsvalg og hvordan skogen skjøttes videre i omløpet. Aktuelle tilpasninger i stormutsatte områder kan være tidlig avvirkning og ungskogpleie.

Økt risiko for skogbrann innebærer behov for økt fokus på skogbrannberedskap.

Som ledd i klimatilpasningen åpnes det for å avsette «hensynssoner» i arealplanleggingen under plan og bygningsloven. Ved arealplanlegging i bratte områder kan det avsettes hensynssoner på skogklede arealer der det stilles krav til minste treavstand, for å redusere skadeomfanget ved eventuelle skred (Hohle m.fl. 2016). Uavhengig av hensynssoner, må skogbruket ta spesielle hensyn til skred og rasfare når skogsdrift planlegges.

God overvåking av skoghelse er viktig for å kunne tilpasse seg nytt risikobilde i forhold til skadegjørere. For å ivareta god skoghelse bør skogens helsetilstand overvåkes, med vekt på å identifisere alvorlige skadegjørere. Kunnskapsberedskapen må opprettholdes slik det kan gjøres gode risikovurderinger og tilrådinger når risikobildet endres for skadegjørere i skog (Hohle m.fl. 2016).

3.3.1.2 Jordbruk

Klimaendringene medfører utfordringer for husdyrproduksjon som gir behov for kunnskapsutvikling, kunnskapsberedskap og relevante overvåkingsprogrammer for å ha kontroll på fremtidige utfordringer knyttet til sykdommer og parasitter (Hohle m.fl. 2016).

Økt dyrking av nitrogenfikserende belgvekster vil kunne redusere behovet for mineralgjødsel, og dermed både minke energi- og veksthusgassutslipp relatert til mineralgjødselproduksjonen og øke andelen egenprodusert protein i husdyrholdet. Også bruk av nye, mer næringsrike fôrvekster kan øke andelen egenprodusert protein i husdyrfôret og derved redusere behovet for innkjøpt kraftfôr.

Tiltak for redusert avrenning fra jordbruksarealer blir viktige tilpasninger i fremtiden. Ved økende nedbør kan overvannshåndtering i jordbruket bli mer krevende og det er også i dag et etterslep på dreneringssystemer i landbruket. Samtidig vil nye nedbørsmengder stille nye krav til disse systemene i fremtiden. En viktig klimatilpasning vil derved være oppgradering og tilpasning av dreneringssystemer til nye nedbørsmønstre. Bedre drenering av jordbruksareal har direkte effekt på produksjonsmuligheter og er en forutsetning for sikker matproduksjon. Det er også aktuelt å utarbeide metodikk for hydrologisk risikoplan (gårdsnivå) i jordbrukslandskapet for bedre kontroll med vann og

erosjonssikring av arealene. Det inkluderer risiko for ukontrollert innstrømming av vann fra andre arealer, dreneringsplan, hydrotekniske vurderinger, kontroll med overflatevann og erosjonssikring. Vurdering av risiko og tilpasning vil kunne sikre arealer og produksjonsmuligheter mot skader som følge av ekstreme nedbørsepisoder. Tilpasninger for å unngå skader på areal og overflateavrenning fra jordbruksareal kan også ha påvirkning på andre sektorer. Kontroll med vann i landskapet er en forutsetning for tilpasningsarbeidet og slike tiltak er også relevant for dagens klima (Hohle m.fl. 2016).

Endringer i vekstsesongens lengde, nedbør og temperaturforhold gir behov for endringer i driftssystemene i landbruket på flere nivå, både for å utnytte nye muligheter og tilpasse seg nye utfordringer. Det kan eksempelvis gjelde vekstvalg og høsteregimer og behov for agronomiske tilpasninger av f.eks. jordarbeiding, gjødsling, både tidspunkt og mengder, justering av normer, presisjonsgjødsling og spredemetoder for husdyrgjødsel tilpasset våte forhold. Denne type tilpasninger vil skje kontinuerlig og mye av dette gjøres også i dag som tilpasning til årlige variasjoner. Imidlertid vil dette også medføre et behov for utvikling av nye normer, metodikk og utstyr tilpasset et nytt fremtidig klima. Presisjonslandbruk blir viktigere i fremtiden, med tettere oppfølging av plantevekst gjennom ny teknologi og utvikling av lettere utstyr for diverse arbeidsoppgaver. Eksempler på driftsmessige fokus fremover er bl.a. økt presisjon i arbeidet med kjøring av maskiner ved såing, høsting og andre driftsaktiviteter, som følge av våtere jord. Bruk av lette maskiner, eller maskiner som på annen måte resulterer i lavere pakningsskader, kan også bli ekstra viktig i våtere klima. På samme måte vil en bedre tilpasning av beitedriften i forhold til vannmengden i jorden minke risikoen for tråkkeskader. Andre driftsmessige tilpasninger til mer variable forhold kan være fokus på jordbearbeiding for å sikre god jordkvalitet og jordstruktur og bedre tilpassing av gjødsling i forhold til plantenes behov. Samtidig fokus på å redusere næringstap for eksempel gjennom bruk av N-sensorer og hurtigteknikker for å måle næringsinnhold i husdyrgjødsel. Økt fokus på vekstskifte er også et viktig tiltak for å sikre mer robuste driftssystemer.

Foredling og valg av klimatilpasset plantemateriale er et viktig klimatilpasningstiltak. Dette gjelder både foredling av dagens landbruksvekster, men også utprøving og foredling av nye arter og sorter som er aktuelle i et kortsiktig og langsiktig fremtidsperspektiv (Ergon m.fl. 2018). Samtidig er det viktig å bevare den genetiske variasjonen i plantematerialet, for å sikre stor nok variasjon til å kunne tilpasse seg nye forhold. Foredling for endrede produksjonsforhold, inkludert plantehelse og tilpasning til vannmetnings- og tørkestress er viktige tiltak for foredlingsprogrammene. Til tross for temperaturøkning vil lysforholdene være de samme. Det er derfor viktig at sortene i grovfôrproduksjon er tilpasset herding under høyere temperatur og redusert lys om høsten, for å sikre god overvintring. Det er også aktuelt med økt bruk av blandinger av sorter som er tilpasset temperatur, fotoperiode og andre miljøvariabler for å utnytte artenes og sortenes evne til å kompensere for hverandre, til å gardere seg mot et mer variabelt klima. Fordeler og ulemper med ulike frøblandinger bør vurderes nøye. Det dyrkes grovfôr i stort sett i hele landet under svært ulike klima og jordforhold. Klimatilpasningene vil derfor være forskjellig i ulike produksjonsområder og produksjonssystemer for å få ønskelige resultater, noe som også må gjenspeiles i foredlingsprogrammene.

For å hindre spredning av ulike planteskadegjørere er det behov for overvåking- og beslutningsstøtte om tiltak og gode varslingsrutiner. Det bør utvikles systemer med fortløpende risikoanalyser for nye skadegjørere og for skadegjørere som kan få større betydning ved endret klima. Utvikling av overvåkningssystemer, varslingsystemer og planleggingsverktøy er også aktuelle for å redusere risiko for jordpakking, effektivisere gjødsling, ha kontroll på avrenning og vannkvalitet (JOVA-programmet, <https://nibio.no/tema/miljo/jord-og-vannovervaking-i-landbruket>) med mer.

3.3.2 Forvaltningsmessige tilpasninger

Hvilke tilpasninger kan gjøres av forvaltningsapparatet lokalt og regionalt for å møte de mulighetene og utfordringene som følger av klimaendringene?

Forvaltning og bevaring av arealressursene og produksjonsgrunnlaget er en viktig del av tilpasningsarbeidet for å sikre mulighetene for stabil matproduksjon i fremtiden. I denne sammenhengen er virkemidlene i plan- og bygningsloven viktige verktøy. Ved å bruke kunnskap om klimaendringer til å få inn overordnede langsiktige arealhensyn i planarbeidet kan en sikre de viktigste ressursene som fremtidige produksjonsarealer. Landbruksareal/beiteareal kan brukes til å definere viktigste landbruks- og skogbruksområder i et fremtidig klima, definere skogarealer med viktig langsiktig betydning som randsoner/hensynssoner, definere områder med endret betydningsgrad i fremtidig klima (eksempelvis mindre egnet/mer egnet for landbruksproduksjon). Gjennom arealdelene i kommunal planlegging kan man også tilrettelegge for å hindre/reducere mulighetene for konflikter mellom ulike næringer, som for eksempel beitebruk og friluftsliv.

Arealplaner i kommunalt planarbeid skal tas opp til vurdering hvert fjerde år, uten at det trenger å bety at planene endres. Samtidig kan vedtak i forhold til planverket ha konsekvenser på lang sikt. For å kunne hensynta langsiktige utfordringer, som klimaendringer, er det derfor viktig å ha et langsiktig overordnet fokus på dette arbeidet, eksempelvis ved utarbeidelse av konsekvensanalyser og reguleringsplaner.

I tillegg til klimatilpasning på overordnet nivå (planarbeid) er det også viktig å ta hensyn til klimatilpasning i konkret saksbehandling. En viktig forutsetning for dette er at det er tilstrekkelig biologisk og landbruksfaglig kompetanse tilgjengelig, både på regionalt og kommunalt nivå.

Våtere forhold skaper behov for å forsterke dagens miljøtiltak for å kunne oppfylle målet om vannkvalitet i vassdragene. Økt hyppighet av ekstremvær kan føre til utrasinger i bekkeskråninger, kollaps av dreneringssystemer fra planeringsfelt og erosjon fra jorder. Dette kan både påvirke vannkvalitet og medføre tapt dyrkingsgrunnlag. Forbedret høydekartlegging kan eksempelvis gi grunnlag for nye risikokart for skred, ras og hydrologiske strømningsveier til bruk i tilpasningsarbeidet. Flomkartlegging og planlegging av tiltak ved flom blir et viktig fokus, spesielt på lang sikt hvor man forventer reduserte flommer i de store, og ofte kartlagte, vassdragene, men økte flommer i mindre vassdrag med potensiale for stor, lokal skade. Et eksempel på dette er flommen i indre Troms sommeren 2012.

Mer nedbør, ekstremvær og skred kan også skape flere situasjoner hvor infrastrukturen rammes og isolerer bygder eller enkeltgårder. Det bør i slike områder utarbeides beredskapsplaner for ivaretagelse av eksempelvis dyrehelse under slike situasjoner.

I planarbeid som omfatter skogbruket vil det være nødvendig å ta hensyn til skogbrukets flersidige betydning i forhold til klimagassbinding, arealbeskyttelse og produksjon. Det er viktig å veie disse mot hverandre og eksempelvis ikke binde opp større arealer enn nødvendig som arealbeskyttelse, dvs. eksempelvis ikke tilrettelegge for tiltak i områder som vil kreve store hensynssoner med skog, som derved ikke kan tas i bruk for andre formål (Hohle m.fl. 2016).

Regionale og kommunale myndigheter forvalter flere tilskuddsordninger som har betydning for klimatilpasning. For flere av ordningene fastsettes retningslinjer for prioritering av tilskudd i samråd mellom Fylkesmannen, kommunen og næringa. Eksempler på slike ordninger er nærings- og miljøtiltak i skogbruket (NMSK), hvor det bla kan gis tilskudd til skogsveger, foryngelsestiltak som planting, såing og markberedning, ungsogpleie, tynning og gjødsling av skog. Andre eksempler er regionale miljøtilskudd (RMP), regionale næringsprogram (RNP) og tilskudd til spesielle miljøtiltak i jordbruket (SMIL-ordningen). Tilskudd til drenering av dyrka mark er også en viktig ordning for klimatilpasning i jordbruket, med regional forvaltning. Miljøtiltak i jordbruket blir fulgt opp med ulike virkemidler bla gjennom regionale miljøprogram (RMP) i tillegg til lover og regler om utslipp fra punktkilder og arealer.

Kommunen fatter vedtak om tilskudd til miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel, jmfør forskrift. Forskriften gjelder for tiltak i utvalgte områder i noen fylker (bl.a. i Buskerud fylke) og gir noen virkemidler i forhold til klimatilpasning. Troms har også denne ordninga, men her er den lagt inn

under RMP. Kommunen er også ansvarlig for tilsyn med bruk og lagring av gjødselvarer av organisk opphav, jamfør gjødselvereforskriften.

Kommunene har også ansvar for å vedta og iverksette forvaltningsplan for egne skogseiendommer og muligheter for å vedta og iverksette forvaltningsplaner sammen med andre grunneiere.

Klimatilpasning med god effekt innen en sektor kan potensielt ha negative effekter på andre. For å sikre god klimatilpasning er det derfor viktig med samarbeid på tvers av sektorer og etater og også på tvers av nivåer. Dette kan eksempelvis gjøres ved etablering av tverrsektorielle arbeidsgrupper. Det vil også være viktig å integrere arbeidet med klimaendringer i kommunens øvrige arbeid.

Tabell 1. Oppsummering av muligheter, utfordringer og tilpasninger av landbruket i et fremtidig klima. Korttidsendringer (første tiårene) og langtidsendringer (frem mot 2100). N: Næringsmessig tilpasning; F: Forvaltningsmessig tilpasning (planarbeid, tilskuddsordninger m.m.); FoU: Forskning og Utvikling.

Muligheter	Kort tids	Lang tids	Tilpasninger	N	F	FoU
Økte produksjonsarealer gjennom forlenget vekstsesong		X	Jordarbeiding, nydyrking	X		
			Definere og inkludere viktigste landbruks- og skogbruksområder i et fremtidig klima i planarbeidet		X	
Økt biologisk produksjonspotensial av skog gjennom økt tilvekst per arealenhet		X	Fokus på klimatilpasset plantemateriale. Mulig introduksjon av nye treslag bedre tilpasset fremtidig klima.			X
			Driftsmessige tilpasninger, som valg av plantemateriale og plantetetthet	X	X	X
Økt avlingspotensiale i jordbruket med høyere temperatur		X	Bruke sorter/arter med større produksjonspotensial. Eksempelvis mer høstkorn og mer raigras.	X		X
			Fokus på driftstilpasninger, som vekstskifte, agronomi og oppdaterte gjødslingsplaner.	X		X
			Utvide produksjonsområdet for en del ettårige vekster med høyere krav til døgngader, som korn, grønnsaker, frukt og bær.	X		X
Flere høstinger som følge av utvidet vekstsesong og flere døgngader	X	X	Fokus på driftstilpasninger, som tidligere høsting for bedre førkvalitet.	X		X
			Fokus på klimatilpasset plantemateriale.	X		X

Forlenget beitesesong	X	X	Inkludere beiteareal i planarbeidet	X		
			Kortere inneførringsperiode – reduserte kostnader til førkonservering.	X		
			Introdusere mer produktive vekster på innmarksbeitearealer, som raigras	X		
			Tilpasse driftsopplegg til nye forhold, eksempelvis tilpasse lammingstidspunkt til endret beitesesong	X		
Delvis bedre førkvalitet og redusert gjødslingsbehov		X	Introdusere nye sørligere engarter med bedre førkvalitet, som flerårig raigras. Introdusere mer proteinrike vekster, som kløver og vikke	X		X
Økt nedbør i vekstsesongen kan bidra til økt produksjon i nedbørfattige områder	X	X	Driftsmessig tilpasning i form av eks. gjødslingsplaner	X		
Økt arealproduktivitet		X	Overvåking, mer bruk av teknologi og presisjonsjordbruk	X		X
Utfordringer						
Endrede driftsforhold, spesielt i forhold til endrede nedbørsmengder og mønstre	X	X	Presisjonslandbruk viktigere i fremtiden – tettere oppfølging av plantevekst og utvikling av lettere utstyr for diverse arbeidsoppgaver	X		X
			Tilpasse produksjonssystemene til endrede klima og jordforhold innenfor klimasonene.	X	X	X
			Driftsmessige tilpasninger, som eksempelvis oppgradering av dreneringssystemer, tilpasning av tidspunkt for jordarbeiding og justerte gjødslingsplaner i jordbruket og valg av plantemateriale og plantetetthet ved etablering av nye bestander i skogbruket.	X	X	X
			Opprusting og tilpasning av skogsveier. Planlegging og gjennomføring.	X	X	
Økt risiko for vindfelling grunnet hyppigere og kraftigere ekstremværhendelser	X	X	Tiltak for å redusere risiko for stormskader – skape skogbestander som er robuste mot vind	X		X
Økt risiko for brannskader		X	Økt fokus på skogbrannberedskap	X		
Områder med tørt klima kan oppleve tørke og avlingssvikt		X	Presisjonslandbruk, overvåking, vanningsssystemer.	X		X

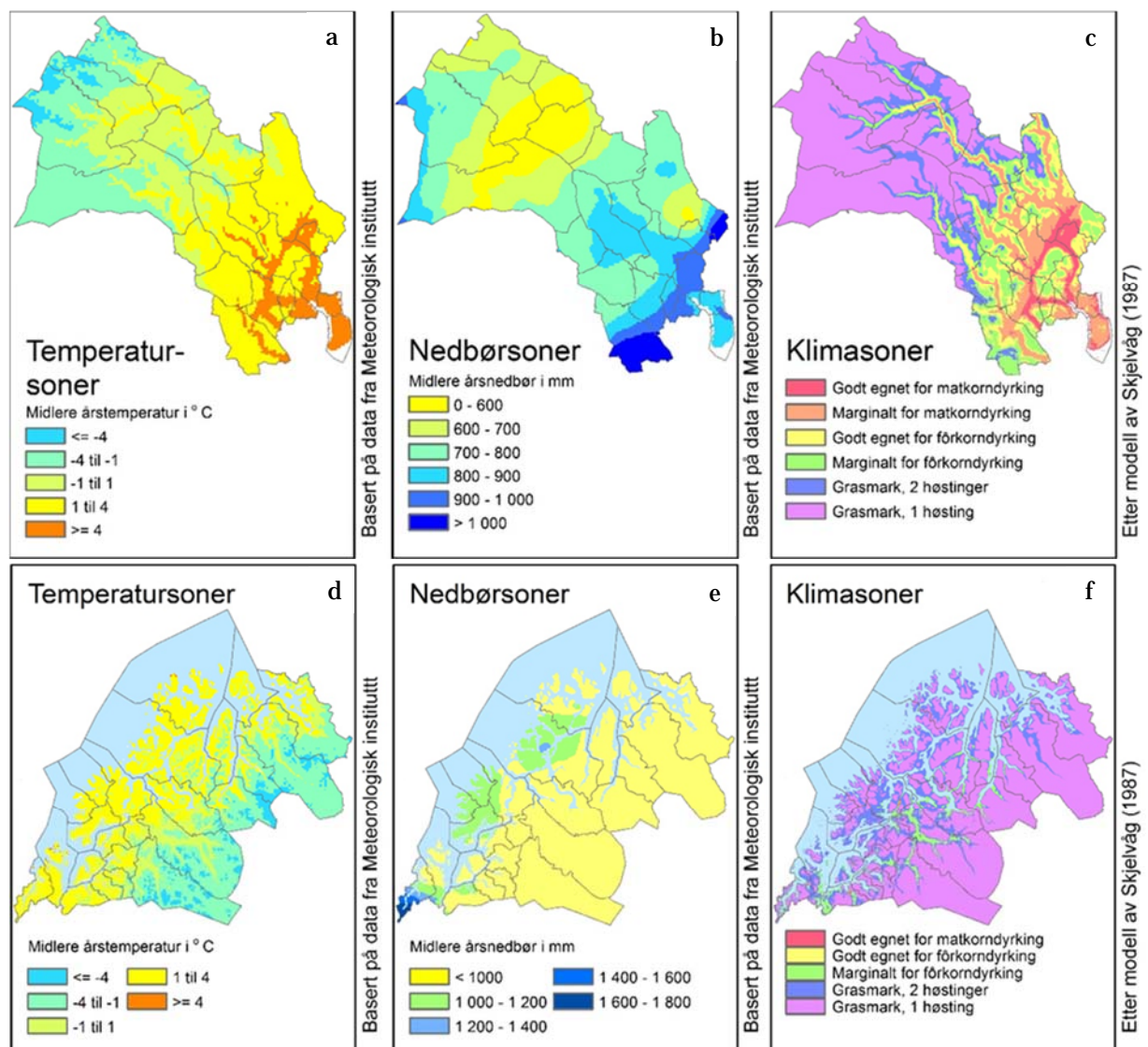
Tele om våren og fare for frost på bar jord.	X	X	Bedre gjennomtenkt arealdisponering, åkervekster til de områdene som er mindre utsatt for tele, flerårige engvekster, eller vekster som krever færre døgngader, på områder som er mer utsatt for tele. Tilpasse driftsopplegget til varierende forhold.	X		
Genetisk tilpasning til nytt klima	X	X	Foredling av klimatilpasset plantemateriale i jordbruket som tar hensyn til daglengde og lysforhold. Skogforedling må ta hensyn til både kortsiktige og langsiktige klimaendringer i foredlingen. Både for jordbruk og skogbruk aktuelt å introdusere nye arter i fremtidige foredlingsprogram.			X
Økt risiko for problemer med skoghelse plantehelse og dyrehelse – økt forekomst av skadeorganismer og sykdom.	X	X	Overvåkningsprogrammer, eksempelvis VIPS og skogskader.no. Beredskapsplaner.	X	X	X
Mer vinterstress pga mindre snødekke	X	X	Klimatilpasset plantemateriale, Mer bruk av blandinger av arter/ sorter for mer robust eng.			X
Redusert herding på høsten.	X	X	Klimatilpasset plantemateriale, spesielt med tanke på sterkere effekt av lysforholdene i nord.			X
Økt nedbør på høsten gjør innhøsting vanskelig (korn, potet, grønnsaker)	X	X	Endret maskinbruk: Bruke lettere og mer anvendbart innhøstingsutstyr,	X		X
			Forbedre dreneringssystemer, arealplanlegging i forhold til jordkvalitet	X	X	X
			Bruke sorter og arter med tidligere høstetidspunkt. Planlegge høsting i forkant av den største nedbøren	X		
Økt nedbør kan føre til jordpakking, dårligere jordkvalitet, og mer tråkkeskader	X	X	Økt presisjon i arbeidet med kjøring av maskiner ved såing, høsting og andre driftsaktiviteter. Bruk av lettere maskiner, eller maskiner som på annen måte resulterer i lavere pakningsskader.	X		
			Bedre tilpasning av beitedriften i forhold til vannmengden i jorden kan minske risikoen for tråkkeskader	X		

			Planleggingsverktøy for å følge opp risiko for jordpakking			X
			Fokus på drenering	X	X	X
			Presisjonslandbruk, tettere oppfølging av planteveksten.	X		X
Vanskeligere å utforme høstingsstrategier på grunn av mer uregelmessig nedbør (grovfôr), få høstevindu	X	X	Økt dyrking av grovforvekster til dyreslag med lavere fôr kvalitetskrav enn melkekyr kan øke fleksibiliteten i høstetidspunkt.	X		
Flere episoder med ekstrem nedbørintensitet vil kunne øke risikoen for næringstap via avrenning og jorderosjon.	X	X	Bedre tilpassing av gjødsling i forhold til plantenes behov. Samtidig fokus på å redusere næringstap for eksempel gjennom bruk av N-sensorer og hurtigteknikker for å måle næringsinnhold i husdyrgjødsel	X		X
			Økt dyrking av nitrogenfikserende belgvekster vil kunne redusere behovet av mineralgjødsel, og øke andelen egenprodusert protein i husdyrholdet	X		X
Oversvømmelser og flomskader på jordbruksareal	X	X	Tilpasning til våtere forhold, inkl hydrologisk risikoplan		X	X
			Flomkartlegging/planlegging av tiltak		X	X
			Fokus på drenering og hydrotekniske systemer	X	X	X
Skred, jordras og avrenning inn på jordbruksareal		X	Tiltak for skredvern – avsetning av «hensynssoner» ved arealplanlegging i bratte områder. Ivareta naturlige barrierer som skjerming av produksjonsarealene.	X	X	X
Produktkvalitet/lagringskvalitet – våtere forhold under vekst og innhøsting kan påvirke kvalitet i flere vekster		X	Fokus på drenering og hydrotekniske systemer	X	X	X
			Klimaforbedrende tiltak, som tunneller i bær- og grønnsaksproduksjon	X		X
Større press på kulturlandskapet – forsterka gjengroing		X	Styrt beitebruk. Inkludere beitebruk i arealplanlegging.	X	X	X
Mer ugrasvekst	X	X	Økt fokus på vekstskifte, planer for ugrasbekjempelse	X		X
Mer ustabil vær/ekstremvær	X	X	Klimaforbedrende tiltak, som bruk av tunneller i bær- og grønnsaksproduksjon			

4 Hvordan vil de forventede klimaendringene påvirke landbruket i Troms og Buskerud fylker

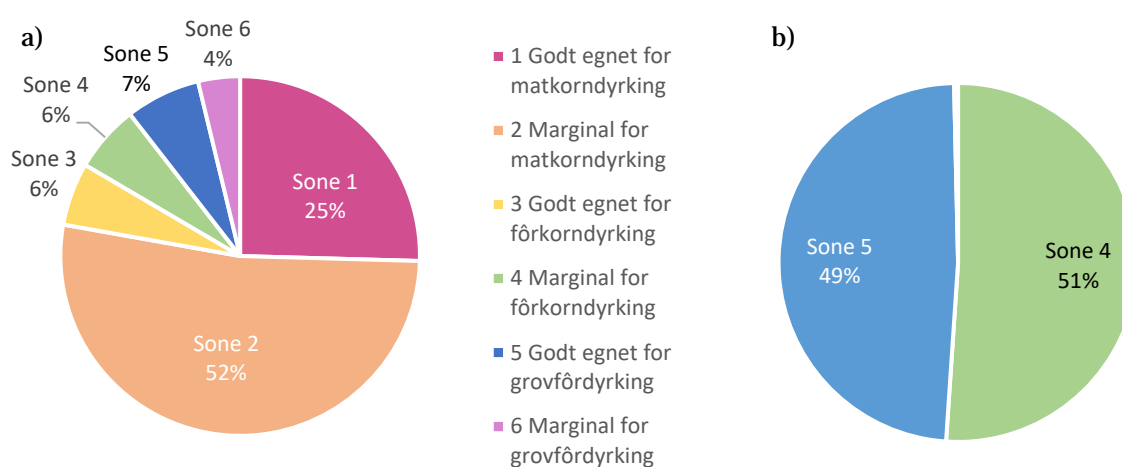
4.1 Beskrivelse av fylkene

Fylket Buskerud mangler en egentlig kystlinje og er derfor preget av innlandsklima. Lavlandet og dalførene innover i landet er preget av et relativt mildt klima som er godt egnet til planteproduksjon (Fig. 12). Høyere strøk inne i landet og oppe til fjells er mer hardføre. I Troms er kyststrøkene karakterisert med mildere klima enn områdene lenger inn i landet. Troms og Buskerud har relativt lik årsmiddelnedbør (500-1000 mm). I Buskerud faller nedbøren mest i juli-august, mens vintersesongen er lang med moderate snømengder og relativt lite vind. I Troms faller nedbøren mest på høsten og om vinteren.

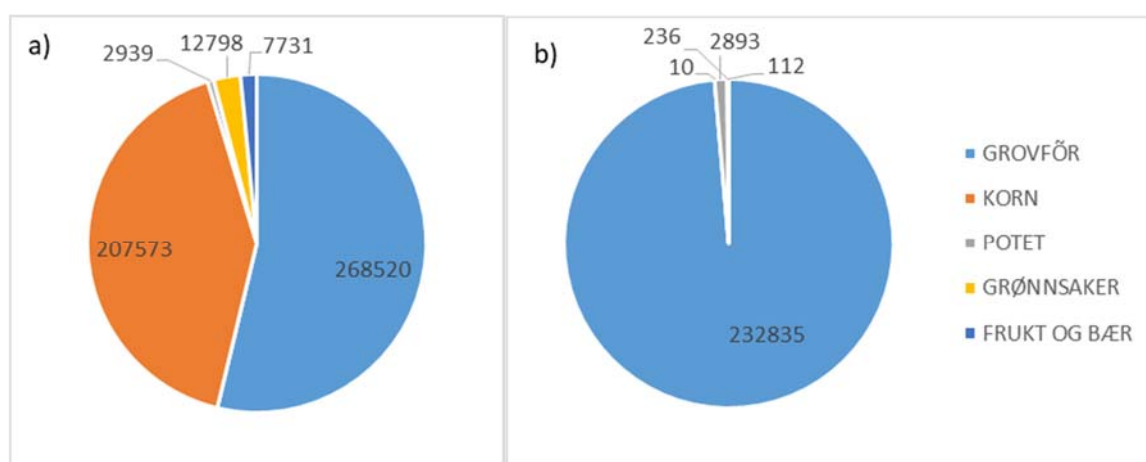


Figur 12. Klimaeffekter i Buskerud fylke (a-c) og i Troms fylke (d-f) basert på meteorologiske målinger og fordeling i agroklimatiske soner (Kilde: Nibio).

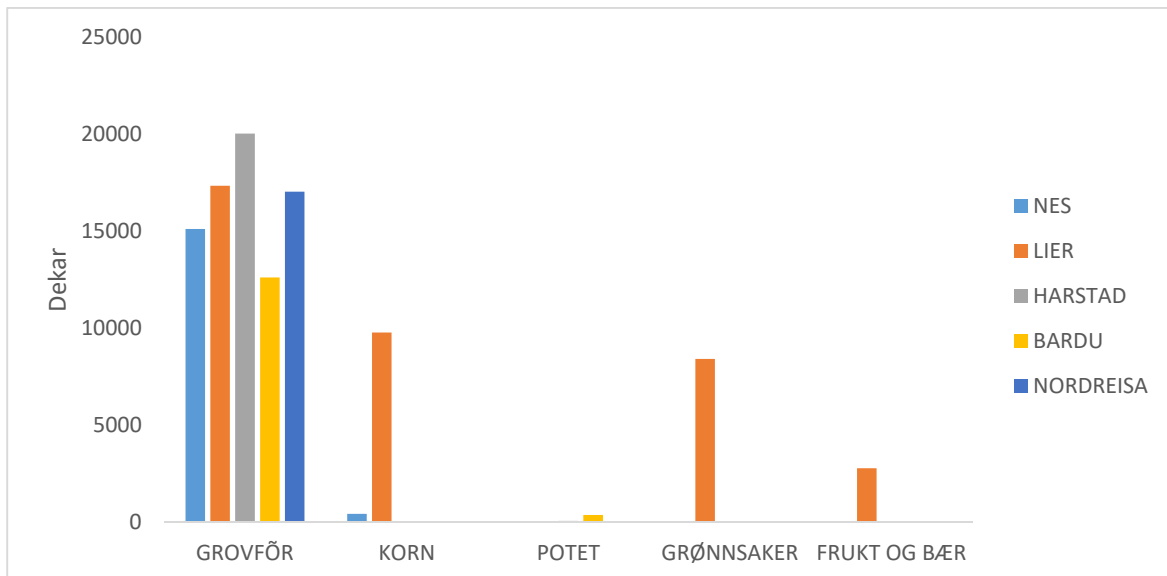
Det er store forskjeller i tilgang på arealressurser i fylkene (Fig. 13). Mens Buskerud har ca. 75 % av det dyrka arealet innen de to beste sonene, er det ingenting av arealet i Troms som inngår i disse. Det dyrka arealet i Troms er jevnt fordelt innen klimasone 4 og 5 og Troms har i tillegg noen av de beste beiteområdene i landet. Tilgjengelige arealressurser gjenspeiles i oversikten over bruken av de dyrka arealene i Fig. 14. Den største forskjellen mellom fylkene er at mens 98 % av det dyrka arealet i Troms benyttes til produksjon av grovfôr, er dette mye mer differensiert i Buskerud med 41 % korn, 54 % grovfôr, og ca. 5 % til grønnsaker, frukt, bær og poteter. Internt i Buskerud består produksjonen i de øvre delene av fylket i første rekke av husdyrbruk, grovfôrproduksjon og skogbruk, mens de nedre delene av fylket har korn, husdyr, grønnsaker, frukt, bær og skogbruk (Regionalt Bygdeutviklingsprogram for Buskerud). Buskerud har omtrent 16 % av landets grønnsaksproduksjon og om lag 10 % av landets skogproduksjon og avvirkning (Regionalt Bygdeutviklingsprogram for Buskerud).



Figur 13. Dyrka jord fordelt på agroklimatiske soner for a) Buskerud og b) Troms fylker (Kilde: Nibio).



Figur 14. Oversikt over arealfordeling for dyrking av forskjellige jordbruksvekster (dekar) for 2017 for a) Buskerud (totalt 499 561 dekar) og b) Troms (totalt 236 086 dekar) fylker (Kilde: Landbruksdirektoratet).



Figur 15. Oversikt over arealfordeling for dyrking av forskjellige jordbruksvekster (dekar) for 2017 for kommunene Nes og Lier i Buskerud fylke og Harstad, Bardu og Nordreisa i Troms fylke (Kilde: Landbruksdirektoratet).

Buskerud har dermed mye større andel ettårige vekster i sin jordbruksproduksjon enn Troms og klimaendringer med spesiell påvirkning på ettårige vekster vil ha større relativ betydning for planlegging i Buskerud enn i Troms. Samtidig er det slik at klimaendringene også vil påvirke klassifiseringen i soner, siden denne i all hovedsak er basert på klimaparametre og for langsiktig planlegging må man ta høyde for at det i fremtiden vil være mer gunstige forhold for økt produksjon av korn og hagebruksvekster også i Troms.

Sammenligner man eksempelkommunene så er de tre kommunene i Troms og Nes kommune i Buskerud relativt like når det gjelder arealanvendelse (Fig. 15). I Nes og i Bardu dyrkes grovfôr på ca. 97 % av arealet, mens det resterende stort sett består av potet (Bardu) og korn (Nes). I Harstad og Nordreisa er over 99 % av det dyrka arealet brukt til grovfôrproduksjon. Totalareal i drift er også relativt likt for disse kommunene og varierer fra omtrent 13 000 dekar i Bardu til ca. 20 000 dekar i Harstad. Lier skiller seg ut fra disse både i størrelse (38 366 dekar dyrket 2017) og i fordeling av produksjoner. Også i Lier er grovfôr den største produksjonen, med 45 %, men her er også store arealer i bruk til korn (25 %), grønnsaker (22 %) og frukt og bær (7 %). For skogbruk er forskjellene relativt store mellom fylkene og skogbruk er en mye større næring i Buskerud, som også har mye større tilgjengelige skogressurser (tabell 2 og 3).

Tabell 2. Oversikt over avvirkning i skogbruket (1000 m³) for 2017 for Troms og Buskerud samt eksempelkommunene Nes, Lier, Harstad, Bardu og Nordreisa (Kilde: Landbruksdirektoratet).

Avvirkning 2017 1000 m ³	
Buskerud	1134
Troms	41
Nes	53
Lier	44
Harstad	14
Bardu	10
Nordreisa	0

Tabell 3. Oversikt over arealfordeling for skogen i Buskerud og Troms (Kilde: NIBIO, AR5 årsversjon 2017 og AR50 årsversjon 2016).

Skoginformasjon	Buskerud				Totalt (daa)
	Barskog	Blandingsskog	Lauvskog	Skog på myr	
Svært høy bonitet	43	0	2	0	45
Høy bonitet	1 338 959	43 408	53 205	5 190	1 440 762
Middels bonitet	1 792 953	24 704	12 627	8 488	1 838 771
Lav bonitet	2 284 130	83 719	506	7 436	2 375 790
Uproduktiv skog	944 920	362 173	693 076	41 980	2 042 149
Uklassifisert skog					93 132
Totalt	6 361 004	514 003	759 416	63 094	7 790 650

Skoginformasjon	Troms				Totalt (daa)
	Barskog	Blandingsskog	Lauvskog	Skog på myr	
Svært høy bonitet	0	0	0	0	0
Høy bonitet	21 569	1 237	351 272	20	374 099
Middels bonitet	222 583	47 861	1 622 932	320	1 893 695
Lav bonitet	219 955	111 166	184 475	230	515 826
Uproduktiv skog	134 661	77 774	3 064 208	63 093	3 339 737
Uklassifisert skog					1 010 325
Totalt	598 768	238 038	5 222 888	63 663	7 133 682

4.2 Forventede effekter av klimaendringer i Buskerud og Troms – muligheter, utfordringer og tilpasninger

For begge fylkene vil en forlenget vekstsesong med høyere temperatur gi nye muligheter i form av potensielt økte produksjonsarealer (for spesielle vekster/sorter) og økt produksjon per arealenhet, både for jordbruk og skogbruk. Denne effekten vil inntreffe på kort sikt og forsterkes på lengere sikt. Økt

produksjon per enhet vil være en effekt av flere faktorer, som økt CO₂-konsentrasjon i atmosfæren, økt temperatur, nye sorter og arter. Mulig bruk av mer næringsrike fôrvekster vil kunne gi et redusert behov for kraftfôr og bedre beitekvalitet på innmarksbeite, noe som kombinert med lengre beiteperiode kan redusere behovet for vinterfôr. For Troms vil disse endringene kunne medføre større muligheter til dyrking av ettårige vekster sånn som grønnsaker, frukt og bær og noe korn (Martin m.fl. 2018). Det vil også kunne bli mulig å bruke mer næringsrike fôrvekster og øke antall slåtter i grovfôrproduksjonen. Forventet økt tilvekst i skogen vil også kunne gi rom for økt avvirkning i skogbruket. Disse mulighetene vil samtidig motvirkes av noen av utfordringene som kommer. Muligheten til utvidet vekstsesong om høsten begrenses spesielt for Troms av at lystilgangen setter begrensninger for fotosyntesen og at det derved er begrensede muligheter for vekst sent på høsten, uavhengig av temperatur. Lysmangelen begrenser gjenvekstevnen i spesielt timotei, men også i andre grasarter (Jørgensen m.fl. 2018). Høsting av ettervekst gir også negativ effekt på 1. slått avling og timoteiinnhold året etter. For ettårige vekster som korn og grønnsaker, i dag mest aktuelt for Buskerud, vil utvidet høstnedbør også sette noen begrensninger for muligheten til en lang utvidelse av vekstsesongen på høsten, da det blir vanskeligere å planlegge og gjennomføre innhøstingen. Derved kan en aktuell tilpasning være å bruke arter/sorter med tidlig modning og derved forskyve høstetidspunktet fremover for å unngå innhøstingsproblemer.

I henhold til klimaprofilene for fylkene som er utviklet av Norsk Klimaservicesenter vil:

«Klimaendringene i Buskerud/Troms særlig føre til behov for tilpasning til kraftig nedbør og økte problemer med overvann; havnivåstigning og stormflo; endringer i flomforhold og flomstørrelser; og skred (Klimaprofil Buskerud, Klimaprofil Troms)», altså at disse utfordringene med et nytt klima er felles for de to fylkene. Klimaeffektene og strategiene for tilpasning vil likevel være mer differensierte, siden utgangspunktene er forskjellige mellom fylkene og det eksempelvis vil være behov for ulike strategier om man dyrker korn eller grovfôr.



Klimaprofiler for Troms og Buskerud (Norsk Klimaservicesenter).

Økt temperatur kan også gi noen utfordringer i form av økt tørkestress, både for skog og jordbruk. Dette forventes i første rekke i Buskerud, men kan også bli en utfordring i noen av de mest tørre områdene av Troms.

Endringer i vekstsesongens lengde, nedbør og temperaturforhold medfører også et behov for endringer av driftssystemene både i landbruk og skogbruk. For jordbruket vil det eksempelvis kunne bli behov for endringer i vekstvalg og høsteregimer samt agronomiske tilpasninger av blant annet

tidspunkt og omfang av jordarbeiding, gjødslingstidspunkt, gjødslingsmengde, optimalisering av gjødselplassering, økt bruk presisjonsgjødsling, tilpasning av tidspunkt og spredemetoder for husdyrgjødsel tilpasset våte forhold. For skogbruk vil det kunne bli behov for endrede driftsopplegg for å bedre kunne ivareta miljøsinn og unngå skader samt tilpasse driften til redusert framkommelighet og økt risiko for kjøreskader i terrenget.

Arealene i nedre deler av Buskerud er i stor grad utsatt for erosjon og avrenning av jordpartikler og næringsstoffer i dagens situasjon (Regionalt Bygdeutviklingsprogram for Buskerud). Økte nedbørmengder og spesielt økning i antall episoder med ekstrem nedbør, vil medføre utfordringer i håndtering av flom og overvann og kan øke risikoen for erosjon og avrenning. Spesielt i Buskerud, hvor så stor andel av produksjonen består av korn og grønnsaker, vil dette kunne bli en viktig utfordring fremover. På kort sikt, hvor vinterne nedbøren fortsatt hovedsakelig vil komme som snø, vil flomutfordringene fortsatt være knyttet hovedsakelig til de større vassdragene. På lengre og lang sikt, med mindre smeltevannsflommer og mer flomsituasjoner etter episoder med intens nedbør, vil utfordringene kunne flyttes noe til andre områder og vassdrag som domineres av regnflommer og også bli mindre forutsigbare. Framskrivningene som er gjort for avrenning (Hanssen-Bauer m.fl. 2015) beregner totalt sett små endringer i total avrenning på årsbasis, både for perioden 2031-2060 (for Norge 1% økning) og perioden 2071-2100 (for Norge 7% økning), men det er forventet klar reduksjon i avrenning om sommeren og sterk økning om vinteren. Disse analysene er hovedsakelig fokusert på store vassdrag og ser ikke spesielt på hva som skjer på jordbruks-arealene, hvor det vil være behov for mer detaljerte studier. Også i Troms vil flommer og overvann være en utfordring fremover. Viktige jordbruksarealer i fylket er knyttet til de store vassdragene og er også i dag utsatt for store problemer fra år til annet. Grovfôrproduksjonen er likevel mindre sårbar for disse problemene enn ettårige vekster, selv om det gir utfordringer, b.la. i forhold til fornying av engarealer, vannmetting og erosjon.



Seterlandskap i Nes i Buskerud (Foto: Oskar Puschmann, Nibio).

I begge fylkene skjer mye av landbruksproduksjonen i dalførene langs større vassdrag. Problemstillinger knyttet til skred og ras forventes derved også å kunne bli utfordrende i fremtiden. Fortsatt fokus på flomkartlegging er en viktig tilpasning. Utvikling av hydrologiske risikoplaner, hvor vannets strømningsveier kartlegges og beredskapsplaner utvikles i forhold til disse, vil også være et viktig tiltak. Dette krever innsats både fra næring, forvaltning og FoU-miljøer.

En viktig utfordring for Tromslandbruket er knyttet til vinterskader på eng. Med mildere vintre med mer nedbør og mindre snømengder vil plantenes evne til å overleve vinteren settes under press. Endret forhold mellom lys og temperatur på høsten fører til at plantene må herdes under høyere temperatur og mindre lys, noe som kan føre til redusert herding. Flere fryse-tine sykluser gjennom vinteren medfører mer stress og økt risiko for skade. Samtidig reduseres det beskyttende snølaget og gir større sjanse for isdekkedannelse, noe som øker skadepotensialet ytterligere. Vinteroverlevelse er jevnlig en stor utfordring i Troms i dagens situasjon og denne utfordringen forventes også i fremtiden. Med økte temperaturer forskyves disse problemene fra kysten og innover i landet og dette kan også bli et utvidet problem for de grovførbaserte områdene i de øvre delene av Buskerud i fremtiden. Spesielt for Troms, med sine spesifikke lysforhold, er klimatilpasset plantemateriale en svært viktig langsiktig tilpasning.

4.3 Forvaltningsmessig fremtidssyn i Buskerud og Troms

«Arktisk landbruk – ei næring med mange muligheter» (Regional plan for landbruk i Troms 2014-2025) gir en god beskrivelse av landbruket i Troms, muligheter, utfordringer og målsettinger og prioriteringer av tiltak. Planen har ikke noe spesielt fokus på klimaendringer, men problemstillingen er nevnt i noen sammenhenger. Flere av prioriteringene i medfølgende Handlingsprogram for Regional landbruksplan 2014-2017 faller likevel under tiltak som er aktuelle klimatilpasninger og viser tydelig at dette er tiltak som trenger prioritering uavhengig av kommende klimaendringer.

«Framtidstro og vekst – landbruk i hele Buskerud» (Regionalt bygdeutviklingsprogram for Buskerud 2013 – 2016) gir en god oversikt over landbruket i fylket, muligheter og utfordringer og målsettinger. Her trekkes det frem utfordringer som vil bli forsterket i det fremtidsklimaet som blir beskrevet i Klima i Norge 2100. Tiltak som oppgradering av dreneringssystemer og skogsveier er viktige i dag og kan bli enda viktigere i fremtiden. Samtidig krever de mye innsats i form av midler og arbeid og krever derfor kontinuerlig fokus. Å få slike tiltak inn i regionale og lokale planer er en viktig forutsetning for å sikre tilpasning både på kort og lang sikt.

En viktig rolle for forvaltningen i forhold til fremtidige klimaendringer og tilpasninger er rollen som kunnskapsformidler og tilrettelegger. Planverk som tar hensyn til de forventede endringene som kommer er en viktig forutsetning for lokal og regional tilpasning. Den regionale landbruksplanen for Troms er et godt utgangspunkt for å sikre helhetlig tilnærming til landbruket i regionen og derved tilrettelegge for fremtidig utvikling. Landbrukets kjerneområder skal innarbeides i kommunens samfunns- og arealplan. Kjerneområdene innarbeides i kommunens arealdel som hensynssone landbruk når det skal utarbeides ny arealdel til kommuneplanen. En regional hensynssoneplan med muligheter til å gi innsigelser gir et veldig godt utgangspunkt for å sikre god regional tilpasning i sektoren. Ved rullering av planen vil det være hensiktsmessig å øke fokuset på klimaendringene og aktuelle tilpasninger i forhold til disse endringene.

På samme måte vil det igangsette prosjektet i Troms og Buskerud, hvor formålet er å bidra til å øke kunnskapen om hvordan kommunal og regional forvaltning kan ta hensyn til klimaendringenes påvirkning på landbruket i planlegging etter plan- og bygningsloven, være viktig for å øke kunnskapsnivået og kartlegge handlingsrommet som finnes på regionalt og lokalt nivå for klimatilpasning. Økt kunnskap og kompetanse er en viktig forutsetning for å sikre tilpasning i lokalt og regionalt planarbeid og forvaltning.

For å sikre god klimatilpasning i landbruket i fremtiden vil det være viktig med støtteordninger for å tilrettelegge for tilpasning. Det forventes økt behov for ressurser til tilpasning fremover, eksempelvis i forhold til drenering, flomsikring, beskyttelse mot jordras, erstatning for avlingsskade mm. Lokale og regionale tilskuddsordninger, som RMP, SMIL og dreneringstilskudd m.fl., vil være viktige for å sikre god lokal og regional tilpasning og det forventes behovet for tiltak vil være økende.

Forvaltning etter Plan- og bygningsloven medfører at vedtak som fattes i dag får langsiktig betydning. Det er derfor nødvendig at fremtidige klimaendringer er en del av vurderingen i arbeid med konsekvensutredninger og risikoanalyser for fremtidig arealprioritering. For å sikre dette er det viktig at effekter av klimaendringene inkluderes i plangrunnlaget på et tidlig stadium, for å redusere risikoen for mistilpasning når disse endringene eventuelt inntreffer. Usikkerhet rundt langsiktige fremtidige endringer innebærer en risiko for å båndlegge arealer som kunne vært brukt på en annen måte, men reduserer samtidig mulighetene for utilsiktede konsekvenser på lang sikt.



Utmarksbeite i Troms (Foto: Sigridur Dalmannsdottir, Nibio).

5 Oppsummering – anbefalinger, forskningsbehov, kunnskapshull

Sett i en global sammenheng, så vil fremtidige klimaendringer kunne føre til økt landbruksproduksjon i Norge hvis det blir satt i gang aktive tiltak for å kunne dra nytte av nye muligheter og samtidig tilpasse seg utfordringer. En del av tiltakene er oppsummert i tabell 1 og krever samarbeid og innsats fra næringen, forvaltningen og forskning- og utviklingsmiljø. Klimaforholdene i Norge er meget varierende siden landet strekker seg over mange breddegrader med store daglengdeforskjeller og med både kyst-, fjell- og innlandsklima. Dette er utfordrende for planteproduksjon som krever varierte arter og sorter tilpasset landets forskjellige klimasoner. Basert på jordsmonnkart over dyrkbar jord i Norge er 6% av jordarealet i landet potensielt jordbruksareal, derav er 3% allerede dyrket på. De gjenstående 3% er fordelt på forskjellige klimasoner, hvor det meste befinner seg i soner som i dag er godt egnet til grovfôr dyrking, men marginale for fôrkorndyrking. Troms er et fylkene som har stort potensiale til å øke planteproduksjon i fremtiden ved å ta i bruk nye områder til dyrking. For å kunne dra full nytte av potensielle jordbruksarealer er det viktig med langtidsplanlegging for å unngå nedbygging av matjorden.

Viktige aspekter i forhold til fremtidig planlegging i fylkene:

- Integrere og synliggjøre klimatilpasning i forvaltningsarbeidet på lokalt og regionalt nivå. Sikre tilstrekkelig kunnskapsnivå og kompetanse til å redusere sårbarheten til fremtidige endringer. Utvikle samarbeid på tvers av sektorer for å redusere risikoen for mistilpasning.
- Felles for fylkene er behov for fokus på det som kan beskrives som «god agronomi» – forskjellige driftsmessige tiltak på mange plan for å sikre gradvis tilpasning til et endrende klima. Tiltak for å øke beredskapen i forhold til ekstremvær og flom, som hydrologisk kartlegging, flomsikring og tiltak for vern mot skred og ras, vil også være viktige i begge fylker.
- For Troms blir det viktig med fokus på utvikling av klimatilpasset plantemateriale for et nytt klima. Det er også viktig med fokus på strategier for å bedre vinteroverlevelsen hos fôrplanter. For å utnytte økt potensiale i skogbruket i Troms vil det være viktig å tilrettelegge for å kunne ta ut en økt tilvekst i skogen gjennom økt avvirkning.
- For Buskerud vil fokus på tiltak for å tilpasse seg til økte mengder overflatevann, som drenering, jordstruktur, vekstskifte og oppgradering av skogsveier, være viktige. Det vil også være viktig å ha fokus på tiltak i forhold til mulige tørkeproblemer, som vanningsystemer og skogbrannberedskap.

Det er mye vi ikke vet i forhold til de biologiske tilpasningene til klimaendring. Den kunnskapen skaper grunnlaget for at landbruket vil kunne tilpasses endringene, og derfor finnes det flere forskningsbehov i relasjon til klimatilpasning i fremtiden.

Noen aktuelle forskningsbehov:

- Klimatilpasset plantemateriale - Det er viktig å fremskaffe plantemateriale som er tilpasset erfarte og prosjekterte klimaendringene. Det er behov for kontinuerlig utvikling av tilpasset plantemateriale. Økt samarbeid med nabolandene som har sammenlignbart klima er viktig for å sikre tilgangen på klimatilpasset materiale i fremtiden. De nordiske land har et særegent klima med unike daglengderegimer og et lite marked og må selv ta ansvaret for å foredle fremtidens plantesorter.

- Klimasoner i landbruket - Klimasoneinndelingen som brukes for landbruket er basert på temperaturnormalen for perioden 1931-60 (Skjelvåg 1987). Bruk av nyere temperatur- og nedbørsnormaler vil forbedre klassifiseringen. Plantevekstmodeller gir muligheter til å simulere avlinger med bakgrunn i simulert vær og kan i større grad brukes til å estimere effekten av klimaendringer direkte på landbruket. Det bør også undersøkes hvordan brukerne opplever kvaliteten av dette.
- Jordkvalitet - Det trengs mer forskning på tiltak for forbedring av jordkvaliteten. Aktuelle temaer er bla vekstskifte, drenering og bruk av biokull som jordforbedringsmiddel. Dyrkbar jord klassifiseres etter behov for grøfting eller vanning. Det er behov for mer kunnskap om dreneringsintensitet tilpasset ulike regioner med ulik nedbør, jord og produksjonsforhold. Tidligere anbefalinger om grøfting er i stor grad basert på eldre forsøk med lettere maskinpark, mindre jordpakking og mindre nedbør.
- Stormskader og brannfare på skog – Kunnskap om klimapåvirkning i forhold til vind og stormskader på skog er et tema hvor det er behov for å utvikle bedre datagrunnlag og metodikk for å kunne bedømme risikobildet bedre. Det er også behov for nye modeller for skogbrannfare og tørke, tilpasset norske forhold.
- Avrenning – Ved utvikling av høydemodeller fra laserdata vil en kunne detektere naturlige vannveier i jordbruksarealet og fastslå hvilke områder som er mest utsatt for avrenning. Dette vil gi grunnlag for å vurdere hvor det er økt risiko for avrenning og forslå tiltak.

Litteraturreferanse

- Bjerke, J.W., Tømmervik, H. Zielke, M. & Jørgensen, M. 2015. Impacts of snow season on ground-ice accumulation, soil frost and primary productivity in a grassland of sub-arctic Norway. *Environ. Res. Lett.*, 10, 095007, doi:<https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/9/095007>.
- Dalmanndottir, S., Jørgensen M., Rapacz, M., Østrem, L., Larsen, A., Rødven, R. & Rognli, O.A. 2017. Cold acclimation in warmer extended autumns impairs freezing tolerance of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and timothy (*Phleum pratense* L.). *Physiologia Plantarum* 160:266-281.
- Dalmanndottir, S., Jørgensen, M., Østrem, L., Rapacz, M., Larsen, A. & Rognli, O.A. 2014. Vil varmere høster gi dårligere overvintring?. I: Bioforsk konferansen 2014. Sammendrag og presentasjoner. 2014 s.68-68, Scandic Hotel, Hamar, Norway. *Bioforsk FOKUS* 9(2):68.
- Ergon, Å. 2017. Optimal regulation of the balance between productivity and over-wintering of perennial grasses in a warmer climate. *Agronomy* 7, 19. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy7010019>
- Ergon, Å., Seddaiu, G., Korhonen, P., Virkajärvi, P., Bellocchi, G., Jørgensen, M., Østrem, L., Reheul, D. & Voltaire, F. 2018. How can forage production in Nordic and Mediterranean Europe adapt to the challenges and opportunities arising from climate change? *European Journal of Agronomy* 92:97-106.
- Gaudet, D.A., Tronsmo, A.M. & Laroche, A. 2012. Climate change and plant diseases. In: Storey KE and Tanino KK (eds.). *Temperature adaptation in a changing climate, Nature at risk. CABI Climate change series 3*, Groydon: CPI Group Ltd. pp 144-159
- Grønlund, A. & Svendgård-Stokke, S. 2013. Grunnlag for prioritering av områder til nydyrking. *Bioforsk rapport 8 (151):97 s.*
- Gudleifsson, B.E. 2009. Ice encasement damage on grass crops and alpine plants in Iceland – Impacts of climate change. In: Gusta L, Wisniewski M & Tanino K (eds.). *From the laboratory to the field. CAB International* pp 163-172
- Hansen, E. 1984. *Prydbusker og trær for norske hager*. Oslo, Landbruksforlaget og det norske hageselskap.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A. & Ådlandsvik, B. (red.) 2015. *Klima i Norge 2100 - Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015*. Norsk klimaservicesenter (NKSS), rapport nr. 2/2015.
- Hohle, E.E. m.fl. 2016. *Landbruk og klimaendringer. Rapport fra arbeidsgruppe*, 19. februar. Oslo: Landbruks- og matdepartementet.
- Høgda, K.A., Tømmervik, H. & Karlsen, S.R. 2013. Trends in the Start of the Growing Season in Fennoscandia 1982–2011. *Remote Sensing* 5:4304-4318; doi:10.3390/rs5094304.
- Höglind, M., Thorsen, S.M. & Semenov, M. 2013. Assessing uncertainties in impact of climate change on grass production in Northern Europe using ensembles of global climate models. *Agricultural and Forest Meteorology* 170:103-113.
- Iglesias, A., Quiroga, S., Moneo, M. & Garrote, L. 2012. From climate change impacts to the development of adaptation strategies: challenges for agriculture in Europe. *Climatic Change* 112:143-168
- Jørgensen, M., Østrem, L. & Höglind, M. 2010. De-hardening in contrasting cultivars of timothy and perennial ryegrass during winter and spring. *Grass and Forage Science* 65:38–48.

- Jørgensen, M., Bakken, A.K., Lunnan, T. & Østrem, L. 2018. Forvaltning av ettervekst i eng i varmere og våtere høst måneder. NIBIO RAPPORT; 4 (34).
- Klakegg, O., Hofmeister, F. & Gilo, M.D. 2008. JORDSMONNSTATISTIKK - 012 Drammensvassdraget. Ressursoversikt fra Skog og landskap 02/2008.
- Krokene, P., Økland, B. & Nilssen, A.C. 2010. Klimavinnerne - blant insektene. Brosjyre fra Skog og landskap, 11 s.
- Kvalvik, I., Dalmannsdottir, S., Dannevig, H., Hovelsrud, G., Rønning, L. & Uleberg, E. 2011. Climate change vulnerability and adaptive capacity in the agricultural sector in Northern Norway, *Acta Agricultura Scandinavica B-S-P* 61 (supplement 1): 27-37.
- Lowe, J.A., Gregory, J.M. & Flather, R.A. 2001. Changes in the occurrence of storm surges around the United Kingdom under a future climate scenario using a dynamic storm surge model driven by the Hadley Centre climate models. *Climate Dynamics* 18:179–188.
- Martin, P., Dalmannsdottir, S., í Gerdinum, J.I., Halland, H., Hermannsson, J., Kavanagh, V., MacKenzie, K., Reykdal, O., Russell, J., Sveinsson, S., Thomsen, M. & Wishart, J. 2017. Climatic Change. Recent warming across the North Atlantic region may be contributing to an expansion in barley cultivation. *Climatic Change* 145:351-365.
- Miljøverndepartementet. 2013. Klimatilpasning i Norge. St.meld.nr. 33 (2012-2013), 100 s.
- Moen, A. 1998. National Atlas of Norway. Vegetation; Norwegian Mapping Authority: Hønefoss, Norway, 1998
- Molteberg, E.L. & Vågen, I. 2016. Endret klima- effekter av endret klima og behov for tilpasninger. Potet og grønnsaksproduksjon. Fagnotat til arbeidgruppa rapport om landbruk og klimaendringer, 2016.
- Njøs, A. 1979. Vurdering av mineraljord til dyrking. Forslag til klassifikasjon. *Jord og Myr* 3:1-19.
- Rapacz, M., Ergon, Å., Höglind, M., Jørgensen, M., Jurczyk, B., Østrem, L., Rognli, O.A. & Tronsmo A.M. 2014. Overwintering of herbaceous plants in a changing climate – still more questions than answers. *Plant Science* 225:34-44.
- Riley, H. & Berentsen, E. 2009. Estimation of water use for irrigation in Norwegian agriculture. Pilot study for Statistics Norway / Eurostat. *Bioforsk Rapport* vol. 4 (174):80 s.
- Seehusen, T., Waalen, W. Hoel, B. Uhlen, A.K. Persson, T. & Strand, E. 2016. Endret klima- effekter av endret klima og behov for tilpasninger- norsk kornproduksjon. Fagnotat til arbeidsgruppa rapport om landbruk og klimaendringer, 2016.
- Skjelvåg, A.O. 1987. Temperaturkart laga ved minste kvadrat-interpolasjon. *Norsk landbruksforskning* 1:37-45.
- Solberg, S. & Dalen, L.S. (red.) 2007. Effekter av klimaendring på skogens helsetilstand, og aktuelle overvåkingsmetoder. *Viten fra Skog og landskap* 3/07: 42 s.
- Statens Skogfrøverk. 1995. Sankeområder for skogbrukets frøforsyning.
- Strand, E 1964. Dyrkningssoner for jordbruksvekster i Norge. *Meld. Norges Landbrukshøgskole* 43 (a):1-16.
- Svendgård-Stokke S. 2015. Hvordan påvirkes jordbruket av klimaendringer?. *Kart og plant* 1:90-95.
- Søgaard, G., Astrup, R., Allen, M., Andreassen, K., Bergseng, E., Sundheim Fløistad, I., Granhus, A., Holt Hanssen, K., Hietala, A., Kvaalen, H., Solberg, S., Solheim, H., Steffenrem, A., Stokland, J. & Økland, B. 2017. Skogbehandling for verdiproduksjon i et klima i endring. NIBIO RAPPORT 3 (99).

- Tveito, O.E., Redalen, G. & Engen-Skaugen, T. 2007. Fruktdyrking og klima - en agroøkologisk studie for Buskerud. Met report no. 16/2007 Klima.
- Tveito, O.E. 2014. Klimaendringer og betydning for skogbruket. Met report no. 25/2014 Klima.
- Uleberg, E., Hanssen-Bauer, I., van Oort, B. & Dalmannsdottir, S. 2014. Impact of climate change on agriculture in Northern Norway and potential strategies for adaptation. *Climatic Change* 122:27-39.
- Yu, M., Gao, Q. & Shaffer, M.J. 2002. Simulating interactive effects of symbiotic nitrogen fixation, carbon dioxide elevation, and climatic change on legume growth. *Journal of Environmental Quality* 31:634-641.
- Øpstad, S.L. Øvreås, O.-J., Myromslien, M., Hjeltnes, S.H., Vågane, S.A. & Østrem L. 2016. Tilpassing til eit endra klima. Aktuelle tiltak i landbruket på Vestlandet. NIBIO Rapport 2 (94).

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.