



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Effekter av endret klima og behov for tilpasninger i norsk planteproduksjon

Oppdatering av kunnskapsgrunnlaget fra 2016

NIBIO NOTAT | 2026



NOTAT

TITTEL:	Effekter av endret klima og behov for tilpasninger i norsk planteproduksjon – Oppdatering av kunnskapsgrunnlaget fra 2016		
DATO:	21.09.2026	REVIDERT DATO:	-
ANTALL SIDER:	100	ANTALL VEDLEGG:	1

FORFATTER(E):	
NAVN:	DIVISJON/ STASJON/ANNET:
Ingrid Flatland	Divisjon for matproduksjon og samfunn, NIBIO
Sigrður Dalmannsdóttir	Divisjon for matproduksjon og samfunn, NIBIO
Randi Berland Frøseth	Divisjon for matproduksjon og samfunn, NIBIO
Bjørn Arild Hatteland	Divisjon for bioteknologi og plantehelse, NIBIO
Birgitte Henriksen	Divisjon for bioteknologi og plantehelse, NIBIO
Mats Höglind	Divisjon for matproduksjon og samfunn, NIBIO
Anbjørg Kristoffersen	Divisjon for matproduksjon og samfunn, NIBIO
Eldrid Lein Molteberg	Divisjon for matproduksjon og samfunn, NIBIO
Till Seehusen	Divisjon for matproduksjon og samfunn, NIBIO
Hilde Haug Simonhjell	Divisjon for matproduksjon og samfunn, NIBIO
Anita Sønsteby	Divisjon for matproduksjon og samfunn, NIBIO
Pia Heltoft Thomsen	Divisjon for matproduksjon og samfunn, NIBIO
Ingunn M. Vågen	Divisjon for matproduksjon og samfunn, NIBIO
Wendy Waalen	Divisjon for matproduksjon og samfunn, NIBIO
Ingunn Øvsthus	Divisjon for matproduksjon og samfunn, NIBIO
KONTAKTPERSON NIBIO: Hilde Haug Simonhjell, hilde.simonhjell@nibio.no	

PROSJEKTNUMMER: 54588	ARKIVNUMMER: 26/00664	TILGJENGELIGHET: Åpen
------------------------------	------------------------------	------------------------------

PROSJEKTLEDER: Ingrid Flatland	OPPDRAGSGIVER: Landbruksdirektoratet
---------------------------------------	---

STIKKORD: Klimatilpasning, jordbruk, korn, grovfôr, grønnsaker, potet, frukt, bær, plantevern, agronomi, jordarbeiding, drenering, vanning, fangvekster, gjødsling, presisjonsjordbruk	FAGOMRÅDE: Klima og klimatilpasning
---	--

SAMMENDRAG: Dette notatet gir en oppdatering av kunnskapsgrunnlaget og relevans for klimatilpasning for de mest sentrale planteproduksjonene, dvs. korn, grovfôr, grønnsaker og potet, frukt og bær. Notatet tar utgangspunkt i teksten i ulike fagnotater fra 2016, og oppdaterer beskrivelsene med oppdatert kunnskap relevant for de ulike produksjonene. Økt gjennomsnittstemperatur, økt CO₂-konsentrasjon i atmosfæren og en lengre vekstsesong er fordeler som vil kunne utnyttes. På den annen side vil økt nedbør og mer ekstremvær i fremtiden bli utfordringer som må håndteres. Notatet peker på både utfordringer, muligheter og kunnskapsbehov for å lykkes i klimatilpasningsarbeidet.



Forord

Dette faglige grunnlaget er utarbeidet av NIBIO på oppdrag fra Landbruksdirektoratet. Bakgrunnen for oppdraget er behov for et faglig grunnlag for den nedsatte arbeidsgruppen som skal gjennomgå klimatilpasninger og klimarobuste driftsformer i landbruket. Arbeidet er finansiert innenfor rammen av NIBIOs forvaltningsstøtteoppdrag.

Notatet er en oppdatering av en rapport fra 2026. Arbeidet bygger på et bredt faglig samarbeid på tvers av avdelinger og fagmiljøer i NIBIO. Mange forskere og fagpersoner har bidratt med oppdatert kunnskap, vurderinger og kvalitetssikring innen sine respektive fagområder. Dette tverrfaglige samarbeidet har vært avgjørende for å sammenstille et kunnskapsgrunnlag som dekker de sentrale planteproduksjonene og sentrale tema knyttet til klimatilpasning.

NIBIO takker Landbruksdirektoratet for oppdraget og for et godt samarbeid underveis. Vi håper notatet er et nyttig kunnskapsgrunnlag om effekter av endret klima og behov for tilpasninger i norsk planteproduksjon.

[Ås], 23.09.26

[Hilde Haug Simonhjell]

Innhold

1	INNLEDNING	7
1.1	Bakgrunn.....	7
1.2	Forståelse og løsning av oppdraget	8
1.3	Oppdaterte fremskrivninger av klimaendringene i Norge.....	9
1.3.1	Oppvarming ~3.4 °C mot 2100.....	9
1.3.2	Våtere klima	10
1.3.3	Snø, frost og tineperioder	10
1.3.4	Tørke og avrenning	10
1.3.5	Sammensatt bilde for jordbruket.....	10
1.4	Leseveiledning	10
1.5	Litteratur.....	11
2	KORN.....	12
2.1	Kornproduksjon i Norge og klimaendringer	12
2.2	Forventede klimaendringer og konsekvenser for kornproduksjon	12
2.2.1	Økt CO ₂ - nivå	12
2.2.2	Økt temperatur	13
2.2.3	Endret nedbørsmengde og intensitet	14
2.3	Tilpasninger på kort sikt	15
2.3.1	Jordarbeiding og erosjon.....	16
2.3.2	Minimal jordarbeiding.....	16
2.3.3	Høstkorn.....	17
2.3.4	Jordpakking, jordas vanninnhold og kjøretidspunkt	17
2.3.5	Tidspunkt for kjøring og maskinkapasitet	17
2.3.6	Organisk materiale	18
2.3.7	Fangvekster	19
2.3.8	Vekstskifte.....	20
2.3.9	Gjødsling.....	20
2.3.10	Presisjonsjordbruk.....	22
2.3.11	Effektive tiltak – fare for at våronn eller innhøsting må avbrytes/ utsettes	22
2.3.12	Beslutningsverktøy	23
2.4	Tilpasninger innen plantevern til korn.....	23
2.4.1	Klimaendringer og skadegjørere i korn	23
2.4.2	Økt temperatur og forlenget vekstsesong	24
2.4.3	Økt nedbør, flere fuktperioder og endret fuktighetsdynamikk	24
2.4.4	Ekstremvær og uforutsigbare værforhold.....	24
2.4.5	Mildere vintre og forbedret overvintring.....	25
2.4.6	Redusert jordarbeiding som klimatilpasningstiltak.....	25
2.4.7	Økt dyrking av høstkorn	25
2.4.8	Tidligere såing og forskjøvet vekstsesong	25
2.4.9	Nye plantearter – nye skadegjørere.....	25
2.5	Langsiktige tilpasninger	26
2.5.1	Nydyrking	26
2.5.2	Arter og sorter.....	27

2.5.3	Drenering	28
2.5.4	Vanning	28
2.5.5	Rammebetingelser	29
2.6	Kunnskapsstatus	29
2.6.1	WINSUR	29
2.6.2	MACSUR	29
2.6.3	Agropro	30
2.6.4	SoilCare	30
2.6.5	OPTIKORN	30
2.6.6	Prohøst	31
2.6.7	Capture	31
2.6.8	Ulike prosjekt rundt behandling og bedre utnyttelse av planterester	31
2.6.9	Diverse prosjekt rundt klimatilpasning i ulike regioner	31
2.6.10	FoodProFuture/FutureProteinCrops	31
2.6.11	Hvetekvalitet/Gene2Bread	31
2.6.12	Sortsforedling – Graminor	32
2.6.13	Verdiprøving, korn	32
2.6.14	Dyrkingssystem - langvarige forsøk på Apelsvoll (NIBIO)	32
2.6.15	Møystad-feltet og langvarige jordarbeidingsfelt	32
2.6.16	Pågående relevante prosjekter (utvalgte eksempler):	33
2.7	Kunnskapshull	33
2.7.1	Sorter	33
2.7.2	Høstsådde arter	34
2.7.3	Etablering og jordarbeiding	34
2.7.4	Dyrkingsteknikk	34
2.7.5	Plantevern	35
2.7.6	Gjødsling/næringsforsyning	35
2.7.7	Drenering	35
2.7.8	Infrastruktur	35
2.7.9	Økonomi	35
2.8	Oppsummering	36
2.9	Litteratur	36
3	GROVFOR	41
3.1	Bakgrunn	41
3.2	Muligheter	41
3.3	Utfordringer	42
3.4	Tilpasninger	45
3.5	Agronomi	45
3.6	Planteforedling	46
3.7	Kunnskapsstatus	47
3.8	Kunnskapshull og forskningsbehov	48
3.9	Litteratur	50
4	GRØNNSAKS- OG POTETPRODUKSJON	53
4.1	Grønnsaks- og potetproduksjonen i Norge	53
4.2	Konsekvenser av klimaendringer for potet og grønnsaksproduksjon	54
4.3	Effekter av klimavariabel på plantevekst	56

4.3.1	Økt veksttid og varmesum	56
4.3.2	Økt CO ₂ - nivå	58
4.3.3	Endret nedbørsmengde og intensitet	59
4.4	Tilpasningsbehov.....	60
4.4.1	Nye muligheter i et endret klima	60
4.4.2	Utfordringer og tilpasningsbehov	60
4.5	Mulige tilpasningstiltak	61
4.5.2	Nye arter og sorter	62
4.5.3	Infrastrukturtiltak.....	63
4.5.4	Dyrkingstekniske tiltak knyttet til tørke og næring.....	65
4.5.5	Tiltak for økt infiltrasjon og redusert overflateavrenning i jord	66
4.6	Kunnskapsstatus og forskningsbehov for grønnsaker og poteter	70
4.6.1	Drenering og kalking (kort og mellomlang sikt)	70
4.6.2	Vekstskifte og organisk materiale (kort, mellomlang og lang sikt).	70
4.6.3	Arter, sorter og dyrkingssted (kort og mellomlang sikt)	71
4.6.4	Stressforsøk.....	72
4.6.5	Nærings- og vannforsyning	72
4.6.6	Erosjon og overflateavrenning	72
4.6.7	Lagring.....	72
4.7	Oppsummering	75
4.8	Litteratur.....	75
5	FRUKT OG BÆRPRODUKSJONEN	78
5.1	Klima og frukt og bær dyrking	78
5.2	Forventa klimaendringar og konsekvensar for frukt og bærproduksjon.....	78
5.2.1	Auka temperatur.....	79
5.2.2	Auka nedbør.....	82
5.2.3	Auke i ekstremvær	83
5.3	Klimatilpassingar av norsk frukt og bærproduksjon på kort og lang sikt.....	84
5.3.1	Nye artar og sortar	84
5.3.2	Dyrkingsteknikk og produksjonssystem	85
5.3.3	Plantevernstrategiar.....	88
5.4	Oppsummering	89
5.5	Litteratur.....	89
6	Kort oppsummert og veien videre.....	91
	Vedlegg: Arbeidsnotat - Systemtilnærming til klimarisiko og tilpasning i norsk landbruk	92
	Bakgrunn.....	92
	Klimatilpasning for planter og dyr – agronomi og husdyrhold	93
	Klimatilpasning for et klimarobust jordbrukssystem.....	94
	Konsept og kunnskapshull	96
	Hvordan kan kunnskapshullene fylles?	98

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Klimaendringene stiller norsk jordbruk overfor to hovedutfordringer:

- å redusere utslipp av klimagasser og øke bindingen av karbon i jord og vegetasjon
- å tilpasse produksjonen til et endret klima, herunder håndtere økt klimarisiko og sikre stabil matproduksjon over tid

Et sentralt mål for norsk jordbruk er å forvalte jord, vann, biologisk mangfold og genetiske ressurser på en måte som sikrer langsiktig produksjonsevne og bærekraftig matproduksjon. Dette forutsetter et landbruk som er robust og tilpasningsdyktig i møte med klimaendringer og økt forekomst av ekstreme værhendelser.

Klimatilpasning i jordbruket omfatter nødvendige tiltak og endringer i driftsopplegg og produksjonsformer for å redusere sårbarhet, utnytte nye muligheter og opprettholde produksjon under endrede klimaforhold. Samtidig bidrar klimatilpasning til å styrke nasjonal beredskap og samfunnets samlede motstandskraft mot ulike kriser.

For de jordbruksbaserte verdikjenden handler klimatilpasning også om hvordan det norske jordbrukssystemet som helhet kan bli mer robust i møte med endret klima, og i tillegg utnytte nye muligheter. Det er derfor også viktig å forstå hvordan samspillseffekter mellom klimaendringer og ikke-klimarelaterte endringer og hendelser, kan påvirke jordbrukssystemets sårbarhet og dermed evnen til å oppfylle den primære samfunnsfunksjonen. Disse perspektivene er beskrevet i vedlagt arbeidsnotat av 12.2.2026 fra NIBIO (Vedlegg 1).

En arbeidsgruppe utredet i 2016 landbruksnæringens utfordringer og muligheter i et endret klima. Dette arbeidet resulterte i rapporten «Landbruk og klimaendringer». NIBIO leverte den gang en rekke fagnotater som forelå som vedlegg til arbeidsgruppens rapport (Landbruks- og matdepartementet 2016). Det er nå behov for å oppdatere dette kunnskapsgrunnlaget, og det er bakgrunnen for dette oppdraget.

Vi vil i dette notatet gi en oppdatering av kunnskapsgrunnlaget og relevans for klimatilpasning for de mest sentrale planteproduksjonene, dvs. korn, grovfor, grønnsaker og potet, frukt og bær. Notatet tar utgangspunkt i teksten i fagnotatene fra 2016, og oppdaterer beskrivelsene med oppdatert kunnskap relevant for de ulike produksjonene.

Videre har det skjedd mye på forskning og utvikling innen klimafremskrivinger både internasjonalt og i Norge. I 2021 kom for eksempel FNs klimapanelers sjettede hovedrapport, *IPCC Sixth Assessment Report (IPCC 2023)*. Denne regnes som det viktigste vitenskapelige faggrunnlaget for utformingen av internasjonal klimapolitikk. Rapporten fokuserer blant annet på at flere klimarelaterte trusler vil skje samtidig. I 2025 leverte Norsk klimaservicesenter (Dyrødal m.fl., 2025) nye fremskrivinger av klima i rapporten «*Klima i Norge - Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2025*». Den viser observerte klimaendringer og beregnede klimaendringer fram mot 2100, med fokus på et scenario med antatt raskt økende klimagassutslipp (SSP3-7.0).

Av betydning for arbeidet med klimatilpasning, kan det blant annet også nevnes at det har kommet en Stortingsmelding om klimatilpasning; Meld. St. 26 (2022-2023) *Klima i endring – sammen for et klimarobust samfunn*, som trekker opp linjer for det videre arbeidet med klimatilpasning i bredt.

1.2 Forståelse og løsning av oppdraget

Dette notatet sitt formål er å gi en oppdatering av klimatilpasningstiltak i norsk planteproduksjon, fordelt på produksjon av korn, grovfor, grønnsaker og potet, frukt og bær. Notatet tar utgangspunkt i *Fagnotater for underlag for arbeidsgruppens hovedrapport 19. februar 2016*. Siden rapporten i 2016 har landbruket både vært berørt av flere alvorlige hendelser, og ny forskning og tekniske fagrapporter er publisert. Det er derfor behov for å innhente og sammenstille oppdatert kunnskap og erfaring.

Fagnotater fra 2016 hadde særskilte notater om henholdsvis plantehelse, hydroteknikk, gjødsling og karbon i dyrket mark. I dette oppdraget skal de nevnte fagutredninger utgå som egne utredninger. Oppdateringer og aktuell tekst fra plantehelse, hydroteknikk, gjødsling og karbon i dyrket mark inngår i stedet i kapitlene for de fire vekstgruppene, i tråd med ønske fra oppdragsgiver.

Som bakgrunn for oppdraget er det laget et grundig mandat. Kort oppsummert kan oppdraget oppsummeres i følgende punkt for de ulike produksjonene korn, grovfôr, frukt, grønt, grønnsaker og potet:

- Overordna beskrivelse av status for de ulike produksjonene
- Hvordan disse produksjonene blir påvirket av klimaendringene
- Klimatilpasning for planteproduksjonene:
 - o Kortsiktige tilpasninger, dvs. som kan iverksettes raskt og har effekt på kort sikt
 - o Langsiktige tilpasninger som tar lengre tid å iverksette.
 - o Nye og relevante forskningsresultater
- Vekstgruppenes sine utfordringer
 - o Kunnskapshull og behov for forskning
- Overordnet omtale av utfordringer og tiltak innen:
 - o Oppdatering av kunnskapsgrunnlaget for plantevern og plantehelse
 - o Betydningen av ny kunnskap om klimaendringer for gjødsling
 - o Betydningen av ny kunnskap om klimaendringene for dreneringsbehov
 - o Betydningen av nye teknologier (sensorer og data, presisjon, autonomt og lettere utstyr mv.) for bedre klimatilpasning
 - o Betydningen av organisk materiale og jordhelse for kulturenes motstandsdyktighet i endret klima.

På grunn av begrensede midler har kapitlene blitt skrevet uavhengig av hverandre og det er brukt samme struktur som i 2016.

Ingrid Flatland i Avdeling for klima og matproduksjon har vært prosjektleder, stått for organiseringen av prosjektet og skrevet innledningen. Hilde Haug Simonhjell og Arne Bardalen har bistått underveis i gjennomføring og kvalitetssikring. Arne Bardalen har også skrevet det vedlagte notatet om *Systemtilnærming til klimarisiko og tilpasning i norsk*.

Kapittel om kornproduksjon er oppdatert av forskere fra Avdeling korn og frøvekster ved Till Seehusen, Wendy Waalen, Annbjørg Ø. Kristoffersen og Randi Berland Frøseth. Birgitte Henriksen fra Divisjon for bioteknologi og plantehelse har skrevet om tilpasninger innen plantevern.

Kapittel om grovfor er oppdatert av forskere fra Fagavdeling fôr og husdyr ved Sigriddur Dalmannsdottir og Mats Höglind, med bistand fra forskere i Divisjon for bioteknologi og plantehelse.

Kapittel grønnsaker og potet er oppdatert av Fagavdeling frukt og grønt ved Eldrid Lein Molteberg og Ingunn M. Vågen, med bistand fra Pia Heltoft og fra forskere i Divisjon for bioteknologi og plantehelse.

Kapittel frukt og bær er oppdatert av Avdeling frukt og grønt ved Anita Sønsteby og Ingunn Øvsthus, med bistand fra Divisjon for bioteknologi og plantehelse ved Jorunn Børve, Gunnhild Jaastad og Bjørn Arild Hatteland. Mekjell Meland og Eivind Vangdal skrev teksten om fruktproduksjon i 2016.

1.3 Oppdaterte fremskrivninger av klimaendringene i Norge

Norge ligger geografisk plassert i et høyt nordlig område der klimaendringer både kan gi nye utfordringer og åpne for nye muligheter i jordbruket. Et varmere klima gir lengre vekstsesong og kan forbedre vekstforholdene i deler av landet som i dag har marginale produksjonsforhold. Dette kan bidra til økt produksjonspotensial og styrke nasjonal selvforsyning.

Samtidig forventes et mer variabelt og ustabilt klima, der ulike typer klimabelastninger kan opptre innenfor samme vekstsesong. Dette kan gi et sammensatt og krevende risikobilde for planteproduksjonen. Slike kombinerte påkjenninger øker sårbarheten i produksjonssystemene og stiller større krav til både agronomisk praksis og langsiktig planlegging.

I tillegg kan store vær- og klimahendelser internasjonalt, føre til kjedereaksjoner i globale markeder og forsyningssystemer (grenseoverskridende klimarisiko), med indirekte konsekvenser også for norsk landbruk og forsyningssikkerhet for mat. Dette understreker behovet for klimatilpasning som ikke bare retter seg mot den enkelte produksjon, men også mot robusthet i matsystemet som helhet.

Rapporten *Klima i Norge – kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2025* fra Norsk klimaservicesenter viser oppdaterte beregninger av hvordan klimaet ser ut til å utvikle seg i Norge framover i tid. Rapporten gir litt andre resultater enn framskrivingene av klima utgitt i 2015 (Hansen-Bauer m.fl., 2015), som *Fagnotater fra klimatilpasning i jordbruket* tok utgangspunkt i.

Klima i Norge-rapporten fra 2025 bygger blant annet på utslippsscenario SSP3-7.0 («føre var-scenario»), mens det i 2015 ble brukt RCP8.5. Dette innebærer mer konkret at det nye utslippsscenarioet har et lavere strålingspådriv enn det som ble beskrevet i rapporten fra 2015 (7.0 W/m² i stedet for 8.5 W/m²). Oppdateringen i 2025 gir både litt lavere temperaturøkning, nedbørsøkning og flommer i framskrivning frem mot 2100 enn i forrige rapport.

Dette innebærer at NIBIOs fagnotater fra 2016 fortsatt står på et solid faglig grunnlag, og at det primært er behov for en oppdatering av ny kunnskap om klimatilpasningstiltak.

Norsk klimaservicesenter har også oppdatert referanseperioden. Det er nå brukt 1991–2020 i stedet for 1971–2000 for å reflektere dagens klima bedre. Endringene oppgis derfor over 80 år (fra den oppdaterte referanseperioden 1991–2020 til slutten av århundret) i stedet for 100 år (fra 1971–2000 til slutten av århundret). En kortere periode gir lavere endringer, og temperaturframskrivninger ser «lavere» ut i 2025-rapporten fordi referanseperioden allerede er 1 °C varmere.

Nedenfor vil vi kort beskrive de oppdaterte framskrivningene for klimaendringene som er mest relevante for de norske planteproduksjonene:

1.3.1 Oppvarming ~3.4 °C mot 2100

Framskrivninger viser en økning i temperatur fra dagens referanseperiode og fram til 2100 på rundt 3,4 °C. Økningen blir større i nord enn i sør og større i øst enn i vest. Oppvarmingen er og vil bli større om vinteren enn om sommeren. Temperaturendringene gir kortere vintersesong og lengre sommersesong.

Temperaturendringene gir generelt sett lengre vekstsesong og færre frostdager, men samtidig økt frostfare i vekstsesongen i en del kystnære områder. Større områder vil oppleve hetebølger og tropenetter i framtiden.

1.3.2 Våtere klima

Økning i forventet årsnedbør: +12 % vinter, + 10 % vår, + 9 % sommer, + 14% høst.

Framskrivninger viser at det blir større nedbørmengder totalt sett. Det blir også flere dager med nedbør i framtiden men økningen i nedbørmengde er høyere enn i antall dager. Økningen i korttidsnedbør (1–3 timer) blir kraftigere enn økningen i døgnnedbør. Kraftig korttidsnedbør kommer ofte fra bygenedbør i sommerhalvåret. Vi finner de høyeste verdiene i framskrivningene langs kysten i Sør-Norge, inkludert Oslofjorden.

Kortvarig, intens nedbør øker mer enn jevn, langvarig nedbør. Styrtregn opptrer oftere og blir kraftigere. Økningen i intensitet er noe større i nord, bortsett fra Finnmarksvidda, mens økningen i hyppighet er betydelig større langs kysten i Vest- og Midt-Norge.

Klimaframskrivningene viser videre en økning i størrelsen på både middelflom og 200-årsflom mot slutten av århundret i alle landsdeler, med unntak av Finnmark, dersom utslippene av drivhusgasser fortsetter å øke. Størst økning i 200-årsflom, på over 30 % økning i vannmengde, finner vi i Sørøst-Norge, på Vestlandet og i Nordland.

1.3.3 Snø, frost og tineperioder

Sesongen for snødekte jordbruksarealer blir kortere. Årlig snømengder vil minke i nesten hele landet, og en forventer hyppigere situasjoner rundt 0 °C der nedbør skifter fase (fra snø til regn eller omvendt).

1.3.4 Tørke og avrenning

Framskrivninger viser at forekomsten av tørke øker over store områder, og at det blir tørrere forhold i bakken i sommersesongen.

Gjennomsnittlig avrenning i Norge er omtrent 1150 mm i året. Avrenningen vil si den delen av nedbør eller snøsmelting som ikke fordampes eller siver på overflateareal. Avrenningen har økt de siste årene selv om det er tørrere forhold i bakken om sommeren. Framskrivninger viser en videre økning på rundt 10 % fram mot slutten av århundret.

Sesongavrenning kan øke betydelig mer enn årsavrenning, med størst økning om vinteren de fleste steder. Om sommeren reduseres avrenningen de fleste steder.

1.3.5 Sammensatt bilde for jordbruket

Norge ligger slik geografisk plassert at vi kan oppnå både utfordringer med endret med klima, men også lengre vekstforhold og dertil kan vår produksjon og selvforsyning styrkes. Tørke og kraftig regnperioder kan skje i samme sesong og gi et mer sammensatt risikobilde. Store værhendelser globalt kan føre til kjedereaksjoner, med konsekvenser i andre land.

1.4 Leseveiledning

Arbeidet er utformet som en oppdatering av en eksisterende rapport, med formål om å vurdere tidligere tekst og synliggjøre ny forskning samt identifisere kunnskapshull.

På grunn av begrensede rammer er statusoppdateringen håndtert ulikt mellom fagområdene. Fagavdelingene i NIBIO vurderer i hovedsak at vekstkapitlene fra 2016 fortsatt står seg godt, både når

det gjelder kvalitet og omtale av klimatilpasning. Ny kunnskap er presentert i grønne tekstbokser for å gjøre oppdateringene tydelige i notatet.

Kapittelene om korn og grovfôr er oppdatert i sin helhet, og i tillegg er ny kunnskap og forskning uthevet i grønne tekstbokser. For fagfeltene grønnsaker/potet og frukt er generell tekst om produksjon i liten grad oppdatert, men teksten er supplert. For begge fagfeltene vil ny kunnskap kunne leses i tekstbokser. Bærproduksjon var lite beskrevet i 2016-utgaven og er derfor nå inkludert med helt ny tekst.

Tekst om plantehelse, drenering, hydroteknikk og jordhelse er i hovedsak hentet fra kapittel 6 Plantehelse og skoghelse, kapittel 7 Hydroteknikk i landbruket, kapittel 8 Gjødsling i jordbruket og kapittel 9 Karbon i dyrket mark i *Fagnotater som underlag for arbeidsgruppens hovedrapport (2016)*. Ulike forskere på ulike fagfelt i Divisjon for bioteknologi og plantehelse har gått gjennom teksten om plantehelse og plantevern i de enkelte vekstkapitlene.

1.5 Litteratur

- Dyrørdal, A.V., Bakke, S.J., Hanssen-Bauer, I., Mayer, S., Nilsen, I.B., Nilsen, J.E.Ø., Paasche, Ø., Saloranta, T., Årthun, M. [redaktører] (2025) 'Klima i Norge – kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2025,' NCCS-rapport 1/2025, Norsk klimaservicesenter.
- 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. (2015). *Klima i Norge 2100: Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015* (NCCS-rapport nr. 2/2015). Norsk klimaservicesenter.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC.
- Klima- og miljødepartementet. (2023). Meld. St. 26 (2022–2023) Klima i endring – sammen for et klimarobust samfunn. Melding til Stortinget. Lastet ned: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-26-20222023/id2985027/>
- Landbruks- og matdepartementet. (2016). *Landbruk og klimaendringer: Rapport fra arbeidsgruppe*. Erik Eid Hohle (leder) mfl. Lastet ned: <https://www.regjeringen.no/contentassets/416c222bde624f938710ff36751ef4d6/rapport-landbruk-og-klimaendringer---rapport-fra-arbeidsgruppe-190216.pdf>

2 KORN

2.1 Kornproduksjon i Norge og klimaendringer

Det norske arealet av korn og annet frø til modning var 2,95 millioner dekar i 2024, fordelt på 9 656 jordbruksbedrifter (Landbruksdirektoratet, 2026). Dette gir et gjennomsnittlig kornareal på om lag 300 dekar per bruk. Østlandet og Trøndelag står for 96 % av det norske kornarealet. De største kornfylkene på Østlandet er Innlandet, Østfold og Akershus (til sammen 64 % av arealet). Trøndelag står for 15 % av det totale kornarealet. Ensidig kornproduksjon er vanlig i kornområdene. Dette er i stor grad en konsekvens av norsk kanaliseringspolitik.

Av klimatiske årsaker foregår det aller meste av hveteproduksjonen på Østlandet, mens bygg er den dominerende kornarten i Trøndelag. Arealfordelingen på landsbasis mellom kornartene er i gjennomsnitt over år som følger (cirkatall): bygg (50 %), havre (25 %), hvete (25 %) og rug (2-3 %) (SSB 2025). Arealet med høstkorn varierer betydelig, og har i enkelte sesonger kommet opp i vel 400 000 dekar, som etter tørkesommeren 2018. Norsk korn brukes hovedsakelig til fôr, men dyrkinga av hvete og rug er innrettet for å oppnå matkornkvalitet. I gode sesonger er det høy matkornandel i hvete og rug. I de beste sesongene er det oppnådd over 70 % norskandel i hvetemelet. Det var en relativt stor nedgang i kornarealet i Norge fra rundt år 2000, men arealet har vært nokså stabilt fra 2013 (SSB 2025). Utviklingstrender i norsk kornproduksjon er beskrevet i flere rapporter i senere tid (Dønnum m.fl., 2024; Johnsen m.fl., 2025).

Basert på klimamodellene som er inkludert i femte og sjette hovedrapport til FNs klimapanel (IPCC) er det gjort detaljerte klimabeskrivelser for Norge (Dyrddal m.fl. 2025), og for en detaljert beskrivelse henvises det til klimarapporten. De viktigste klimaendringene som vil påvirke norsk korndyrking i fremtiden sammenfattes nedenfor. De naturlige klimavariasjonene i Norge er betydelige, både i tid og rom. Temperaturene er høyere sammenlignet med andre områder på samme breddegrader på grunn av luft- og havstrømmer. Likevel er forholdene for kornproduksjon i Norge marginale, og vi finner både økonomiske og biologiske grenser for kornproduksjon innenfor våre arealer. Vekstsesongens lengde er en viktig begrensning for utbredelsen av våre kornarealer nordover og oppover i høyereliggende strøk. Dette medfører også at vi må benytte tidligere kornsorter som utvikler seg og når modning i en kortere vekstsesong enn det som er situasjonen i de fleste andre kornproduserende land. Dette er sorter som har et lavere avlingspotensial siden de vil assimilere i et kortere tidsrom. Innenfor gjeldende vekstsesong i kornområdene kan man i mange tilfeller ha gode forhold for plantevekst, siden det oftest er nok tilgjengelig vann og et godt lysklima på grunn av daglengden.

2.2 Forventede klimaendringer og konsekvenser for kornproduksjon

Klimaets utvikling er i stor grad avhengig av i hvilken grad verdenssamfunnet klarer å håndtere klimagassutslippene. ICCP har brukt flere ulike utslippsscenarioer i sine analyser. Dette notatet tar utgangspunkt i et scenario med antatt raskt økende klimagassutslipp (SSP3-7.0) som er valgt som det nye føre-var-scenariot for Norge i rapporten "Klima i Norge" (Dyrddal m.fl., 2025). I dette notatet begrenser vi oss til å utrede effekter og behov for tilpasninger i de viktigste korndyrkingsområdene, Trøndelag og Østlandet. Uavhengig av valgt scenario og detaljer i klimafremskrivningene vil mange av de skisserte effekter og tiltak være de samme selv om tidshorisont og virkningsgrad kan bli noe forskjellig.

2.2.1 Økt CO₂-nivå

Den forventede økningen av CO₂ -innholdet i atmosfæren kommer enten til å påvirke plantenes vekst direkte (fotosyntese) eller indirekte via klimaeffekter (for eksempel oppvarming). En av effektene av økt CO₂ -konsentrasjon vil være en effektivisert utnytting av både innstråling, vann og nitrogen

(Olesen og Bindi 2002). CO₂ er en nøkkelfaktor i fotosyntesen. En dobling av CO₂-nivået kan øke biomasseproduksjonen for noen av de mest relevante jordbruksvekstene med om lag 10-30 % (Olesen 2014; Sæbø og Mortensen 1996), grunnet en mer effektiv karbonfangst. I Norge vil trolig lave temperaturer begrense CO₂-responsen. CO₂-konsentrasjonen kan også påvirke kvaliteten på planteprodukter. Når karbonfangsten stimuleres akkumuleres karbon i form av karbohydrater i plantene. Denne økningen i biomasseproduksjon, gjennom en fortynningseffekt, kan også ha negative konsekvenser for mat- og fôr kvalitet, som et resultat av at proteinkonsentrasjon og næringsstoffer som zink og jern reduseres (ter Haar m.fl., 2025).

2.2.2 Økt temperatur

I Norge er det hovedsakelig lav temperatur og mye nedbør som gir en kortere vekstsesong og dermed begrenser korndyrkinga. Konkret resulterer dette i relativt lavt avlingsnivå og høye driftskostnader sammenliknet med andre europeiske land. Årsmiddeltemperaturen i Norge forventes å øke med ca. 1,8 °C fram til året 2070. Fremskrivningene viser størst temperaturøkning om vinteren, og minst om sommeren. Sannsynlig endring av årsmiddeltemperatur er ganske lik for de to hovedområdene for korndyrking, Trøndelag og Østlandet. Beregningene viser en økning i vintertemperaturen med 2,0 °C (begge stedene), og sommertemperaturen med 1,6 °C på Østlandet og 1,4 °C i Trøndelag (Dyrrdal m.fl., 2025).

En viktig konsekvens av temperaturøkningen er at den meteorologiske vekstsesongen (antall døgn med middeltemperatur over 5 °C) vil bli betydelig lengre enn i dag. Beregningene viser at mot slutten av århundret kan det forventes en økning i vekstsesongen med 30 – 40 dager, både i sentrale deler av Østlandet og i Midt-Norge (Dyrrdal m.fl., 2025). En forlenget vekstsesong vil føre til at mulig produksjonsareal for korn utvides. Det kan bli mulighet for tidligere såing om våren, tidligere modning og innhøsting. Eventuelt kan lengre vekstsesong utnyttes til dyrking av arter/sorter som modner seinere og har høyere avlingspotensial.

En konsekvens av klimaendringen er økt frekvensen av perioder med ekstrem varme. Temperatur er en styrende faktor for planter, og påvirker varigheten av de ulike stadier i plantenes utvikling (for eksempel vegetativ fase, blomstring og modning). Temperaturen påvirker også effektiviteten av plantenes vekst (energifangst, -konvertering og – lagring), samt vanntilgangen til planten (gjennom evapotranspirasjon).

Kornplantenes veksthastighet øker, og den fenologiske utviklingen går raskere ved høyere temperaturer. Dette gjør at varigheten av de ulike utviklingsfaser blir kortere, dette kan gi avlingsreduksjon. En aktuell tilpasning, for å hindre at økt temperatur gir redusert avling, er å dyrke kornsorter som bruker høyere temperatursum fra spiring til aksskyting og/eller utnytte andre sortsforskjeller i temperatur-respons.

Tidspunktet for høyere temperaturer vil ha betydning for effekten på vekst og avling. Blomstring er en sensitiv fase for mange vekster. Høye temperaturer i denne fasen kan resultere i en reduksjon i antall frø per plante og frøstørrelsen, samt økt sterilitet. Forsøk viser at 3°C økt temperatur i kornfyllingsfasen kan redusere avlingene med 7 %, grunnet kortere kornfyllingsfase (Peltonen-Sainio m.fl. 2010).

Temperaturendringene er forventet å forlenge høstperioden, og perioden for såing av høstkorn. Økt arealandel med høstkorn av det totale kornarealet, vil øke den totale kornproduksjonen, siden høstkorn har høyere avlingspotensial enn vårkorn. Et endret klima vil imidlertid kunne gi noen nye utfordringer for vinteroverlevelsen av høstkorn. Synkende temperaturer om høsten er et viktig signal for kornplantene om at de må starte en rekke fysiologiske tilpasninger (herding), som gjør det mulig å overleve vinteren. Varmere vær på høsten kan bety kortere og mindre effektive herdingsperioder for planter, noe som kan føre til redusert frosttoleranse og dermed vinteroverlevelse. En høyere temperatur gjennom vinteren kan øke plantenes ånding slik at de forbruker en større del av

opplagsnæringen. Dette kan gi dårligere overvintring og svekkede planter/ plantebestand på våren. I tillegg vil høyere temperaturer i områder der man tidligere hadde stabile snøforhold øke risikoen for isdekke som reduserer lufttilgangen til plantene og dermed økt risiko for at planter kveles.

Plantestress knyttet til langvarig lav temperatur forventes å minske i fremtiden. Økt temperatur vil føre til at snødekke oppstår seinere og at snøsmelting skjer tidligere, dermed reduseres antall dager med sammenhengende snødekke. Kortere varighet av eller mangel på snødekke vil gjøre høstkorn mer utsatt for lave temperaturer og temperatursvingninger.

2.2.3 Endret nedbørsmengde og intensitet

Klimaendringene vil føre til betydelige endringer i nedbørsmengdene. I gjennomsnitt for Norge beregnes årsnedbøren å øke med 11 % innen slutten av århundret, men det oppgis stor variasjon mellom landsdeler. Det er også varslet stor variasjon mellom årstider. Økningen (fram til 2070) blir sannsynligvis ganske lik i Trøndelag (7 %) og på Østlandet (6 %). Det er varslet størst økning om høsten på Østlandet (11 %) og om våren (12 %). I Trøndelag er det varslet størst økning om høsten (14 %) og om vinteren (7 %) (Dyrddal m.fl., 2025). For Østlandet og Trøndelag er det også varslet en økning i antall dager per år med 20 mm nedbør eller mer fram mot 2100. Avrenning frem mot 2070 er varslet til å øke med ca. 20 % om høsten og 40 % om vinteren for både Trøndelag og Østlandet.

For kornplantene kan for mye vann være like skadelig som tørke. Rotvekst og -utvikling, og dermed plantevekst i sin helhet er avhengig av god luftveksling i rotsonen. Under vannmettet tilstand er røttenes oksygentilgang i jorda begrenset. Skadeomfanget er bl.a. avhengig av varigheten av vannmetning, temperaturforholdene og plantens utviklingsstadium når vannmetning oppstår (Setter og Waters 2003). Skaden som følge av vannmetning er ofte størst når kornplantene er små. Skadene blir generelt større om sommeren når temperaturen er høy (plantenes aktivitet og oksygenbehovet er størst) enn om høsten og vinteren når temperaturen er lav og oksygenbehovet til ånding er mindre. Jordpakking kan føre til redusert infiltrasjon og dermed vannmetningsskader. Risikoen for skader på plantene er bl.a. avhengig av nedbørsmengder, dreneringstilstand og jordas vannledningsevne og ikke minst toleranse hos kornsorter mot perioder med vannmetning. Havre er den kornarten som tåler vannmetning lengst, mens bygg er den som er mest følsom for vannmetning.

For korndyrkingen er ikke bare nedbørsmengde og intensitet av interesse, men også hyppigheten og fordelingen innen vekstsesongen. Antallet nedbørsfrie dager på rad har for eksempel stor betydning for mulighetene til feltarbeid (jordarbeiding, såing, sprøyting, gjødselspredning og høsting). Antall dager med lagelig forhold til både jordarbeiding og innhøsting reduseres når det fremskrives større nedbørsmengder både vår og høst i kornområdene. Vi har sett at antall dager som har laglige jord for jordarbeiding og såing på våren varierer mye mellom sesongene. I hvilken grad de positive effektene av en lengre vekstsesong kan realiseres er avhengig av hvordan nedbørsforholdene blir fordelt.

Selv om det forventes økt nedbør, forventes det også flere dager mellom mai og september med alvorlig meteorologisk tørke i fremtiden (2071-2100). Tørke kan ha store konsekvenser for kornproduksjonen og er avhengig av både tørkens intensitet, varighet, tidspunkt i vekstsesongen og jordtype. Kornplanter er avhengige av tilstrekkelig jordfuktighet for fotosyntese og næringsopptak. Ved tørke reduseres transpirasjon og fotosyntese, noe som hemmer vekst og avlingsdannelse. Dersom tørke oppstår ved spiring og etablering kan manglende fuktighet føre til dårlig spiring og ujevn bestand. Dette kan få konsekvenser for resten av sesongen og redusere avlingen og kvalitet. Tørke i buskingsfasen (når kornet skal danne sideskudd) fører til at det dannes færre sideskudd. Tørke i blomstrings- og kornfyllingsfasen kan påvirke pollinering og kornstørrelse noe som kan gi store avlingstap. Videre kan vannmangel redusere mineralisering og tilgjengelighet av næringsstoffer fra jorda. Alt dette bidrar til lavere avlingspotensial. Undersøkelser har vist at kornet er mest følsomt for tørke burskingsperioden og under strekkingsveksten (Riley 2021). Tørkesituasjoner er ofte en kombinasjon av varme- og tørkestress, og høy temperatur og tørke kan føre til stressmodning. Ved stressmodning som følge av tørke vil også matingen av kornet reduseres, noe som fører til lavere

hektolitervekt. Stressete planter på grunn av langvarig tørke og gjentatte tørkeperioder kan være mer utsatt for angrep av skadedyr og sykdommer. Avhengig av tørkens langvarighet og plantenes følsomhet kan det oppstå over 50 % avlingstap. Kornarter som hvete og bygg er generelt mer følsomme for tørke enn rug og havre. Nedbør etter en alvorlig tørkeperiode er kjærkommen, men en tynt bestand vil forsøke å danne nye buskingsskudd, noe som kan gi økt sykdomspres (mjøldogg), ujevn modning (behov for nedvisning), og lavt hektolitervekt, som samlet fører til et betydelig avling- og kvalitetstap.

Erfaringen fra de siste sesongene viser at det også kan forekomme store værkontraster med både kraftig snøsmelting, mye regn og tørke innenfor samme sesong de samme stedene som kan kreve tilpasninger mot både ekstrem nedbør og tørke nesten samtidig, som blir ekstra utfordrende.

2.3 Tilpasninger på kort sikt

Begrepet tilpasningskapasitet refererer til mulighetene for å håndtere klimaendringene gjennom å (a) redusere mulige skader, (b) profitere på mulighetene og/ eller (c) håndtere konsekvensene (Reidsma m.fl. 2010). Tilpasninger inkluderer en rekke punkter (agronomisk, teknisk, økonomisk) som varierer både geografisk og mellom gårdsbrukene og inkluderer vekselvirkningen mellom forskjellige aktører (gårdsbrukere, sekundær sektor og politikk). Effekten av klimaendring og tiltak på regions-/gårdsnivå er bl.a. avhengig av gårdsstørrelse, driftsform, driftsintensitet (Reidsma m.fl. 2010).

Ingen av tilpasningsstrategiene vil derfor passe for alle regioner og gårdsbruk. Tilpasninger som gjøres kan på sikt begrense negative og forsterke positive effekter av klimaendringen. I mange tilfeller vil økonomiske og politiske rammebetingelser være avgjørende for om tiltak settes i gang eller ikke. Det finnes en del samfunnspolitiske, økonomiske og/eller teknologiske forhold som spiller inn og som har konsekvenser for vekselvirkning med de agronomiske tiltakene. I dette notatet er det valgt å fokusere hovedsakelig på agronomiske tiltak og tilpasninger. Andre mulige tilpasninger er ikke behandlet i dybden. De fleste agronomiske tilpasninger inkluderer både tiltak på kort og lang sikt. Denne inndelingen er ikke absolutt, mange av tiltakene på kort sikt vil beholde sin betydning også i et lengre tidsperspektiv.

Umiddelbare tilpasninger til klimaendringene inkluderer tiltak for å optimalisere produksjonen uten store systemendringer. Her kan det hentes mye erfaring fra andre land og andre produksjoner, slik at disse tilpasningene kan utvikles og tas i bruk uten å involvere andre aktører (for eksempel politikk) i stor grad. Mange av disse tilpasningene kan iverksettes umiddelbart uavhengig av klimaendringer. I mange tilfeller kan det være potensial for høyere avlinger, forbedret driftsresultat og redusert miljøpåvirkning.

Landbruket er i kontinuerlig utvikling. Klimaendringer, variasjon i vær- og vekstforhold, den krevende økonomiske situasjonen i norsk kornproduksjonen og miljøregelverket gjør at gårdsbrukere fortløpende må tilpasse seg. Tilpasninger og tiltak bør planlegges i et helhetlig perspektiv, der ikke bare enkeltfaktorer justeres, men hele driftssystemet gjennomgås.

2.3.1 Jordarbeiding og erosjon

Jordarbeiding er viktig for å løse opp jorda, kontrollere ugras og innarbeide både planterester og husdyrgjødsel. Jordarbeiding påvirker jordstrukturen og har effekt på rotvekst, vanninfiltrasjon og mulighetene for lagring av vann og næringsstoffer. Redusert jordarbeiding kan øke jordstabiliteten, men også andre tiltak som fører til bedre aggregering og vanninfiltrasjon som f.eks. grøfting, kalking eller tilførsel av organisk materiale, kan forbedre jordstrukturen med tanke på infiltrasjon og større robusthet. Jordarbeiding medfører store kostnader (drivstoff, arbeid), krever maskin- og redskapskapasitet og er avgjørende for plantenes vekstvilkår. De lokale forholdene og de gjeldende miljøkrav på det enkelte bruk, er avgjørende for valg av hensiktsmessig type jordarbeiding. Under erosjonsutsatte forhold, spesielt i områder med mye nedbør på høsten og/eller våren og milde vintre med delvis tint jord, bør halmen beholdes og jorda kun bearbeides om våren.

Nye miljøkrav

Økt fare for erosjon og avrenning har vært sentralt i utviklingen av nye miljøkrav i områder med dårlig vannkvalitet. Fra sommeren 2024 er det innført 'Forskrift om regionale miljøkrav i jordbruket' for områder i Oslo og Akershus. Disse regionale miljøkrav begrenser i praksis mulighetene for tradisjonell jordarbeiding på erosjonsutsatte arealer. Videre stilles det krav til avstand, buffersoner og permanent grasdekke langs drag som mottar avrenning. Våren 2025 ble det innført miljøkrav i Innlandet og det forventes at strengere miljøkrav blir innført i flere områder fortløpende (www.statsforvalter.no).

2.3.2 Minimal jordarbeiding

Områder og jord som er utsatt for forsommertørke bør ikke pløyes om våren. Pløying gir økt overflateareal, bryter den kapillære vannledningsevnen og dermed blir jorda mer utsatt for uttørring. Redusert jordarbeiding kan hjelpe til å ta vare på vanninnhold i jorda. Steder der en har problemer med hjulspor, pakkeskader og/eller tette jordlag, bør det pløyes for å løse opp jorda. Pløying innarbeider halm og andre planterester, og reduserer ugras- og Fusarium-problemer (Hofgaard m.fl. 2012). I mange tilfeller er vårpløying like effektivt med hensyn til ønskede effekter sammenlignet med høstpløying, men er mer miljøvennlig enn høstpløying der erosjon er et problem. Ved redusert jordarbeiding, er det viktig med effektive plantevern tiltak, for å unngå problemer med ugras og plantesykdommer. Behovet for jordarbeiding, redusert jordarbeiding versus pløying, varierer fra sesong til sesong.

Erosjon

I sammenheng med klimaendringer er erosjon fra jordbruksareal et økende problem i Norge, både på grunn av mer nedbør og ekstremvær, men også på grunn av varmere vintre og mer høstkorn i omløpet. Erosjonsrisikoen på jordbruksarealer ble vurdert, og omtrent 20 % av totalarealet ble klassifisert som arealer med lav risiko, 57 % med middels risiko, 17 % med høy risiko og 6 % med ekstremt høy risiko (Børresen og Riley 2003). Erosjon fører til av tap av både jord og næringsstoffer, kan gi store miljøproblemer og store ekstra kostnader for både gårdbrukere og samfunnet (Graves m.fl. 2015, Kværnø m.fl. 2020).

2.3.3 Høstkorn

Klimaendringer og en lengre vekstsesong åpner for dyrking av mer høstkorn. Mer høstkorn kan være et viktig bidrag til økt norsk kornproduksjon, men produksjonen kan by på utfordringer i forhold til erosjon. Dersom høstkornet såes tidlig på høsten er sjansen større for at det etableres et plantedekke som kan gi erosjonsbeskyttelse, enn om høstkornet såes seint på høsten. Dersom det blir mer nedbør om høsten, og det kommer kraftig nedbør før plantedekket er etablert, vil erosjonsrisikoen forbundet med høstkorndyrking generelt øke. Hvilke arealer som benyttes til høstkorn, valg av jordarbeiding ved etablering og tidspunktet for etablering vil ha betydning for erosjonsrisikoen. Også andre tiltak i jordbrukslandskapet, grasdekte vannveier og/ eller fangvekster, vil ha betydning for risikovurderingen.

Jordarbeiding har stor effekt på erosjon, siden både tidspunkt og jordarbeidingsmetode avgjør plassering av planterestene. Det er spesielt kombinasjonen av høstpløying og vårsådde vekster som øker risikoen for erosjon og overflateavrenning, siden jorda ligger udekket ved avrenningsepisoder om høsten og i snøsmeltingen (Børresen and Riley 2003). Redusert jordarbeiding er fremmet som et effektivt tiltak mot erosjon, siden det bevares en høy andel planterester på jordoverflaten (Lundekvam 2007). Riktig halmbehandling om høsten er avgjørende for å utnytte halmens beskyttelse mot erosjon og for å redusere de negative effektene, som for eksempel faren for problemer under såing og planteetablering, samt overvintringssykdommer. Halmen bør kuttes kort og spres jevnt uavhengig av påfølgende jordarbeidingsoperasjon.

Nye jordarbeidingsforsøk

Det har skjedd en betydelig utvikling innen jordarbeidingsredskaper de siste årene. Videreutvikling av både skåler og tinder gjør det mulig å utføre grunn jordarbeiding samtidig som man håndterer store mengder planterester. Moderne såmaskiner er også forbedret, og utfordringene knyttet til såing i stubb er redusert. Nye norske forsøksresultater viser at det er mulig å oppnå gode og konkurransedyktige avlinger ved bruk av minimal jordarbeiding (dvs. uten pløying), selv i systemer med mye planterester – både i vårkorn og høstkorn (f.eks. Seehusen 2026, under publisering; Seehusen og Henriksen 2024). Dette forutsetter god agronomi, blant annet når det gjelder spredning av planterester og effektiv ugrasbekjempelse.

2.3.4 Jordpakking, jordas vanninnhold og kjøretidspunkt

Ønsket om økt produktivitet og kapasitet har ført til økende bruk av større maskiner, noe som kan forårsake betydelige pakkeskader – særlig i dypere jordlag (Hamza og Anderson 2005). Løsning av pakkeskader i de øverste jordlagene krever ofte intensiv jordbearbeiding (Seehusen m.fl. 2024), men dette står i konflikt med ønsket om å redusere jordarbeidingsintensiteten. Klimaendringer, med hyppigere vekslings mellom tørre og fuktige perioder, kan bidra til å løse pakkeskader i det øverste jordskiktet (Seehusen m.fl. 2021), men prosessen er tidskrevende.

Skader i dypere jordlag kan derimot verken rettes opp gjennom mekaniske tiltak eller naturlige prosesser, og kan derfor permanent redusere arealproduktiviteten og øke kostnadene (Håkansson og Reeder 1994; Lebert m.fl. 2004; Voorhees 2000). Jordas bæreevne er svakest når den er fuktig, og kjøring på for våt jord bør derfor unngås. God planlegging, unngåelse av unødvendig kjøring, redusert maskinvekt og bruk av dekk med lavt lufttrykk er viktige tiltak for å begrense belastningen på jorda.

2.3.5 Tidspunkt for kjøring og maskinkapasitet

Hvordan tidspunktet for jordarbeiding, både vår og høst, vil påvirkes av klimaendringer er vanskelig å forutsi. På den ene siden kan trenden mot tidligere snøsmelting/telegang gi muligheter for tidligere opptørring og flere laglige jordarbeidingsdager som kan bidra til tidligere såing om våren. På den

andre sida kan økt nedbør om våren/ høsten føre til ugunstige fuktighetsforhold og dermed begrense antall dager med laglige forhold for jordarbeiding. Dersom vinduet med lagelige forhold blir mindre trengs det større kapasitet både om våren (jordarbeiding, såing) og om høsten (tresking, jordarbeiding og såing). Tilstrekkelig maskinkapasitet gjør det mulig å gjøre arbeidet ved et gunstig tidspunkt. Dette bidrar til god planteetablering og reduserer faren for jordpakking og kvalitetstap på grunn av sein innhøsting.

Maskinkapasitet, lagelighet og strategiske valg

En NIBIO-rapport (Mangerud m.fl. 2017) beskriver lagelighetskostnader, det vil si avlings- og inntektstap knyttet til utsatt såtid, jordpakking og utilstrekkelig maskinkapasitet. Disse kostnadene kan reduseres betydelig ved å øke kapasiteten i våronna, slik at perioder med lagelige forhold kan utnyttes best mulig. Optimal maskinpark avhenger av areal, jordtype og lokale klimaforhold. Kombinasjonen av utsatt såing og jordpakking gir særlig store avlingstap. Dette dilemmaet vil øke i takt med økende nedbørsmengder og mer ustabile klimaforhold. Tilstrekkelig maskinkapasitet gjør det mulig å utføre og fullføre arbeidet på et gunstig tidspunkt, noe som styrker planteetableringen og reduserer risikoen for jordpakking og kvalitetstap ved sen innhøsting (Riley 2016).

Maskinstørrelse og -kapasitet må tilpasses infrastrukturen tilknyttet produksjonen. For eksempel bør også lager- og tørkekapasiteten øke ved en økning i treskekapasitet, for å kunne utnytte treskernes potensial. Større areal med høstkorn, slik det forventes, vil redusere arbeidsbehovet om våren. Det vil dermed trolig også redusere behovet for stor og kostbar maskinkapasitet.

Økt nedbør gir utfordringer med å utføre feltarbeidet på riktig tidspunkt, samtidig som det blir viktig å forebygge skader på jordstrukturen. Bedre planlegging av arbeidet med hensyn til både kjøretidspunkt og antall kjøringer, bruk av lettere maskiner eller kun deler av lastekapasiteten (Alakukku m.fl. 2003) og unngå kjøring på de fuktigste plassene vil forebygge skader. Videre vil tekniske faktorer som redusert maskinvekt, lavt lufttrykk og brede dekk (Brandhuber 2008; Sommer m.fl. 2002), være viktige bidrag for å ivareta jordstrukturen.

Bedre utnyttelse av planterester

Strategier som bidrar til å holde jorda dekket, som redusert jordarbeidingsintensitet og bruk av fangvekster, er sentrale tiltak for å redusere erosjon og avrenning i et endret klima. Slike tiltak er også anbefalt i nye miljøkrav. Halm og annet plantemateriale på jordoverflaten beskytter mot erosjon i perioder hvor jorda ellers ligger bar, og når kornplantene er små og dekker dårlig. Tilbakeføring av planterester øker innholdet av organisk materiale og forbedrer jordstruktur, jordhelse og langsiktig jordfruktbarhet (Seehusen m.fl. 2023). Plantemateriale i jorda kan dessuten redusere effekten av jordpakking, enten ved å dempe belastningen under overkjøring eller ved å gi en armering av jorda som øker aggregatstabiliteten (Holthusen m.fl. 2018). Ved minimal jordarbeiding er det særlig viktig å kutte og spre halmen jevnt for å sikre en god nedbrytningsprosess og for å hindre at halmrester hemmer spiring og tidlig plantevekst. En grunn stubbharving rett etter tresking kan bidra til rask igangsetting av halmnedbrytning og samtidig stimulere ugrassspiring som kan håndteres i etterfølgende jordarbeiding.

2.3.6 Organisk materiale

Organisk materiale er viktig for jordfruktbarheten, jordas produksjonsevne og effektiv utnyttelse av innsatsfaktorene (Lal 2013). Mengden og sammensetningen av det organiske materialet i jorda

påvirker jordas evne til å lagre vann og næringsstoffer. Årsaken til dette er blant annet den positive effekten som organisk materiale har på aggregatstabiliteten og dermed jordstrukturen, samt på biologiske prosesser i jorda. Nedbryting av organisk materiale er avhengig av både temperatur og CO₂-konsentrasjon. Høyere temperatur fører til raskere nedbryting av organisk materiale og dermed redusert jordfruktbarhet som kan ha negative avlingseffekter. Samtidig kan økt CO₂-innhold i lufta øke planteproduktiviteten og dermed føre til høyere innhold av organisk materiale i jorda. Bevaring av jordas karboninnhold bidrar derfor til å opprettholde jordas fruktbarhet.

Bedre jordstruktur og jordhelse

God jordhelse innebærer at jordas fysiske (f.eks. jordstruktur, drenering, porøsitet og vannlagringsevne), kjemiske (næringsinnhold, pH-verdi) og biologiske komponenter (mikroorganismer som sopp, bakterier og meitemark) fungerer godt sammen. Jordhelse reflekterer dermed jordas evne til å støtte både landbruksproduksjon og andre økosystemtjenester. En godt strukturert jord har et kontinuerlig nettverk av porer i ulike størrelser, noe som øker infiltrasjonsevne, vannlagring, luftutveksling og røttenes tilgang på oksygen. God jordstruktur er derfor avgjørende for rotvekst og effektiv transport av vann og næringsstoffer. Når jorda blir vannmettet som følge av redusert infiltrasjonsevne eller pakkeskader, reduseres lufttilgangen og det utvikles anaerobe forhold. Dette skaper problemer både for planter og jordorganismer (Unger og Kaspar 1994). Å bygge opp en sterk jordstruktur tar tid, og intensive mekaniske inngrep (som pløying) kan ødelegge porekontinuitet og redusere strukturell stabilitet (Horn m.fl. 1995). Tilføring av planterester og mindre intensiv jordbearbeiding er viktige tiltak for å forbedre jordstrukturen. Å opprettholde en stabil struktur med høy mekanisk motstandsevne og god tåleevne mot ekstrem vær (f.eks. kraftig nedbør) og jordpakking er avgjørende for å sikre jordas fruktbarhet.

2.3.7 Fangvekster

Fangvekster dyrkes for at jorda skal ha et plantedekke etter at åkervekstene er høstet. De bidrar med flere økosystemtjenester som direkte og indirekte gjør fangvekster til et tiltak for klimatilpasning i kornproduksjonen (Bøe m.fl., 2019).

Fangvekster bidrar til å redusere erosjon ved å redusere regnets slagkraft og bremse avrenningshastigheten. Med økt nedbør høst og vår, samt flere intense nedbørsepisoder er det å la kornåkeren overvintrere i stubb kombinert med fangvekster viktig for å ta vare på matjorda og redusere tap av partikkelbundet fosfor. Det kan imidlertid også forekomme tap av fosfor som løst fosfat fra utfrysing av plantemateriale om vinteren. Dette tapet påvirkes av fryse-tine sykluser, snødekke, frosttemperatur, fosforinnholdet i plantene og overvintringsevnen til plantearten(e) som brukes som fangvekster (Øgaard og Bechmann 2021).

Næringsopptaket i kornplantene slutter når de er på gulmodningsstadiet, noen uker før tresking. Fangvekstene vil kunne bidra til at gjødseloverskudd, som for eksempel oppstår etter tørke i vekstsesongen, og næringsstoffer som frigjøres i jorda utover høsten tas opp plantene og dermed blir mindre utsatt for tap. Nordiske studier viser at fangvekster i gjennomsnitt reduserer nitratavrenningen med rundt 50 % (Valkama m.fl. 2015; Svensson m.fl., 2026).

Fangvekster bidrar til jordkarbon og har positiv effekt på jordstruktur (Bøe m.fl., 2019; Henriksen m.fl. 2025). Dette påvirker positivt både jordas evne til infiltrasjon og lagring av vann, som gjør den mer robust ved mye nedbør og ved tørke.

Tidligere var fangvekster stort sett grasarter, men det siste tiåret er det introdusert og tatt i bruk ulike fangvekstblandinger med ettårige arter som utvintrer. Fangvekster av flerårige arter som raigras og hvitkløver såes sammen med kornet, mens de ettårige artene såes i modent korn eller etter høsting av tidlige vekster, f.eks. tidlige kornsorter, høstkorn, grønnsaker og tidligpotet.

Effektene av fangvekster som er beskrevet i dette kapitlet, er forholdsvis godt dokumentert for raigras under norske og nordiske forhold, men det er mer usikkerhet knyttet til effekten av fangvekster som såes rundt tresking. I tillegg er tilslaget av fangvekster avgjørende. En undersøkelse av fangvekster i kornåkre i de viktigste kornregionene viste stor variasjon i biomasseproduksjon både fra jorde til jorde, og fra region til region (Henriksen mfl. 2025). I Trøndelag var det godt tilslag av vårsådde fangvekster, men dårlig tilslag av sommer-/høstsådde fangvekster. På Østlandet produserte de to kategoriene av fangvekster omtrent like mye biomasse.

2.3.8 Vekstskifte

Vekstskifte, veksling mellom ulike plantearter på et skifte, er et viktig, men ofte undervurdert, jordforbedrings- og planteverntiltak i korndyrkinga. Et godt gjennomført vekstskifte har positiv effekt på både avlinger og kvalitet, og dermed økonomi. Dette skyldes hovedsakelig redusert sjukdomssmitte, og forbedret næringstilgang og jordstruktur. Andre arter enn korn i et omløp kan også være gunstig for å redusere ugras- og skadedyrproblemer. Et godt vekstskifte vil også kunne øke moldinnholdet og stimulere den mikrobiologiske aktiviteten i jorda. Valget av vekstene i et vekstskifte bør ikke bare skje med kortsiktig søkelys på dekningsbidrag og lønnsomhet, men bør også baseres på mer langsiktige agronomiske og økonomiske vurderinger. Mulighetene for gode vekstskifter i korndyrkinga i Norge er relativt begrenset og varierer med tilgjengelig veksttid, jordart og med markedssituasjon og leveringsmuligheter. Lengre vekstsesong vil øke valgmulighetene av arter som kan veksles med korn. Skal en ha gode vekstskifter uten å investere mye i nye maskiner, er de mest aktuelle vekstene for de fleste kornprodusentene oljevekster, erter og åkerbønner. Havre har også stor verdi i vekstskifter med mye bygg og hvete, fordi havre har få felles skadegjørere med bygg og hvete. For noen er det aktuelt å dyrke gras- og kløverfrø. Flerårig eng, poteter og grønnsaker er gode vekselvekster. Fangvekster som en integrert del av vekstskifteplanleggen er viktig for å fremme fordelene og redusere eventuelle ulemper. For de som selv ikke ønsker å drive så allsidig, kan jordbytte være en gunstig ordning for begge parter.

Variert vekstskifte med ulike vekster, men også med høst- og vårkorn kan optimalisere jordarbeidingen, fordele arbeidet på gården bedre og dermed dempe de mest krevende arbeidstoppene. Det kan videre være erfaringer med variert vekstskifte fra økologisk landbruk og fra allsidige gårder/områder innen konvensjonell dyrking, som det kan dras nytte av.

Pakking redusere effekten av vekstskifte

Ny forskning viser jordpakking fører til redusert forgrødeeffekt av åkerbønner og erter. Gode forgrøder som erter og åkerbønner dyrket på pakket arealer ga fortsatt en avlingsøkning i vårhvete året etterpå, men avlingsgevinsten var nesten halvert (Lundby m.fl., 2025).

2.3.9 Gjødsling

Gjødsling i jordbruket ble grundig behandlet i eget kapittel med tittel «Gjødsling i jordbruket» i forrige utredning fra 2016. I dette kapitlet pekes det på viktige endringer knyttet til gjødsling til korn fra forrige utredning og frem til i dag.

Det er obligatorisk å utarbeide en gjødslingsplan for hvert år for hvert enkelt skifte for alle driftsenheter som mottar produksjonstilskudd. Den 1. februar 2025 trådte gjødselbrukforskriften i kraft. Forskriften skal ifølge § 1 «legge til rette for god avling og god utnytting av næringsstoffer i gjødselvarer og jordsmonn og begrense tap av næringsstoffer til vassdrag og luft». Med gjødselbrukforskriften har kravene til gjødslingsplan blitt tydeligere og strengere. Forskriften setter også absolutte grenser for tillatt mengder bruk av fosfor, som vil gradvis bli innstrammet frem til 1.

januar 2033. Disse tiltakene har ikke fått virket enda, men vil helt klart føre til et mye større fokus på gjødslingsplanene, både i planleggingsfasen på vinteren/våren, og gjennom sommeren. Det er all grunn til å anta forskriften vil få stor innvirkning på gjødslingspraksisen til korn.

Gjødslingsnormene for de ulike kulturene, presentert i Gjødslingshåndboka (NIBIO 2024), er basert på tidsserier med norske feltforsøk under ulike forhold. En usikkerhetsfaktor i gjødslingsplanleggingen er å anslå forventet avling. Selv om en kan anslå avlingsnivået i et normalår nokså nøyaktig, er det imidlertid en stor utfordring i gjødslingsplanleggingen å anslå forventet avling, siden vekstforholdene kan variere mye mellom år. I dårlige år kan en derfor få overskudd av næringsstoffer til tross for god planlegging og god agronomisk praksis. En metode for å redusere denne utfordringen er delt gjødsling. Det innebærer at en del av nitrogenet spres ved vekststart/såing om våren. Resten gjødsles en eller to ganger senere i sesongen, der en kan justere mengdene ut fra hvordan avlingspotensialet ser ut der og da. Det eksisterer flere tekniske løsninger som åpner for at en ved delgjødsling også justerer gjødslingsnivået til hvordan avlingspotensialet varierer romlig, altså stedsspesifikk gjødsling eller presisjonsgjødsling. Dette vil potensielt redusere både klimagassutslipp og nitratavrenning fra disse arealene (Korsæth mfl. 2019). Det er gjennomført mange feltforsøk i korn med delgjødsling, for å dokumentere effekten av delgjødsling og kunne gi råd om gode gjødslingsstrategier for en best mulig utnyttelse av tilført nitrogen (Kristoffersen m.fl. 2022). I løpet av de siste årene har dette blitt vanlig praksis også til bygg (Kristoffersen 2020).

Behovet for gjødsling i landbruket har økt siden forrige utredning, særlig på grunn av to forhold.

1: Produktkvalitet

Jo større krav det er til produktkvalitet, jo mer presis gjødsling kreves for å oppnå ønsket kvalitet. Dette gjelder i stor grad for produksjon av korn til mat. For eksempel har kornbransjen konkrete krav til proteininnholdet i mathvete, som igjen har direkte påvirkning på hvilke gjødslingsstrategier som produsentene velger. Kravet til proteininnhold i høst- og vårhvete var frem til 2013 på 9,8 %. Fra 2014 og frem til i dag har kravet vært på 11,5 % (Hoel 2015). Årsaken til hevingen av proteinkravet var for å kunne øke utnyttelsen av den norske høst- og vårhveten som mathvete. Ved for lavt proteininnhold er melet uegnet som matmel. I hele denne perioden har det vært kontinuerlige prosjekter, der hele verdikjeden har deltatt, som har sett på ulike sider ved produksjon av hveten til mat.

Gjødslingsstrategier for å imøtekomme bransjens behov har vært undersøkt i feltforsøk og dannet grunnlag for gjødslingsanbefalinger til denne produksjonen (se blant annet Kristoffersen og Riley 2024, Kristoffersen 2025). I de siste årene har det i samarbeid med bransjen, forskningsmiljøene, og gjennom Matkornpartnerskapet, jobbet med å endre proteinkravet, både gjennom endring i prosesserings- og baketeknologien og gjennom endret sortering av mathvete med ulike kvaliteter for bedre utnyttelse av den norske hveten (Uhlen mfl. 2024). Det vil ha direkte påvirkning på gjødslingsanbefalingene til mathvete som vil gi grunnlag for noe svakere gjødsling til høsthvete og vårhvetesorter med svakere glutenkvalitet, mens for sorter med sterk glutenkvalitet vil nitrogenbehovet være uforandret.

2. Mer yterike sorter

I løpet av de siste 25 årene har fulldyrka areal gått ned med 8 % hvorav kornarealet er redusert med 500 000 dekar. Selv med 15 % mindre kornareal har produksjonsvolumet blitt opprettholdt. Den gjennomsnittlige kornavlingen har økt med 55 kg/daa fra 1998 til 2023. Avlingsfremgangen skyldes mange faktorer, der særlig foredling av mer yterike sorter har hatt stor betydning. De nye sortene er i større grad i stand til å ta opp og utnytte næringstilgangen til produksjon av biomasse og videre til større kornavling. Det dyrkes mer høsthvete (med store årsvariasjoner) og en dreining fra 6-rads bygg til yterike, seine 2-radssorter av bygg, som betyr et større avlingsnivå, og videre ett behov for mer næringsstoffer (Frøseth og Kristoffersen 2024).

Organisk gjødsel

Plantenes behov for næringsstoffer kan dekkes av både mineralsk og organisk gjødsel. Det har skjedd mye de siste årene knyttet til bruk og håndtering av organisk gjødsel, både husdyrgjødsel og gjødsel fra storsamfunnet, men fortsatt er det mye ukjent knyttet til næringsinnhold i gjødsla, hvor mye av næringsstoffene som er plantetilgjengelig, og hvordan unngå tap fra denne gjødsla i størst mulig grad. Plantetilgjengelighet av nitrogen i organisk gjødsel er grundig behandlet i Henriksen m.fl. (2023).

Tilpasset gjødsling er viktig for avling, produktkvalitet, økonomi og miljø. Lengre vekstsesong, endring i nedbørsforhold og dyrking av nye arter/sorter vil fortsette å skape behov for videreutvikling av gjødslingsstrategier. Det kan dreie seg om nye eller videreutviklede gjødseltyper, justering av gjødslingstidspunkt, annen fordeling av gjødselmengder mellom gjødslingstidspunkt, justering av normer/anbefalinger og optimalisering av gjødseleplassering for å øke næringsstoffutnyttelsen. Videreutvikling og mer bruk av presisjonsgjødsling for å tilpasse gjødslinga til behovet, også innenfor skifter, er også noe som bør prioriteres. For mer informasjon, se NIBIO sitt notat i forbindelse med bestillingen «Gjødsling i jordbruket».

2.3.10 Presisjonsjordbruk

Presisjonsjordbruk åpner for en mer steds- og behovstilpasset behandling av jord og planter tilpasset variasjonene innenfor det enkelte skiftet. Den tekniske utviklingen går veldig fort og det finnes stadig bedre muligheter for å f.eks. lage applikasjonkart og systemer for å tildele både gjødsel, plantevernmidler og kalk tilpasset jordas og plantenes behov. Slik presisjonstildeling kan bidra til økt utnyttelse av innsatsfaktorene og dermed oppnår et gevinstpotensial i forhold til avlingsmengde, produktkvalitet, miljø og økonomi. En mer stedspesifikk og behovstilpasset behandling av plantene kan redusere behov for kjøring, reduserer fare for jordpakking og øker effektiviteten. Ved bruk av denne teknikken kan en håndtere utfordringen med at vekstforholdene og behovet for innsatsfaktorer varierer over små avstander. Tilpasset behandling vil være et viktig tiltak for å realisere potensialet for økt produksjon samt å forbedre utnyttelse av innsatsfaktorene under et endret klima.

2.3.11 Effektive tiltak – fare for at våronn eller innhøsting må avbrytes/utsettes

Våronna utgjør ei kritisk fase i dyrkingen av vårkorn. Mange arbeidsoperasjoner skal utføres på kort tid for å lage et godt såbed, som tillater spiring, men beskytter mot uttørring og skorpedanning. Ei tradisjonell våronn omfatter plying, slodding, harving, gjødsling, såing og tromling. Utsatt såtid reduserer avlingsutbytte, mens bearbeiding av våt jord ødelegger jordstruktur og hemmer plantevekst. Et klima med økt nedbørsmengde og -intensitet medfører at tidsperioden der jorda er laglig for våronn er svært kort enkelte år, eller at jorda forblir fuktig så lenge at man blir tvunget til å så ved ulaglige forhold (Riley 2016, Kolberg mfl. 2019). Behov for forenklet våronn oppstår først og fremst når:

- 1) Det har kommet så mye nedbør at jorda ikke tørker tilstrekkelig, og det haster med å få sådd kornet hvis det skal kunne bli modent. Da er det spesielt viktig med lett redskap for å unngå jordpakking.
- 2) Jorda er laglig, men mye nedbør i vente gjør at en må forenkle våronna. Da trengs det utstyr med stor kapasitet eller utstyr som gjør det mulig med færre antall arbeidsoperasjoner.

I begge tilfeller har det mye å si om jorda er bearbeidet om høsten eller ikke, og hvilken jordtype en har. Jordarbeiding om høsten er i konflikt med miljøtiltak for å redusere erosjon og avrenning.

Ustabile værforhold om høsten kan skape betydelige utfordringer for innhøstingen. Dette gjør det vanskelig å høste når plantene er modne, og fører til et dilemma: å høste tidlig – med risiko for jordpakking – eller å vente, noe som kan resultere i kvalitetstap, høye tørkekostnader og økt fare for soppsmitte, slik man blant annet erfarte i 2023.

Det frarådes sterkt å kjøre på jord som ikke er lagelig. Dersom kjøring likevel er nødvendig, er det avgjørende å bruke tilpasset dekkutstyr og lavt lufttrykk. Risikoen for jordpakking kan reduseres ytterligere ved å senke maskinvekten, enten ved å velge mindre maskiner eller redusere lastekapasiteten, for eksempel gjennom endret kjøremønster.

Under krevende forhold bør treskeren justeres slik at spill minimeres. Generelt vil dyrking av vekster med ulik modningstid bidra til å spre risikoen og gjøre det mulig å høste når forholdene ligger best til rette.

Våronn plan b

Prosjektet Våronn plan B (2017–2019) har bidratt med kunnskap om alternative strategier for våronn til korn når værforholdene gjør planlagt våronn vanskelig (Frøseth m.fl. 2020). Ulike metoder for forenklet jordarbeiding og såing på laglig og ulaglig leirjord og sandjord ble testet. Resultatene viste at skal en lykkes med plan B bør en ta noen forholdsregler høsten før, ved å kutte eller fjerne halmen og gjennomføre tiltak mot flerårige ugras. Når dette forarbeidet var gjort, var det ikke forskjell i byggavling etter bruk av ulike kultivatorer på upløyd laglig jord. På ulaglig jord kom direktesåing generelt bra ut når jorda var høstpløyd, men det var større utfordring med direktesåing på upløyd jord. Resultatene viste at breisåing, med f.eks. sentrifugalspreder som mange har tilgjengelig, kan være et alternativ for å få sådd når jorda er for fuktig til at det er forsvarlig å foreta optimal jordarbeiding. Det kan være vanskeligere å få bra resultat av forenklet jordarbeiding på leirjord enn sandjord.

En spørreundersøkelse blant kornprodusenter i Trøndelag viste at selv om flertallet ikke hadde opplevd å måtte forenkle våronna hadde de aller fleste gjennomført endringer i korndyrkinga som kan tilskrives tilpasning til vanskelige værforhold. Forenklet jordarbeiding var utbredt, og det var bevissthet rundt bruk av lettere traktor og redskap for å håndtere ulaglig jord. Redusert vår-gjødsling og delt gjødsling var også utbredt.

2.3.12 Beslutningsverktøy

Gårdbrukerens kompetanse og/eller muligheten til å innhente råd er nøkkelen til å iverksette nødvendige agronomiske tiltak og forandringer. Betydelig satsing på forskning og rådgiving framover er en forutsetning for å bidra til en ønsket utvikling. Gjødslings-, jordarbeidings- og plantevernstrategier må kontinuerlig oppdateres for å tilpasses gjeldende forutsetninger. Utvikling av nye og videreutvikling av eksisterende varslings- og beslutningsstøttemodeller er viktig for å gi gårdbrukere gode verktøy til hjelp for å ta dyrkingstekniske beslutninger. Eksempler på dette er innen plantevern (VIPS), gjødsling (Nitrogenstatus) og fare for jordpakking (Terranimo). Det er viktig at gårdbrukere får tilgang til slike verktøy og at de er brukervennlige. Alternative formidlingskanaler, som video, internett og sosiale medier, har også et stort potensial. Mange av de skisserte tilpasninger inkluderer også mer langvarige komponenter og må kontinuerlig oppdateres basert på nye erfaringer. Forskning har en viktig oppgave knyttet til å forbedre og videreutvikle de nevnte metodene.

2.4 Tilpasninger innen plantevern til korn

2.4.1 Klimaendringer og skadegjørere i korn

Klimaendringer i form av økt middeltemperatur, mer nedbør, hyppigere episoder med styrtregn og en lengre vekstsesong vil påvirke skadegjørere i korn ved å endre deres utviklingsbetingelser, smittespredning og overvintringsevne. Disse endringene samvirker med klimatilpasningstiltak som

reduisert jordarbeiding, økt dyrking av høstkorn og tidligere såing. Resultatet er at flere skadegjørere kan etablere seg tidligere, opptre i større omfang og ha et økt epidemipotensial.

Nedenfor beskrives hvordan sentrale klimafaktorer (tilpasningstiltak) påvirker skadegjørere i korn, med noen få eksempler for å illustrere mekanismene.

2.4.2 Økt temperatur og forlenget vekstsesong

En økning i temperatur motvirker klimatiske begrensninger som tidligere har redusert utviklingen til flere skadegjørere. Mange skadegjørere er temperaturstyrte, og en økning i middeltemperaturen vil forskyve utviklingskurvene i retning av raskere livssyklus og økt reproduksjon. Dette gir både høyere bestandsoppbygging og større angrepsintensitet gjennom vekstsesongen.

En lengre vekstsesong øker dessuten synkroniteten mellom skadegjørernes utviklingsstadier og kornets mottakelige faser. Dette kan gjelde både for sykdommer, insekter, virusvektorer og jordboende skadegjørere.

Skadedyr som tidligere bare klarte en generasjon i løpet av sesongen kan, under et varmere klima, fullføre flere utviklingssykluser.

Aktivitet på skadedyr

Skadedyr som f.eks. bladlus, vil kunne ha både tidligere opptreden og større aktivitet gjennom vekstsesongen. De senere årene er det for eksempel vist at skadeinsekter som tidligere ikke var et problem nå opptrer som skadegjørere lokalt (Folkedal m.fl. 2024)

2.4.3 Økt nedbør, flere fuktperioder og endret fuktighetsdynamikk

Mer nedbør og økt hyppighet av fuktige perioder øker risikoen for angrep av en rekke soppsjukdommer i korn. Flere patogener er avhengige av fuktighet for både sporedannelse, spredning og infeksjon. Perioder med høy luftfuktighet rundt blomstring er særlig kritiske, og økt juli-nedbør er forbundet med økte angrep av soppsjukdommer i aks.

Fuktighetsforhold påvirker også tiltaksmulighetene. Hyppige regnskylt begrenser kjørbarhet og gjør det vanskeligere å gjennomføre fungicidbehandlinger til rett tidspunkt. Dette kan føre til at epidemier får utvikle seg uhindret i kritiske faser. Fuktige forhold kan også gi økt risiko for mykotoksindannelse i kornet, særlig der soppsjukdommer angriper aks under blomstring.

2.4.4 Ekstremvær og uforutsigbare værforhold

Intens nedbør, varme, tørke, vindhendelser og erosjon kan påvirke skadegjørere indirekte ved å skape stress (og sår) i plantene, noe som kan gjøre dem mer mottakelige for infeksjon. Skader på plantene fra ekstremnedbør eller vind, kan også direkte gi flere inngangsporter for skadegjørere og sterk vind kan bidra til å spre sjukdommer over større avstander.

Ekstremvær kan gi forsinket såing, færre sprøytevinduer og utsatte jordarbeidingstiltak, som igjen gir skadegjørere mer tid til etablering og sterkere angrep. Dette er en sentral utfordring i møte med klimaendringer.

Flomepisoder

Flomepisoder i kornområder har ført til flere spørsmål knyttet til risiko for soppgiftdannelse i kornet som følge av slike episoder.

2.4.5 Mildere vintre og forbedret overvintring

Mildere vintre gir bedre overlevelse for flere skadegjørere som normalt har hatt dårlig overlevelse ved lave temperaturer. Dette gjelder soppsjukdommer som overlever i planterester, skadedyr som overvintrer som egg eller nymfer, og enkelte nematoder. Når flere skadegjørere kan overvintrer i større antall, øker også sannsynligheten for tidlige vårangrep og kraftigere epidemioppbygging. Originalteksten understreker at dette gjelder for både sopper og insekter.

I tillegg øker risikoen for at nye skadegjørere kan etablere seg i Norge dersom vintertemperaturene ikke lenger utgjør en klimabarriere.

2.4.6 Redusert jordarbeiding som klimatilpasningstiltak

Redusert jordarbeiding er et viktig tiltak for å redusere erosjon og bevare jordstruktur under våte forhold. Samtidig medfører dette at planterester blir liggende i overflatelaget, noe som mange soppsjukdommer utnytter som overvintringssted. Bedre overvintringsforhold for sjuksdomsorganismer gir økt smittepress tidlig i vekstsesongen.

Jordboende skadegjørere får generelt bedre overvintringsforhold når jorda ikke vendes, og reduserte mekaniske inngrep kan føre til økt overlevelse av ugrasfrø og rotdele. Dette er særlig relevant for vinterrettårige arter som allerede viser økende betydning i områder med mye høstkorn.

2.4.7 Økt dyrking av høstkorn

Økt bruk av høstkorn gir skadegjørere større kontinuitet i vertsplantetilgangen. Levende plantemateriale gjennom vinteren skaper en "green bridge" som gjør at skadegjørere kan overvintrer og starte opp igjen tidligere om våren. Dette er viktig for soppsjukdommer som overlever i levende plantemateriale, og for skadedyr som finner næring i høstkornbestandene før vårkornet når utsatte stadier.

Høstkorn gir også økt etableringsmulighet for vinterrettårige ugras, som har fått større betydning i land som allerede dyrker mye høstkorn. Disse artene kan få større skadepotensial ved økende andel høstsådd korn i Norge.

2.4.8 Tidligere såing og forskjøvet vekstsesong

Tidligere såing som følge av et varmere klima, gjør at unge planter eksponeres for skadegjørere på et mer mottakelig utviklingsstadium. Dette øker konsekvensene av både tidlig soppsmitte og tidlig angrep av skadedyr.

Lengre utviklingsperiode gir også skadegjørere mer tid for oppformering, og risikoen øker for at både sykdommer og skadedyr får ett ekstra utviklingstrinn gjennom sesongen.

2.4.9 Nye plantearter – nye skadegjørere

Klimaendringer gjør at nye og mer varmekjære plantearter kan bli aktuelle i norsk jordbruk, men dette innebærer også en økt risiko for introduksjon og etablering av nye skadegjørere. Når nye arter tas inn i

dyrkingen, kan sykdommer og skadedyr følge plantematerialet uten å bli oppdaget, og et varmere klima kan gi slike skadegjørere bedre forutsetninger for å overleve og spre seg enn tidligere. Samtidig kan overgang til nye vekster og endrede dyrkingssystemer åpne økologiske nisjer som både nye og eksisterende skadegjørere kan utnytte. Nye plantearter kan derfor medføre både direkte risiko i form av innførte sykdommer og indirekte risiko ved at skadegjørere som tidligere var klimabegrenset kan få økt etableringspotensial.

Dette gjør introduksjon av nye kulturvekster til en viktig faktor i vurderingen av framtidig plantehelse og behovet for styrket overvåking og forebygging.

Dyrking av mais

I forbindelse med et mildere klima/lenger vekstsesong er det økende interesse for dyrking av mais i Norge, foreløpig som silo-fôr til storfe. Dermed er det behov for kunnskap om mykotoksiner som forekommer i mais. NIBIO har bidratt i en litteraturstudie om fumonisin-mykotoksiner som er de viktigste mykotoksinene i mais. En omfattende litteraturstudie om hvordan en kan redusere risiko for mykotoksiner i korn (ved dyrking/i felt, ved høsting/lagring, ved prosessering) ble dessuten gjennomført i 2024 og publisert i 2025 (Brodal 2025).

2.5 Langsiktige tilpasninger

De fleste langsiktige tilpasningene til klimaendringene krever større endringer i dagens dyrkningssystemer og må ofte kombineres med samfunnspolitiske forandringer og forandringer i regelverket. Noen tiltak bør settes i gang allerede nå for å holde følge med utviklingen og tilpasse seg utfordringene som kommer.

Jordvern

Jordvern handler om å bevare dyrket og dyrkbar jord slik at Norge kan sikre langsiktig matsikkerhet, beredskap og bærekraftig arealforvaltning. I 2024 ble 2 500 dekar dyrka jord og nær 3 000 dekar dyrkbar jord, til sammen 5500 dekar, omdisponert, med Innlandet, Trøndelag og Rogaland som fylker med størst omdisponering. I perioden 2015–2018 ble omkring 12 000 dekar dyrka og dyrkbar jord omdisponert årlig. Stortinget vedtok i 2015 å redusere omdisponeringen til maksimum 4 000 dekar årlig innen 2020, og i 2023 ble målet strammet inn til at omdisponert areal ikke skal overstige 2 000 dekar innen 2030. Det økte søkelyset på klimaforandringer, framtidens matforsyning, jordvern og varig vern av matjord har bidratt til mindre nedbygging av areal. Dette er særdeles viktig i Norge som har et svært lite dyrkbart areal per innbygger og en relativt raskt økende befolkning. Økt temperatur gir lengre vekstsesong i mange deler av landet. I teorien kan dette gjøre marginale arealer mer dyrkbare (f.eks. i høyere strøk), men forutsetningene for kornproduksjon er ofte dårligere (f.eks. lavere jordkvalitet, manglende infrastruktur). En vurdering hvilke arealer som burde bevares burde også ta høyde for klimaendringen og framtidig areal bruk. Jordvern er også viktig for å opprettholde jorda økologiske funksjon innenfor karbon- og vannlagring, men også for infiltrasjon og dermed et viktig klimatilpasningstiltak i seg selv (www.nibio.no).

2.5.1 Nydyrking

Nydyrking kan være et viktig landbrukstiltak for å sikre produksjonsareal, men må vurderes kritisk i forhold til fare for negative miljøkonsekvenser under endrete klimaforhold. Dersom det skal dyrkes opp nye arealer, må dette vurderes nøye i lys av både agronomi og klimatilpasning og bør skje

strategisk med hensyn til arrondering og framtidig arealbruk. Omfanget av nydyrking har avtatt de siste årene: Fra en topp på litt over 28 000 dekar i 2019 til 12 800 dekar i 2024, 2000 dekar mindre enn året før. Innlandet og Trøndelag hadde størst nydyrket areal i 2024.

2.5.2 Arter og sorter

Måltrettet kornforedling er nødvendig for å sikre kornsorter som er tilpasset klimaendringene. Det tar minst 10 år fra man starter foredling av en ny sort, til den kan tas i bruk. Det er viktig med utvikling og bruk av tilpassede kornsorter for å kunne (a) utnytte potensialet av en lengre vekstsesong og økt CO₂-konsentrasjon, (b) synkronisere veksten slik at plantenes utvikling skjer under optimale forhold og (c) unngå avlingssvikt som skyldes sortsmateriale som ikke er tilpasset. Forandringer i nedbørsfordeling gjør det nødvendig med sorter som har robust og kraftig rotsystem og rotvekst for å utnytte vekstpotensialet bedre og være sterkere mot både tørke og vannmettet jord. I tillegg bør nye sorter ideelt sett tåle forsommertørke, fuktige forhold om våren, om sommeren og høsten, og være tolerante mot perioder med ekstremnedbør. Nye sorter bør også være tilpasset en endret sopp- og skadedyrsituasjon.

Mer ekstremt vær øker faren for legde og det blir enda viktigere med korte, stråstive sorter og økt spiretreghet for å unngå groskader. Innhøstingsforholdene høsten 2023 og 2024 var veldig krevende, noe som reduserte kornkvaliteten betydelig. Lite av hveten som ble høstet, holdt matkvalitet. Såkorndyrkere på Østlandet fikk heller ikke høstet korn av god kvalitet to år på rad. Dette påvirket såkorntilgangen for sesongen 2024 og 2025, og mange fikk ikke kjøpt såkorn av planlagt art og sort. Byggarealet i 2025 ble større enn ønskelig, og flere sorter som aldri før har vært testet i Norge, ble importert og dyrket. Situasjonen er veldig uheldig, da god utnyttelse av kornarealene og et mål om selvforsyning og økt norsk andel matkorn er avhengig av tilgang til såkorn som er tilpasset forholdene og markedets ønsker. Et såkornberedskap er derfor et viktig klimatilpasningstiltak fremover.

Generelt kan det forventes at store deler av de norske kornområdene får vekstvilkår som likner mer vilkårene på kontinentet og noe av sortsmaterialet derfra bør kunne brukes.

Planteforedling

Graminor investerer i ny teknologi for å kunne raskere utvikle sorter som er bedre tilpasset til både klimaet og markedet. Det jobbes aktivt i flere forskningsprosjekter med å utvikle foredlingsverktøy for mer presis og raskere seleksjon av planter med bedre resistens mot skadegjørere, og som beholder kvaliteten bedre under fuktige innhøstingsforhold. Sortenes toleranse til tørke og vannmetning kartlegges også.

I dag har Graminor, Norges eneste foredlingsselskap, programmer for foredling av bygg, havre og vårhvete. Produksjonen av høsthvete og proteinvekster i Norge er avhengig av utenlandske sorter. Som regel blir utenlandske høsthvetesorter grundig testet i verdiprøvingsprogrammet for sine dyrkingsegenskaper under norske forhold før de tas i bruk, men testing av proteinvekster har vært begrenset. I prosjektet FutureProteinCrops har Graminor, NMBU og NIBIO samarbeidet om å screene over 100 sorter av åkerbønner og erter, og arbeidet fortsetter i ProMax (oppstart 2026). Tilgang til sorter som er tilpasset norske vekstforholdene reduserer risikoen for bonden og er grunnleggende for vår evne til å utnytte og tilpasse oss klimaet vårt.

NIBIO har testet ulike proteinvekster, som linser, soya, lupiner, quinoa, kikerter og bokhvete, og vurdert flaskehalser for storskalaproduksjon i Norge (Griew m.fl., 2022). Det er viktig å vite hvilke muligheter som en lengre og varmere vekstsesong gir.

2.5.3 Drenering

I Norge er om lag 60 % av den dyrka jorda avhengig av kunstig drenering (Hoel m.fl. 2013), og i 2010 var omtrent 800 000 daa jordbruksareal i Norge fortsatt dårlig drenert (Haukås & Johnsen, 2025). Dårlig grøftetilstand fører til seinere og ujevn opptørring. Dette fører til redusert bæreevne og fare for pakkeskader. Luftvekslingen er redusert i vannmettet jord. Konsekvensen er lavt avlingsnivå på grunn av dårlig rotvekst, redusert næringsopptak, redusert nitrogeneffektivitet og dårlig plantevekst. I vannmettet jord omdannes nitrogen gjennom denitrifikasjon til N₂O (lystgass). Det er uheldig både for klimaet og for utnyttelsen av N til plantevekst. Seinere opptørring reduserer antall dager det er mulig å gjøre våronn, og kan gi forsinket såtid. Utsatt såtid fører som regel til redusert avling. Forsøk viser at grøfting kan føre til 15 % avlingsøkning og med økende nedbørsmengder kan det forventes at avlingsutslaget blir enda større i framtida (Øygarden m.fl. 2009).

Drenering er et kostbart tiltak, men et vinn- vinn tiltak i forhold til både produksjon og miljø. Det er et betydelig etterslep med hensyn til oppgradering av grøftetilstand, gamle grøftesystemer må vedlikeholdes og fornyes fortløpende. Dimensjonering er viktig i forhold til økte nedbørsmengder. Drenering er et viktig tiltak for å minske ulempene av klimaendringer og utnytte fordelene (varmere, lengre vekstsesong). Forbedret dreneringstilstand øker også faren for utvasking av nitrogen, og det understreker behovet for tilpasset gjødslingsstrategier i et framtidig klima.

Kostnader for drenering

Rapporten “Kostnader og barrierer for drenering i norsk jordbruk” (Haukås og Johnsen, 2025) viser resultater fra spørreundersøkelse av 1295 bønder om drenering. Resultatene gir innsikt i motivasjon og barrierer for drenering. Kostnader ved drenering er undersøkt, samt avlingsutvikling og gjødslingspraksis etter drenering. De fleste som svarte spørreundersøkelsen, hadde en avlingsøkning mellom 0-20 % eller 20-40% etter drenering. Rapporten fra Hauge m.fl. 2020 understreker at god drenering er også viktig under tørre forhold. Arealer som er dårlig drenert er mer utsatt for jordpakking, og pakket jord er uheldig under tørre forhold, da røttene blir hindret i søket etter vann. Drenering som et klimatiltak for å redusere lystgassutslipp er omtalt i rapporten fra Hauge m.fl. 2020.

2.5.4 Vanning

Vanning er en viktig tilpasningsstrategi for å unngå plantestress knyttet til tørkeperioder, men tiltaket er både kostbar, tidskrevende og krever infrastruktur. Ved Jordbrukstellinga i 1999 hadde kun 14 % av landets totale jordbruksarealer tilgang til vanning. Kunnskap om vanning behov, virkning av tørke i ulike vekster og forventet utslag for vanning er omtalt i Riley (2021).

Vanning kan bedre utnyttelsen av tilført nitrogen ved tørkeperioder på forsommeren. På lett jord kan hyppig vanning øke risikoen for nitrogenutvasking. En planlagt strategi med delt gjødsling reduserer risikoen for nitrogenutvasking. Gjennomsnittlige vannmengder som trengs til vanning av korn på Østlandet ligger på 60 – 100 mm/år. I andre regioner er behovene mindre på grunn av større årsnedbør (Riley 2021). Tjenesten “Beregning av vanning” (<https://lmt.nibio.no/irrigation/>) er et hjelpemiddel for å vurdere behovet for vanning. Tjenesten beregner behovet for vanning ut fra målt nedbør og beregnet fordamping. Den tar hensyn til vekstens utviklingstrinn og jordas vannlagringskapasitet, og gjør det mulig å følge med på vanntilstanden i jorda på egen gård. Korn er særlig følsomt for tørke fra busking og strekking, og kan nyttiggjøre seg av vanning frem til full aksskyting. Dette er den samme perioden som næringsopptaket er størst hos korn.

Vanning til jord- og hagebruksvekster

Vanning til jord- og hagebruksvekster – en litteraturstudie av norske undersøkelser siden 1960 (Riley 2021)

2.5.5 Rammebetingelser

I hvilken grad de ulike tiltak og tilpasninger blir iverksatt vil avhenge av dyrkernes motivasjon til å gjøre endringer og investeringer. Motivasjonen avhenger igjen av økonomisk gevinstpotensial knyttet til de enkelte tiltak og om dyrkerne sin vurdering av risiko og om framtidens rammebetingelser preges av optimisme eller pessimisme. En må forvente at tilpasninger som innebærer lave investeringer og har stort potensial for rask realisering av økonomisk gevinst blir iverksatt først. Mens motivasjonen vil være betydelig mindre for å gjennomføre tiltak som innebærer store investeringer og har et usikkert og/eller langsiktig lønnsomhetspotensial. En sentral faktor i dette bildet vil være både gjeldende rammebetingelser og sannsynlige rammebetingelser framover. Landbrukspolitiske målsettinger og virkemidler på kort og langs sikt er et nøkkeltema i denne sammenheng.

2.6 Kunnskapsstatus

Tidligere og igangværende forskning, nasjonalt og internasjonalt, bidrar med betydelig kunnskap om relevante problemstillinger. For å håndtere store utfordringer knyttet til naturgitte forutsetninger i endring trengs imidlertid en kraftig styrking av forskningen framover. I det følgende presenteres en kortfattet sammenstilling av kunnskapsstatus og et utvalg av relevante, tidligere og igangværende, prosjekter/satsinger.

Tidligere prosjekt og relevante publikasjoner fra disse:

2.6.1 WINSUR

«Climate change effects on winter survival of perennial forage crops and winter wheat and on plant diseases and weed growth and control at high latitudes» (2004-2007) var et prosjekt der hovedmålet var å redusere usikkerheten knyttet til konsekvenser av klimaendringer for jordbruksvekster i Norge, samt å undersøke muligheter til å utnytte eventuelle positive konsekvenser av et endret klima. Prosjektet satte søkelys på betydning av et endret klima på høsten for vekst, herding og overvintring av gras og høstkorn.

2.6.2 MACSUR

«Modelling European Agriculture with Climate Change for Food Security» var et europeisk prosjekt (2012-2015) som ble satt i gang for å studere usikkerheten knyttet til hvordan fremtidige klimaendringer vil virke inn på matproduksjon og matsikkerhet og hvilke tilpasninger som er nødvendige dette. Hovedmålet for prosjektet var å utvikle og anvende modeller til å vurdere risikoer og undersøke hvilke effekter klimaendringer kan ha for europeisk landbruk. 73 partnerinstitusjoner fra 17 land deltok i det europeiske forskningssamarbeidet. Det var et mål at forskere med bakgrunn fra ulike fagdisipliner skulle gå sammen i et felles modelleringsmiljø for å studere effekter av et endret klima på landbruk og matproduksjon lokalt, regionalt og på europeisk nivå. Arbeidet var organisert i tre internasjonale nettverk; planteproduksjon (Crop), husdyrproduksjon (Livestock) og handel og økonomi (Trade). Fra Norge deltok NMBU og NIBIO i de tre nettverkene.

2.6.3 Agropro

Målet for det tverrvitenskapelige forskningsprosjektet AGROPRO (2013-2017) var å undersøke muligheter og begrensninger for at forbedret agronomisk praksis kan bidra til økt og bærekraftig matproduksjon i Norge. I prosjektet ble det gjennomført studier av agronomisk praksis, økonomi og sosiokulturelle og strukturelle faktorer. Noen relevante leveranser fra prosjektet i forhold til klimatilpasninger og potensialet for økt kornproduksjon i Norge:

- Kunnskap om kornsortenes toleranse mot vannmetning (Sundgren, 2018)
- Kunnskap om jordpakking og tiltak for å reversere skaden (Terjesønn Hansen, 2016)
- Tilpasning av Terranimo modellen, et verktøy for å vurdere risikoen for jordpakking, for norske forhold.
- En vurdering av agronomiske tiltak som kan bidra til avlingsøkinger i kornproduksjon (Uhlen m.fl., 2017)
- Kartlegging av avlingsgapet og potensial for økt produksjon på eksisterende arealer (Seehusen og Uhlen 2019)

Pakkeforsøk i Agropro

I 2011 ble det etablert et pakkeforsøk på Øsaker (Sarpsborg) da både pløyd og upløyd areal (leirjord) ble overkjørt (1x/ 10x) med to ulike traktor- gjødselvogn kombinasjoner (16t og 36t totalvekt). Målet med forsøket var å kartlegge bæreevnen av jorda under pløying og redusert jordarbeiding og å studere effekten av jordpakking på bygg avling over flere år. Resultatene fra prosjektet er publisert i (Seehusen m.fl. 2014 og Seehusen m.fl. 2014). Forsøksfeltet ble seinere brukt for å undersøke hvordan effekten på de påviste skadene fra 2011 er påvirket av jordarbeiding, planterøtter og frost. Resultatene fra forsøket ga verdifulle svar på hvordan norske klimaforhold påvirker jordstrukturen og i hvilken grad pakkeskader kan løses opp gjennom naturlige faktorer (Seehusen, m.fl. 2021).

I 2015 så ble det etablert et tilsvarende pakkeforsøk i Solør på siltjord. Denne gangen ble det brukt transportutstyr på 12,5t og 17t. Resultatene viste bl.a. at flere gangs kjøring med en liten maskin kan pakke jorda mer en engangskjøring med en større maskin dersom det må kjøres flere ganger i samme spor (Seehusen m.fl. 2019).

2.6.4 SoilCare

Forsøksfeltet i Agropro på siltjorda ble brukt til å anlegge nye forsøk. Denne gangen ble det undersøkt langtidsvirkningen av jordpakking og muligheter å løse opp pakkeskader ved hjelpa av vekstskifte og bruk av bl.a. luserne. Resultatene ga verdifull kunnskap om langtidseffekten av jordpakking og virkningen av planterøtter på pakkingen (Seehusen m.fl. 2022, Seehusen og Mordhorst 2022).

2.6.5 OPTIKORN

Prosjektet «Tilpasningsstrategier for økt norsk kornproduksjon i et fremtidig våtere klima» gjennomført i 2018-2022 hadde målet om å utvikle tilpasningsstrategier for norsk kornproduksjon i møte med et fremtidig våtere klima, slik at avlingspotensialet kan opprettholdes og økes. Prosjektet bidro med ny kunnskap om drenering (Berger og Haukås, 2022) og nye tiltak for forbedret jordstruktur, lønnsomheten rundt dette (Seehusen & Mordhorst, 2022; Seehusen m.fl. 2025) samt gjødslingsstrategier som minske faren for tap av næringsstoffer (Kristoffersen, 2020).

2.6.6 Prohøst

ProHøst var et forskningsprosjekt (2018- 2025) som hadde som mål å utvikle klimarobuste og markedstilpassede dyrkingsstrategier for høsthvete som en tilpasning til framtidens klima. Målet er å sikre bedre etablering, overvintring, kornkvalitet og avlingsstabilitet i et klima som blir stadig mer variabelt. I prosjektet ble det bl.a. undersøkt: (a) ulike jordarbeidingsstrategier, inkludert strip-till og direktesåing, (b) effekter av såtid, gjødsling og planteutvikling om høsten, (c) sorter med bedre proteinkvalitet og tilpasning til norske forhold samt (d) tiltak for å redusere risiko for snømugg og andre overvintringsproblemer. Prosjektet har gitt mange spennende resultater nyttig for å tilpasse og øke høstkorn produksjon under endrete klimaforhold. Det kommer flere publikasjoner fra prosjektet i løpet av 2026.

2.6.7 Capture

Prosjektet «Fangvekster som klimatiltak i norsk kornproduksjon» (CAPTURE) gjennomført i 2021–2025 hadde som mål å dokumentere klimaeffekten av fangvekster på kornarealer i Norge, samt å utvikle gode dyrkingsstrategier. I rapporten Henriksen m.fl. (2025) presenteres dokumentasjon på mengde og variasjon i fangveksters 1) biomasseproduksjon, 2) bidrag til karbonfangst og lagring, 3) utslipp av lystgass og evne til å holde på nitrat i jorda, samt en syntese av dette som kunnskapsgrunnlag for å kunne vurdere klimaeffekten av fangvekster under norske forhold.

2.6.8 Ulike prosjekt rundt behandling og bedre utnyttelse av planterester

Planterester spiller en viktig rolle i å redusere fare for erosjon, forbedre jordstrukturen og øke innhold av organisk materiale i jorda. De siste årene har det blitt gjennomført en rekke forsøk som har undersøkt muligheter for en bedre utnyttelse av planterester samt muligheter for praktisk håndtering av disse. Resultatene fra disse forsøkene er publisert i f.eks. (Seehusen m.fl. 2023, Seehusen, m.fl. 2023, Seehusen og Henriksen 2024).

2.6.9 Diverse prosjekt rundt klimatilpasning i ulike regioner

Det har blitt utarbeidet flere rapporter om klimatilpasning av kornproduksjon i Norge (Seehusen, m.fl. 2022, Seehusen m.fl. 2022) og (Seehusen og Øygarden 2024) Arbeidet med klimatilpasningen i NIBIO forsetter og det forventes flere publikasjoner fortløpende bl.a. en rapport om klimatilpasning i Trøndelag som er under publisering.

2.6.10 FoodProFuture/FutureProteinCrops

Siden 2017 har det vært gjennomført flere prosjekter med fokus på økt produksjon og utnyttelse av belgvekster. Belgvekster er en viktig del av et mer robust vekstskifte i kornområdene, og aktivitetene har vært rettet mot tilgang til bedre tilpasset sortsmateriale, forbedret dyrkingsteknikk og plantevern. I tillegg har det blitt undersøkt hvordan jordpakking og mye nedbør om høsten påvirker plantevekst, avling, kvalitet og forgrødeeffekt.

2.6.11 Hvetekvalitet/Gene2Bread

Hovedmålet for disse prosjektene er å fremskaffe kunnskap for å gjøre effektive tiltak som gir god kvalitet og høy matkornandel også under utfordrende værforhold, og som kan bidra til å nå nasjonale mål om økt matproduksjon. I prosjektene undersøkes en rekke forhold knyttet til matkorndyrking i Norge:

- Kartlegge hvetekvaliteten i årets hvete, og utarbeide prognoser som industrien kan bruke i sin produksjonsplanlegging for ny sesong og for å oppnå en god utnyttelse av norsk hvete.

- Undersøke om bruk av ny teknologi, som stedsspesifikk gjødslingsteknologi med bruk av Yara N sensor, bidrar til et mer optimalt og stabilt proteininnhold.
- Studere om forekomst av mikroorganismer (med særlig fokus på Fusarium) kan gi dårligere glutenkvalitet.
- Undersøke om proteaser dannet fra mikroorganismer kan gi nedbrytning av glutenprotein og dermed forringe kvaliteten. Identifisere hvilke proteaser dette kan være og evt. korresponderende proteaseinhibitorer.

2.6.12 Sortsforedling – Graminor

Graminor driver egen sortsutvikling av bygg, havre og vårhvete for norske forhold. I tillegg tester de utenlandsk høsthvete sortsmateriale. Sentrale mål for foredling og import av kornsorter er avlingsnivå, tidlig modning, stråstyrke, resistens mot sopp og andre sykdommer, næringsinnhold og andre kvalitetsegenskaper. For høstkorn er også overvintringsevnen en viktig sortsegenskap. Tilgang til sorter som er tilpasset et endret klima vil være et svært viktig tilpasningstiltak for norsk jordbruk i fremtiden. Se tekstbok om arter og sorter for mer informasjon.

2.6.13 Verdiprøving, korn

På oppdrag fra Mattilsynet gjennomfører NIBIO verdiprøving av kornsorter innen bygg, havre og vår- og høsthvete. Sorter testes og sammenlignes i forhold til avling, kvalitet og dyrkingstekniske egenskaper. Forsøksfeltene er lokalisert til de viktigste korndyrkingsområdene. Resultatene gir grunnlag for hvilke sorter som godkjennes for norsk sortsliste. Dette opplegget gjør at sortene blir testet ved ulike geografiske forhold og under de gjeldende vekstforhold i den enkelte vekstsesong. De økonomiske rammene gir kun grunnlag for et begrenset antall felt, og disse legges oftest på jord i god hevd som har gunstige vekstbetingelser.

2.6.14 Dyrkingssystem - langvarige forsøk på Apelsvoll (NIBIO)

Forsøket med ulike dyrkingssystem ble anlagt på Apelsvoll i 1989, og er designet for å måle langsiktige effekter av ulike produksjoner og driftsintensiteter på avling og kvalitet, utvasking og avrenning av næringsstoffer, samt endringer av jordas kjemiske, fysiske og biologiske egenskaper. Forsøket består av 12 minigårder, der hver gård har et fireårig omløp der alle vekster dyrkes hvert år (hver gård har fire omløpsskifter). Til sammen er seks ulike dyrkingssystemer representert (to gjentak): husdyrgård, økologisk, grønnsaksgård, optimalisert konvensjonell, karbondioksid og referansebruk.

2.6.15 Møystad-feltet og langvarige jordarbeidingsfelt

Det langvarige gjødslingsforsøket på Møystad ble anlagt i 1922 og er fortsatt i drift. Forsøket er dermed det eneste forsøket av slik varighet i Norge. I forsøket sammenlignes bruk av husdyrgjødsel med ulike kombinasjoner av N, P og K i mineralgjødsel. Omløpet på feltet består eng og, korn og potet i omløpet. På åttitallet ble gjødslingsnivået i forsøket noe oppjustert for å være mer i tråd med dagens praksis. Langvarige forsøk med ulike jordarbeidingsystemer ble utført på NIBIO sin tidligere forskningsstasjon Kise på Hedemarken (letteleire), men er nå avsluttet. På NMBU sin tidligere forsøksgård Øsaker (stiv leirjord) i søndre Østfold, driftes fortsatt et langvarig jordarbeidingsforsøk av NLR, med NIBIO som ansvarlig for forsøket. I forsøkene inngår ulike jordarbeidingsystemer med og uten plying.

I tillegg til kortvarige prosjekter er det viktig med langvarige forsøk. Disse forsøkene har stor verdi og gir unike muligheter for å studere langtidsvirkninger av forskjellige driftsforhold, klimaforhold og ulike dyrkingsmåter på avling, jordegenskaper og miljø. I forbindelse med 100 års jubileumet til

Møystadforsøket ble det utgitt en jubileumsrapport som summerer opp mange av resultatene som er blitt publisert opp igjennom årene (Riley & Kristoffersen 2022).

I tillegg til de nevnte norske prosjektene finnes det relevant forskning i både Norden og internasjonalt. Selv om noen av erfaringene kan nyttes i Norge, er det også viktig med forsøk under de spesielle norske klima- og driftsforholdene.

2.6.16 Pågående relevante prosjekter (utvalgte eksempler):

- Enklere jordarbeiding - Minimal jordarbeiding med enkel maskinpark – lavterskeltiltak for å oppnå gunstig såbed og erosjonsvern i et endret klima
- ProMax – fokus på dyrkingsstrategier i erter og åkerbønner som er bedre tilpasset krevende innhøstingsforhold, integrert plantevernstrategier, tilgang til tilpasset sorter, dyrkingskart
- FabaFlow – fokus på tiltak som fangvekster for å minimere tap av næringsstoffer i åkerbønner
- DiversityOats, BarleyNor, ProteinBar: genererer blant annet kunnskap om tilpasset, presisjonsgjødsling i havre og bygg

2.7 Kunnskapshull

Prosjekter og undersøkelser baseres naturlig nok hovedsakelig på de gjeldende dyrkingsforhold, men klimaendringene vil gi kornproduksjonen og forskningen nye utfordringer med endringer i vekstforhold. Det vil være et behov for kunnskap som kan bidra til å dempe mulige negative og forsterke mulige positive effekter av et sannsynlig framtidig klima. Prosjekter framover bør derfor innrettes sånn at de kan gi svar på denne utfordringen.

I denne sammenheng vil mer bruk av forsøksfasiliteter der en kan styre temperatur og nedbør i retning av den utvikling en kan forvente at disse parameterne tar framover være aktuelt, det kan omfatte veksthus, klimakammer, tunneller osv. Når det gjelder feltforsøk vil det være relevant i en del sammenhenger at disse lokaliseres både til tradisjonelle kornområder og til områder som i dag har klima/vekstforhold som ligner på det man kan forvente i kornområdene framover. Dette kan ivaretas både ved å bruke aktuelle lokaliteter innenlands og i andre land. Det er behov for en bærekraftig intensivering framover, det er derfor særlig viktig at forskningen har søkelys på å finne vinn-vinn strategier/løsninger i forhold til avling, kvalitet, lønnsomhet og miljø. Nedenfor presenteres et utvalg av områder med forskningsbehov.

2.7.1 Sorter

- Utvidet sortsprøving av seinere sorter, økt fokus på høstkornarter og proteinvekster.
- Utvidet sortsprøving av tidlig sorter (spesielt vårhvete) tilpasset sesonger med utsatt våronna eller som forgrøde til høstsådde vekster. Hvordan sikre man såkorntilgang av disse sortene, som under normale forhold blir utkonkurrert av høytytende sorter?
- Kornforedling: Nye foredlingsmål i sortsforedlingen og kunnskap/tekniker knyttet til disse. Sorter som klarer å bevare kvaliteten bedre under ugunstige værforhold, f.eks. økt spiretreghet for å unngå groskader, stråstyrke for å unngå legde. Sortsegenskaper knyttet til resistens mot kornsjukdommer i et framtidig klima og effektive metoder for genomisk seleksjon og fenotyping for sjukdomsresistens.
- Screeningforsøk for stressresistens: Økt søkelys på toleranse mot abiotisk stress i sortsforedlingen, f.eks. vannmetning, tørkestress.

- Kartlegging: Studier av norske jordbruksvekster/sorter, og hvordan de responderer på et endret klima. Samspill mellom forskjellige klimafaktorene, f. eks temperatur, CO₂, nedbør, daglengde og ozon.
- Modellering: Simulering av korn i projisert fremtidig klima med plantevekstmodeller. Plantevekstmodeller kan parametriseres for eksisterende og hypotetiske fremtidige sorter for å identifisere mål i kornforedlingen.
- Fysiologiske faktorer: Hvordan kan plantenes ytelse forbedres? Planteutvikling, avlings- og kvalitetskomponenter sin respons på økt temperatur. Tilpasning av vekstrytme for å utnytte en lengre vekstsesong.
- Kunnskap om sortsblandinger for å stabilisere produksjonen under ustabile værforhold. Optimal sammensetning av sorter med ulike egenskaper for en mer robust førkornproduksjon.
- Sortsutvikling og tilpasset dyrkingsstrategier for robust og høy produksjon av flerårig hvete

2.7.2 Høstsådde arter

- Overvintring, sorter: Hvordan kan forventede klimaendringer påvirke overvintringen, og hvilke egenskaper knyttet til plantene/sortene må forbedres? Viktige stikkord: Herding/avherding, vernaliseringskrav, vekstavslutning, respirasjon, isdekke, overgangen mellom vinter og vår.
- Sikre overvintring med valg av tilpasset sort og dyrkingsteknikk i høstsådde vekster: muligheter for høstsådde erter, åkerbønner og oljevekster
- Overvintring, dyrkingspraksis: Hvordan kan dyrkingspraksisen tilpasses for å minske eller unngå vinterskader i høstkorn? Ny optimal såtid, tiltak mot biotiske skadegjørere, hvordan redusere/unngå abiotiske påkjenninger? Tiltak for å redusere erosjonsfare i høstkorndyrking.

2.7.3 Etablering og jordarbeiding

- Dyrkingsstrategier som sikre høye avlinger og kvalitet ved redusert jordarbeiding og mer planterester/fangvekster
- Bedre utnyttelse av planterester for å øke karboninnhold, redusere fare for erosjon og strategier for at planterester kan bevares uten at dette fører til avlingstap.
- Agronomiske og tekniske løsninger for å redusere jordpakking og løsne jordstrukturen i et endret klima.

2.7.4 Dyrkingsteknikk

- Fangvekster som minsker erosjon, næringstap og løser pakket jord – valg av art, dyrkingsteknikk, sådatoer, såmengder og behov for tilpasset plantevern.
- Bedre rotsystem: Agronomi, tilpasninger og tiltak for å fremme et rotsystem med effektivt næringsopptak som er mer robust mot tørke.
- Vekstskifte: Betydning for jordstruktur, plantevern, næringsopptak, moldinnhold og mikrobiologisk aktivitet.
- Strategier for effektiv utnyttelse av korte tidsvinduer når jorda er lagelig (f.eks. såing, innhøsting)
- Økt implementering og utnyttelse av presisjonsteknologi

2.7.5 Plantevern

- Plantevern i dyrkingssystem med mindre jordarbeiding og mer planterester/fangvekster - f.eks. nye redskaper/metoder/agronomi for å redusere ugras, betydning av fangvekster i et plantevernperspektiv
- Effekter av klimaendringer og klimatilpasningstiltak/endrede dyrkingssystemer på biologi/utvikling og spredning av skadegjørere
- Utvikling av varslingsmodeller og integrerte strategier for håndtering av skadegjørere i et framtidig klima i lys av færre kjemiske midler

NB: For en detaljert oppsummering av kunnskap om skadegjørere og kunnskapsbehov knyttet til disse vises til Kunnskapsnotat Plantehelse (2026) under arbeid.

2.7.6 Gjødsling/næringsforsyning

- Strategier for mer effektive utnyttelse av næringsstoffer som er tilpasset produksjonsform
- Strategier for mer effektive utnyttelse av organisk gjødsel, inkludert videreutvikling av organiske gjødseltyper som er godt tilpasset kornproduksjon
- Bruk av presisjonsverktøy for mer målrettet gjødsling, inkludert mer kunnskap sammenhengen mellom signaler målt av presisjonsutstyret og hva som er det faktiske behovet
- God kunnskap om bransjens behov for kvalitet på produktene, slik at gjødslingen er tilpasset dette behovet

2.7.7 Drenering

- En kartlegging av dreneringsstatus i kornområdene. Hvordan bør dreneringssystemer dimensjoneres for å være tilpasset et framtidig klima? Tiltak for å redusere tap av næringsstoffer og jord under perioder med mye nedbør.

2.7.8 Infrastruktur

- Kunnskap om ulike scenarier for framtidig behov for infrastruktur. Dimensjoner, plassering, kostnader, finansiering og utnyttelse av:
 - o Såkornberedskap
 - o Tørkekapasitet
 - o Lagringskapasitet
 - o Beredskapslager for matkorn.

2.7.9 Økonomi

- Hvordan kan lønnsomheten av klimatilpasningsstrategier forbedres? Hva skal til for at langsiktig tiltakene iverksettes? Gevinstpotensial for ulike tiltak.
- Utnyttelse av jordbruksarealer, inkludert små skifter. Faktorer som påvirker strukturendringer i jordbruket, som teknologi, maskiner og lønnsomhet.
- Verdssettelsen av jordressursene

Arealutnyttelse

- Hvordan kan kornarealene best utnyttes, ift. f.eks. robusthet i produksjonen over år, målet om økt selvforsyning av matkorn og fôr?

- Arealbruk i et framtidig perspektiv: hvordan vil klimascenariene påvirke arealet egnet for matkorn dyrking og proteinvekster? Hvordan bør infrastrukturen og produksjonen tilpasse seg?
- Kunnskap om robuste vekstskifter i forhold til produksjon under krevende forhold, utnyttelse av innsatsfaktorer, sårbarhet
- Kunnskap om viktigheten av jordbruksarealer i forvaltning og lokale myndigheter

2.8 Oppsummering

Klimaendringene vil føre til både muligheter og utfordringer for norsk kornproduksjonen. Økt gjennomsnittstemperatur, økt CO₂-konsentrasjon i atmosfæren og en lengre vekstsesong er fordeler som vil kunne utnyttes. På den annen side vil økt nedbør og mer ekstremvær i fremtiden bli utfordringer som må håndteres. Samtidig vil det være viktig å kunne håndtere nye typer sykdommer, insekter og ugras som kommer til å tilpasse seg et varmere klima og lengre vekstsesong. Videre kommer klimaendringene mest sannsynlig til å gi muligheter for en utvidelse av kornarealet i Norge. Dette kan skje ved at arealer lenger nord og oppover i høyden tas i bruk til korn dyrking. Det er også et potensial knyttet til dyrking av korn på arealer som i dag brukes til andre vekster, samt at en del arealer som i dag er ute av produksjon kan tas i bruk igjen.

For å realisere potensialet for økt produksjon er det behov for agronomiske, tekniske og politiske tilpasninger og tiltak, både på kort og lang sikt. Utvikling og implementering av integrerte plantevernstrategier vil være nødvendig for å unngå et økt behov for plantevernmidler. Robuste sorter og tilpasset agronomi til et endret klima må også til for å kunne utnytte de nye klimatiske forholdene. I tillegg vil det være essensielt å iverksette tiltak som minsker faren for jordpakking og jordtap. Det må være et mål å ivareta og videreutvikle produksjonskapasitet på jordressursene våre for fremtidige generasjoner. For å sikre nødvendig kunnskapsgrunnlag for å gjøre de rette tilpasninger og tiltak, er en betydelig styrket og vedvarende satsing på forskning, utvikling og rådgiving en forutsetning.

Som skissert i denne rapporten finnes det en rekke tilpasningsmuligheter for å minske de negative effektene av klimaforandringen og samtidig øke kornproduksjonen i Norge. Tilpasningene og tiltakene vil styrke landbrukets robusthet mot klimaendring. Flere av tiltakene bør settes i gang umiddelbart, uavhengig av klimaendringene. Samtidig er det avgjørende å etablere de langsiktige tilpasninger forttest mulig. Forventede klimaendringer i Norge, i kombinasjon med et høyt kompetansenivå i jordbruksnæringa, vil kunne gi nye muligheter for økt produksjon med lav miljøbelastning.

2.9 Litteratur

- Alakukku, L., Weisskopf, P., Chamen, W.C.T., Tijink, F.G.J., van der Linden, J.P., Pires, S., Sommer, C., Spoor, G. (2003). 'Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review Part 1. Machine/soil interactions.' *Soil & Tillage Research* 73, 145-160.
- Berger, M., Haukås, T. 2022. 'Lønner det seg å drenere?' NIBIO Rapport 8(103), p. 34.
- Brandhuber, R., Demmel, M., Koch, H.J., Brunotte, J. (2008). 'Bodenschonender Einsatz von Landmaschinen,' In: DLG (Ed.), *DLG Merkblatt. Bayerische Landesanstalt fuer Landwirtschaft (LfL)*, pp. 1-18.
- Brodal, G., Gallo, A., Santos, R. R. (2025). 'Methods to reduce mycotoxin contamination.' Chapter 15 in Santos, R.R 2025. *Mycotoxins from field to feed*, Wageningen academic 2025.
- Bøe, F., Bechmann, M., Øgaard, A. F., Sturite, I., Brandsæter, L. O. (2019). 'Fangvekstenes økosystemtjenester.' NIBIO Rapport 5 (9). <http://hdl.handle.net/11250/2582027>
- Børresen, T., Riley, H. (2003). 'The need and potential for conservation tillage in Norway,' *Proc.Int. Soil Tillage Res. Org. 16th Triennial Conference, Brisbane, 'Soil Management for Sustainability'*. Brisbane, Australia, pp. 190-195.n
- Dyrørdal, A.V., Bakke, S.J., Hanssen-Bauer, I., Mayer, S., Nilsen, I.B., Nilsen, J.E.Ø., Paasche, Ø., Saloranta, T., Årthun, M. [redaktører] (2025) 'Klima i Norge – kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2025,' NCCS-rapport 1/2025, doi:10.60839/4rgq-nn84.

- Dønnum, A., Olsvik, E., Waalen, W., Strand, E., Mittenzwei, K., Holmlin, N. (2024). 'Økt, miljøtilpasset og mer robust norsk mathveteproduksjon. En scenarieanalyse av fremtidig utvikling for norsk mathveteproduksjon.' NIBIO RAPPORT 10 (152).
- Folkedal Schjøll, A. & Dybdal, S. E. (2024). 'Aukande forekomst av skadeinsekt i korn.' <https://www.nibio.no/nyheter/aukande-forekomst-av-skadeinsekt-i-korn?locationfilter=true>
- Frøseth, R. B., Olsen, A. K. B., Weiseth, L., Dahlen, H. I. (2020). 'Våronn plan B. Jordarbeiding for såing av korn under ulaglige forhold.' NIBIO Rapport 6 (94). 34 s. <https://hdl.handle.net/11250/2658924>
- Frøseth, R.B. & Kristoffersen, A.Ø. (2024). 'Nitrogen- og fosforstrømmer i det norske jordbruket.' I Bakken, A.K., Haarsaker, V. & Korsæth, A. (Red.). 'Bærekraft i norsk jordbruksproduksjon. Premisser og tiltak for forbedringer.' NIBIO Rapport 10 (110):39-56.
- Graves, A. R., J. Morris, L. K. Deeks, R. J. Rickson, M. G. Kibblewhite, J. A. Harris, T. S. Farewell and I. Truckle (2015). "The total costs of soil degradation in England and Wales." *Ecological Economics* 119: 399-413
- Grieu, C., Vågen, I., Øverland, J.I. (2022). Dyrking av nye arter i Norge. NIBIO BOK 8(2), 144-147.
- Hamza, M.A., Anderson, W.K. (2005). 'Soil compaction in cropping systems - A review of the nature, causes and possible solutions.' *Soil & Tillage Research* 82, 121-145.
- Hauge, A., Haukås, T., Berger, M. (2020). 'Avlingsøkning i korn ved drenering.' NIBIO Rapport 6(78). p. 15.
- Hauge, A., Haukås, T., Rivedal, S., Deelstra, J. (2020). 'Drenering og klimagassutslipp. Virkning av drenering på klimagassutslipp, arealomfang og tiltaksanalyse.' NIBIO Rapport 6(6). p. 36.
- Haukås, T. Johnsen, H.M. (2025). 'Kostnader og barrierer for drenering i norsk jordbruk.' NIBIO Rapport 11(38). p. 50.
- Henriksen, T.M., Kristoffersen, A. Ø. Øgaard, A.F. & Brod, E. (2023). 'Organiske avfallsprodukt som gjødsel - Bestemmelse av nitrogeneffekten.' NIBIO Rapport 9(72). 50 s <https://hdl.handle.net/11250/3068643>
- Henriksen, T. M., Bárcena, T. G., Bysveen, K., Cottis, T., Dörsch, P., Farkas, E., Kjær, S. T., Kätterer, T., Moni, C., Rasse, D. P., Rittl, T., Solberg, S., Sturite, S., Frøseth, R. B. (2025). 'Fangvekster: Klimaeffekt og dyrkingsstrategier.' NIBIO RAPPORT 11(117). 92 s. <https://doi.org/10.21350/2pq-7503>
- Hoel, B., Abrahamsen, U., Strand, E., Åssveen, M., Stabbetorp, H. (2013). 'Tiltak for å forbedre avlingsutviklingen i norsk kornproduksjon,' In: Bioforsk (Ed.), Bioforsk rapport p. 95.
- Hoel, B., (2015). 'Gjødslingsstrategier og proteininnhold i høsthvete.' *Jord- og Plantekultur* 2015.10(1):150-156.
- Hofgaard, I.S., Seehusen, T., Abrahamsen, U., Razzaghian, J., Le, V.H., Elen, O., Strand, E., Brodal, G. (2012). 'Impact of agricultural practices on mycotoxin contamination of oats and spring wheat in Norway,' 7th conference of the World mycotoxin forum and XIIIth IUPAC international symp., Rotterdam, Netherlands.
- Holthusen, D., A. A. Brandt, J. M. Reichert, R. Horn, H. Fleige and A. Zink (2018). "Soil functions and in situ stress distribution in subtropical soils as affected by land use, vehicle type, tire inflation pressure and plant residue removal." *Soil and Tillage Research* 184: 78-92.
- Horn, R., H. Domzal, A. Slowinskajurkiewicz and C. Vanouwerkerk (1995). "Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment." *Soil & Tillage Research* 35(1-2): 23-36.
- Håkansson, I., Reeder, R.C. (1994). 'Subsoil compaction by vehicles with high axle load extent, persistence and crop response.' *Soil & Tillage Research* 29, 277-304.
- Johnsen, H. M., Hjelkrem, A-G. R., Hjelt, A. L., Furre, S., Abrahamsen, U., Strand, E., Bonesmo, H., Strandrud, J. F. (2025). 'Scenarier kornvisjoner.' NIBIO RAPPORT 11 (62)
- Kolberg, D., Persson, T., Mangerud, K., Riley, H. (2019). 'Impact of projected climate change on workability, attainable yield, profitability and farm mechanization in Norwegian spring cereals.' *Soil & Tillage Research* 185: 122-138.
- Korsæth, A., Lindgaard, H.J., Veidal, A. & Asheim, L.J. (2019). 'Utbredelse og potensiell økonomisk og miljømessig nytteverdi med presisjonsjordbruk i Norge.' NIBIO Rapport 5(41). 54 s. <http://hdl.handle.net/11250/2591261>
- Kristoffersen, A. (2020). 'Gjødsling til bygg.' *Jord- og Plantekultur* 2020. 6(1):120-12.
- Kristoffersen, A. (2025). 'Nitrogengjødsling til høsthvete 2024 og middel av 5 år.' *Jord- og plantekultur* 2025. 11(3): 110-114.
- Kristoffersen, A. Ø., Henriksen, T. & Riley, H. (2022) 'Betraktninger rundt gjødslingsstrategier i 2022'. *Jord- og Plantekultur* 2022. 8(2): 102-103
- Kristoffersen, A. & Riley, H. (2024) 'Nitrogenbehovet til Betong vårhvete – oppsummering av tre år med forsøk'. *Jord- og Plantekultur* 2024. 10 (2):141-146.

- Kværnø, S., L. Øygarden, M. Bechmann and R. J. Barneveld (2020). 'Tiltak mot erosjon på jordbruksareal'. NIBIO Pop. NIBIO, NIBIO. 6: 12.
- Lal, R. (2013). "Intensive agriculture and the soil carbon pool." *Journal of Crop Improvement* 27(6): 735-751.
- Landbruksdirektoratet. (2026). 'Jordbruksforetak, jordbruksareal og husdyr.' <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/statistikk-og-utviklingstrekk/utvikling-i-jordbruket/jordbruksforetak-jordbruksareal-og-husdyr>
- Lebert, M., Brunotte, J., Sommer, C. (2004). 'Ableitung von Kriterien zur Charakterisierung einer schaedlichen Bodenveraenderung. entstanden durch nutzungsbedingte Verdichtung von Boeden/ Regelung zur Gefahrenabwehr,' 46-04 ed. Umweltbundesamt.
- Lundekvam, H.E. (2007). 'Plot studies and modelling of hydrology and erosion in southeast Norway.' *Catena* 71, 200-209.
- Lundby, A.M., Seehusen, T., Waalen, W. (2025). 'Effekt av jordstruktur på erter og åkerbønner, samt ettervirkning i vårhvete.' NIBIO BOK 12 (3), 139-145.
- Mangerud, K., H. Riley and D. Kolberg (2017). 'Maskinkostnader og lagelighetskostnader i våronna.' NIBIO, NIBIO. 3: 39.
- Olesen, J.E. (2014). 'Agricultural crops,' In: Olesen, J.E., Astthorsson, A., Bragason, A., Jarp, J., Kristofersson, D.W.,
- Mielikäinen, K., Oddsson, G., Stokseth, A. (Eds.), 'Climate change and primary industries: Impacts, adaptation and mitigation in the Nordic countries.' Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark.
- Nibio.no. <https://www.nibio.no/om-nibio/forskning-nytter/divisjon-for-kart-og-statistikk/forskning-nytter-kart-og-statistikk-2021/derfor-er-jordvern-viktig?locationfilter=true>
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Trnka, M., Olesen, J.E., VCalanca, P., Eckersten, H., Eitzinger, J., Gobin, A., Kersebaum, K.C., Kozyra, J., Kumar, S., Marta, A.D., Micale, F., Schaap, B., Seguin, B., Skjelvåg, A.O., Orlandini, S. (2010). 'Coincidence of variation in yield and climate in Europe.' *Agriculture, Ecosystems and Environment* 139, 483-4889.
- Piccoli, I., T. Seehusen, J. Bussell, O. Vizitu, I. Calciu, A. Berti, G. Börjesson, H. Kirchmann, T. Kätterer, F. Sartori, C. Stoate, F. Crotty, I. S. Panagea, A. Alaoui and M. A. Bolinder (2022). "Opportunities for Mitigating Soil Compaction in Europe— 'Case Studies from the SoilCare Project Using Soil-Improving Cropping Systems.' *Land* 11(2): 223.
- Reidsma, P., Ewert, F., Lansink, O.A., Leemans, R. (2010). 'Adaptation to climate change and climate variability in European agriculture: The importance of farm level responses.' *European Journal of Agronomy* 32, 91-102.
- Riley, H. (2016). 'Laglighet for jordarbeiding til vårkorn i Norge: Avlingstap ved jordpakking og utsatt såtid, og konsekvensene for optimal maskinkapasitet i forhold til kornareal.' NIBIO Rapport 2(112). 65 s. ISBN: 978-82-17-01712-7
- Riley, H. (2021). 'Vanning til jord- og hagebruksvekster. En litteraturstudie av norske undersøkelser siden 1960.' NIBIO Rapport 7(160). 80 s. <https://hdl.handle.net/11250/2824973>
- Riley, H. & Kristoffersen, A.Ø. (2022). 'Gjødslingsforsøket på Møystad 1922-2021.' Jubileumsrapport. 8(133). <https://hdl.handle.net/11250/3030808>
- Seehusen, T., T. Børresen, B. I. Rostad, H. Fleige, A. Zink and H. Riley (2014). "Verification of traffic-induced soil compaction after long-term ploughing and 10 years minimum tillage on clay loam soil in South-East Norway." *Acta Agric. Scand., Sect. B*, 64(4): 312-328.
- Seehusen, T., H. Riley, R. Riggert, H. Fleige, T. Børresen, R. Horn and A. Zink (2014). "Traffic- induced soil compaction during manure spreading in spring in South-East Norway." *Acta Agric. Scand., Sect. B*, 64(3): 220-234.
- Seehusen, T., R. Riggert, H. Fleige, R. Horn and H. Riley (2019). "Soil compaction and stress propagation after different wheeling intensities on a silt soil in South-East Norway." *Acta Agric. Scand., Sect. B*, 69(4): 343-355.
- Seehusen, T. and A. K. Uhlen (2019). 'Analyses of Yield Gaps for the production of wheat and barley in Norway'. NIBIO rapport 5 (166). NIBIO.
- Seehusen, T. (2019). 'Jordpakking – årsaker, konsekvenser og tiltak.' <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2584541>. NIBIO. 2.
- Seehusen, T., A. Mordhorst, R. Riggert, H. Fleige, R. Horn and H. Riley (2021). "Subsoil compaction of a clay soil in South-East Norway and its amelioration after 5 years." *International Agrophysics* 35: 145-157.

- Seehusen, T. and A. Mordhorst (2022). "Effekten av mekanisk og biologisk jordløsning på jordstruktur og avling." Nibio-Jord- og plantekultur
- Seehusen, T., E. Strand, S. Svendgård-Stokke and B. Nordskog (2022). 'Klimatilpasning av byggdyrking i Hedmark.' Pop. NIBIO. Ås. 8: 12.
- Seehusen, T., E. Strand, S. Svendgård-Stokke and B. Nordskog (2022). 'Klimatilpasning av høstkornproduksjon.' NIBIO Pop. NIBIO. 33.
- Seehusen, T. and L. Øygarden (2024). 'Ekstremvær i 2023 – jordstruktur og muligheter for tilpasning i kornproduksjonen.' Jord og plantekultur NIBIO. 10.
- Seehusen, T., R. B. Frøseth and T. M. Henriksen (2023). 'Vårn i systemer med mye planterester.' Jord og plantekultur 2023. NIBIO, NIBIO. 9: 112-118.
- Seehusen, T., T. M. Henriksen, C. Grieu, I. S. Hofgaard, A. Ficke, K. Tørresen, F. Fischer, M. Bechmann, A. Budai, D. Rasse and R. J. Barneveld (2023). 'Muligheter for en mer effektiv utnyttelse av planterestene.' Nibio rapport. Nibio. Ås. 9. (114)
- Seehusen, T. and T. M. Henriksen (2024). "Direktesåing i mye planterest." Jord og plantekultur 10 (2).
- Seehusen, T., A. Mordhorst, T. Børresen, H. Fleige, R. Horn and H. Riley (2024). "Effectiveness of liming and subsoiling to ameliorate a compacted arable clay subsoil." *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science* 75.
- Seehusen, T., M. Berger and T. Haukås (2025). 'Effekter av jordløsning - er det lønnsomt? Kalkulasjoner basert på forsøk i prosjektet Optikorn.' NIBIO report. NIBIO. 11.
- Seehusen, T. (2026). 'Minimal jordarbeiding til høstkorn. Effekter på etablering, avling og overflatestruktur.' NIBIO rapport, under publisering.
- Setter, T.L., Waters, I. (2003). 'Review of prospects for germplasm improvement for waterlogging tolerance in wheat, barley and oats.' *Plant Soil* 253, 1-34.
- Sommer, C., Brandhuber, R., Brunotte, J., Buchner, W. (2002). 'Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion,' Kap. 3: Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen, In: Statsforvalter.no. <https://www.statsforvalteren.no/ostfold-buskerud-oslo-og-akershus/landbruk-og-mat/jordbruk/miljotiltak/regionale-miljokrav/>
- Sundgren, T. (2018). 'Phenotypic and genetic studies of waterlogging tolerance in wheat and barley.' PhD thesis, Norwegian University of Life Sciences.
- SSB. 2025a. 'Korn og oljevekster, areal og avlinger.' <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/jordbruk/statistikk/korn-og-oljevekster-areal-og-avliger>
- SSB. 2025. 11582: 'Jordbruksbedrifter, etter vekst, region, statistikkvariabel og år.' <https://www.ssb.no/statbank2/table/11582>
- Svensson, D. N., Aronsson, H., Norberg, L., Lewan, E. (2026). 'Under-sown ryegrass cover crops mitigate increased nitrogen leaching risks in a warming climate: Evidence from a 34-year field study in south-west Sweden.' *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 397, 110090.
- Sæbø, A., Mortensen, L.M. (1995). 'Growth and regrowth of *Phleum pratense*, *Lolium perenne*, *Trifolium repens* and *Trifolium pratense* at normal and elevated CO₂ concentration.' *Agric., Ecosyst. Environ.* 55, 29-35.
- Sæbø, A., Mortensen, L.M. (1996). 'Growth, morphology and yield of wheat, barley and oats grown at elevated atmospheric CO₂ concentration in a cool, maritime climate.' *Agric., Ecosyst. Environ.* 57, 9-15.
- ter Haar, S.F, van Bodegom, P.M., Scherer, L. (2025). 'CO₂ Rise Directly Impairs Crop Nutritional Quality.' *Global Change Biology* 31, 1-13.
- Terjesønn Hansen, T.O. (2016). 'Forsøk med ulike jordløsningsmetoder til korn på jord med dårlig plantevekst i Rakkestad og Nannestad: virkning på jordfysiske egenskaper, kornavling og trekraftbehov.' NMBU Masteroppgave.
- Uhlen, A.K, Børresen, T., Kværnø, S., Krogstad, T., Waalen, W., Strand, E., Bleken, M., Seehusen, T., Deelstra, J., Sundgren, T., Lillemo, M., Riley, H., Abrahamsen, U., Øygarden, L. (2017). 'Økt kornproduksjon gjennom forbedret agronomisk praksis. En vurdering av agronomiske tiltak som kan bidra til avlingsøkninger i kornproduksjonen.' NIBIO Rapport 3(87), p. 48.
- Uhlen, A.K., Koga, S. & Dønnum, A. (2024). 'Markedstilpasset norsk mathveteproduksjon: Tilpasninger i klasseinndelingen for å øke utnyttelsen av norsk mathvete.' Fagrapport. NMBU. ISBN; 978-82-575-2191-2
- Unger, P. W. and T. C. Kaspar (1994). "Soil compaction and root growth- a review." *Agronomy Journal* 86(5): 759-766.

- Valkama, E., Lemola, R., Känkänen, H., Turtola, E. (2015). 'Meta-analysis of the effects of undersown catch crops on nitrogen leaching loss and grain yields in the Nordic countries.' *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 203, 93–101.
- Voorhees, W.B. (2000). 'Long-term effect of subsoil compaction on mais yield,' In: Horn, R., Van den Akker, J.J.H., Arvidsson, J. (Eds.), *Subsoil compaction: Distribution, Processes and Consequences*. Catena Verlag, Reiskirchen, Germany, pp. 331-338.
- Øgaard, A.F., Bechmann, M. (2021). 'Fangvekster i vårkorn – Effekt på fosfortap.' NIBIO rapport 7 (29).
- Øygarden, L., Neshaim, L., Dörsch, P., Fystro, G., Hansen, S., Hauge, A., Korsæth, A., Krokann, K., Stornes, O.K. (2029) 'Klimatiltak i jordbruket- mindre lystgassutslipp gjennom mindre N-tilførsel til jordbruksareal og optimalisering av dyrkingsforhold,' In: Bioforsk (Ed.), *Bioforsk rapport*, 4 (175), p. 83.

3 GROVFOR

3.1 Bakgrunn

De oppdaterte klimaframskrivninger for Norge fram til 2100 viser en gjennomsnittlig økning av årsmiddeltemperaturen på 3,4 °C basert på scenario SSP3-7.0 med antatt raskt økende klimagassutslipp (Dyrrdal m.fl., 2025). Økningen er forventet større om vinteren enn om sommeren og større i nord enn i sør og større i øst enn i vest. Økningen av vintertemperaturen vil medføre at perioden med varig snødekke blir kortere i store deler av landet. Videre vil den økte temperaturen medføre at vekstsesongen (perioden med døgnmiddeltemperatur over 5 °C) blir forlenget med fra 1 måned for indre strøk på Østlandet og i deler av Nord-Norge til mer enn 2 måneder i ytre kyststrøk over hele landet. Årsnedbøren vil øke i hele landet med større økning i nord enn i sør. I flere områder ligger det an til en reduksjon i nedbør om våren, sommeren og høsten fram til 2100 innenfor usikkerheten i klimaframskrivningene, selv om den gjennomsnittlige framskrivningen viser uendret eller økt nedbør for de fleste regioner og årstider. Unntaket er de sørligste delene av landet som vil få en liten reduksjon i nedbør om sommeren ifølge gjennomsnittet for framskrivningene. I tillegg til de beskrevne endringer i middeltemperatur og nedbørsmengde forventes det at hetebølger, episoder med ekstrem nedbørintensitet og alvorlige meteorologisk tørkehendelser (perioder med unormalt lite nedbør og høy fordamping) blir vanligere fram til 2100 (Dyrrdal m.fl., 2025).

Effektene av klimaendringen på grovfôrproduksjonen og behovene for tilpasningstiltak er avhengige av innretningen og intensiteten på den framtidige produksjonen. I tillegg til endringer i klima bestemmes denne av en rekke andre viktige faktorer, inkludert etterspørsel på melk og kjøtt, pris og tilgang på importert kraftfôr, og grad av politisk styring. I dette notatet belyser vi muligheter, utfordringer og tilpasningsbehov med utgangspunkt i et scenario der grovforproduksjonen utvikles ut fra dagens produksjons- og miljømål. Mer klimavennlig fôring, avl og friskere husdyr inngår som et av ni satsningsområder i Landbrukets klimaplan (Norges bondelag og Norsk bonde- og småbrukarlag, 2024), som er en avtale mellom landbruksorganisasjonene og regjeringen. Et av de viktigste tiltakene er å øke kvaliteten på norsk grovfôr.

Målet med dette notatet er å sammenfatte nåværende kunnskap om effekten av endret klima på muligheter og utfordringer for norsk grovfôrproduksjon, inkludert en vurdering av behovet for og effekten av viktige tilpasningstiltak. Med utgangspunkt i identifiserte kunnskapshull viser vi problemstillinger der det er behov for mer forskning, utviklingsarbeid og annen kunnskapsoppbygging slik at mulighetene de forventede klimaendringene kan føre til for norsk grovfôrproduksjon vil kunne utnyttes fullt ut. I dette inngår viktig arbeid for å minimere truslene som kan komme med ekstreme værhendelser på grovfôrproduksjonen, framfor alt ved hjelp av agronomiske og plantegenetiske, til dels også teknologiske tilpasninger. Vi avgrenser notatet til norsk grovfôrproduksjon i endret klima, og drøfter ikke den grovfôrbaserte husdyrproduksjonen. Eventuelt endret tilgjengelighet og kvalitet av grovfôr i framtidig klima vil kunne få store konsekvenser for landets husdyrproduksjon. Dette er imidlertid en problemstilling som trenger omfattende utredningsarbeid i tillegg til at den faller utenfor bestillingen av notatet.

3.2 Muligheter

Projisert framtidig klima vil med meget stor sannsynlighet føre med seg en høyere potensiell årlig totalavling for grovfôrvekster i Norge enn under dagens klima. En økt konsentrasjon av CO₂ i atmosfæren kombinert med økt temperatur under gunstige nedbørsforhold stimulerer plantevekst. De modellsimuleringer som er gjort i Norge til nå viser 10 til 30 % større engavlinger i framtiden sammenliknet med nåtid, avhengig av klimaframskrivning og lokalitet (Höglind m.fl., 2013; Persson & Höglind 2014). Disse simuleringene, som i hovedsak er gjennomført i 2012-2015, tok utgangspunkt i

klimaframskrivningene fra FNs klimapanel 4:e rapport og de nedskaleringer som er gjort for Norge (Hanen-Bauer m.fl. 2009) basert på denne globale FN-rapporten. På tørkesvak jord i tørkeutsatte områder vil temperaturøkningen gi mindre avlingsøkning, men vi har ikke grunnlag for å kvantifisere dette uten mer omfattende simuleringer som tar hensyn til lokale jordforhold.

Avlingsøkningene i simuleringene ovenfor gir sannsynligvis en underestimert av den potensielle avlingsøkningen til 2050, da simuleringene ikke har tatt hensyn til effekten av en økt konsentrasjon av CO₂-nivå i atmosfæren, og framtidige forbedringer i plantematerialet. En dobling av CO₂-nivået fram imot 2050 antas generelt å kunne øke biomasseproduksjonen for landbruksvekster med 10-30 % (Olesen og Bindi 2002) grunnet mer effektiv karbonfangst. Effekten på engvekster i Norge forventes å ligge i underkanten av dette intervallet siden en stor del av tilveksten pågår ved så lave døgnmiddeltemperaturer (<10 °C) at CO₂ effekten uteblir store deler av året.

Det meste av avlingsøkningen grunnet varmere klima vil komme i form av økt vekst om våren og høsten, perioder når dagens temperaturer er svært begrensende for plantevekst. Temperaturøkningen vil gi større effekt på planteproduksjonen om våren enn om høsten, grunnet bedre lystilgang om våren. Derimot er dagens sommertemperaturer allerede så høye at en temperaturøkning i denne årstiden vil påvirke tilveksten marginalt. For å dra nytte av temperaturøkningen må en høste enda flere ganger per år enn i dagens klima. Simuleringer for 2050 viser at forlengelsen av vekstsesongen vil føre til at antall engslåtter kan økes med 1-2 per år og/eller at beitesesongen kan utvides med 1-2 måneder i forhold til i dag (Höglind m.fl., 2013; Persson & Höglind 2014) forutsatt at det ikke er for vått eller tørt.

En høyere vintertemperatur vil kunne gjøre det mulig å utvide dyrkingsområdet for arter og sorter med høy avlingspotensial men med lav toleranse for ugunstige vinterforhold i forhold til de arter og sorter som er mest brukt i dag. For eksempel er dyrkingen av den høyproduktive arten flerårig raigras i Norge i dag begrenset til i hovedsak Sør-Vestlandet og områder rundt Oslofjorden. I øvrige landsdeler vanskeliggjør kulde, perioder med langvarig snødekke og risiko for isdekke og soppinfeksjoner dyrkingen av denne og andre høyproduktive grovfôrvekster i reinbestand i dagens klima. Derimot kan de bidra positivt til avling, kvalitet og stabilitet ved å dyrke de sammen med mer vintersterke arter i mangfoldige frøblandinger der arter med ulike egenskaper kombineres.

Temperaturøkningen vil også kunne gi mulighet til økt dyrking av varmekrevende ettårige vekster som fôrmais og fôrsukkerbete. Med unntak av de aller varmeste delene av landet, rundt Oslofjorden, vil temperaturen ligge under kravet for avlingssikker fôrmaisdyrking, selv i 2050. I hvert fall med dagens sortsmateriale, som trenger høyere sommertemperaturer enn de som forventes for eksempel på Vestlandet i klimaframskrivingene for 2050. Vurderingen er imidlertid usikker ettersom det ikke er gjort detaljerte simuleringer for mais i fremtidig klima tilsvarende de for fôrgras.

Temperaturøkningen vil også kunne påvirke engas botaniske sammensetning. På generelt grunnlag forventes temperaturøkningen å stimulere belgvekster mer enn gras. Økt andel belgvekster er ofte positivt for proteininnholdet i fôret. Økt andel kløver vil også kunne bidra positivt til nitrogenforsyningen gjennom nitrogenfiksering fra luften. Behovet for nitrogengjødsling til eng vil dermed kunne minke selv om det trengs mer studier for å kvantifisere hvor stort potensialet er.

3.3 Utfordringer

God avling av flerårige engvekster over flere sesonger er i Norge i stor grad avhengig av at vekstene er tilstrekkelig vinterherdige. En varmere høst og vinter kan gi helt nye herdings- og overvintringsforhold for plantene, som påvirker vinteroverlevelsen. Vekstavslutning og herding av fôrgras- og andre flerårige vekster styres til stor del av samspill mellom temperatur og daglengde (Rapacz m.fl., 2014). Forsøk med flerårige grovfôrvekster viser at økt temperatur tidlig om høsten, rett før herdningen begynner, vil gi dårligere herdning og frosttoleranse (Dalmannsdottir m.fl., 2015). Disse effektene er større under kortere daglengde enn under lengre

(Dalmannsdottir m.fl., 2017; Østrem & Dalmannsdottir 2022). Man kan derfor anta at effektene av endringer i temperaturen på herdingsprosessen blir størst på nordlige breddegrader der daglengden om høsten og vinteren er spesielt kort. Helt i nord der lyset er en minimumsfaktor i vintermånedene, vil kombinasjonen av varm vinter uten tilgjengelig lys også kunne gi nye typer stress som ikke forekommer under dagens kaldere vinter. Uten lys vil plantene ikke kunne bruke fotosyntese for å kompensere for tap av reservenæring grunnet plantenes åndning som fortsetter gjennom vinteren med redusert hastighet i forhold til om sommeren.

Kortere perioder med snødekke om vinteren i framtiden vil paradoksalt nok føre med seg at overvintrende engplanter i perioder vil utsettes for lavere temperatur enn hva de gjør under dagens klima med lengre snødekke. Mindre snødekke kan føre til mer og dypere tele i jord (Bjerke m.fl., 2015), fordi snøen isolerer mot kulde. Snødekket isolerer og beskytter planteorganer slik at de ikke er eksponert for de lave lufttemperaturer under kalde vinterdager (Rapacz m.fl., 2014). Mer hyppige vekslinger mellom vintertemperaturer over og under null enn i dag kan også øke risikoen for kuldestress. Simuleringer for Nord-Europa med utgangspunkt i klimaframskrivningene i FNs 4e rapport viste stor variasjon mellom klimaframskrivninger og lokaliteter i forhold til i risiko for frostskaider i raigrasbasert eng, med økt risiko om vinteren på en av tre norske lokaliteter, og økt risiko om våren på to lokaliteter (Höglind m.fl., 2013). Resultatene antyder at det ikke vil være mulig å utvide dyrkingsområdet for raigrasbasert eng i framtiden i så stor skala som tidligere antatt. De nye klimaframskrivningene viser på økt antall frostdager i starten av vekstsesongen langs store deler av kysten (Dyrrdal m.fl., 2025). Det er behov for oppdaterte simuleringer av risiko for frostskaider om våren på bakgrunn av den økte risikoen for frost i denne årstiden i de nye klimaframskrivningene.

Nye resultater i ICEBREAKER prosjektet (2020-2024) har vist at gressplanter som har hatt langvarig isdekke er spesielt utsatt for sterkt lys og oksidativt stress når isen smelter om våren. Med 'oksidativt stress' menes at det produseres giftige oksygenforbindelser (ofte kalt oksygenradikaler) når gress som har hatt lite oksygen og mye CO₂ under isdekke eller plastdekke, igjen får normal tilgang på oksygen, ofte i kombinasjon med sterkt sollys og lav temperatur (Dalmannsdottir & Aamlid, 2024). Mer ustabil vinter kan føre til isdekkedannelse flere plasser i Norge og større far for skade i det fotosyntetiske systemet når isen forsvinner om våren (Watkins et al. 2025). Denne forskningen ble støttet av Scandinavian Turfgrass and Environment Research Foundation STERF og Norges forskningsråds prosjektstøtte nr. 310090 prosjekt ICE-BREAKER.

Mer nedbør om våren i framtiden vil kunne øke risikoen for vanskelige forhold for å så ny eng, og dermed muligheten for reetablering av eng. Dette kan føre til lengre omløpstid med negative effekter på engas avlingsnivå- og kvalitet. Reetablering under våte jordbunnsforhold vil også kunne øke risikoen for pakkingsskader som reduserer avlingspotensialet. Spredning av husdyrgjødsel om våren uten å pakke jorden er også en utfordring under slike forhold.

Mer nedbør om høsten i fremtiden vil kunne føre til at det blir vanskeligere å høste og konservere gras fra enga. Beregninger basert på klimaframskrivningene i FNs 4e rapport viste at periodene med sammenhengende oppholdsvær («høstevindu») var kortere om høsten enn sommeren, både for A1B scenariet for 2046-2065 (med middelhøy økning av klimagasskonsentrasjonen) og for referanseperioden 1961-1990 (Persson & Höglind 2014). Dette viser at en større frekvens seine høstinger kan gi økt risiko for jordpakkingsskader, og økt risiko for kvalitetstap i grovfôrproduksjonen grunnet ugunstige forhold for høsting og fôrkonservering. Høsting under våte forhold øker risikoen for feilgjæring og høyt innhold av sporer i surfôret, som kan gå over i melken og redusere muligheten til å prosessere melken. Dårlig grovfôr kan slå svært negativt ut for økonomien i husdyrproduksjonen. Mer nedbør om høsten vil også øke risikoen for tråkksskader under beitedrift.

Langvarig oversvømmelse som følge av intens nedbør kan også gi direkte skader på plantene ved at jorda blir oksygenfattig, spesielt under forhold med dårlig drenering. Disse skadene er større i vekstsesongen enn om vinteren grunnet større ånding ved høy temperatur. Foreløpige resultater fra pågående studier viser at oversvømmelse om høsten kan ha negativ effekt på herding av plantene dersom høsten blir varmere (Jørgensen m.fl., 2019). Oversvømmelse i vinterperioden kan føre til at plantene blir utsatt for isdekke, noe som også kan føre til oksygenstress. Når oksygeninnholdet minker under isdekket går plantene over til anaerob ånding og toksiske stoffer fra åndingen (CO₂ m.fl.) akkumuleres til nivåer som kan drepe plantene. Erosjonsproblemer, med økt næringstap, er en annen risiko som følger med økt nedbør. Likeså øker risikoen for avrenning av næringsstoffer. █

Selv om nedbøren forventes å øke i gjennomsnitt for landet ved alle årstider, er det stor variasjon mellom klimaframskrivninger og geo-klimatiske regioner (Dyrddal m.fl. 2025). Den store usikkerheten i klimaframskrivningene, som antyder at nedbøren om sommeren i noen områder til og med kan minke, innebærer også at det også kan finnes en risiko for økt tørkestress, spesielt på tørkesvak sandjord. Dette viser for eksempel simuleringer for Østlandet der noen kombinasjoner av jordart og klimaframskrivning gav lavere engavling for 2046-2065 sammenliknet med 1961-1990 grunnet økt tørkestress (Persson m.fl. 2015) basert på klimaframskrivningene til (Hansen-Bauer m.fl. 2009).

Resultater presentert i Hellton et al. (2023) fra NeXTim-prosjektet viser avlingsprognoser for timotei (*Phleum pratense* L.) i Norge under framtidige klimascenarier (RCP4.5). Ved bruk av data fra norsk verdiprøving (VCU) på åtte lokasjoner i Norge, viser modellene at tørrstoffavlingen til dagens timoteisorter kan komme til å synke betydelig i Sørøst-Norge, men øke i Nord-Norge, mot midten av århundret, som følge av økte temperaturer og endrede nedbørsmønstre. Den statistiske modell som ble brukt i prosjektet simulerer timoteiavling som funksjon av temperatur i juli og nedbør i juni og juli, uten tilpassing av høsteregime til klima. Arbeidet ble støttet av Norges forskningsråd, prosjektnummer 303258 Securing adaptation of timothy cultivars under climate change and during seed multiplication using genomics and big-data approaches (NeXTim).

Stabile grasavlinger er avhengig av at plantene både tåler vinteren og holder seg friske gjennom vekstsesongen. Særlig soppsjukdommer, men også insekter, nematoder og ugras, er en viktig årsak til tap i fôrvekster (Aleme & Mengistu, 2024). I norsk grasdyrking er snømugg, særlig forårsaket av soppen *Microdochium nivale*, en av de mest skadegjørende vintersjukdommene. Den er utbredt i norske grasbestander og finnes i flere varianter med ulik aggressivitet, noe som gjør den vanskelig å håndtere effektivt (Abdelhalim m.fl. 2020). Også norske resistensstudier viser at enkelte sorter og arter er mer utsatt enn andre, og at vinteroverlevelsen henger sammen med sortens genetiske bakgrunn og tilpasning til nordlige forhold (Abdelhalim 2016). Mildere og våtere høster gir lengre perioder hvor soppen kan angripe, og midtvinter tining gjør plantene ekstra sårbare (Tronsmo 2013). En kartleggingsstudie fra 2023-2024 indikerer at flerårig raigras er mer utsatt for angrep av overvintringssopp enn engsvingel, mens rødkløver og timotei viste god motstand mot angrep (Agha m.fl. 2025). Klimaendringer påvirker graset både direkte og indirekte. Mildere og mer ustabile vintre svekker plantenes evne til å herde seg ordentlig før kuldeperioden. For arter som timotei og raigras kan herdingsperioden bli opptil flere uker kortere, og frosttoleransen dermed redusert – noe som øker risikoen for vinterskader og sykdomsangrep. Et varmere og våtere klima vil kunne føre med seg økte angrep av bladflekker, rust og andre skadedannende sopper i vekstsesongen. Soppangrep på fôrgras i vekstsesongen er i dag vanligere lengre sør i Europa enn i Norge. Derimot kan en anta at risikoen for vintersoppsykdommer som grasknollsopp og grastrådkølle som angriper ved langvarig snødekke som minker når lengden på snødekket minker (Rapacz m.fl. 2014). █

Når det gjelder utfordringer med ugras er flerårige arter, f.eks. kveke (*Elytrigia repens*), høymole (*Rumex longifolius*), hundekjeks (*Anthriscus sylvestris*), siv (*Juncus* spp.) og løvetann

(*Taraxacum officinale*) generelt det største problemet (Hermansen & Aamlid, 2019). I et varmere klima med en utvidet vekstperiode vil flerårige arter bli vanskeligere å bekjempe i etterfølgende vekstsesong. Senere år ser landøyda (*Jacobea vulgaris*) som er et giftig ugras for hester og andre beitedyr, ut til å øke i utbredelse (Klingen m.fl. 2026). Et fuktigere klima vil påvirke konkurranseforholdet mellom gras og siv (lyssiv og knappsiv) når sivartene klarer seg godt under forhold med høy jordfuktighet, pakket jord og høyt innhold av organisk materiale (Kaczmarek-Derda m.fl. 2019). Stankelbeinlarver (f.eks. *Tipula paludosa* og *Tipula subcunctans*) er de mest utfordrende skadeinsektene. Forekomsten varierer med klima og det er observert store skader blant annet i Rogaland (Klingen m.fl. 2026).

Den projiserte økningen av ekstremvær, og temperaturendringen innenfor sesonger kan dermed medføre at planleggingen av sortvalg og dyrkingstiltak generelt kan bli vanskeligere.

3.4 Tilpasninger

Ulike tilpasninger trenger ulik tidsperspektiv. Mange agronomiske tilpasninger kan skje med kort varsel, for eksempel endring av mengde og tidspunkt for gjødsling, høstefrekvens, tidspunkt for beiting og antall beitedyr per arealenhet i forhold til aktuelt vær, jordart etc. Andre tilpasninger som innebærer større systemendringer kan trenge mer tid. Det kan for eksempel være investeringer i nye maskiner for å øke kapasiteten for jordbearbeiding, såing og høsting. Ny teknologi trenger ofte lengre tid for å kunne utvikles og gjøres tilgjengelig for landbruket. I den øverste enden av skalaen finner vi planteforedling som krever store ressurser og har et ekstra langt tidsperspektiv.

3.5 Agronomi

Agronomiske tilpasninger for å øke mulighetene for god avlingsmengde og -kvalitet på kort og lang sikt under våtere forhold kan omfatte økt presisjon i arbeidet med kjøring av maskiner ved såing, høsting og andre dyrkingsrelaterte aktiviteter, i forhold til den aktuelle vannmengden i jorden. Dette gjelder både for eng og andre grovfôrvekster. For å kunne øke presisjonen kreves det tilstrekkelig maskinkapasitet. Bruk av lette maskiner (eller maskiner som på annen måte reduserer pakkingstrykk) kan bli ekstra viktig i våtere klima. Høstesystemer som minimerer antallet kjøring, bruk av faste kjørespor og spredning av husdyrgjødsel med tilførselslange er aktuelle tiltak mot jordpakking.

I 2022 laget NIBIO to faktaark om klimatilpasning i grovfôret, et tilpasset Vestlandet (Rivedal et al. 2022) og et annet tilpasset Nord-Norge (Dalmannsdottir et al. 2022). Der er det omtalt og henvist til NIBIO sine nettsider som kan brukes som hjelpemiddel i klimatilpasningsarbeidet, sånn som Kilden, Grovfôrmodellen, Landbruksmeterologisk tjeneste (LMT).

På samme måte vil en bedre tilpasning av beitedriften i forhold til vannmengden i jorden minke risikoen for tråkkskader. Bruk av frøblandinger med god toleranse mot tråkk (Nilsson-Linde et al. 2019) og armeringsmateriale som forsterker markens fysiske (Salomon & Spörndly 2016) er eksempel på tiltak mot tråkkskader. Et annet aktuelt tiltak er bruk av virtuelt gjerde for å hindre at dyrene beveger seg i de våteste, mest tråkkutsatte delene av beitearealet.

Et våtere og mildere klima med flere episoder med ekstrem nedbørintensitet vil kunne øke risikoen for næringstap via avrenning og jorderosjon. Behov for tiltak for å tilpasse gjødslingen etter plantenes etterspørsel vil dermed øke. Slike tiltak kan eksempelvis innebære bruk av fjernmåling (satellitt- eller dronebaserte sensorer, traktormonterte eller håndholdte sensorer) for å måle nitrogenstatus i forhold til behov, mer presise hurtigteknikker for å måle næringsinnhold i husdyrgjødsel, og en integrering av slike tiltak ved spredning av husdyrgjødsel. Tiltak for å effektivisere nitrogenutnyttelsen kan antas å bli spesielt viktig i scenarioer der jordbruket pålegges å redusere klimagassutslippene. Økt

dyrking av nitrogenfikserende arter (belgvekster) vil kunne redusere behovet for mineralgjødsel, og dermed både minke energi- og veksthusgassutslipp som er relaterte til mineralgjødselproduksjonen og øke andelen egenprodusert protein i husdyrholdet. Økt dyrking av grovforvekster til dyreslag med lavere fôr kvalitetskrav enn melkekyr, for eksempel hest og kanin, kan øke fleksibiliteten i høstetidspunkt og dermed minke problemer med jordpakking og kvalitetstap. Slike dyr medfører også lavere utslipp av eterisk metan enn drøvtyggere. |

Responsten på temperatur, fotoperiode og andre miljøvariabler varierer mellom arter og sorter. Økt dyrking av blandinger med sorter med ulike egenskaper, istedenfor arter/sorter i reinbestand, for å ta i bruk artenes/sortenes evne til å kompensere for hverandre, kan dermed være en god strategi for å gardere seg mot et mer variabelt klima (Østrem et al. 2021). Spesifikt vil en økt dyrking av arter med god rotutvikling og tørketoleranse (f.eks. strandsvingel, strandsvingelbasert raisvingel, luserne) kunne redusere risikoen for tørkestress om sommeren sammenliknet med tørkesvakere arter (timotei, flerårig raigras, kvitkløver). Tilsvarende vil økt bruk av arter som tåler stående vann kunne redusere risikoen for skader på plantedekket knyttet til økt nedbør om høsten. |

Tiltak for å maksimere avlingen gjennom utvidet dyrking av sorter og arter med høyt avlingspotensial, men med lav toleranse for vinterstress kan innebære en høyere risiko enn dyrking av lavtytende sorter med bedre vintertoleranse, under de scenarier med nye utfordringer som er beskrevet ovenfor. Fordeler og ulemper med ulike frøblandinger bør vurderes nøye.

Høsting under våte forhold øker risikoen for feilgjæring og høyt innhold av sporer i surfôret. Innenfor dagens teknologi vil investeringer i økt maskinkapasitet, eller innleie av maskinkapasitet ofte kunne være det mest effektive tiltaket mot kvalitetstap for den enkelte fôrprodusent. Det er vanskelig å bedømme om det er mulig å utvikle maskiner og konserveringsmetodikk slik at en kan høste og konservere med godt resultat selv under våtere forhold enn det som er mulig i dag, men en skal ikke se bort fra at en slik utvikling vil være mulig. Det er viktig å tilpasse dreneringen til et forventet våtere klima, uansett om en dyrker gras og andre grovfôrvekster, korn eller grønnsaker.

Faglige råd om drenering og dreneringens effekter på avling, klima og miljø er samlet i hefte med populærvitenskapelige artikler (Rivedal og Opstad, 2020).

3.6 Planteforedling

Temperatur og nedbør endrer seg raskere enn tidligere og det kreves derfor intensivt innsats for å tilpasse plantematerialene tidsnok. Lokalt tilpassa sorter med høyt avlingspotensiale med god fôr kvalitet og sykdomsresistens er avgjørende for å sikre bærekraftig landbruk i Norge/Norden der de dominerende artene er gras og engbelgvekster. Det norske frømarkedet er lite og egnet sortsmateriale må i hovedsak utvikles i Norge eller Norden. Det kan ikke forventes at europeisk planteforedling skal ta ansvar for vårt område. Foredlingsomfanget må økes i forhold til dagens for å møte økte regionale forskjeller, og antall testlokaliteter må økes i forhold til i dag. |

Når dagene blir kortere, avtar planteveksten selv om temperaturen fortsatt kan være gunstig. Dette betyr at sorter som skal fungere godt under norske lysforhold må ha egenskaper som gjør dem i stand til å utnytte korte dager og et begrenset vekstvindu. Planter som trives lenger sør, der daglengden er mer stabil og gjerne lengre om høsten, vil derfor ofte ikke prestere like godt hos oss. Å ta hensyn til daglengde er derfor helt sentralt i planteforedlingen for å utvikle sorter som er produktive, robuste og tilpasset norske forhold.

Sortsutvikling er en langvarig prosess (15-20 år) og godkjenning er avhengig av nasjonal (verdiprøving) og internasjonal (DUS, del av UPOV-konvensjonen som Norge er tilsluttet) test før

såvaremarkedet overtar oppformering, markedsføring og salg. DUS-godkjenningen setter rammer for hvor stor den genetiske variasjonen i sorten er, og en må finne nasjonale alternativer for å lage nødvendig genetisk variasjon i kommersielle såvarer. Dette kan gjøres gjennom markedsføring av flere sorter og mer tilpassa og faglig baserte frøblandinger (Østrem *et al.* 2021). |

Den eksisterende genetiske variasjonen i engvekstene er begrenset i forhold til behovet på sikt for å kunne møte et framtidig klima. Dersom strategiske valg omfatter arter som til nå ikke eller i liten grad har vært dyrket i Norge, må det bygges opp et tilstrekkelig stort plantemateriale mht. genetisk variasjon, for å muliggjøre sortsutvikling på sikt. Potensielle effekter av klimaendringer er vanskelig å forutse, og foredlerapparatet må være handlingsdyktig i forhold til raske endringer. Prebreeding er prosessen for å øke den genetiske variasjonen før den egentlige sortsutviklingen starter. Ved introduksjon av eksotisk materiale inn i eksisterende foredlingsprogram må de forbedringene som alt er skapt ivaretas. Prebreeding er et ressurskrevende arbeid som krever statlig støtte.

Genomisk seleksjon gjør at foredlingsframgangen øker betydelig fordi generasjonstiden reduseres. Lang generasjonstid og omfattende testing gjør at avlsframgangen er liten i engvekstene. Utvikling og bruk av genomisk seleksjon i engvekstene vil derfor være et svært viktig verktøy for å øke foredlingsframgangen i disse vekstene. Utvikling av kostnadseffektive seleksjonsmetoder bør knyttes til egenskaper som for flerårige engvekster først synliggjøres etter 2-3 år i felt, til faktorer som kan knyttes til overvintringsevne. Kostnadseffektive seleksjonsmetoder kan inkludere arbeid med genetiske markører, fenotypiske målinger av fysiologiske parametere som klorofyll fluorescensen og NDVI som kan benyttes som indikatorer for vekstavslutning (Østrem *et al.* 2015). |

Sortsutviklingsprosessen kan effektiviseres ved økt bruk av plantevekstmodeller. Slike modeller kan muliggjøre en vurdering av eksisterende sortsegenskaper under ulike klima, miljø og dyrkingsscenarier, der det ikke finnes tid og ressurser for tilsvarende evaluering i eksperimentelle forsøk. Modellene muliggjør også evaluering av hypotetiske framtidige sortsegenskaper, og kan dermed utgjøre et viktigere virkemiddel i arbeidet med å prioritere foredlingsmål gitt ulike klimascenarier og risikotoleranse (Semenov & Halford 2009; Van Oijen & Höglind 2015). |

3.7 Kunnskapsstatus

Avlingspotensialet hos grovforvekster vil være større under framtidig klima i Norge enn under nåværende klima. Den viktigste grunnen er forlengelsen av vekstsesongen, som gir mulighet til flere høstinger og lengre beitesesong. En rekke fysiologiske prosesser vil respondere på de forventede klimaendringene på en måte som ikke alltid er lett å forutsi. De simuleringer med prosessbaserte modeller som er gjort til nå indikerer økt avlingspotensial for eng generelt, med stor variasjon mellom regioner og klimaframskrivninger. En usikkerhet i simuleringene er at de baserer seg på eldre klimaframskrivninger (Hansen-Bauer *et al.* 2009) som til dels skiller seg fra de nyeste framskrivningene (Dyrrdal *et al.* 2025) både om hvor mye temperaturen vil øke og hvordan nedbørsmønsteret vil forandres i ulike deler av landet. Dette gir behov for oppdaterte simuleringer.

| Varmere høster vil ha konsekvenser for vekstavslutning, herding, lagring av karbohydrater og dermed den generelle evnen til å tåle vinterstress og gjenvækt neste vår. Spesielt nord i landet vil mangel på lys under milde vintrer kunne bli et større problem enn i dag. Økt hyppighet av ekstreme varmeperioder på vinteren med påfølgende frost kan også føre til betydelig vinterskader. Økt temperatur- og nedbørsvariasjon, og hyppigere episoder av ekstremvær vil kunne føre med seg økt usikkerhet og dermed vanskeliggjøre planleggingen av grovforproduksjonen. Temperatur og nedbørsvariasjoner om vinteren, i kombinasjon med endringen av lengden på periodene med snødekke, kan føre med seg en økt risiko for kuldestress selv om middeltemperaturen om vinteren øker. På samme måte som for avling, er det behov for å supplere med nye simuleringer basert på de nyeste klimaframskrivningene for å vurdere risikoen for vinterskader på eng i fremtiden, likeså risikoen for frostskafer om våren i lys av økt antall frostdager om våren langs store deler av kysten. |

Det finnes ulike verktøy og metoder som i varierende grad er blitt tatt i bruk for å bedømme konsekvenser av klimaendringer og mulige tilpasninger til disse. Dynamiske modeller som simulerer vekst og utvikling hos grovforvekster som funksjon av vær, jord, bruksmetoder og genetiske faktorer, muliggjør estimeringer av avlinger hos eksisterende sorter i et endret klima, samt analyse av hvilke egenskaper som bør prioriteres i planteforedlingsarbeidet, og vurdering av hvilke agronomiske tiltak som gir best effekt i forhold til ønskemål om høy og stabil avling i et variabelt klima i endring. Observasjoner av plantekomponenter i sortforsøk og andre feltforsøk har gjort kalibrering av parametere i simuleringsmodeller mot eksisterende sorter mulig. Modeller for Nord-Europa er i hovedsak utviklet for timotei. Modeller finnes for andre grovforvekster som dyrkes i Norge, blant annet flerårig raigras (Schapendonk *et al.* 1998) men disse modellene har ikke blitt tilpasset sorter og forhold for Norge eller andre nordeuropeiske land fullt ut.

Helgrøde kan være et godt fôralternativ når grasavlingene svikter, enten på grunn av dårlig overvintring eller ekstreme værforhold som tørke og flom. Det er nylig tatt frem en simuleringsmodell for helgrøde av korn (Persson *et al.* 2024). Modellen, som er kalibrert for helgrøde av svensk og norsk bygg og hvete, kan brukes for å simulere avling og kvalitet i helgrøde under fremtidig klima. Dette åpner for muligheten til å sammenligne dyrking av gras og helgrøde under forskjellige klima som grunnlag for risikovurdering innen fôrproduksjonen.

Kunnskapsstatus for utfordringer med skadegjørere i grasproduksjon samt tiltak og kunnskapsbehov er beskrevet i *Kunnskapsnotat Plantehelse* (Hermansen og Aamlid 2019) og *Kunnskapsstatus for god plante helse, effektivt plantevern og alternativer til kjemiske plantevernmidler* (Klingen *et al.* 2026).

3.8 Kunnskapshull og forskningsbehov

For å tilpasse grovfordyrkingen til et endret klima trengs det fortsatt forskning og forbedring av agronomiske, plantefysiologiske og agrometeorologiske kunnskaper. Fortsatt integrering av agronomisk, jordfaglig og plantefysiologisk forskning, eksperimentell planteforedling og prosessbasert plantevekstmodellering vil være en særdeles viktig strategi i kunnskapsinnhenting.

Angående fysiologisk tilpasningsmekanismer til endrede klimaforhold vil økt kunnskap om ville vekster være viktig, både for å forstå disse veksters tilpasningsmekanismer generelt og for å kunne hente inn egenskaper for relevant tilpassing i foredlingsprogrammer for grovforvekster. |

Forskning på overvintring blir fortsatt et viktig tema for Norge når vinterforholdene endrer seg flere steder i landet. Spesifikt trengs mer kunnskap om hvilke eksterne (temperatur, lys etc.) og interne (genetikk, genregulering, hormoner) faktorer som styrer vekstavslutning hos engvekster. I tillegg mangler det kunnskap om samspillet mellom vanninnholdet i jorden og temperatur, lys og andre faktorer som påvirker herding og plantevekst. Økt kunnskap om behov og utnyttelse av lagringsenergi under forhold med høye temperaturer og lav eller ingen solinnstråling er også viktig.

Det er behov for å utforske bruk av stedsegnete urter i grasblandinger for å øke biodiversitet og robusthet i enga i forhold til ekstreme værhendelser. En lengre og mer variabel vekstsesong tilsier behov for nye feltforsøk med oppdatert kunnskap om såmengde, såmetode, arter, sorter og frøblandinger tilpassa ulike driftsformer og klimatiske dyrkingsforhold i hele landet. Sammensetning av arter og sorter i frøblandinger som kan bidra til større robusthet mot klimavariasjoner bør undersøkes nærmere. En har gode kunnskaper om artenes toleranse til ulikt stress og avlingspotensial hos de mest brukte engvekstene i reinbestand, men mindre kunnskap om hvordan en best kan sette sammen arter for å oppnå større stabilitet over tid i avlinger og kvalitet.

Det er behov for bedre integrering av klimaframskrivninger og plantvekstsimuleringer. Det rår fortsatt stor usikkerhet rundt avlingsnivåer- og kvalitet hos grovfôrvekster under framtidige klimascenarier. Sensitiviteten i endringer i nedbør (hyppighet i nedbør) er spesielt viktig å forstå bedre. Samspillet mellom herdingsforløpet om høsten og vinteroverlevelse under ulike vinterforhold trenger også spesielt fokus. Fortsatt forskning med å forbedre representasjonen av genetiske faktorer i plantevekstmodeller trengs for å forbedre anvendelse av disse under scenarier der de ikke er blitt validerte. Slik forskning bør skje i nær tilknytning til eksperimentelle forsøk under kontrollerte klimaforhold (klimakamre, veksthus eller feltforsøk med styrt klima).

For å forstå potensialet i plantevekstmodeller og identifisere forbedringsalternativer er det viktig med sammenligninger av plantevekstmodeller ved bruk av forsøksdata fra ulike klimatiske og geografiske forhold. Slike studier har i større grad vært gjennomført for kornvekster (Palosuo *et al.* 2011; Rötter *et al.* 2012) enn for grovfôrvekster. En første sammenligningsstudier av modeller for engvekster under norske og andre nordeuropeiske forhold har imidlertid blitt gjennomført (Korhonen *et al.* 2015). Fortsatt samarbeid med andre land er nødvendig for på beste måte å kunne utnytte den samlede kompetansen rundt modellering av grovfôrvekster i nordlig klima, og også for et optimal bruk av sortsforsøk og annen forsøksdata fra ulike land i modelleringsarbeidet.

Det er også behov for å gjøre tilsvarende simuleringer for flere arter med andre egenskaper enn de som er studert til nå. Spesielt er det behov for å vurdere risikoen for vinterskader i viktige engbelgvekster som kløver og luserne, likeså hvordan disse artene responderer på andre ekstreme værhendelser som flom og tørke. Arbeidet bør knyttes tett opp til arbeidet med å utvikle sorter tilpasset fremtidige klimaforhold, inkludert definering av foredlingsmål.

Klimaendringene kan gi nye foredlingsmål der ulike arter kan ha spesifikke planteegenskaper tilpasset ulike driftsregimer og klimatiske regioner. Foredlingsmåla vil dermed variere med art, bruksområde og geografisk bruksområde for den aktuelle sorten. Vi har identifisert følgende mål:

Timotei er på grunn av god persistens den eneste arten som kan dyrkes i hele landet og utgjør en vesentlig del av de fleste kommersielle frøblandingene. Arten er ofte også avgjørende for høstetidspunktet. En lengre vekstsesong vil kreve at gjenvekstpotensialet økes slik at en andre og evt. en tredjeslått vil utgjøre en større del av den totale tørrstoffavlingen enn i dag, samt at det er ønskelig med tidligere vårvekst. En sein vekststart gjør sortene sikrere mot sein frost, men en tidligere vekststart vil kunne utnytte bedre den tidlige delen av vekstsesongen som også har de beste forholdene for plantevekst (Helgadottir *et al.* 2014). Engsvingel og engrapp er også godt tilpassa arter og ofte bestanddeler i timoteibaserte frøblandinger. Engsvingel blir ofte angrepet av bladfleksopper i gjenveksten og kan erstattes av andre arter som strandsvingel eller raisvingel.

Flerårig raigras og raisvingel er godt tilpassa en lengre vekstsesong pga høyt biomassepotensial og god gjenvekstkapasitet og førkvalitet. En utvidet bruk er avhengig av at overvintringsevnen forbedres, og en økning i frosttoleranse vil generelt være nødvendig og også mer effektivt enn en forbedring av evnen til å reakklimatisere som følge av varme perioder om vinteren. For å utvide dyrkingsområdet nordover og i innlandet så vel som for langvarig eng, må foredlingsprogram for disse ikke-tilpassa artene ivareta evnen til vekstavslutning for tilstrekkelig herding. Strandsvingel med sine dype røtter kan bli viktigere også ved nordlige breddegrader dersom det oppstår tørke tidlig i vekstsesongen, men også som erstatning for andre grasarter. Strandsvingel har generelt vist større produksjonskapasitet enn engsvingel, og strandsvingel som en av foreldreartene i raisvingel har gitt sorter med god overvintringsevne også under våre forhold (Thorvaldsson *et al.* 2015).

Rød-og hvitkløver er de vanligste engbelgvekstartene i den nordiske regionen, og i økologisk dyrking er kløver en viktig art i vekstskiftet. Bruken av N-fikserende arter bør økes for å redusere nødvendig energibruk i produksjon av syntetisk gjødsel og øke egenprodusert protein i europeisk husdyrhold. Som i timotei er det ønskelig med tidligere vårvekst i rødkløver. I hvitkløver finnes det tilstrekkelig genetisk variasjon for frosttoleranse, og raske tilpassinger i denne arten er mulig (Helgadottir *et*

al. 2001). Den genetiske variasjonen for frosttoleranse er mindre studert i rødkløver enn i hvitkløver, og for eksisterende og framtidig nordlig klima, er det viktig å øke den genetiske variasjonen og identifisere verdifullt materiale for framtidig prebreeding og foredlingsprosjekt. En viktig egenskap som må forbedres er frøproduksjonen hos tetraploid rødkløver. Luserne er et alternativ som kan øke i dyrkingsomfang dersom symbiosen forbedres gjennom bedre tilpassa jordmikroorganisme. |

Kunnskapshull knyttet til plantehelseutfordringer i grasdyrking er oppsummert i andre publikasjoner (Hermansen & Aamlid 2019; Klinge et al. 2026). Noen eksempler som er spesielt relevante i et endra klima og for klimatilpasning inkluderer behov for økt kunnskap for/om (i) optimalisering av plantevern tiltak i en klimatilpasset strategi mot stankelbein, (ii) optimalisering av tidspunkt for plantevern tiltak mot ugras under endra klimaforhold, (iii) utbredelse, biologi og tiltak mot giftige ugrasarter som er i økning under et varmere klima, (iv) forekomst og resistens mot soppsjukdommer (spesielt rustsopper, overvintringssopper, bladfleksjukdommer, myntfleck og sopper som årsaker rotrøte) i ulike arter og sorter av gras, kløver og luserne, og (v) mulighet for varsling av sjukdomsrisiko i eng i et norsk klima i endring.

Det er viktig å sette fokus på de agronomiske tilpasninger i engdyrkingen til lokale forhold på gården. Det vil inkludere kartlegging av enkelte tiltak som gårdbrukeren kan gjøre for å vedlikeholde jordkvalitet og jordhelse, plantehelse, avlingsstabilitet og kvalitet. En slik utredning vil trenge et tverrfaglig samarbeid blant f.eks. forskere, forvaltere, rådgivere og gårdbrukere.

3.9 Litteratur

- Aamlid, T., Jørgensen, M., Dalmannsdottir, S., & Rognli, O.A. 2023. Yield predictions of timothy (*Phleum pratense* L.) in Norway under future climate scenarios. *Agricultural and Food Science* 32, 80–93. <https://doi.org/10.23986/afsci.127935>
- Abdelhalim, M. 2016. *Microdochium nivale* in perennial grasses: Snow mould resistance, pathogenicity and genetic diversity. PhD thesis, NMBU
- Abdelhalim, M. et al. 2020. Pathogenicity, host specificity and genetic diversity in Norwegian isolates of *Microdochium nivale* and *Microdochium majus*. *European Journal of Plant Pathology*.
- Agha, K. M., Jørgensen M., Höglind, M. 2025. Hvilke soppsjukdommer finner vi i engvekster i Norge? | Buskap Utgave 3 – 25. <https://www.buskap.no/news/2025/5/Hvilke%20soppsjukdommer%20finner%20vi%20i%20engvekster%20i%20Norge%E2%98%85>
- Aleme, M., & Mengistu, G. 2024. Impacts of Diseases and Pests on Forage Crop Production and Management Systems: A Review. *International Journal of Ecotoxicology and Ecobiology*.
- Bjerke J.W., Tømmervik H., Zielke M. & Jørgensen M. Impacts of snow season on ground-ice accumulation, soil frost and primary productivity in a grassland of sub-Arctic Norway. *Environmental Research Letters* 10: 095007, 14 pp, DOI:10.1088/1748-9326/10/9/095007. |
- Dalmannsdottir S., Rapacz M., Jørgensen M., Østrem L., Larsen A., Rødven R., Rognli, O.A. 2015. Temperature before Cold Acclimation Affects Cold Tolerance and Photoacclimation in Timothy (*Phleum pratense* L.), Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L.) and Red Clover (*Trifolium pratense* L.). *J. Agro. Crop Sci.*, DOI: 10.1111/jac.12149.
- Dalmannsdottir, S., Jørgensen M., Rapacz, M., Østrem, L., Larsen, A., Rødven, R. and 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. <https://doi.org/10.1111/ppl.12548>
- Dalmannsdottir S. Berit Nordskog, Siri Svendgård-Stokke og Brita Linnestad. 2022. Klimatilpasning av grovfôrproduksjon i Nord-Norge. NIBIO POP 8(29), s 12.
- Dalmannsdottir, S. & Aamlid, T. 2024. Vårskader: Den vanskelige overgangen til ny vekstsesong. STERF faktablad, 2024.
- Dyrørdal, A.V., Bakke, S.J., Hanssen-Bauer, I., Mayer, S., Nilsen, I.B., Nilsen, J.E.Ø., Paasche, Ø., Saloranta, T., Årthun, M. [redaktører] 2025. Klima i Norge – kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2025, NCCS-rapport 1/2025, doi:10.60839/4rgq-nn84

- Hansen-Bauer, I., Drange, H., Førland, E. J., Roald, L. A., Børsheim, K. Y., Hisdal, H., Lawrence, D., Nesje, A., Sandven, S., Sorteberg, A., Sundby, S., Vasskog, K., Ådlandsvik, B. 2009. Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpasning. Oslo: Norsk klimasenter.
- Hansen-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. 2015. Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report, Oslo.
- Hellton, K. H., Amdahl, H., Thorarinsdottir, T., Alsheikh, M., Aamlid, T., Jørgensen, M., Dalmannsdottir, S., Rognli, O.A. 2023. Yield predictions of timothy (*Phleum pratense* L.) in Norway under future climate scenarios. *Agricultural and Food Science* 32, 80–93. <https://doi.org/10.23986/afsci.127935>.
- Helgadóttir, Á., Dalmannsdótti, S., Collins, R.P. 2001. Adaptational changes in white clover populations selected under marginal conditions. *Annals of Botany* 88, 771–780.
- Helgadóttir, Á., Frankow-Lindberg, B., Seppänen, M.M., Søgaard, K., Østrem, L. 2014. European grasslands overview: Nordic region. *Grassland Science in Europe* 19, 15–28.
- Hermansen, A., Aamlid, D. (red.) (2019). Kunnskapsnotat Plantehelse. NIBIO Rapport 5(147). ISBN 978-82-17-02446-0
- Höglind, M., Thorsen, S.M., Semenov, M.A. 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.
- Jeuffroy, M.-H., Casadebaig, P., Debaeke, P., Loyce, C., Meynard, J.-M., 2014. Agronomic model uses to predict cultivar performance in various environments and cropping systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 34, 121–137.
- Jørgensen M, Torp T, Mølmann J,A.B. 2020. mpact of waterlogging and temperature on autumn growth, hardening and freezing tolerance of timothy (*Phleum pratense*). *J Agro. Crop Sci.* 206, 242–251. <https://doi.org/10.1111/jac.12385>
- Kaczmarek-Derda, W., Helgheim, M., Netland, J., Riley, H., Wærnhus, K., Øpstad, S., Østrem, L., & Brandsæter, L. O. (2019). Impacts of soil moisture level and organic matter content on growth of two *Juncus* species and *Poa pratensis* grown under acid soil conditions. *Weed Research*, 59(6), 490–500. <https://doi.org/10.1111/wre.12387>
- Klingen, I., Henriksen, B., Burri, L., (red.), 2026. Kunnskapsstatus for god plante helse, effektivt plantevern og alternativer til kjemiske plantevernmidler. NIBIO Rapport 12(28). ISBN-nummer: 978-82-17-03947-1
- Korhonen, P., Palosuo, T., Höglind, M., Persson, T., Jégo, G., Virkajärvi, P., Bélanger, G., Gustavsson, A-M. 2015, Intercomparison of Timothy models in northern countries, MACSUR Conference 2015, Integrated Climate Risk Assessment in Agriculture & Food. Reading, UK, April 9-10, 2015.
- Nilsdotter-Linde, N., Salomon E., Spörndly E. 2019. Effects of trampling-resistant seed mixtures on persistence, botanical composition, forage nutritive value and herbage yield. *Grassland Science in Europe* 24, 173–175.
- Norges Bondelag & Norsk Bonde- og Småbrukarlag 2024. Landbrukets klimaplan 2021–2030 (Revidert utgave). <https://www.bondelaget.no/bondelaget-mener/miljo-og-klima/klima/landbrukets-klimaplan-pdf/>
- Olesen, J.E., Bindi, M. 2002. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy* 16, 239–262.
- Pachauri, R.K., Reisinger, A. 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland.
- Palosuo, T., Kersebaum, K.C., Angulo, C., Hlavinka, P., Moriondo, M., Olesen, J.E., Patil, R.H., Ruget, F., Rumbaur, C., Takác, J., Trnka, M., Bindi, M., Çaldag, B., Ewert, F., Ferrise, R., Mirschel, W., Saylan, L., Siska, B., Rötter, R. 2011. Simulation of winter wheat yield and its variability in different climates of Europe: A comparison of eight crop growth models. *European Journal of Agronomy* 35, 103–114.
- Palosuo, T., Höglind, M., Persson, T., Jégo, G., Virkajärvi, P., Bélanger, G., Gustavsson, A-M. 2015. Intercomparison of Timothy models in northern countries, MACSUR Conference 2015, Integrated Climate Risk Assessment in Agriculture & Food. Reading, UK, April 9-10, 2015.
- Persson, T., Höglind, M. 2014. Impact of climate change on harvest security and biomass yield of two timothy ley harvesting systems in Norway. *The Journal of Agricultural Science* 152, 205–216.
- Persson, T., Kværnø, S., Höglind, M. 2015. Impact of soil type extrapolation on timothy yield under baseline and future climate conditions in south-eastern Norway. *Climate Research* 65, 71–86.

- Persson, T, Höglind, M., Wallsten J., Nadeau E., Huang X., Rustas B.O. 2024. Adapting the grassland model BASGRA to simulate yield and nutritive value of whole-crop barley. *European Journal of Agronomy* 154, 127075.
- 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.
- Rivedal S., Opstad S. (redaktører) 2020. Jord, drenering, klimagassutslepp - effekt av ulike agronomiske tiltak. Samling av artikler publisert i Bondevennen. <https://hdl.handle.net/11250/2689864>
- Rivedal S., Øpstad, S., Kvitte, Å., Nordskog, B., Linnestad, B., Østrem, L. 2022. Klimatilpassa grovfôrproduksjon på Vestlandet. NIBIO POP 8(27).
- Rognli O.A., Larsen A.S., Nielsen N.C., Helgadóttir Á., Aavola A., Persson C., Isolahti M., Asp T., Marum P. 2013. The Nordic Public-Private Partnership (PPP) for pre-breeding in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Book of Abstracts of the 17th Symposium of the European Grassland Federation, Akureyri, Iceland, 23-2, June 2013, p. 84.
- Rötter, R.P., Palosuo, T., Kersebaum, K.C., Angulo, C., Bindi, M., Ewert, F., Ferrise, R., Hlavinka, P., Moriondo, M., Nendel, C., Olesen, J.E., Patil, R.H., Ruget, F., Takáč, J., Trnka, M. 2012. Simulation of spring barley yield in different climatic zones of Northern and Central Europe: A comparison of nine crop models. *Field Crops Research* 133, 23-36.
- Salomon E., Spörndly E. 2016. Materials to prevent trampling damage on pasture areas subjected to high dairy cow traffic. *Grassland Science in Europe* 21, 113-115.
- Schapendonk, A., Stol, W., van Kraalingen, D.W.G., Bouman, B.A.M. 1998. LINGRA, a sink/source model to simulate grassland productivity in Europe. *European Journal of Agronomy* 9, 87-100.
- Semenov, M.A., Halford, N.G. 2009. Identifying target traits and molecular mechanisms for wheat breeding under a changing climate. *Journal of Experimental Botany* 60, 2791-2804.
- Semenov, M. et al. (2010). Assessing winter survival of forage grasses in Norway under future climate scenarios. *Agricultural and Forest Meteorology*.
- Thorvaldsson, G., Østrem, L., Öhlund, L., Sveinsson, T., Dalmannsdóttir, S., Djurhuus, R., Høegh K., Kristjánsdóttir, T.A. 2015. Climatic adaptation of species and varieties of grass and clover in the West Nordic countries and Sweden. *AUI Report No. 50*. Reykjavík: Agricultural University of Iceland, 43 pp.
- Tronsmo, A. M. (2013). Snow moulds in a changing environment—A Scandinavian Perspective. In: *Plant and Microbe Adaptations to Cold in a Changing World*. Springer.
- Van Oijen, M., Höglind, M. 2015. Toward a Bayesian procedure for using process-based models in plant breeding, with application to ideotype design. *Euphytica* 7, 627–643.
- Watkins, E., Petrella, D.P., Aamlid, T., Christensen, D.C., Dalmannsdóttir, S., Hollman, A.P., Deters, G. 2025. Recovery of five cool-season turfgrasses following long-term ice encasement. *Crop Science* 65, e70053.
- Østrem, L., Rapacz, M., Larsen, A., Dalmannsdóttir, S., Jørgensen, M. 2015. Influences of growth cessation and photoacclimation on winter survival of non-native *Lolium*–*Festuca* grasses in high-latitude regions. *Environmental and Experimental Botany* 111, 21-31.
- <https://doi.org/10.60839/4rgq-nn84><https://doi.org/10.23986/afsci.127935> Østrem, L., Borchsenius, R., Dalmannsdóttir, S., Jørgensen, M., Kval-Engstad, O., Lunnan, T. 2021. Nye frøblandinger for mer stabil grovfôrproduksjon. NIBIO rapport 7(63) 2021.
- Østrem, L. og Dalmannsdóttir, S. 2022. Klimaendringer gir fleirårige planter utfordrende temperatur og -daglendesamspel. *Naturen* nr. 4, 156-161. 2022

4 GRØNNSAKS- OG POTETPRODUKSJON

4.1 Grønnsaks- og potetproduksjonen i Norge

I 2015 ble det dyrket frilandsgrønnsaker på cirka 70.000 dekar og poteter på 118.000 dekar. Dette utgjør totalt knapt 2% av jordbruksarealet i landet. Gjennomsnitt areal per dyrker er 92 dekar grønnsaker og 61 dekar poteter. Omtrent 70 prosent av norsk grønnsaksproduksjon foregår på Østlandet. De største grønnsaksfylkene er Vestfold (21%), Buskerud (18%), Oppland (13%), Rogaland (12%), Nord-Trøndelag (9%), Hedmark (8%) og Østfold (8%). Det største potetfylket er Hedmark (39%), etterfulgt av Vestfold (13%), Nord-Trøndelag (11%) og Oppland (8%). For potet har Østlandet ca 73% av arealet, Trøndelag totalt ca 12,5, Rogaland drøyt 5%, Nordland og Troms knapt 4% og Sørlandet knapt 3%. (kilde: Landbruksdirektoratet).

Grønnsaksarealet i Norge har økt de siste årene. Den største grønnsakskulturen i volum er gulrot, etterfulgt av løk, hodekål og kålrot. En del av norsk grønnsaksproduksjon går til videreforedling på konserverfabrikker eller de blir frosset, mens det meste går til friskkonsum. Forbruket av grønnsaker i Norge har i løpet av de siste ti år økt med cirka 25 prosent, til ca 51 kg grønnsaker pr innbygger i 2014. Spesielt norske rotgrønnsaker har fått økt popularitet. Den totale produksjonen av potet har vært nokså stabil på 300-350.000 tonn. Ca en tredjedel går til direkte konsum, mens størstedelen og en økende andel går til videreforedling, til produksjon av chips, pommes frites/friterte produkter, potetmel, sprit, flakes, ferdigpotet og diverse andre bearbejdede produkter som lompe mm.. Noe går til settepotet og noe går også til for.

Regnet i verdi var andelen norskproduserte grønnsaker i 2014 på 53 prosent. Høyest andel norsk produksjon var det for kulturene kålrot (91 %), hodekål, gulrot og løk, lavest for paprika (2%), asparges, brokkoli og tomat (33%). For potet har importandelen økt til 20-30 % for konsumpotet de siste årene, i hovedsak for å dekke etterspørselen etter spesialkvaliteter (baby/småpotet, bakepotet) eller potet med spesielt pent utseende. Også til industriformål importeres noe potet, men mest i forkant av ny norsk sesong.

De siste tiårene har det vært en stor strukturendring i norsk grønnsaks- og potetproduksjon. Antall dyrkere har gått kraftig ned og arealene er blitt stadig større. Antall dyrkere er nå 1943 for potet og 759 for grønnsaker. Krav om bedre logistikk fra grossist og omsetningsledd samt krav om jevnere produktkvalitet har ført til konsentrasjon av produksjoner rundt mottakssentraler/pakkerier. På grunn av vekstskifteproblematikk og krav om større produksjonsarealer, leies det i dag gjerne jord langt borte fra hovedbruk/pakkerier. Dette fører til mer rasjonell drift med store, effektive maskiner, men medfører også større belastninger på jord og dermed strukturskader, samt lang og kostbar transport med bil inn til lager.

Grønnsaker og poteter er produkter som det generelt anbefales å øke inntaket av i norsk kosthold og som bør få en viktigere rolle i norsk matproduksjon. Det er både ernæringsmessige og miljømessige grunner til dette. Norskproduserte poteter og rotgrønnsaker er «klimavennlige» produksjoner med små klima-avtrykk målt som CO₂ (Møller og Svanes 2009). Poteter gir stor energiproduksjon pr arealenhet og har en stor andel spiselig vare. Poteten er i tillegg en særlig fleksibel vekst som gir avling nesten uansett klimaforhold, da den kan brukes nesten uansett modenhetsstatus.

Teksten om grønnsak- og potetproduksjonen i Norge er ikke endret. Strukturendringene har fortsatt med tendens til økt konsentrasjon av dyrkere rundt pakkerier og anlegg. Antall dyrkere pr 2025 er 1364 for potet og 773 for frilandsgrønnsaker.

Også for resten av kapittelet om poteter og grønnsaker er oppdateringen av innholdet etter 2016 i all hovedsak satt inn som tekstbokser.

4.2 Konsekvenser av klimaendringer for potet og grønnsaksproduksjon

Norge er av få områder i Europa der det kan forventes en positiv sumeffekt av klimaendringene på landbruksproduksjonen ([Olesen and Bindi 2002](#)). Det er imidlertid mye som tyder på at det også vil bli betydelige utfordringer for planteproduksjon i Norge under endret klima. Trolig vil både uforutsette varmeperioder, ekstremnedbør, flom, endret nedbørsmønster og tørke bidra til nokså uforutsigbare værforhold og dermed varierende avlingsnivå. Nedbør om våren, ekstremregn i vekstsesongen og tilgang på vanning er trolig blant de mest kritiske faktorene (Cottis 2015).

Mangfoldet av produksjoner innen grønnsaker og potet er stort, og det er stor variasjon av hvilke krav som stilles og hva som er begrensende faktorer i produksjonen. Noen vekster, som potet, kan dyrkes nær sagt over alt, men med lavere avling og tidligere sorter. Likevel er veksttid og nedbørsforhold begrensende faktorer for de fleste løkvekster og rotvekster, som potet, gulrot og kålrot. Tabell 1 skisserer kort spesielle vekstkrav og begrensende faktorer for potet og de viktigste grønnsakslagene som produseres i Norge i dag.

Mange vekster har i utgangspunktet relativt lave avlingsnivå og høye driftskostnader sammenliknet med andre europeiske land.

Tabell 1: Kort oversikt over spesielle vekstkrav og begrensende faktorer for potet og de viktigste grønnsakslagene i Norge.

Gruppe	Art/type	Vekstkrav	Begrensende faktorer
	Asparges	Høy sommertemperatur, lang vekstsesong	Vårfrost, drenering (helst 60-100 cm), lengde vekstsesong
	Agurk, friland	Høy sommertemperatur	Våte forhold før/i høsteperioden, nattefrost, vekstskifte
Belgvekster	Bønner, hage-	Høy spiretemperatur, varmekrevende	Drenering, jordstruktur, pH, vekstskifte
	Bondebønne (bønnevikke)	Lang veksttid (ved høsting av modne frø)	Drenering, jordstruktur, pH
	Erter	Moderat temperatur (10-20°C)	Langt vekstskifte pga skadegjørere, avstand til andre felt, drenering, jordstruktur, pH
Kålvekster	Blomkål	Moderat temperatur for utvikling (10-22°C)	Høy temperatur
	Brokkoli		
	Hodekål		
	Kålrot		Vekstskifte
	Rosenkål	Lang vekstsesong / lang høst, trenger kulde for hodedanning	Vekstsesongens lengde, vanntilgang
	Kinakål	Tåler høyere temperatur enn de andre kålvekstene	Stokkrenning (temp<15°C), innvendig råte / bladrandskade, drenering, vanntilgang
Løkvekster	Kepaløk	Daglengde, temperatur	Våte forhold rundt høsteperioden, vekstskifte, vanntilgang
	Purre	Lang vekstsesong, frosttoleranse (sortsavhengig)	Vanntilgang
	Potet	800-1500°d	Frost vår/høst, drenering, struktur, vekstskifte, opptørking vår/høst, vanntilgang
Rotvekster	Gulrot	Lang veksttid	Jordstruktur/pakking, drenering, lengde på vekstsesong, vekstskifte
	Pastinakk		
	Persillerot		
	Rødbete		Vekstsesongens lengde, stokkrenning ved lav temperatur (<15°C) og lang dag
Salatvekster	Isbergsalat	Moderat temperatur, kort veksttid	Plantepatogener, høy temperatur, høy fuktighet
	Sellerirot	Høy temperatur (>15°C), lang vekstsesong	Stokkrenning (lav temperatur), frost, drenering, jordstruktur, vanntilgang, vekstskifte
	Stilkselleri		
	Sukkermais	Høy temperatur (>18°C)	Frost, kjølig/fuktig vær

4.3 Effekter av klimavariabel på plantevekst

4.3.1 Økt veksttid og varmesum

For noen av vekstene er vekstsesongens lengde og varmesum begrensende. Dette gjelder for potetproduksjonen med unntak av tidligpotet, og for mange grønnsakslag som f.eks. rotgrønnsaker som persillerot og pastinakk, selleri, rosenkål, purre, sukkermais og asparges (tabell 1). En lengre og varmere dyrkingssesong kan gjøre det mulig å utvide det geografiske dyrkingsområdet for slike vekster, hvor hovedtyngden av disse grønnsakslagene i dag produseres i Oslofjordområdet og Agder.

For de aller fleste grønnsakslag er den norske produksjonen i dag avhengig av sortsutvikling som gjøres av utenlandske frøfirma. De sortene som i praktisk prøving viser seg best egnet til norsk klima og dyrkingsforhold blir importert av frøforhandlerne og tilbys til norske produsenter. En lengre dyrkingssesong kan åpne for valg av andre sorter av grønnsaker med lenger veksttid og høyere avlingspotensiale. Det kan også bli mulig å bruke helt nye arter som ikke kan dyrkes i dag. Det vil også kunne legge til rette for økt kvalitet av dagens vekster gjennom tidligere modning og innhøsting under bedre forhold. For spesielt varmekrevende vekster vil ikke nødvendigvis en lengre sesong gi noen uttelling, siden temperaturene i starten og slutten av dyrkingsperioden vil være for lave.

Økt middeltemperatur vil for de aller fleste av disse vekstene i seg selv være positivt, såfremt temperaturene ikke blir svært høye. Fotosyntesen har sitt optimum rundt 16-20 °C. Den reduseres mye over 30 °C og ved tørke. Nok tilgjengelig vann og et godt lysklima på grunn av daglengden vil bidra positivt til å utnytte en økt varmesum.

En forlenget vekstsesong kan resultere i at grønnsaker og poteter oppnår en høyere fysiologisk alder ved høsting. Dette kan redusere lagringsstabiliteten og samtidig øke kravene til stabile og kontrollerte lagerforhold. I enkelte kulturer, som løk og potet, kan dette også nødvendiggjøre bruk av spirehemmende behandlinger for å opprettholde kvalitet og lagringsevne.

For andre grønnsaker, som f.eks. en del av kålvekstene, kan en økning i middeltemperatur være negativt i de områdene som har høyest middeltemperatur i dag, men positivt i de områdene som i dag har marginale forhold for grønnsakproduksjon. For grønnsaker som blomkål og brokkoli er det blomsterstanden som er det spiselige produktet. Initiering og utvikling av blomsterstanden går raskest ved moderat temperatur (10-17°C). Ved høyere temperaturer forlenges tiden frem til høsteferdig produkt, og ved temperaturer over 22°C risikerer man at det ikke skjer noen blomsterinitiering i det hele tatt. Høye temperaturer vil også kunne virke negativt på produktkvaliteten til mange av kålvekstene.

Økt frekvens av perioder med ekstrem varme vil kunne ha negative effekter. Høye temperaturer kan gi vekststagnasjon gjennom å hemme fotosyntese og biomasseproduksjon og å påvirke vanntilgangen (gjennom evapotranspirasjon). Temperaturen styrer også vekstrytme og varigheten av ulike stadier i plantenes utvikling (for eksempel vegetativ fase, blomstring og modning) og kan bidra til at utviklingen går for fort, med tilhørende avlingsreduksjon. Tidspunktet for høyere temperaturer vil også ha betydning, da høye temperaturer i sensitive faser (eks blomstring) kan påvirke vekst og avling. Vekststagnasjon i perioder kan resultere i kvalitetsproblemer, som for eksempel misform eller indre misfarging eller hulrom i potet.

Mengde innstråling og lysets sammensetning kan komme til å ha betydning ved vesentlig lengre vekstsesong enn i dag, spesielt om høsten. Vil innstrålingen være høy nok til å gi god plantevekst? Solhøyden påvirker lysets sammensetning, og jo lenger ut på høsten man kommer jo lavere blir

forholdstallet mellom rødt og mørkerødt lys (R/MR ratio). Forholdet mellom mengden rødt og mørkerødt lys kan påvirke kvaliteten i grønnsaker på flere måter. Mange av grønnsakslagene vi dyrker er egentlig toårige og vil danne blomsterstengel i sitt andre vokseår etter kuldepåvirkning.

Blomsterstengel kan også dannes i første vokseår (og kalles da stökkrenning), etter kuldepåvirkning (4-8°C for mange arter). Lav R/MR ratio forsterker slik kuldepåvirkning. Hvis normal høstetid for grønnsaker i fremtiden blir mye senere på høsten enn i dag vil risikoen for stökkrenning øke, med fare for kvalitetsforringelse pga f.eks. strekking av stengel innvendig i hodedannende vekster som hodekål og kinakål, eller ved at rot-/knolldannende vekster begynner å bruke av næringsreservene til å danne blomsterstengel. En annen mulig effekt av lav R/MR ratio og lav innstråling sent på høsten er at det kan føre til økte mengder av uønskede stoffer i grønnsaker, f.eks. nitrat i salatvekster.

Lengre vekstsesong vil føre til at også ugraset vokser lenger enn i dag. Enkelte problemvekster som f.eks. kveke vokser godt ved lave temperaturer. En lengre vekstsesong kan gi større utfordringer med kontroll av vanskelige ugras, kanskje spesielt i økologisk produksjon.

Klimaendringer med økt temperatur, mildere vintre, mer nedbør, hyppigere episoder med ekstremvær og en lengre vekstsesong påvirker skadegjørere i grønnsaker og potet på måter som samlet gir høyere og mer variabelt skadetrykk. Mekanismene inkluderer raskere utvikling og flere generasjoner ved økt temperatur, lengre infeksjons- og angrepsvinduer ved mer nedbør og høyere fuktighet, økt smittespredning og plantevevsskader ved ekstremvær, bedre overvintring og større populasjoner ved mildere vintre, større smitteopphopning ved redusert jordarbeiding og mer intensiv dyrking.

De siste 10 årene har det vært kraftig økende problem med ugras, gjennom nye arter som hønsehirse og søtvier (svartsøtvier og begersøtvier). Svartsøtvier er i samme familie som potet, og derfor et særlig viktig problemugras her. I NIBIO-prosjektet SolWeeds (2026-2029) undersøkes biologi, direktetiltak og forebyggende tiltak mot svartsøtvier og begersøtvier i poteter og grønnsaker. Internasjonal handel i kombinasjon med et endret klima gjør at ugrasarter som er problematiske ved grønnsakdyrking i sørlige land vil kunne bli et problem også i Norge. Det er viktig at verktøykassen for bekjempingstiltak utvikles i takt med dette.

Kampen mot tørråte i potet har blitt stadig mer utfordrende på grunn av begrensninger i kjemiske plantevernmidler samt forekomst av nye genotyper med resistens mot enkelte midler.

Forskningsprosjektet NoBlight (2025-2028) setter fokus på kartlegging av sjukdomspopulasjoner av tørråte og tørrflekksjuka, som har økt senere år, samt ulike typer bekjempingstiltak, både forebyggende og kurative. Når det gjelder soppsjukdommer i grønnsaker har forskning senere år satt fokus på nye og økende utfordringer, som fusariose og løkhvittråte i løk, flere utfordringer i gulrot (tuppråte, gropfleck, lagringssjukdommer, *Alternaria*-bladfleck og storknollet råtesopp), svartkarstrenger og meldugg i kålrot, og selleribladfleck.

Også for flere insekter kan en forvente større aktivitet, flere generasjoner og større spredning og dermed økt skadeomfang ved temperaturøkning. Eksempler på slike skadeinsekter i potet er potetsikade og bladlus. Det er også registrert økte utfordringer med smellerlarver (kjølmark), teger, gråsvart åtselbille, trips og sikader. Økt forekomst av bladlus vil kunne øke problemet med virus i potet. Særlig i settepotetdyrkingen er det viktig å hindre virusmitte. Etablering av stammer med resistens mot plantevernmidler kan også bli et problem. Det vil også være fare for etablering av nye arter med stort skadepotensial, for eksempel Koloradobille.

Også jordlevende nematoder trives i et varmere og fuktigere klima. Varmere klima kan blant annet bidra til utvikling av to generasjoner *G. rostochiensis* (gul potetcystenematode), som allerede i dag har et betydelig skadepotensiale i norsk potetproduksjon. Videre er det forventet at rotgallnematoder (*Meloidogyne* spp.), som er alvorlige skadegjørere i Europa, kan etablere seg også i Norge. Også rotsårnematoder (*Pratylenchus* spp.), rotgallnematoder (*Meloidogyne* spp.) og dolknematoder (*Xiphinema* spp.) kan på sikt etablere seg i norsk jord.

En oppdatert kunnskapsstatus om plantehelse i potet og grønnsaker er gitt i Klingen et al. (2026).

4.3.2 Økt CO₂-nivå

Økt CO₂-innhold i atmosfæren vil kunne påvirke plantenes vekst direkte gjennom å påvirke fotosyntesen, i tillegg til den indirekte effekten på temperatur. Som nøkkelfaktor i fotosyntesen kan økning i CO₂-konsentrasjon bidra til å effektivisere utnyttningen av både innstråling, vann og nitrogen (Olesen and Bindi 2002). En dobling av CO₂-nivået kan øke biomasseproduksjonen for noen av de mest relevante jordbruksvekstene med om lag 10-30 % (Olesen 2014; Sæbø and Mortensen 1995, 1996). I Norge vil trolig lave temperaturer begrense CO₂-responsen. Økning i karboninnlagring kan

ha negative konsekvenser for mat- og fôrkvalitet, som et resultat av lavere proteinkonsentrasjon, men dette antas å ha liten betydning for de fleste av våre vekster.

4.3.3 Endret nedbørsmengde og intensitet

Rotvekst og -utvikling, og dermed plantevekst, er avhengig av god vanntilgang, men også av god luftveksling i rotsonen. For mye og for lite vann er like skadelig.

God vanntilgang er vist i norske forsøk å være svært viktig, særlig sent i sesongen, men også tidlig for løk (Riley 2014) og i knolldanningsfasen i potet (Peltonen-Sainio et al. 2010). Skadevirkningen av tørke avhenger av vekstens og sortens toleranse, vekstfasen, intensitet og varighet av vannmangelen. I mange områder har de fleste potet- og grønnsaksprodusenter tilgang til kunstig vanning. De fleste av disse vekstene er avhengig av god vanntilgang, og klimaendringer kan forsterke behovet for vanning.

Ved vannmettet jord skades røttene gjennom redusert oksygentilgang. Skadeomfanget er bl.a. avhengig av varigheten av vannmetning, temperaturforhold og plantens utviklingsstadium ([Setter and Waters 2003](#)). Skadene er oftest størst når plantene er små eller når temperaturen er høy og plantenes aktivitet stor. Lufttilgangen påvirkes av nedbørsmengder, dreneringstilstand og jordas vannledningsevne, men også av plantenes toleranse mot vannmetning. Jordas evne til å lede vekk vann avhenger av jordart, men også av grøftetilstand og graden av jordpakking.

For poteter og grønnsaker vil høy nedbørsintensitet og større mengder kunne gi stor risiko for overflateavrenning. Vekstene har mye bar jord gjennom vekstsesongen og store nedbørmengder vil kunne gi både overflateavrenning og nedvasking. Begge deler gir tap av næringsstoffer, som bidrar til økt miljørisiko og økte gjødselkostnader/tapt avling. Større nedbørmengder stiller store krav til jordas infiltrasjonskapasitet og status og dimensjonering for grøfter.

I tillegg til nedbørsmengde og intensitet er også hyppighet og fordelingen innen vekstsesongen av betydning. Et sammenhengende antall nedbørsfrie dager vår og høst er viktig for å kunne så, sette og høste til riktig tid. Med forventning om økende nedbørsmengder vår og høst vil ikke nødvendigvis antall dager med lagelige forhold øke. Dette kan i praksis bidra til kortere vekstsesonger, til tross for flere vekstdøgn. Det kan også bidra til mer ugunstige innhøstingsforhold.

Flere dager med nedbør i vekstsesongen kan gi lengre perioder med høy luftfuktighet, som vil føre til lavere transpirasjon fra plantemassen. Dette kan medføre dårligere transport av næringsstoffer som f.eks. kalsium i plantevevet. For enkelte arter, f.eks. salat og kinakål, kan dette gi kvalitetsproblemer som indre eller ytre bladrandskade, som igjen kan medføre råte. Lengre perioder med høy luftfuktighet vil også øke risikoen for angrep av plantepatogener hos mange plantearter. Lengre perioder enn i dag med kombinasjon av høy temperatur og høy fuktighet kan føre til økte problemer med klumprott i kålvekster.

Et varmere og fuktigere klima vil gi gode vilkår også for ugras, skadedyr og plantesykdommer forårsaket av sopp, bakterier og virus. Med endret klima er nye skadegjørere også ventet å spre seg fra sørlige land. Virkningsgraden av plantevernmidler kan også påvirkes av miljørelaterte faktorer som temperatur, nedbør og vind, enten positivt eller negativt ([Olesen and Bindi 2002](#)). En lengre vekstsesong kan dermed medføre behov for bruk av mer plantevernmidler. Klimaendringene krever fokus på optimalisering av plantevernstrategiene, både i forhold til midler, bruksmåter og brukstidspunkt.

Omtrent halvparten av soppmiddelforbruket i landbruket benyttes til å bekjempe tørråtesoppen. Potettørråte er utbredt overalt hvor det dyrkes potet i Norge, men med mer sporadiske angrep i Nord-Norge og i fjellbygdene.

Et fuktigere klima bidrar til økt fare for soppangrep, eksempelvis tørråte i potet. Utvikling og spredning av nye og mer aggressive tørråteraser, sammen med begrenset tilgang på effektive sprøytemidler har gitt betydelige økninger både i kostnader til behandling og i risiko for store avlings- og kvalitetstap.

Også bløtråtebakterier trives under fuktige (anaerobe) forhold i jord. Ved våtere og varmere klima legges det til rette for spredning av nye, aggressive og mer varmekjære varianter av bakterien, som *Pectobacterium wasabiae* og *Dickeya solani*. Disse har også tidligere vært påvist her i landet.

4.4 Tilpasningsbehov

4.4.1 Nye muligheter i et endret klima

Til tross for at det ventes flere døgn uten frost er det vanskelig å forutsi hvordan klimaendringene vil påvirke den faktiske lengden på vekstsesongen. Tidligere snøsmelting/telegang kan gi muligheter for tidligere opptørring og flere laglige jordarbeidingsdager, som igjen kan bidra til tidligere såing/setting om våren og en lenger vekstsesong. Imidlertid kan økt nedbør om våren/høsten også gi ugunstige fuktighetsforhold, noe som i mange tilfeller vil redusere lengden på vekstsesongen.

Om vi får lenger vekstsesonger med en viss grad av forutsigbarhet kan vi få:

- Utvidet dyrkingsområde for eksisterende vekster/sorter
- Muligheter for nye arter og mer høytstående sorter eller for bedre kvalitet av dagens sorter (tidligere modning og innhøsting under bedre forhold.)
- Muligheter for å utnytte rikelig vanntilførsel til krevende vekster
- Økte muligheter for valg av arter i et vekstskifte (ettårige vekster som i dag har for lang vekstsesong mange steder).

4.4.2 Utfordringer og tilpasningsbehov

4.4.2.1 Økt nedbørintensitet og større nedbørsmengder

Det har allerede vært en utvikling mot mer og mer intens nedbør. Denne trenden antas å fortsette. Økt nedbørintensitet og større nedbørsmengder vil generelt gi:

- økt risiko for overflateavrenning og erosjon. Faren for overflateavrenning er særlig stor i potet og grønnsaker på grunn av mye bar jord gjennom vekstsesongen
- økt nedvasking av næringsstoffer. Nedvasking av næringsstoffer gir økt miljørisiko og økte gjødselkostnader/tapt avling
- større utfordringer med vannmettet jord med dårlig plantevekst
- større problemer med dårlig jordstruktur etter kjøring av tungt utstyr under våte forhold
- større utfordringer med en del plantepatogener

Aktuelle tilpasningstiltak: Oppdatering av status (tilstand og kapasitet) for grøfter, forbedring av jordas infiltrasjonskapasitet (vekstskrifte, organisk materiale, endret jordarbeiding/jordløsning), planter med bedre vanntoleranse, mer presis næringstilførsel i tid og rom, tilpasset teknisk utstyr, gode beslutningsverktøy.

4.4.2.2 Fuktige forhold vår og høst

Økte middeltemperaturer framover vil innebære tidligere telegang og snøsmelting, samtidig som nedbørsmengden vår og høst forventes å øke. Dermed er det usikkert hvor godt vekstdøgnene kan utnyttes. Ugunstige fuktighetsforhold vil kunne begrense antall dager med laglige forhold for jordarbeiding og i enkelte år gi betydelig senere såing/setting/planting. Denne usikkerheten vil kunne bidra til økt risiko i forhold til å utnytte en lenger vekstsesong med bruk av nye sorter/arter. Et kortere tidsrom med lagelige forhold vil dessuten kreve større kapasitet på arbeidsoperasjonene noe som igjen øker faren for alvorlig jordpakking. Fuktige høstforhold skaper betydelige utfordringer for innhøstingen, slik utviklingen de senere årene har vist. Forsinket høstetid kan medføre at produktene har høyere fysiologisk alder ved innlagring, noe som øker risikoen for redusert lagringskvalitet i både grønnsaker og potet. Vedvarende fuktighet øker også faren for sopp- og bakteriesjukdommer som kan forringe kvaliteten under lagring. Slike forhold stiller dessuten større krav til tørkekapasitet ved innlagring, særlig for potet og løk.

Aktuelle tilpasningstiltak: Drenering, forbedring av jordas infiltrasjonskapasitet (vekstskrifte, organisk materiale, endret jordarbeiding), nok maskinkapasitet til å kunne utsette arbeidsoperasjoner til jorda er lagelig, sykdomsbekjemping, sortstilpasning/sortsutvikling, vekstavslutningsmetoder som reduserer høstevindu, kontrollerte og stabile lagringsforhold.

4.4.2.3 Forekomst av tørre og varme perioder i vekstsesongen

Økt forekomst av varme tørkeperioder i vekstsesongen vil kunne gi vekststagnasjon. Om det rammer i kritiske vekstfaser kan det gi mangelfull/feil utvikling eller tvangsmodning. For en del grønnsakslag vil tørkestress eller høy varme påvirke dannelsen av sekundære plantestoffer som har betydning for sunnhetsverdi og/eller smak i produktet. Dette kan i noen tilfeller være positivt, men vil oftere føre til kvalitetsproblemer som f.eks. uønsket bittersmak.

Aktuelle tilpasningstiltak: Vanning, dryppvanning, mer organisk materiale for bedre vannlagring, sortstilpasning/sortsutvikling

4.5 Mulige tilpasningstiltak

Med tilpasning til klimaendringer menes tiltak som har til hensikt å redusere mulige skader, profitere på mulighetene og/ eller håndtere konsekvensene (Reidsma et al. 2010). Tilpasninger kan være av både agronomisk, teknisk, økonomisk art. Valg av tilpasningstiltak vil påvirkes av geografi, gårdsstørrelse/driftsform/driftsintensitet og vil også påvirkes av økonomiske og politiske rammebetingelser (Reidsma et al. 2010). I dette notatet fokuseres det hovedsakelig på agronomiske tiltak og tilpasninger. En del tiltakene kan igangsettes umiddelbart og uten store systemendringer, og kan med fordel gjennomføres også under dagens klimatiske forhold for å oppnå høyere avlinger, forbedret driftsresultat og redusert miljøpåvirkning. På en del områder kan erfaringer hentes inn og tilpasses fra andre land og produksjoner. De fleste langsiktige tilpasninger til klimaendringene krever større endringer i dagens dyrkningssystemer og må ofte kombineres med samfunnspolitiske forandringer og forandringer i regelverket.

4.5.1.1 Vern av dyrket mark

Hvert år omdisponeres i underkant av 6000 dekar dyrket jord til andre formål (for eksempel utbygging av veier) (SLF, 2013). Det er nødvendig at irreversible inngrep vurderes nøye opp mot behovet for framtidig matproduksjon. Dette er særdeles viktig i Norge som har et svært lavt dyrket areal per innbygger og en relativt raskt økende befolkning.

Nydyrking kan ikke uten videre erstatte jord som går ut av drift. Nydyrking innebærer ofte fare for negative miljøkonsekvenser, særlig ved dyrking av myr. Dersom det skal dyrkes opp areal, bør dette skje strategisk med hensyn til arrondering (mekanisering, transportavstand) og framtidig arealbruk.

4.5.2 Nye arter og sorter

4.5.2.1 Introduksjon av nye arter

Lengre og/eller varmere dyrkingssesong kan åpne for introduksjon av nye grønnsakarter i Norge. Enkelte varmekjære grønnsakslag kan få lang nok sesong med høy temperatur til å gi sikre avlinger, og arter som normalt må dyrkes i veksthus i Norge kan tenkes produsert på friland, f.eks frilandstomater. Siste del av vekstsesongen, med lave og ustabile temperaturer kan brukes til å produsere kuldetolerante grønnsakslag. Dette er muligheter hvor det allerede nå er startet forskning på Sør-Østlandet.

4.5.2.2 Nye sorter

Foredling av nye sorter tilpasset lenger vekstsesong og planter med bedre vanntoleranse, varmestresstoleranse, sykdomsresistens.

Generelt kan det forventes at store deler av de norske potetområdene får vekstvilkår som likner mer vilkårene på kontinentet (økt temperatur/lengre vekstsesong) og noe av sortsmaterialet derfra bør kunne brukes. Imidlertid kan ulik daglengde bidra til å påvirke dyrkingsegenskaper for disse sortene. Viktige foredlingsparametere for egen foredling vil være sorter med god sykdomsresistens og stresstoleranse.

Sortsforedling er langsiktig og tidkrevende, og det bør allerede nå igangsettes arbeid for å sikre potetsorter tilpasset klimaendringene. Det tar minst 10-12 år fra man starter foredling av en ny sort, til den kan tas i bruk. Nye tilpassede sorter skal blant annet kunne utnytte potensialet av en lengre vekstsesong og økt CO₂-konsentrasjon. Forandringer i nedbørsfordeling gjør det også nødvendig med sorter som har robust og kraftig rotsystem og rotvekst for å utnytte vekstpotensialet bedre og være sterkere mot både tørke og vannmettet jord. Nye sorter bør også gi rask etablering av plantedekke og være tilpasset en endret sopp- og skadedyrsituasjon.

For grønnsakproduksjonen i Norge er situasjonen den at man allerede i dag er avhengig av utenlandsk sortsforedling. God grønnsakproduksjon i fremtiden vil være avhengig av utstrakt og kontinuerlig sortsprøving for å finne det best egnede materialet for norsk klima og markedssønsker. Aktiv kommunikasjon og samarbeid med sortsforedlere vil være viktig.

Også gamle genressurser kan få større betydning i en fremtid med endret og mer ustabil klima. Genmateriale med stor evne til å gi stabile og gode avlinger under ustabile vekstforhold, vil kunne gi bedre dyrkingssikkerhet. Materiale som er utvalgt under norske forhold og tilpasset gjennom lang tid kan tenkes å få ny aktualitet enten ved å tas i bruk på nytt eller som del i foredling av nytt sortsmateriale. Aktivt fokus på genressurser og kompetanse på fenotyping kan bli viktig for Norges fremtidige grønnsak- og potetproduksjon.

Høyere vintertemperatur kan gjøre at det blir mulig å produsere mer overvintringsgrønnsaker av flere arter, som f.eks blomkål og løk. Kulturen etableres da på høsten, overvintrer som liten plante og kommer i vekst igjen så snart forholdene på ettervinteren tillater det. Overvintringsproduksjon vil gi tilførsel av nye norske grønnsaker vesentlig tidligere enn dagens tidligkulturer. Høyere vintertemperatur kan i noen områder også gjøre det mulig å overvintre enkelte typer avlinger på felt, med høsting etter behov under lagelige forhold i løpet av vinteren. Dette kan være aktuelt for f.eks. arter som gulrot og purre. Det vil være behov for utvikling av gode metoder og tilpasning før slike produksjoner kan anbefales i Norge.

Det kan framover være aktuelt å ta i bruk nye foredlingsmetoder for mer målrettet sortsutvikling, blant annet mot foredling av sorter som er betydelig mer resistente mot tørråte. EU har gjort et midlertidig vedtak om nye regler som gjør det enklere å bruke genredigering med gensaksen CRISPR på planter uten at de automatisk regnes som GMO (genmodifiserte planter). En slik oppmykning av regelverket i EU kan også få betydning i Norge, hvor det i et samarbeid med NIBIO og Graminor er kommet langt i å bruke CRISPR-teknologi til målrettet å slå av gener som gjør en plante mottagelig for sykdom.

Ved utprøving og utvikling av nye sorter bør bærekraft prioriteres høyt; at sorten er robust ved å gi stabilt høy avling, lite sykdom og god kvalitet under ulike klimaforhold. Muligheten for å utvikle indikatorer for vurdering av bærekraft i potetssorter er for tiden under utredning i et prosjektsamarbeid med Graminor.

Behovet for systematisk og samordnet sortsutprøving i alle de viktige grønnsakkulturene har økt i løpet av siste tiårsperiode. Det skyldes blant annet at det gjøres færre eller enklere sortsforsøk/demofelt hos ulike aktører, hovedsaklig hovedsakelig Norsk Landbruksrådgivning.

4.5.3 Infrastrukturtiltak

4.5.3.1 Drenering

I Norge er om lag 40 % av den dyrka jorda naturlig drenert, resten er avhengig av dreneringsanlegg ([Hoel et al. 2013](#)). Dårlig grøftetilstand fører til seinere og ujevn opptørking, noe som gir redusert bæreevne og fare for pakkeskader, i tillegg til at våronna forsinkes. Vannmettet jord har liten luftveksling, noe som gir dårlig rotvekst og lave avlingsnivå. Planten utnytter næringen dårlig, og i tillegg omdannes nitrogen i vannmettet jord gjennom denitrifikasjon til klimagassen N_2O (lystgass). Forsøk viser at grøfting kan føre til 15 % avlingsøkning og med økende nedbørsmengder kan det forventes at avlingsutslaget blir enda større i framtida ([Øygarden et al. 2009](#)). Drenering er kostbart, men et viktig tiltak for både produksjon og miljø. Det er et betydelig etterslep med hensyn til oppgradering av grøftetilstand, gamle grøftesystemer må vedlikeholdes og fornyes fortløpende. Behovet for drenering forventes å øke og det er viktig å dimensjonere for forventede økninger i nedbørsmengder. Dette tilsier mindre grøfteavstand,

gjørne ved at det grøftes mellom eksisterende grøfter (hydrologirapport). På grunn av etterslep i grøfting og flere eksempler på våte sesonger vil bedre drenering være et viktig tiltak både på kort og lang sikt. Dette vil gagne både produksjon og miljø.

God drenering er kritisk for å få gjennomført arbeidsoperasjoner som såing/setting/planting, sprøyting og høsting til rett tid. God drenering er også viktig for å unngå jordpakking. Videre er drenering et klimatilak som kan redusere lystgassutslipp (Hauge et al. 2020). I forhold til økte nedbørsmengder er også rett dimensjonering viktig.

I en spørreundersøkelse blant bønder om drenering (Haukås & Johnsen, 2025) er det rapportert i gjennomsnitt 26,9 prosent avlingsøkning i potet, noe som betyr at drenering i de fleste tilfeller vil være lønnsomt.

4.5.3.2 Presisjonsjordbruk

Presisjonsjordbruk defineres som bruk av avansert teknologi for å tilpasse behandlingen av jord og planter til variasjonene innenfor det enkelte skiftet. Slik tilpasset behandling kan bidra til å realisere potensialet for økt produksjon under et endret klima, samtidig som innsatsfaktorene utnyttes best mulig. Teknologien er under utvikling, men brukes foreløpig lite i poteter og grønnsaker, blant annet på grunn av investeringskostnadene. Faste kjørespor er noe prøvd og bør bli mer vanlig i radkulturene.

Bruk av Presisjonsjordbruk, gjennom blant annet traktorer med GPS og tildelingsmodeller for gjødsel, plantevernmidler og kalk i traktorene, har åpnet for en mer steds- og behovstilpasset behandling av jord og planter tilpasset variasjonene innenfor det enkelte skiftet. Den tekniske utviklingen går veldig fort og mulighetene utvikles stadig. Slik presisjonstildeling bidrar både miljømessig og til økt utnyttelse av innsatsfaktorene og økt avling og produktkvalitet. Sensorbaserte modeller kan blant annet brukes til måling av biomasse, raddekking, høyde, temperatur, nitrogeninnhold eller biotisk og abiotisk stress i planter, og også til målinger i jord (<https://www.nibio.no/tema/mat/teknologi-i-landbruket/bruk-av-sensorer-til-jordbruksformal>).

Det er betydelig utvikling innen sensorteknologi for bruk i droner, traktorer og ulike autonome redskapsbærere. Det er blant annet utviklet roboter for ugrasssprøyting i radkulturer. Disse kan bidra til redusert plantevernmiddelbruk, i tillegg til at selvgående roboter er lettere og bidrar i mindre grad til jordpakking. Det er også under utvikling dronebaserte modeller for registrering av rismasse og for vann- eller varmestress i potetplanter.

Utvikling av droneteknologi kan være nyttig i forbindelse med endret klima. Framover kan det bli mer aktuelt å kunne utføre enkelte arbeidsoperasjoner via droner, blant annet tildeling av plantevernmidler eller gjødsel.

Lagring til poteter har tradisjonelt vært basert på bruk av uteluft for naturlig ventilasjonering og kjøling av lagrene. Ved varmere vintere og mer ustabil klima anses det nå nødvendig med mulighet for opptørking og mer stabil kjølelagring ved langtidslagring, også for poteter. Det er et stort behov for investeringer i oppdatering av potetlagre.

4.5.3.3 Nye vanningsanlegg

Etter stor utbygging på 70-tallet har det vært liten aktivitet i forhold til nye vanningsanlegg. De eksisterende er i hovedsak forbeholdt områder nær store vassdrag. Ved utvikling mot lengre tørkeperioder kan utbygging av nye vanningsanlegg bli mer aktuelt i en del produksjonsområder.

4.5.4 Dyrkingstekniske tiltak knyttet til tørke og næring

4.5.4.1 Dryppvanning

Bruk av dryppvanning med eller uten næring vil ved økt fare for utvasking og nedvasking kunne gi bedre utnyttelse av vann og næringsstoffer og dermed mindre risiko for tap.

4.5.4.2 Vekstskifte

Økt bruk av vekstskifte generelt vil kunne tilføre andre typer næringsstoffer og stimulere jordstruktur og mikrobiologisk aktivitet i jorda, slik at næringstilgangen bedres. Vekstskifte er allerede i dag svært viktig i potet- og grønnsakproduksjon, bl.a. for å redusere risikoen for ulike skadeorganismer og minske ugraspresset. Risikoen for angrep av skadegjørere av ulike slag forventes å bli enda høyere i fremtidens klima, og godt vekstskifte og kunnskap å basere det på vil bli enda viktigere.

4.5.4.3 Kalking

Kalk består av kalsiumforbindelser (Ca) og litt magnesiumforbindelser (Mg). I tillegg til at disse næringsstoffene er viktige for planter vil kalk heve pH i jorda. De fleste næringsstoffene er best tilgjengelig for plantene ved pH 6,0 - 6,5 (www.kalk.no). I tillegg reduseres frigjøring av klimagassen N₂O ved kalking opp til pH 6 (Mørkved et al 2006). Kalsium og magnesium har også evne til å danne stabile og porøse aggregater med leir- og humuspartikler og på den måten bidra til bedre jordstruktur og dreneringsevne i jorda. Kalking øker den mikrobiologiske aktiviteten i jorda, noe som gir raskere frigjøring av næringsstoffer. Meitemarken trives også bedre når jorda ikke er for sur, mens skadeorganismer som klumprot i kålvekster hemmes. På grunn av forsurende effekt av mineralgjødsel trenger de fleste jordarter i Norge vedlikeholdskalking (www.kalk.no). Kalktilstanden har vært bra på mye av det norske jordbruksarealet, og brukes aktivt ved intensiv dyrking av kålvekster. De siste 15 årene er forbruket av kalk omtrent halvert, med økende forsuring som resultat (Kilde: Franzefoss).

4.5.4.4 Gjødslingsstrategier

Ta i bruk planlagt delgjødsling som tiltak mot nedvasking av næringsstoffer. Videreutvikling av andre gjødslingsstrategier, eks nye eller videreutviklede gjødseltyper, justering av gjødslingstidspunkt, annen fordeling av gjødselmengder mellom gjødslingstidspunkt, justering av normer/anbefalinger og optimalisering av gjødselplassering for å øke næringsstoffutnyttelsen. Videreutvikling og mer bruk av presisjonsgjødsling for å tilpasse gjødslinga til behovet, også innenfor skifter, er også noe som bør prioriteres.

Det er fra 2026 innført ny gjødsselforskrift som stiller strengere krav til spredeareal og gjødselbruk. Det blir kortere spredeperiode for organisk gjødsel og nytt krav om gjødslingsjournal. Forskriften gjelder bruk av alle gjødselvarer, inkludert mineralgjødsel. Det åpnes for at fosforkrevende vekster som potet og grønnsaker fortsatt skal få gjødsles etter behov. For å ta høyde for variasjoner i vekstsesongene og i avlingspotensiale er det en god strategi å ikke tildele hele gjødsmengden om våren, men å ha mulighet for å justere gjennom sesongen ved behov. Ved bruk av tekniske løsninger som åpner for variabel delgjødsling etter stedsspesifikt behov (presisjongjødsling) vil dette potensielt kunne redusere både klimagassutslipp og nitratavrenning fra disse arealene (Korsæth mfl. 2019).

Behovet for gjødsling i landbruket har av flere grunner økt siden forrige utredning. Nye sorter har gjerne et større avlingspotensiale enn de etablerte. Optimal gjødsling er nødvendig for å ta ut dette avlingspotensialet. For noen produksjoner er god fosfortilførsel ekstra viktig, som f.eks småpoteter og løk. Økte krav til produktkvalitet, som skallkvalitet til potet, og motvirking av næringsstoffrelaterte kvalitetsfeil (eks indre feil i potet og kålrot) kan også bidra til endret dyrkingspraksis, gjerne med vekt på kalsium, magnesium og mikronæringsstoffer. Endrede vekstforhold gjennom dårligere jordstruktur, økt næringsavrenning/nedvasking og eller tørrere spireforhold kan også bidra til økte krav til næring.

4.5.4.5 Beslutningsverktøy

Det er viktig at gårdbrukere har tilgang til brukervennlig verktøy for varsling og beslutningsstøtte innen plantevern (VIPS), gjødsling (Nitrogenstatus) og fare for jordpakking (Terranimo). NIBIO har vært involvert i utvikling av modellen EU-Rotate_N (Rahn et al. 2010), som er utviklet for grønnsakkulturer i Europa. Den er et nyttig beslutningsverktøy for vurdering av miljømessige og økonomiske konsekvenser knyttet til nitrogen i grønnsakomløp (Riley 2007, Riley & Børtnes 2010). Utvikling av nye og videreutvikling av eksisterende modeller er viktig for å gi gårdbrukere gode verktøy til hjelp for å ta dyrkingstekniske beslutninger. Dette krever betydelig satsing på forskning og rådgiving framover for at grunnlagskunnskapen om gjødslings-, jordarbeidings- og plantevernstrategier kontinuerlig skal kunne oppdateres for å tilpasses gjeldende forutsetninger.

Det utvikles fortløpende nye modeller for beslutningsstøtte, særlig til bruk ved mer steds- og behovstilpasset tildeling av gjødsel, plantevernmidler og kalk. Gjennom prosjektet PRESIS skal NIBIO være med å videreutvikle teknologiske løsninger for enda bedre presisjonsjordbruk, og samtidig sørge for at løsningene kommer ut i praksis til gårdene. Eksempler på mer kommersielle beslutningsstøttesystemer er Yara At-farm.

Enkle sensorbaserte systemer for overvåking av fuktighetsnivået i jorda og beslutningsstøtte for vanning via app er tilgjengelige for produsenter til relativt overkommelige priser, f.eks Agdir's system.

Gode varslingssystemer og bekjempningsråd vil også bli svært viktig i forhold til å bruke minst mulig kjemiske midler.

4.5.5 Tiltak for økt infiltrasjon og redusert overflateavrenning i jord

Slike tiltak er viktige for å kunne håndtere økte nedbørmengder og mer ekstrem nedbør, men vil også gagne avlingsmengde og kvalitet av produktene på kort sikt.

4.5.5.1 Valg av dyrkingssted/jordart

For noen vekster kan det være aktuelt å skifte dyrkingsområde, vekk fra jord som tørker sent opp, som leirholdig jord, og over på lettere og/eller mer selvdrenerende jord.

4.5.5.2 Avskjæringsgrøfter mm.

Av maskintekniske grunner og for å lette sentrering av plantene er det i potet og grønnsaksvekster vanlig med lange fårer som i kupert terreng går på langs av fallretningen for vannet. Ved større nedbørsmengder kan vannet få stor fart, og større mengder jord kan bli vasket bort. For å motvirke dette kan det lages ulike typer avskjæringsgrøfter eller mindre ujevnheter i eller mellom fårene for å redusere vannets hastighet. Dette har så langt vært lite utprøvd her i landet.

4.5.5.3 Mindre bar jord

Ved mer nedbør om høsten vil det bli viktigere å hindre overflateerosjon. Dette kan gjøres gjennom bruk av ettervekster, dekkvekster eller fangvekster eller gjennom grasdekte vannveier. Redusert jordarbeiding er fremmet som et effektivt tiltak mot erosjon, siden det bevares en høy andel planterester på jordoverflaten ([Børresen and Riley 2003](#)). Bruk av ettervekster og fangvekster har på grunn av kort vekstsesong vært mindre aktuelt i grønnsaker og potet. Dette kan endre seg ved lenger vekstsesong.

4.5.5.4 Bevissthet omkring jordpakking

Jordpakking er i hovedsak en konsekvens av ønsket om mer effektiv drift. Å øke kapasiteten gjennom større maskiner kan føre til betydelige pakkeskader, spesielt i dypere jordlag ([Hamza and Anderson 2005](#)). Dette er skader som ikke kan rettes opp gjennom naturlige prosesser og derfor permanent kan redusere arealproduktiviteten og forårsake økte kostnader ([Håkansson and Reeder 1994](#); [Lebert et al. 2004](#); [Voorhees 2000](#)). Bruk av lettere maskiner eller kun deler av lastekapasiteten ([Alakukku et al. 2003](#)) og unngå kjøring på de fuktigste plassene vil forebygge skader. Videre vil tekniske faktorer som redusert maskinvekt, lavt lufttrykk og brede dekk ([Brandhuber 2008](#); [Sommer et al. 2002](#)), være viktige bidrag for å ivareta jordstrukturen.

Jordas bæreevne er svakest når jorda er fuktig, kjøring på for fuktig jord må derfor unngås. Det er viktig å ha kunnskap om lagelighet for jorda og et bevisst forhold til både kjøretidspunkt og antall kjøring.

Innføring av faste kjørespor ved sprøyting kan få økende aktualitet for radkulturer framover. Grøfting og kalking er andre tiltak som kan forbedre jordstrukturen.

4.5.5.5 Strategi for jordarbeiding

God jordarbeiding er viktig for å løse opp jorda, kontrollere ugras og innarbeide planterester og husdyrgjødsel. Jordarbeiding medfører store kostnader (drivstoff, arbeid), krever maskin- og redskapskapasitet og er avgjørende for plantenes vekstvilkår. Riktig jordarbeiding gir god jordstruktur og bidrar til god rotvekst, vanninfiltrasjon og muligheter for lagring av vann og næringsstoffer. Vanlig pløying letter opptørkingen og løser opp hjulspor, pakkeskader og/eller tette jordlag. Pløying innarbeider halm og andre planterester, og reduserer ugras- og Fusarium-problemer ([Hofgaard et al. 2012](#)). Vårpløying begrenser erosjon gjennom vinteren og er i mange tilfeller like effektiv som høstpløying. Redusert jordarbeiding motvirker opptørking og øker jordstabiliteten, aggregering og vanninfiltrasjon. Redusert jordarbeiding må kombineres med effektive plantevern tiltak for å unngå problemer med ugras og plantesykdommer. De lokale forholdene, på det enkelte bruk det enkelte år, er avgjørende for valg av hensiktsmessig type jordarbeiding. På grunn av planterester og krav om mye løs jord er ikke redusert jordarbeiding alltid like hensiktsmessig å kombinere med radkulturer.

Jordløsning under ploglaget kan være effektivt under enkelte forhold, men nytte- og skadevirkninger av dette bør undersøkes videre.

4.5.5.6 Organisk materiale

Organisk materiale har positiv effekt på aggregatstabilitet og dermed på jordstruktur, samt på biologiske prosesser i jorda. Det bidrar til å øke jordas produksjonsevne og gi effektiv utnyttelse av innsatsfaktorene. Mengden og sammensetningen av det organiske materialet i jorda er viktig for evnen til å lagre vann og næringsstoffer. Organisk materiale i jord brytes ned og kan bidra til å øke CO₂ innholdet i atmosfæren.

Nedbrytingshastigheten øker med økende temperatur, noe som vil redusere jordfruktbarhet og ha negative avlingseffekter. Vekstskifte, vekslings mellom ulike plantearter på et skifte, er et viktig jordforbedringstiltak som vil kunne øke moldinnholdet og stimulere den mikrobiologiske aktiviteten i jorda, og gjennom det ha positiv effekt på både avlinger og kvalitet.

Jordhelse omfatter jordas fysiske (f.eks. jordstruktur, drenering, porøsitet og vannlagringsevne), kjemiske (næringsinnhold, pH-verdi) og biologiske helse (mikroorganismer som sopp, bakterier og meitemark). God jordhelse er viktig for jordas evne til å støtte både landbruksproduksjon og andre økosystemtjenester. En god og stabil struktur er ekstra viktig for å gi god tåleevne mot klimaeffekter (f.eks. kraftig nedbør) og jordpakking.

Utviklingen har de siste årene gått i retning av økt fokus på jordhelse og klima, blant annet gjennom retninger som regenerativt landbruk, karbon agro eller "conservation agriculture".

Overflateavrenning kan i stor grad reduseres gjennom plantedekke gjennom vinterhalvåret.

I tillegg til økt bruk av høstkorn og restriksjoner på høstpløying mange steder, legges det gjennom forskning og tilskudd til rette for økt bruk av fangvekster og redusert jordarbeiding.

Tilføring av planterester og bruk av plantedekke, i form av fangvekster, samt utsatt og mindre intensiv jordbearbeiding er viktige tiltak for å forbedre jordstrukturen, har de siste årene fått økt oppmerksomhet gjennom prosjekter i NIBIO (eks. CropDrive 2023-2027, GrønnFangst 2023-2025, Hakket Bedre 2021-2023). Det er også innført tilskudd i noen regioner til såing av fangvekster etter poteter.

Redusert jordarbeiding er også testet ut til grønnsaker og poteter. Langvarige dyrkingssystemforsøk i et 4-årig omløp på morenejord på Toten gjennom 30 år har vist at en kombinasjon av redusert jordarbeiding (vårharving) og fangvekster i kornårene har gitt tilnærmet like avlingsmengde og bedre kvalitet av potetene, sammenlignet med tradisjonell høstpløying (Molteberg og Eischeid 2026).

All jordarbeiding fungerer imidlertid best under tørre forhold, og klimaendringer og fuktige forhold kan være en utfordring i utføringen av redusert jordarbeid. Samtidig kan redusert jordarbeiding og fangvekster føre til økt ugraspress (spesielt rotugras), og en økt avhengighet av glyfosat (plantevernmidler) for å kontrollere ugras før såing. I prosjektet Cropdrive (2023-2027) undersøkes hvilke fangvekster som kan bidra til reduserte utfordringer med jordboende planteskadegjørere (utvalgte soppsjukdommer og nematoder) i potet og gulrot.

Parallelt med økt fokus på jordpakking og jordhelse er det økning i gjennomsnittsstørrelsen på traktorer og maskiner, og en økende andel fleroperasjonsredskaper. Det betyr at tyngden øker, men at antallet kjøringer samtidig kan reduseres. En utvikling av robotteknologi med autonome redskapsbærere vil framover kunne bidra til at mange arbeidsoperasjoner kan gjøres uten tunge traktorer som pakker jorda.

4.6 Kunnskapsstatus og forskningsbehov for grønnsaker og poteter

Tidligere og igangværende forskning, nasjonalt og internasjonalt, bidrar med betydelig kunnskap om relevante problemstillinger. For å håndtere store utfordringer knyttet til naturgitte forutsetninger i endring trengs likevel en kraftig styrking av forskningen framover.

I det følgende gis en kort kommentar på kunnskapsstatus og forskningsbehov på det som anses å være viktige problemstillinger i et endret klima (forskningsbehov i kursiv). Med få unntak er dette problemstillinger som med fordel bør adresseres også på kort sikt. Mange av punktene vil være av felles nytte for all åpenåkerproduksjon.

4.6.1 Drenering og kalking (kort og mellomlang sikt)

Mye nedbør kan på jordtyper med dårlig naturlig drenering gi forhold med høyt grunnvannsnivå. Dette vil bidra til dårlige forhold for jordarbeiding med fare for jordpakking (Hove, 1981), dårlige vekstforhold om sommeren, fare for økt overflateavrenning, erosjon og P-tap (Skaggs og Youssef, 2008) og fare for økt utslipp av lystgass (Øygarden et al 2009). God drenering er vist å gi avlingsøkning i korn, i hovedsak som et resultat av tidligere våronn, fordi jorda tørker fortere. God dreneringstilstand er særlig viktig ved fuktige forhold og når en nærmer seg dyrkingsgrensen for vekstene. Også ved vanskelige innhøstingsforhold er det viktig at jorda tørker fort. Ifølge Hove (1981) har rundt to tredeler av den dyrka jorda i Norge behov for grøfting, mens en tredel er selvdrenerende. På bakgrunn av Landbrukstellinga 2010 er det konkludert med at i gjennomsnitt for hele landet kan 8 prosent av arealet kan klassifiseres som dårlig drenert, med henholdsvis 12 og 15% i Østfold og Akershus. Av det dårlig drenerte arealet på landsplan er 48 prosent leid jord. En høy andel leiejord er en stor utfordring for langsiktige investeringer som kalking og grøfting. God kalktilstand er viktig for næringsopptak og struktur i jorda. Relativt høye arealtilskudd, og mindre andel av inntekten fra produkter og investeringstilskudd er forhold som reduserer lønnsomheten for tiltak som kalking og drenering.

Det er gjort noen få feltforsøk i korn, men det er behov for mer kunnskap om avlingsrespons og miljøeffekter av bedre drenering også for radkulturer, gjerne koblet til dimensjonering og intensiteten av grøftesystemer under ulike klima og jordfysiske egenskaper. Sammenligning mellom drenering, driftspraksis og pakkingsskader bør også belyses nærmere ved forskning. Det er også behov for mer kunnskap om drenering og andre tiltak knyttet til tap av nitrogen, fosfor og plantevernmidler.

4.6.2 Vekstskifte og organisk materiale (kort, mellomlang og lang sikt).

Bevaring av jordas karboninnhold er viktig for å begrense global oppvarming og for å opprettholde jordas fruktbarhet og gi effektiv utnyttelse av innsatsfaktorene. Moldinnhold, mikrobiologisk aktivitet og næringstilgang kan blant annet økes gjennom et godt vekstskifte. I tillegg kan godt vekstskifte bidra til å redusere sjukdomssmitte, og forbedre næringstilgang og jordstruktur.

Moldinnholdet i det meste av norsk åpenåkerjord er på vei ned (Riley et al 2006). Med utgangspunkt i høye moldinnhold har dette mindre betydning. I en del arealer nærmer det seg imidlertid en kritisk grense der aggregatstabilitet, biologiske prosesser, lagringsevne for vann og næringsstoffer reduseres.

Det er behov for økt kunnskap om viktigheten av organisk materiale for erosjon, næringstilgang, jordstruktur og plantevekst, samt kunnskap om tiltak som kan øke innholdet i dyrkingsjorda. Viktige stikkord er vekstskifte, mellomvekster og biokull. Muligheten for å utnytte vekstskifte mer bevisst til sanering av sykdommer, ugras og skadedyr bør også undersøkes. Lengre veksttid vil her gi nye valgmuligheter i forhold til vekslingsvekster. Det bør undersøkes betydning av art/sort, dyrkingsteknikk, så-

/plante/-settedatoer og -mengder. Mot nematoder kan sykdomsforebygging med oljereddik og sennep (biogassing) ha særlig relevans.

Forskningsbehov fra notat fra «Kornproduksjonen» som er like relevant for alle radvekster:

- Økonomiske studier: Hvordan kan lønnsomheten forbedres? Hva skal til for at tiltakene iverksettes? Gevinstpotensial for ulike tiltak.
- Tekniske spørsmål: Nye redskaper/metoder/agronomi for å redusere erosjon, løse pakket jord, bekjempe ugras.
- Beslutningsstøtteverktøy som kobler informasjon om dreneringstilstand, laglighet, værdata og plantens toleranse til vannmetning for å kunne predikere risikoen for vannmetningsskader.

Det bør også legges til at det er behov for videreutvikling av eksisterende verktøy innen plantevern (VIPS), gjødsling (Nitrogenstatus) og jordpakking (Terranimo) i forhold til nye forutsetninger.

4.6.3 Arter, sorter og dyrkingssted (kort og mellomlang sikt)

Foredling av norske potetsorter foregår i dag på Graminor. Resistens mot sykdommer er viktig foredlingsmål også i dag. Framover er det viktig å tenke mot sorter som er robuste mot ulike værforhold knyttet til temperatur, CO₂ og vannstress (mye/lite). Sortene bør også bevare sin kvalitet ved ujevne vekstforhold, - i dag er rust og sekundær knollvekst ofte forekommende etter slike sesonger.

Det bør vurderes screeningforsøk for nye sorter for stressfaktorer (varme, vann/tørkestress).

Sortsforsøk med potet gjennomføres i dag i hovedsak gjennom offentlig testing (NIBIO på oppdrag fra Mattilsynet) og gjennom privat prøving. For grønnsaker er det ingen koordinert sortsprøving, men en del arbeid gjøres av de enkelte enheter i Norsk Landbruksrådgivning, ofte i samarbeid med (men ikke finansiert av) frøforhandlere og sortseiere. Sporadisk sortsprøving gjøres også av NIBIO finansiert av midler fra Landbruks- og matdepartementet eller i enkelte forskningsprosjekter. Det vil framover være viktig å kartlegge hvordan ulike arter og sorter påvirkes i et endret klima.

Det er behov for forskning som studerer effekter og samspill mellom forskjellige faktorer som inngår i et endret klima, f. eks temperatur, CO₂, daglengde, ozon. Studier av rotutvikling bør inngå som en del av dette. Ved introduksjon av mer varmekjære sorter er det viktig å ha kunnskap om mulige daglengdeeffekter. Systematisk og kontinuerlig sortsprøving av grønnsaker blir viktig for å sikre godt tilpasset materiale, ettersom det knapt gjøres norsk sortsforedling av grønnsaker.

Ved endrede dyrkingsbetingelser kan det være aktuelt å introdusere nye grønnsaksarter til Norge. Slike arter og sorter kan med fordel først testes under kontrollerte forhold og med ulike dyrkingsforhold før de introduseres i større skala.

Et endret klima kan påvirke dyrkingsområdet for ulike vekster. Til dels svært detaljerte jordbrukskart kan brukes som grunnlag for å lage egnethetskart for ulike radvekster. Det eksisterer i dag slike kart for grønnsaker i Vestfold, og det er initiert ytterligere arbeid med slike kart, blant annet i Østfold i 2015-2016 og gjennom en nasjonal ikke innvilget søknad på potet («MATKART»). Ved endret klima kan slike egnethetskart få økt aktualitet. De kan brukes for å finne dyrkingssteder som gir akseptabel avlingsstørrelse, produktkvalitet og miljøeffekt for produksjonen. Forsøk i NIBIO-prosjektet «Økt konkurransekraft for norske poteter» 2013-2017 viser stor betydning av dyrkingsforholdene på skallkvalitet av poteter.

En god kunnskapsbase om forhold som påvirker avling, kvalitet og miljøeffekter av ulike radvekster bør utarbeides og utnyttes til modellering av egnethet for nye klimaforhold.

4.6.4 Stressforsøk

Ved endret klima er det viktig å ha robuste planter som best mulig tåler endringer i klima og jordfysiske forhold. Det kan være vannmetning, tørkestress eller varmestress, men også tiltak som påvirker jordfysiske forhold. I NIBIO er det nylig gjennomført prosjekter med ulik jordpakking og løsning der effekten på gulrot og potet studeres på rot- og helplantenivå. Det er de siste årene også utført en del arbeid på betydningen av fuktighet og temperatur i dyrkingssesongen på skurvforekomst og skallkvalitet av potet.

Det er stort behov for videre studier på både rotvekst, helplanter og bestandsnivå av abiotisk stress. Det er behov for større forståelse om samspillet mellom ulike vekstfaktorer i de ulike vekstene for avling og kvalitet, da dette er viktig for prediksjon av planteresponser i et endret klima.

4.6.5 Nærings- og vannforsyning

Ved endret klima vil det være behov for nye strategier der næring og vann i større grad tilføres ved behov i tid og rom. Det er god kunnskap om effekter av nitrogen til radvekstene, men mindre i Norge på andre makro og mikrostofer. Presisjongjødsling øker i utbredelse i Norge, men er lite brukt i potet og grønnsaker.

For å realisere et potensiale for økt produksjon i radkulturer under endret klima bør presisjongjødsling utvikles for radkulturer som en metode for effektiv tildeling av riktig mengde næringsstoffer innad på skiftet. Strategier for fordeling av næringstildeling over tid bør videreutvikles for å redusere næringstap. Aktuelle tiltak er ulike delgjødslingsstrategier, bladgjødsling og dryppvanning med næringsløsning.

God vanntilgang er vist i norske forsøk å være svært viktig, særlig sent i sesongen, men også tidlig for løk (Riley 2014, Vågen et al. 2026). Dryppvanning i form av svetteslanger er så vidt testet til frilands radkulturer i Norge og kan få økende aktualitet.

Dryppvanning bør kunne utvikles videre som et tiltak mot vekststagnasjon i tørre perioder.

4.6.6 Erosjon og overflateavrenning

Omfanget av erosjon og overflateavrenning forventes å øke, og ikke minst i grønnsaker og potet med lange fårer og mye bar jord det meste av sesongen.

Det vil være økt behov for forskning og tiltak som kan hindre vannet i å grave, eksempelvis avskjæringsgrøfter, ulike strukturer som reduserer vannhastigheten, bruk av ettervekster eller dekkvekster, eller bruk av samplanting.

4.6.7 Lagring

Endrede klimaforhold påvirker lagringskvaliteten til grønnsaker og poteter. Klimaendringer med lengre vekstsesong, økte temperaturer og mer nedbør i innhøstingsperioden påvirker lagringskvaliteten og stiller nye krav til håndtering og lagerteknologi. En lengre og varmere vekstsesong kan føre til at grønnsaker og poteter høstes med økt fysiologisk alder. Dette reduserer lagringsstabiliteten og øker behovet for stabile og kontrollerte lagerforhold. I kulturer som potet og løk kan dette også nødvendiggjøre spirehemmende behandlinger for å sikre god kvalitet gjennom lagringsperioden. Fuktige forhold om høsten, som stadig hyppigere observeres, skaper store utfordringer for innhøstingen. Forsinket opptak kan medføre at råvaren kommer inn på lager med høyere fysiologisk alder. Dette øker risikoen for redusert lagringskvalitet i både grønnsaker og potet. Vedvarende fuktighet rundt innhøsting øker faren for sopp- og bakteriesjukdommer som kan utvikle seg videre på lager og føre til kvalitetsforringelse. Risikoen for tap er særlig høy i kulturer med mye sårflater etter høsting, som potet, løk og rotgrønnsaker. Endrede klimaforhold setter større krav til

lagringsteknologi. Det er spesielt viktig med tilstrekkelig tørkekapasitet ved innlagring, særlig for potet og løk og en mer stabil og kontrollert kjølelagring gjennom lagringssesongen.

I etterkant av notatet i 2016 har det vært sterkt økende fokus på teknologi og presisjonslandbruk, og på jordhelse og organisk materiale i jord som en langsiktig og kontinuerlig oppgave.

Innen agronomiske og tekniske løsninger er det behov for en rekke tiltak på kort og mellomlang sikt:

- Mer systematisk og samordnet norsk sortsutprøving i grønnsakkulturene, med særlig vekt på behovet for klimarobuste sorter, og med utgangspunkt i at sortsforedlingen ikke er spesielt rettet mot norske forhold
- Kunnskap om vekstfysiologisk respons på faktorer som påvirkes av klimaendringene: temperatur, vann (tørke/vannmetting), kombinasjonen av temperatur og lyskvalitet/daglengde i skuldersesonger
- Kunnskap om agronomi, tilpasninger og tiltak for å fremme robuste, effektive rotsystem.
- Vurdere justering av gjødslingsnormer for ulike næringsstoff i forhold til lengre vekstsesong, endring i nedbørsforhold og dyrking av nye arter/sorter
- Videreutvikling av gjødslingsstrategier for å øke næringsstoffutnyttelsen og redusere tap, blant annet økt bruk av bladgjødsling og fordeling av ulike næringsstoffer i tid og rom
- Videreutvikling og mer bruk av presisjonsgjødsling for å tilpasse gjødslinga til behovet, også innenfor skifter
- Økt kunnskap om hva som er god og dårlig dreneringsgrad, hvilke dreneringsforhold som gir optimal produksjon, og hvilke som gir størst reduksjon av lystgassutslipp trengs for å bedre anslagene av effektene
- Utvikle dyrkingsteknikk og utstyr for redusert jordpakking
- Utvikling av løsninger for å redusere tiden med bar jord i og utenfor dyrkingssesongen, eks. 'strip-till' i grønnsaker
- Utvikle dyrkingsteknikk og utstyr for redusert jordarbeiding og lengre perioder med plantedekke
- Betydning av vekstskifte og mellomvekster for jordstruktur, plantevern, næringsopptak, moldinnhold, og mikrobiologisk aktivitet
- Valg av fangvekstart og dyrkingsteknikk for å redusere erosjon, næringstap og optimal løsning av pakket jord
- Konsekvenser av mer planterester/fangvekster på matvekstene, og dyrkingsstrategier for å sikre fortsatt høye avlinger og god kvalitet
- Dryppvanning og fuktstyring gjennom bruk av jordfuktsensorer
- Utvikling av drone-, robot- og sensorteknologi for mer effektiv deteksjon og/eller tildeling

- Utvikling av nye lagringsstrategier tilpasset økt fysiologisk alder/redusert lagringsstabilitet, eventuelt med ytterligere behandlingstiltak for å unngå groing og kvalitetsreduskjon.
- Økt vekt på tekniske løsninger for lagring av grønnsaker og poteter, for mer stabil kjølelagring til poteter og muligheter for bruk av modifisert atmosfære til grønnsaker

Tiltak på lengre sikt:

- Nye vanningsanlegg
- Utvikling av robotteknologi med autonome redskapsbærere som kan bidra til økt presisjon og mindre jordpakking
- Utvikling av mer klimarobuste sorter gjennom foredling med Crispr-teknologi
- Ulike langsiktige tiltak for oppbygging av organisk materiale og god jordhelse

Plantehelse og plantevern

- Videreutvikling av gode modeller, varslingsystemer og bekjempningsråd mot sykdommer og skadedyr (eks. sortsmottakelighet, klimaendringer og plantevernmiddelresistens)
- Videreutvikle bruk av vekstskifte for å redusere ugras- og skadedyrproblemer.
- Økt kunnskap om plantevern i dyrkingssystem med mindre jordarbeiding og mer planterester/fangvekster
- Foredle og ta i bruk robuste, konkurransedyktige og resistente kulturplanter.
- Utvikling av integrerte bekjempingsstrategier med kjemisk-økologiske metoder (f. eks. massefangst med luktfeller), biologisk bekjempelse (naturlige fiender, biopesticider), termiske og mekaniske metoder som alternativer til kjemisk bekjempelse, samtidig som en må utnytte kjemiske metoder og veksle på midler for å hindre resistens.
- Stimulere til oppgradering av eksisterende lager for grønnsaker og poteter til kjølelager med god nok kapasitet og styring til å ivareta kvaliteten og redusere svinn relatert til sykdommer

Kunnskapshull knyttet til plantehelseutfordringer i potet- og grønnsakdyrking er beskrevet i mer detalj i andre publikasjoner (Hermansen & Aamlid 2019; Klinge et al. 2026). Noen eksempler som er spesielt relevante i et endra klima og for klimatilpasning inkluderer behov for økt kunnskap for/om:

- Skadeterskler og ugrasfri periode under varierende klimatiske forhold
- Samspill mellom sjukdomsutvikling og dyrkingsteknikk under norske forhold
- Effekter av ekstremvær, som f.eks. tørke og kraftig nedbør, på plantenes motstandskraft mot skadedyr og plantesjukdommer
- Effekter av klimaendringer på skadedyrdynamikk og nye skadedyr (f.eks. koloradobille)
- Kartlegging/overvåking av skadegjørere for å forstå utbredelse og risiko i ulike regioner

4.7 Oppsummering

Med økte middeltemperaturer og lenger vekstsesong har Norge et visst potensiale for økt norsk produksjon av landbruksvarer, også for poteter og grønnsaker. Dyrkingsområdet kan utvides og det kan tas i bruk nye arter og mer yterike sorter. Med økt temperatur følger imidlertid mer nedbør og større nedbørintensitet, noe vi allerede har fått en forsmak på. Dette kan gi utfordringer med vannmettet jord i lengre perioder, men også med lengre perioder med varme og tørke. Mye nedbør vår og høst kan sterkt begrense muligheten til å utnytte en lenger vekstsesong og til å høste produktene under gode forhold. Ujevne vekstforhold kan videre være uheldig for vekstrytmen, og endrede klimaforhold kan påvirke plantefysiologiske responser, noe som påvirker både avling og kvalitet.

For å realisere et potensiale for økt produksjon er det behov for agronomiske, tekniske og politiske tilpasninger og tiltak, både på kort og lang sikt. Strukturtiltak som bør prioriteres er oppfølging av grøftetilstanden ved norske gårdsbruk, til en viss grad også kalktilstanden. En rekke andre tiltak med innflytelse på jordas framtidige produksjonsevne må også få fokus, som økte bruk av vekstskifte, redusert jordarbeiding og andre tiltak som kan øke jordas fruktbarhet. Jordpakking knyttet til kjøring med tungt utstyr på våt jord er en økende trussel for jordas produksjonsevne og må adresseres. Videre må det være fokus på et mest mulig robust plantemateriale som tåler variasjoner i vekstforhold. Det er også behov for kunnskap og teknologi som kan gi effektiv tildeling av vann og næring når planten kan nyttiggjøre seg det, slik at minst mulig ressurser går til spille. Økte forekomster og nye typer sykdommer, insekter og ugras må også håndteres som en del av et varmere klima. Basis for videre prediksjon av planteresponser i et endret klima er imidlertid økt forståelse for samspillet mellom ulike vekstfaktorene og deres betydning for avling og kvalitet i de ulike vekstene.

Værstatistikken tyder på at utviklingen mot varmere og villere klima er i gang. Ettersom de fleste av tiltakene vil ha positive konsekvenser for avling og kvalitet også på kort sikt, kan de med fordel igangsettes umiddelbart. En betydelig styrket satsing på forskning, utvikling og rådgiving bør danne grunnlaget for å kunne gjøre de rette tilpasninger og tiltak.

4.8 Litteratur

- Alakukku, L., Weisskopf, P., Chamen, W.C.T., Tijink, F.G.J., van der Linden, J.P., Pires, S., Sommer, C., Spoor, G. 2003. Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review Part 1. Machine/soil interactions. *Soil & Tillage Research* 73, 145-160.
- Brandhuber, R., Demmel, M., Koch, H.J., Brunotte, J. 2008. Bodenschonender Einsatz von Landmaschinen, In: DLG (Ed.), *DLG Merkblatt. Bayerische Landesanstalt fuer Landwirtschaft (LfL)*, pp. 1-18.
- Børresen, T., Riley, H. 2003. The need and potential for conservation tillage in Norway, *Proc.Int. Soil Tillage Res. Org. 16th Triennial Conference, Brisbane, 'Soil Management for Sustainability'*, Brisbane, Australia, pp. 190-195.
- Cottis, T. 2015. En framtid du ikke vil ha. Global oppvarming: Forutsetninger, risiko og sannsynlige konsekvenser. Rapport 9/2015. Fremtiden i våre hender.
- Hamza, M.A., Anderson, W.K. 2005. Soil compaction in cropping systems - A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil & Tillage Research* 82, 121-145.
- Hanssen-Bauer, I., H. Drange, E.J. Førland, L.A. Roald, K.Y. Børsheim, H. Hisdal, D. Lawrence, A. Nesje, S. Sandven, A. Sorteberg, S. Sundby, K. Vasskog og B. Ådlandsvik (2009): *Klima I Norge 2100*.
- Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilplassing, Norsk klimasenter, september 2009, Oslo
- 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. 2015. *Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NKSS rapport no. 2/2015*. p. 204
- Hauge, A., Haukås, T., Rivedal, S., Deelstra, J. 2020. Drenering og klimagassutslipp. Virkning av drenering på klimagassutslipp, arealomfang og tiltaksanalyse. NIBIO Rapport 6(6). p. 36.
- Haukås, T. Johnsen, H.M. 2025. Kostnader og barrierar for drenering i norsk jordbruk. NIBIO Rapport 11(38). p. 50.

- Hermansen, A., Aamlid, D. (red.) (2019). Kunnskapsnotat Plantehelse. NIBIO Rapport 5(147). ISBN 978-82-17-02446-0
- Hoel, B., Abrahamsen, U., Strand, E., Åssveen, M., Stabbetorp, H. 2013. Tiltak for å forbedre avlingsutviklingen i norsk kornproduksjon, In: Bioforsk (Ed.), Bioforsk rapport p. 95
- Hofgaard, I.S., Seehusen, T., Abrahamsen, U., Razzaghian, J., Le, V.H., Elen, O., Strand, E., Brodal, G. 2012. Impact of agricultural practices on mycotoxin contamination of oats and spring wheat in Norway, 7th conference of the World mycotoxin forum and XIIIth IUPAC international symp., Rotterdam, Netherlands.
- Hove, P. 1981. Bæreevne og stabilitet i jorda i relasjon til drenering. Sluttrapport Norges Landbruksvitenskapelige Forskningsråd. nr.362. ISBN 82-7290-076-9. 10 s.
- Håkansson, I., Reeder, R.C. 1994. Subsoil compaction by vehicles with high axle load extent, persistence and crop response. *Soil & Tillage Research* 29, 277-304.
- Klingen, I., Henriksen, B., Burri, L., (red.), 2026. Kunnskapsstatus for god plante helse, effektivt plantevern og alternativer til kjemiske plantevernmidler. NIBIO Rapport 12(28). ISBN-nummer: 978-82-17-03947-1
- Lebert, M., Brunotte, J., Sommer, C. 2004. Ableitung von Kriterien zur Charakterisierung einer schaedlichen Bodenveraenderung. entstanden durch nutzungsbedingte Verdichtung von Boeden/ Regelung zur Gefahrenabwehr, 46-04 ed. Umweltbundesamt.
- Molteberg, E.L. og Eischeid, I. 2026. Langtidseffekter av ulike dyrkingssystemer ved dyrking av potet. I *Jord- og Plantekultur 2026* (red. H. Solberg). NIBIO Bok 12 (3) 262-265.
- Møller, H., E. Svanes 2009. Statusgjennomgang Mat og miljø. Oppdragsrapport OR.23.09, Østlandsforskning. http://ostfoldforskning.no/uploads/prosjektsider/publikasjon/Statusgjennomgang_mat_og_milj%C3%B8.pdf
- Mørkved, P.T., Dörsch, P. and Bakken, L.R. 2006a. The nitrification product ratio $N_2O/(NO_3^-+NO_2^-)$ in soil and its dependence on soil pH. *Soil Biol. Biochem.* 38, 3411-3420
- Olesen, J.E. 2014. Agricultural crops, In: Olesen, J.E., Astthorsson, A., Bragason, A., Jarpe, J., Kristofersson, D.W., Mielikäinen, K., Oddsson, G., Stokseth, A. (Eds.), *Climate change and primary industries: Impacts, adaptation and mitigation in the Nordic countries*. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark.
- Olesen, J.E., Bindi, M. 2002. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy* 16, 239-262.
- Rahn, C.R., Zhang, K., Lillywhite, R., Ramos, C., Doltra, J., de Paz, J.M., Riley, H., Fink, M., Nendel, C., Thorup Kristensen, K., Pedersen, A., Piro, F., Venezia, A., Firth, C., Schmutz, U., Rayns, F. & Strohmeyer, K. 2010. EU-Rotate_N – a European Decision Support System – to Predict Environmental and Economic Consequences of the Management of Nitrogen Fertiliser in Crop Rotations. *Europ. J. Hort.Sci* 75(1):20-32.
- Reidsma, P., Ewert, F., Lansink, O.A., Leemans, R. 2010. Adaptation to climate change and climate variability in European agricultur: The importance of farm level responses. *European Journal of Agronomy* 32, 91-102.
- Riley, H. 2007. EU-Rotate_N: Et beslutningsverktøy for vurdering av N-syklus i grønnsaksomløp. *Bioforsk FOKUS* 2(1): 144-145.
- Riley, H. Vanningsstrategi for frilandsgrønnsaker. Når er det nok, men ikke for mye? *Gartneryrket* 10/2014, 16-19.
- Riley, H og M. Bakkegard 2006. Declines of soil organic matter content under arable cropping in southeast Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 56: 217-223.
- Riley, H. & Børtnes, G. 2010. Economic and Environmental Assessments of Vegetable Rotations in Norway using the EU-rotate_N Model. *Acta Horticulturae* (852):215-226.
- Skaggs, R.W., Youssef, M.A. 2008. Effect of Drainage Water Management on Water Conservation and Nitrogen Losses to Surface Waters. North Carolina State University. 16th National Nonpoint Source Monitoring Workshop, September 14-18, 2008 Columbus, Ohio
- Setter, T.L., Waters, I. 2003. Review of prospects for germplasm improvement for waterlogging tolerance in wheat, barley and oats. *Plant Soil* 253, 1-34.
- Sommer, C., Brandhuber, R., Brunotte, J., Buchner, W. 2002. Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion, Kap. 3: Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen, In: Bundesministerium fuer Verbraucherschutz, E.u.L. (Ed.). Bundesministerium fuer Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Bonn, Germany.
- Sæbø, A., Mortensen, L.M. 1995. Growth and regrowth of *Phleum pratense*, *Lolium perenne*, *Trifolium repens* and *Trifolium pratense* at normal and elevated CO₂ concentration. *Agric., Ecosyst. Environ.* 55, 29-35.
- Sæbø, A., Mortensen, L.M. 1996. Growth, morphology and yield of wheat, barley and oats grown at elevated atmospheric CO₂ concentration in a cool, maritime climate. *Agric., Ecosyst. Environ.* 57, 9-15.

- Voorhees, W.B. 2000. Long-term effect of subsoil compaction on mais yield, In: Horn, R., Van den Akker, J.J.H., Arvidsson, J. (Eds.), Subsoil compaction: Distribution, Processes and Consequences. Catena Verlag, Reiskirchen, Germany, pp. 331-338.
- Vågen, I M., Heltoft, P., Volovyk, A., Gillund, A. Vanning, vannbehov og tørkestress hos løk (*Allium cepa* L.). NIBIO POP (under publisering)
- Øygarden, L., Nesheim, L., Doersch, P., Fystro, G., Hansen, S., Hauge, A., A, K., Krokann, K., Stornes, O.K. 2009. Klimatiltak i jordbruket- mindre lystgassutslipp gjennom mindre N-tilførsel til jordbruksareal og optimalisering av dyrkingsforhold, In: Bioforsk (Ed.), Bioforsk rapport, p. 83.

5 FRUKT OG BÆRPRODUKSJONEN

Handelsdyrkinga av frukt og bær i Norge er lokalisert på dei klimatisk beste stadene i landet. På Austlandet er det området rundt Oslofjorden og nokre større innsjøar som har salsproduksjon i større målestokk. På Sørlandet er frukt- og bærhagane meir spreidde og ligg litt inn frå kysten. Vestlandet har mest frukt og bær i dei midtre og indre fjordbygdene.

Omfanget av produksjonen i 2025 (SSB) var 13615 daa med eple, 598 daa med pære, 4302 daa med plomme og 1634 daa med søtkirsebær. Innan bær var arealet 2450 daa med solbær, 8288 daa med jordbær og 2374 daa med bringebær. I tillegg dyrkes hageblåbær, stikkelsbær og rips i mindre omfang.

Halve eplearealet finn ein på Vestlandet med Vestland som det største fylket. Austafor finn ein epleproduksjonen hovudsakleg i Telemark, Buskerud og Vestfold. Plomme- og søtkirsebær finn ein hovudsakeleg i Vestland. Men dei same fylka på Austlandet som dyrkar eple har også ein stor plomme- og søtkirsebærproduksjon. Bærproduksjonane er meir fordelte i landet, men hovudtyngden av arealet er rundt Oslofjorden. For bringebær dyrkes det fortsatt mest langs Sognefjorden. Solbærproduksjonen er i Telemark, Buskerud og Innlandet.

5.1 Klima og frukt og bær dyrking

Klima er den sentrale miljøfaktoren som styrer produksjonen av frukt og bær. I Norge avgrensar den korte vekstsesongen kva artar og sortar som kan modnast før hausting. For frukt- og bærartar som vert dyrka på friland, er tilstrekkeleg vinterkulde ein føresetnad for å bryte knoppkvila og sikre normal blomstring og fruktutvikling. Dyrkingsgrensene kan likevel flyttast noko gjennom val av sortar med lågare kjølekrav, bruk av kjemisk kvilebryting, eller ved å plante kjølelagere bærplanter. I kjølegare område kan dyrkinga utvidast ved bruk av tidlege sortar eller klimamodifiserande tiltak som overdekking med plasttak.

Kjerne- og steinfrukt og dei fleste bærartar er lauvfellande og treng ein vinterkvile etter lauvfall. Knoppkvila vert først broten etter akkumulering av eit art- og sortsbestemt tal kjøleiningar, definert som timar mellom -2 og 10 °C (Webster, 2005). Kjølebehovet varierer frå nokre hundre timar til om lag to tusen timar. Manglande vinterkulde kan gi dårleg knoppbryting og ujamn blomstring, slik det er rapportert for enkelte solbærssortar i Danmark etter milde vintrar (Sønsteby & Heide, 2020).

Frukt- og bærplanter toler dårleg både høge sommartemperaturar og ekstrem vinterkulde. Ved temperaturar over 40 °C vert plantenes evapotranspirasjon redusert, og fotosyntese, fruktstorleik og fargeutvikling vert påverka. Risikoen for solsviing aukar. Ekstrem kulde utan tilstrekkeleg snødekke kan skade røter og vedvev, og slike skadar er registrert i fleire norske produksjonsområde, til dømes i Indre Sogn for frukt, og på Austlandet for bringebær og jordbær.

5.2 Forventa klimaendringar og konsekvensar for frukt og bærproduksjon

Vekst og utvikling av alle typar planter heng saman med vêrtilhøva og er påverka ulikt i ulike delar av vekseperioden og under vinterkvilen. Korleis planta veks og utviklar seg påverkar også skadeorganismar knytt til plantene. Vêrtilhøva kan endra seg frå år til år. Endringar over tid i vêrtilhøva vert rekna som klimaendringar. Forventa klimaendringar i Norge er høgare temperatur (kapt. 4.1), meir nedbør (kapt 4.2) og meir ekstremvêr (kapt. 4.3).

5.2.1 Auka temperatur

Forventa oppvarming er ~3,4 °C fram mot 2100 (SSP3-7.0 – utsleppsscenario). Oppvarminga er estimert til å bli større i nord enn i sør, større i aust enn i vest, og størst om vinteren (Dyrddal m.fl., 2025). Dette gjev kortare vintrar og lengre somrar, som gjev lengre vekstsesong, med tidlegare vårstart og seinare haustslutt. Vestlandet, Telemark, og Agder får moderat temperaturauke samanlikna med innlandet og Nordlege delar av Norge. Det vil vera færre frostdagar totalt. Det er også estimert ekstremvarme med hyppigare hetebølger og tropenetter, også i kyststrøk. Temperaturen i månadane frå mai til september har stor innverknad på avling, kvalitet og mogning i same vekstsesong, og påverkar òg avlingspotensialet året etter. Temperatur kvar månad spelar ei særskilt rolle i utviklingssyklusen til frukt og bær:

- **April.** Temperaturen i april styrer tidspunktet for blomstringa av frukttre. Over tid ser ein at ein grad høgare april-temperatur gir om lag fire dagar tidlegare blomstring (utdjuping i 4.1.1 forskyving av blomstringstid). Ein tidleg vår kan difor forskyve både blomstring og innhausting. Særleg for nye dyrkingssystem med fleirgongsberande jordbærartar, er temperaturen i april viktig for god planteetablering og danning av blomsterknopp for den andre avlingstoppen i juli/august. For *Ribes*-artene kan ein varm april, etterfylgt av kald mai gi utfordringar med frost i blomen, dårleg pollinering og føre til inntil 100% avlingsreduksjon.
- **Mai.** Mai er ein kritisk månad for blomstring og fruktsetjing. Kaldt vår i starten av månaden gir sein blomstring, og kaldt og ustabilt vår under sjølve blomstringa fører både til lang blomstringsperiode og potensielt dårleg pollinering. Dette skuldast at pollinatorar som honningbier er lite aktive i kjølig og vått vår, pollenslangen veks sakte, og befruktinga blir dårleg. Eit større mangfald av pollinatorer som ulike villbier som humler og solitære bier er derfor eit viktig tiltak for å sikre god pollinering (Vassvik m.fl., 2025). Låge temperaturar rett etter blomstring fører til dårleg fruktsetjing, og mange blomsterrestar fell av. For fleire frukt- og bærartar er det funne ein klar negativ samanheng mellom temperatur i mai og avlingsnivå.
- **Juni.** I juni skjer celledeling som legg grunnlaget for fruktstorleiken. Gode vekstvilkår – tilstrekkeleg varme, lys og tilgang på vatn – gir mange celler og dermed større frukt. Gunstige forhold i juni bidreg også til lite kartfall i juni og juli. Tidlege frukt- og bærslag modnar tidlegare i varme juni-månadar. Nokre søtkirsebærsortar kan til dømes modne 5–6 dagar tidlegare for kvar grad temperaturauke i juni.
- **Juli.** I juli er temperaturen ofte så høg at det kan vere vanskeleg å finne klare samanhengar mellom temperatur og utvikling hos eple. For bringebær og jordbær kan høge temperaturar i juli gi dårlegare smak og mindre bærstørrelse. Likevel viser erfaring at høg temperatur i juli gir betre aroma i kravfulle eplesortar. Mykje regn er derimot uheldig; ein regnfull juli er vanlegvis ein kjølig juli, og det gir svakare kvalitet, og økte utfordringar med råtesopper i bær.
- **August.** Augusttemperaturen verkar om lag på same måte som juli for frukt og bær som ikkje alt er mogne. Høge temperaturar fremjar sukkerdanning og smak i fleire artar, medan kjølige og regnfulle periodar kan gi dårleg modningskvalitet.
- **September.** September er ofte for kjølig til å gi ei optimal avslutting på vekstsesongen. Kravfulle frukt- og bærslag får lett redusert kvalitet dersom temperaturen er låg. Eple utviklar best farge når det er store skilnader mellom dag- og nattetemperatur, slik ein får i klårversperiodar. Gode haustvêrforhold gjer betre smak, modninga jamnare og haustinga enklare. For steinfrukt og bærartene er september dessutan ein nøkkelmånad for danning av blomsterknoppar for neste års avling. Høg temperatur i denne perioden kan gi grunnlag for ein rikare avling året etter.

5.2.1.1 Forskyving av blomstringstid

Fenologiske endringar i fruktartar er godt dokumenterte og eignar seg som indikatorar for klimavariasjonar, då utviklingsstadia har vore internasjonalt standardiserte i meir enn femti år (Blanke & Kunz, 2011). I Noreg er det observert tydelege forskyvingar i blomstringstid som følgje av temperaturendringar om våren. For eple er blomstring i sorten 'Gravenstein' på Ås framskunda med 16 dagar i perioden 1966–2016, primært styrt av temperaturane i april–mai (Rivero et al., 2017). Ein parallell trend vart funnen for tolv andre eplesortar observert i perioden 1986–2016, der full bløming i gjennomsnitt vart framskunda med ni dagar (Rivero et al., 2017). Desse studiane viser ein tydeleg

negativ samanheng mellom varmeakkumulering i april–mai og dagar til blomstring, og indikerer at temperatur er den dominerande årsaksfaktoren for endringane i blomstringstid.

Woznicki et al. (2019) dokumenterte ein tilsvarende trend i eit langtidsforsøk med tre plommesortar i Ås (1985–2016). Auka temperatur i mars og april var negativt korrelert med tidspunkt for full blomstring, og blomstringa vart i gjennomsnitt framskunda med ti dagar i løpet av studieperioden. I tillegg viste studien at høgare temperaturar i august og september året før var positivt korrelert med mengda blomsterknoppar og dermed bidrog til meir rikeleg blomstring året etter. Forfattarane peikar på ei tydeleg negativ korrelasjon mellom tal dagar til blomstring (etter 1. april) og varmeakkumulering i april–mai, noko som understrekar at temperatur er hovudfaktoren bak dei observerte fenologiske endringane.

I Ullensvang er det observert liknande responsar i søtkirsebær. Meland et al. (2014) viste at høgare middeltemperaturar i mars–april over ein femårsperiode førte til om lag åtte dagar tidlegare blomstring. Analysar av varmesum støtta dette funnet. Desse resultatane samsvarer med dei nasjonale og internasjonale trendane og viser at relativt små endringar i temperatur tidleg om våren gir store utslag i blomstringstid hos fruktartar (Wenden et al., 2016).

5.2.1.2 Danning av blomsterknoppar

Sommartemperaturen verkar direkte inn på evna plantene og trea har til å danne blomsterknoppar. Lite kravfulle fruktslag og tidlege bærsortar vil ha nok varme til knoppsetting i store delar av Sør- og Midt-Noreg og har difor mindre årlege variasjonar. Kravfulle fruktartar og seine sortar er meir sensitive. Eplesorten 'Gravenstein' vil til dømes normalt ikkje danne blomsterknoppar i Trøndelag eller lenger nord, fordi sommartemperaturen er for låg.

5.2.1.3 Bryting av vinterkvila

Frukttre og fleirårige bærartar treng ein periode med kulde for å bryte den fysiologiske kvila. Per i dag er dette sjeldan eit problem i Norge, men i eit varmare klima kan utilstrekkeleg vinterkulde bli ein utfordring i ekstreme år. Erfaringar frå mellom-europeiske område viser at mild vinter kan gje ujamn og lang blomstringsperiode, dårleg og variabel fruktsetjing og stor ulikskap i modning mellom frukt og bær på same tre og plante (Luedeling, 2012). Liknande forhold kan på sikt også opptre i norske dyrkingsområde, spesielt i sorter med høgt kjølekrav for bryting av knoppkvila.

I nye, meir nordlege dyrkingsområde kan det vera ein risiko for vinterfrostskeidar, ettersom mildare vintrar kan gi redusert herding etterfølgd av kuldeperiodar.

5.2.1.4 Risiko for frostskeidar

Blomsterknoppar i frukt- og bærartar er svært frostutsette når celledeling står på sitt mest aktive. For eksempel toler solbær-, bringebær- og surkirsebærknoppar $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ i svellefasen, men på stadiet grøn spiss blir knoppene skadde når temperaturen kjem under -4 til $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. På stadiet tett eller open klyngje toler knoppene -1 til $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, og i open blomst frys dei ved 0 til $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Artar og sortar som blomstrar tidleg er mest utsette. Slik skade kan vi sjå ved at griffelen er øydelagd (mørkfarga), og vi ser det lettast i blomstringsperioden. Når griffelen i ein blomster er skadd, blir det inga frukt og underutvikla og dårleg kvalitet på bæra.

Frost både før og etter blomstring kan føre til at overhuda på den unge karten losnar. Dette gir det vi kallar korkhud, ein ru korkaktig overflate som følgjer frukta heilt fram til modning. Skaden viser seg ofte som såkalla froststriper, ei langstrakt stripe av korkhud som går frå stilk- til begerende, breiast midt på frukta og smalare i begge endar. I område lenger sør i Europa er frostskeidar i blomster vanlegare enn hos oss, fordi blomstringa der startar tidleg og kan bli råka av kuldeperiodar. I Noreg kjem blomstringa som regel såpass langt utpå våren at risikoen er mindre. Ved endra temperaturar kan blomstringa koma tidlegare i gang og vårfrøst kan verta ei større utfordring også hos oss. Rundt Nordsjøen reknar ein likevel med frostskeidar i eple- og pæreblomstring i om lag to av ti år. I Noreg er

slik skade sjeldnare på Vestlandet, men kan oppstå oftare på Austlandet, særleg i bærartene og i steinfrukt. Blomsterfrost oppstår helst i stille, klåre netter med sterk utstråling. Då kan overflata på blomar og kart bli fleire grader kaldare enn lufttemperaturen, fordi varmetapet ikkje blir kompensert frå omgivnadene. I slike situasjonar kan fleire metodar hindre skade:

- Vatning eller dusjing. Ein tynn vassfilm fryser til is på overflata, og varme som blir frigjort under isdanninga held temperaturen rundt blomsten nær 0 °C.
- Vindmaskiner eller tåkesprøyter. Desse blandar kald luft ved bakken med varmare luft høgare oppe, noko som jamnar ut temperaturane og kan hindre frost i strålingsnetter.
- Direkte oppvarming. Gass- eller oljebrennarar plasserte mellom bærradane eller trea varmar opp lufta i bærradane og trekrona når temperaturen nærmar seg frysepunktet.
- Røyklegging. Har vore brukt enkelte stader. Tørr røyk hindrar ikkje utstråling, men fuktig røyk kan redusere varmetap på same måte som eit skydekke.

I Noreg er blomsterfrost i frukt generelt ikkje vore eit så stort og regelmessig problem at dyrkarane investerer i omfattande frostvern, men dette har vorte vanlegare hos dei største jordbær dyrkarane. Lokale episodar kan gi alvorlege skadar enkelte år. I mange frukt- og bærrområde i andre land er frostvern derimot standard, og ein ser ofte både vindmaskiner, vatningsanlegg og andre installasjonar i frukt- og bærhagane.

Seine eplesortar på Austlandet kan i enkelte år fryse på treet før hausting. Kvaliteten kan vere akseptabel for direkte konsum, men fruktene toler dårleg lagring etter frost.

5.2.1.5 Utfordringar med pollinering

Større årsvariasjonar i klima gjennom sesongen (f.eks. tidleg vs. sein vår) kan føre til at synkronitet mellom planter og insekt som pollinatorar og naturlege fiendar av skadedyr kan visse år treffe dårleg. Særleg i forhold til aktivitet av pollinerande insekt og planter er dette eit fenomen ein kan forventa med større årsvariasjonar og generelt tidlegare vår. Her er òg eit større mangfald av pollinerande insekt viktig sidan ulike bier og andre ville pollinatorar er aktive til ulike tider og timingen av utsetting av bikubar kan verte meir utfordrande.

5.2.1.6 Smak og kvalitet

Kravfulle frukt- og bær sortar utviklar best smak og kvalitet i år med høg og stabil sommartemperatur. For fleirgongsberande jordbær sortar, solbær og eple sortar som 'Gravenstein' er det vist at smaken blir betre når middeltemperaturen i mai–september aukar opp til om lag 14 °C. Høgare temperatur enn dette gjev ikkje ytterlegare kvalitetsforbetring, men fører i staden til tidlegare modning og dårlegare bærkvalitet. For god aromautvikling bør sesongtemperaturen liggje over 13 °C, sjølv om slike tersklar er påverka av mellom anna avlingsnivå, gjødsling og alder på tre og buskar.

Kvaliteten i norske bær og eple kan variere mykje igjennom sesongen, og frå år til år, og sommartemperaturen forklarar ein stor del av desse forskjellane. For plommer er avlingsnivå ofte viktigare for kvalitet enn temperatur, medan fruktslag og bær som modnar i juli og august som regel får tilstrekkeleg varme for god utvikling. Samstundes kan små temperaturskilnader gi store utslag i både avling og kvalitet. På Vestlandet kan høgdeforskjellar på inntil 150 meter gi temperaturskilnader på om lag 1 °C og tilsvarende reduksjon i vekstsesong. Nordhellingsar kan ha fleire timar mindre sol enn sørvendte areal berre nokre titals meter unna, noko som gjer slike felt ueigna for kravfulle bær- og eple sortar.

5.2.1.7 Toleevne mot stress og fysiologiske skader

Klimaet påverkar ikkje berre smaken, men òg plantane si toleevne mot stress. Mildare vintrar kan gje svakare vinterherdigeheit og dermed større risiko for frostskeidar. Varmare og meir ustabile somrar aukar risikoen for solskade, varmeperiodar, tørkestress og varierende utvikling av farge og

sukkerinnhald. Særleg kan fysiologiske skadar som glasing, misforming og korkhud oppstå hyppigare når planter og tre blir utsett for raske temperaturskifte og ekstreme vêrtilhøve.

For bærplantar kan høge temperaturar gje mjukare bær, svakare fargeutvikling og redusert lagringsevne. Regn og høg fukt i innhaustingsperioden aukar risikoen for vatningsskadar, sprekkdanning og dårleg toleevne. Slike skadar reduserer kvaliteten og gir meir svinn i både felt og ettermarknad.

Desse effektane er særleg tydelege nær den klimatiske dyrkingsgrensa, der små endringar i temperatur eller fukt kan gi store utslag i blomstring, fruktsetjing og modning. Difor er det avgjerande at produsentar vel sortar og artar som er godt tilpassa lokalitet og klima. Noreg ligg heilt på den nordlege grensa for dyrking av eple og pære, medan klimaet i dei fleste år er varmt nok til å gi god kvalitet i steinfrukt og bærartene.

5.2.1.8 Skadeorganismar

Auka temperatur påverkar både livssyklus til skadeorganismar og åtferd til insekt. Det kan gjera dei noverande sjukdomane meir alvorlege eller det kan føra til at sjukdomar som ikkje har vore alvorlege i noverande klima får vilkår som gjera at dei kan danna sjukdom. Fleire generasjonar, høgare populasjonsstorleik og utvida utbreiingsområde for insekt kan vera konsekvensar av auka temperatur.

Etablering, utbreiing, aktivitet og naturlege fiendar til karanteneskadegjeraren blodlus i Norge er undersøkt i perioden 2018-2024 (finansering KU-midlar tildelt NIBIO). Blodlus vart registrert i Viken-området i 2016 og er seinare funne i alle viktige fruktdistrikt. Problemet er størst på Austlandet. Det har tidlegare vore antatt at vintertemperaturar har begrensa etablering i Norge. Etablering av andre invaderande artar som krev høge temperaturar for å fullføre livssyklus, som til dømes lita jordbærbladlus, kan vera ein konsekvens av klimaendringar. Utbreiing og tiltak mot plommeviklar er undersøkt gjennom prosjektet Alternative tiltak mot plommelarver (2023, 2025-2026) (Landbruksdirektoratet). Plommeviklar har vore eit problem på austlandet, men vart i 2022 også funne i Hardanger. Aktiviteten til plommeviklar er avhengig av sommartemperatur (paring og egglegging) og varmare somrar kan føra til større populasjonar i nye område.

Døme på sjukdomar som kan forventast å verta meir alvorlege er sjukdomane danna av *Colletotrichum*-artar på både frukt og bær. Desse soppartane har eit høgare temperaturkrav enn fleire av dei andre røtesoppene og ved høgare temperatur og nedbør aukar risikoen for infeksjonar (t.d. Børve & Stensvand, 2013).

5.2.2 Auka nedbør

Nedbør er ein avgjerande vekstfaktor i frukt- og bær dyrking. Årsnedbøren er estimert til å auka for alle årstider (12% vinter, 10% vår, 9% sommar og 14% haust) (Dyrdal m.fl. 2025). Nedbørmønsteret er også forventa å endra seg med større mengder og fleire dagar med nedbør, kraftigare korttidsmedbør (spesielt om sommaren og på Sørlandet, Vestlandet og Oslofjorden), og hyppigare og kraftigare styrtregn. Det er også forventa fleire flom-hendingar, kortare snøsesong, auka risiko for vassmetta jord vinter og vår, isbrann, og hyppige tine-fryse-syklusar. Tross meir nedbør er det forventa auka tørkefrekvens om sommaren grunna høgare evapotranspirasjon.

5.2.2.1 Jordhelse, rotsystem og hydrotekniske utfordringar

Etablerte frukttre og bærbuskar har eit omfattande rotsystem og kan hente vatn frå eit stort jordvolum. Difor toler dei periodar med lite nedbør betre enn tre på svake grunnstammer eller nyetablerte bærbuskar, som har grunne og små røter og er meir avhengige av stabile fuktforhold i rotsona. Frukttre og bærplantar blir ofte planta på tørkesvak jord fordi slike areal er varmare om våren, men dette aukar behovet for vatning. I all moderne, kommersiell frukt- og bær dyrking er vatningsanlegg difor nødvendige, og dryppvatning er no standard. På den andre sida set høge nedbørmengder ei tydeleg grense for frukt- og bær dyrking, særleg mot vest i landet. I område med

mykje regn vil sopp- og bakteriesjukdomar verta alvorlegare på grunn av fleire gonger per år med tilhøve som fremjar nye infeksjonar.

5.2.2.2 Påverknad på pollinering og blomsterfall

Regn i kritiske utviklingsfasar påverkar både blomstring, fruktsetjing og modning. Kraftig regn under blomstring kan gi både direkte og indirekte skade. Mekanisk skade på blomsterorgana kan oppstå i kraftige regnbyer, men den viktigaste effekten er at pollineringa blir hindra. Pollinerande insekt er lite aktive i vått og kjølig vêr, og pollen kan klumpe seg saman når det blir vått. Regnvêr er ofte knytt til låg temperatur, og dette fører i tillegg til treig vekst av pollenslangen og dårleg befrukting. Resultatet er svak fruktsetjing og lågare avling.

5.2.2.3 Kvalitetsreduksjon

I nokre artar er regn i modningsfasen særleg skadeleg. Søtkirsebær og nokre sortar i jordbær og solbær tek opp vatn gjennom skinnet under regn og sprekk etter kort tid, noko som gjer fruktene ueigna for sal. I enkelte år kan meir enn halvparten av avlinga gå tapt. Sprekkinga skuldast osmose – vatn trengjer inn gjennom det semipermeable fruktskinnet, volumet aukar, og skinnet brest. Sprekkdanning gjere fruktene ekstremt mottakelege for sekundære soppar. All kommersiell søtkirsebær- og ein stor del av jordbær dyrkinga i Noreg skjer difor under regntak eller i plasttunnel. Nokre sortar av plommer og surkirsebær sprekk også i regn, men ikkje i same omfang

Haglbyer førekjem episodisk, særleg på Austlandet og oftast i juni–juli. Store haglkorn kan slå djupe hakk i frukter og kart. Hos eple og jordbær blir slike skadar synlege som brune, innsokne flekkar som utviklar korkhud eller sopp etter kvart som frukta veks. Også blad kan rivast sund. Skadde frukter har redusert verdi og lagringsevne – dei går ikkje i klasse I, men kan nyttast som pressfrukt. For bærartane blir slike bær ikkje hausta. Haglskadar er ofte svært lokale, men kan vere øydeleggjande der dei oppstår.

Snø er i utgangspunktet positivt fordi den isolerer jord og røter mot frost. Men i nokre tilfelle kan snø skape skader. Våt snø som legg seg på buskar og tre før haustfêll av lauv kan vere tung nok til å brekke greiner. Skarelag om våren kan feste seg til greiner og rive dei laus når snøen tinar nedanfrå.

Slike mekaniske skadar er spesielt problematiske i unge tre og buskar og i felt med tett planting.

5.2.2.4 Skadeorganismar

Skadeorganismar vert påverka av nedbør og væte på ulikt vis.

Generelt vert plantesjukdomar fremja av væte. Fleire dagar med nedbør i utsette periodar aukar difor risikoen for sjukdomar. For dei sjukdomane der det finst varslingsystem, t.d. epleskurv og gråskimmel i jordbær vil endringar i klima fangast opp og gje justerte varsel. Men, slike varslingsystem krev oppdatert kunnskap om samhøve mellom planta og skadegjeraren sidan både planta og skadegjeraren kan vera påverka av klimaendringar. Frukttrekreft er eit døme på ein viktig tresjukdom som har svært ulik utvikling i ulike klima og der det er dokumentert korleis både temperatur og nedbør påverkar spesifikke prosessar (t.d. Børve et al. 2024).

5.2.3 Auke i ekstremvêr

Dei estimerte klimaendringane gjev større risiko for stormepisodar, styrtregn og kraftige byger om sommaren (Dyrdal m.fl., 2025). Desse ekstremvêrhendingane inkluderer auke i vind i kombinasjon med regn. Jamn og vedvarande vind frå éin retning kan deformere frukttre og bærplantar slik at dei knekk, blir faneforma eller vindskeive. I utsette område treng tre og plantar derfor betre oppstøtting for å stå stabilt gjennom sesongen. For frukttre spesielt, kan kraftige vindkast velte tre, særleg dersom dei står på svak grunnstamme, har tung avling om hausten eller står i oppbløytt jord etter nedbør. Skadar på trea kan vera inngangsport for soppartar som kortar ned levetida til trea gjennom grein/tredød eller røte i veden. Slike svekka og skada tre produserer luktstoff som er tiltrekkande for

skadedyr t.d. lauvtrebarkebille. Lauvtrebarkebilla kan òg i større grad bli et problem for friske tre dersom bestanden av billa generelt er høg.

Under storm i modningstida blir frukt og bær blåst ned, spesielt hos bringebær, eple og pære, og dei fruktene som heng att får ofte skrubbsår og mekanisk skade i skalet. Mekaniske skadar er inngangsport for ei rekkje røtesoppar. Moderne plantingar med godt oppbundne bringebærplantar, og låge, kompakte og godt skorne tre er langt mindre utsette for vindskadar enn eldre felt og tre med høg stamme og slengete greiner.

Vind kan òg verke positivt ved at plantar, busker og tre tørkar raskare opp etter regn. Dette reduserer risikoen for soppsjukdommar sidan tid med våte blad/frukter er avgjerande for danning av nye infeksjonar og for sprekking hos frukter.

5.3 Klimatilpassingar av norsk frukt og bærproduksjon på kort og lang sikt

5.3.1 Nye artar og sortar

Å dyrka sortar og artar som er tilpassa klimaet er avgjerande for norsk frukt- og bær dyrking. Eple og jordbær er dei dominerande frukt- og bærslaga i Norge og utgjer rundt to tredelar av frukt- og bærarealet. Trass dette er sortimentet avgrensa, og klimaendringane gjer behovet for nye, meir robuste sortar endå større. Sortar må tole både meir nedbør, meir ustabil vårtemperatur, hyppigare varmeperiodar, og eit klima som varierer meir frå år til år.

NIBIO Ullensvang og Apelsvoll gjennomfører den nasjonale rettleiingsprøvinga av frukt og bær, finansiert av Landbruks- og matdepartementet, og testar årleg nye sortar frå Graminor og utanlandske foredlingsprogram. Målet er å identifisere sortar som har gode dyrkingsegenskapar, høg fruktkvalitet og sterk klimatilpassing – til dømes betre vinterherdigheit, mindre utslag av vårfrost, meir stabil blomstring og større toleranse for nedbør, varme og sjukdomspress, i tillegg til god smak og kvalitet.

Internasjonalt finst det mange store foredlingsprogram, særleg innan eple og jordbær, men dei fleste utviklar sortar for klima med lengre vekstsesong og høgare varmekrav enn det norske. Slike sortar oppnår ofte ikkje salskvalitet i Noreg. Unntak finst for bærartene, søtkirsebær og delvis plomme, der fleire utanlandske sortar er godt tilpassa norske forhold og kan bidra til betre produksjonsstabilitet under eit endra klima. 'Conference'-pære og 'Welant'-eple er gode eksempel på sortar som kan dyrkast i Norge grunna varamare klima og lenger sesong. For bær er også sorter tilpassa ulike dyrkingsområder, inkludert Nord-Norge, viktig.

Sortsutprøving er eit langsiktig klimatilpassingstiltak for fruktartene. Nye sortskandidatar blir testa i 4–5 år etter planting, og eit fullt omløp frå import av podekvist til ferdig evaluert sort tek minst sju år. At det frå 2015 vart mogleg å importere ferdige, sjukdomsfrie frukttre og produksjonsklare jordbærplanter frå godkjende soner i Europa, har korta ned prøvingstida og gjort klimatilpassinga raskare.

Frostepisodar gjer det nødvendig å teste og innføre nye vinterherdige grunnstammer som kan erstatte M.9 i eple og kvedegrønnstammer i pære. Nye svaktveksande grunnstammer med god tilpassing til ugunstige klimatiske og kontrasterande jordforhold (tørke eller vassmetting, lett eller tung jord) må også vurderast. I tillegg må nye eplegrønnstammer med resistens mot aktuelle skadegjerarar testast.

Gamle norske genressursar kan få auka betydning i eit meir ustabilt klima. Noreg har genressurar av eple plomme og bærartar, og mange av dei er selekterte under norske forhold med lang daglengde, kort vekstsesong, låg temperatur og variabelt vêr. Genetiske, pomologiske og kjemiske analysar kan avdekkje sortar med særleg god robustheit, vinterherdigheit, sjukdomsresistens og kvalitet, og desse kan nyttast direkte i produksjon eller som genetisk grunnlag i framtidig foredling.

Eit varmare klima vil generelt gi høve til å dyrke sortar med lengre utviklingstid enn i dag, og til å flytte eksisterande sortar til større geografiske område. Ved NIBIO Ullensvang og NIBIO Landvik vert det testa ut dyrking av druer, og tidlegare har det vore utprøving av aprikos og nøtter. Ved NIBIO Apelsvoll blir det testa bjørnebær dyrka i pottar i plasttunnel. Med dagens klima er vekstsesongen for kort til stabil og påliteleg produksjon, men eit varmare klima kan gjere slike kulturar aktuelle i dei mest gunstige områda, og i en produksjon i plasttunnel. Mange kvalitetssortar frå varmare strøk kan dermed bli aktuelle på sikt, men dei har ofte høge krav til både temperatur og dyrkingsteknikk. Dette representerer ei potensielt viktig klimatilpassing ved å opne for nye produksjonar og auka norsk frukt- og bærmanngfald. Tilpassing og utprøving av meir krevjande sortsmateriale er difor ei langsiktig og ressurskrevjande oppgåve, men ei som er heilt sentral for å oppretthalde og utvikle norsk fruktproduksjon i møte med klimaendringar.

Nye arter og sorter, og genressurser

Endra klima og ny dyrkingsteknikk gjer det mogeleg å dyrke nye varmekjære artar og sortar i Norge. Det er behov for å teste ut og vurdere seintmodnande eple- og pæresortar med god lagringsevne, og ein bør teste nye generasjonar grunnstammer under norske forhold.

Druedyrking for vin blir meir aktuelt i Sør-Noreg, og aprikos og fersken kan bli mogleg i mikroklima. Eple, pære og bærartane kan dyrkast lenger nord eller i høgare høgder. Bjørnebær og eittårige typar av bringebær kan dyrkast i pottar i plasttunnel. Fleirgongsberande jordbærsorter kan dyrkast i tunnellar og gje avling i minst 15 veker. Alle bærarter kan dyrkast med eller utan plasttunnel i Nord-Norge.

Njøs frukt- og bærsepter er nasjonalt foredlingssenter for norske frukt- og bærsortar, og er i tillegg et viktig bevaringsstad for sortar av eple, pære, plomme, jordbær, bringebær, solbær, rips og stikkelsbær av betydning for Norge.

5.3.2 Dyrkingsteknikk og produksjonssystem

5.3.2.1 Optimalisera eksisterande produksjonssystem

Effektiv utnytting av eksisterande produksjonssystem er eit sentralt klimatilpassingstiltak i norsk frukt- og bærproduksjon. Presis og kunnskapsbasert agronomi kan auke robustheita i eksisterande feltet og bidra til stabile avlingar sjølv under meir variable og krevjande klimaforhold. Slik optimalisering krev ikkje store strukturelle endringar, men byggjer på forskingsbasert kunnskap, praktiske erfaringar og metodar tilpassa norske dyrkingssmiljø. Tiltaka styrker plantene sitt avlingspotensiale og toleranse for klimastress, reduserer risikoen for tap og fremjar ei meir berekraftig produksjon på både kort og lang sikt.

Sorts- og klonval er ein del av å optimalisera produksjonssystemet. Vi treng klimatilpassa sortar som er robuste mot skadegjerarar og tilpassa nye fenologiske klimhøver. Val av sortar med ulike blomstring- og modningstid bidreg til risikoredusering ved å spreie arbeidsbelastning og eksponering for klimaskadar i kritiske fasar som blomstring og innhausting. Tett planting kan vidare jamne ut produksjonen mellom enkeltindivid og år, og gir ei form for biologisk risikospredning. Bruk av svake grunnstammer aukar presisjonsnivået i vatning, gjødsling og tynning, noko som er viktigare når klimaet blir meir uforutsigbart og vekstkurvene varierer mellom år. I tillegg kan ein nytta teknologisk/sensorbasert overvaking for å tilpassa gjødsling og vatning. Tilpassing av plantemateriale til eit endra klima er eit langsiktig arbeid. Blomsterdanning, pollinering, fruktutvikling og tilvekst er døme på prosessar som samspekar i kompleks tilhøve. Det er viktig å finna gode metodar og sikre prosessar gjennom FoU, som kan gje mest mogeleg økonomi til dyrkarane og stabil kvalitet til forbrukarane.

Norsk planteproduksjon

Både for frukt og bær er det eit aukande behov for norsk produksjon av plantemateriale med høg og stabil kvalitet. For å redusere importavhengigheit trengst forsking på produksjonsmetodar. Ei styrka nasjonal planteproduksjon vil auke robustheita i heile verdikjeda og sikre meir klimastabile produksjonar.

Det er behov for Norsk planteproduksjon av fleirgangsbærande jordbærsortar, og kunnskapsutvikling for oppal av planter som gir ei jamn avlingskurve igjennom sesongen, herunder også planter som ikkje er kjølelagra.

5.3.2.2 Nye dyrkingssystem

Moderne frukt- og bær dyrking er i aukande grad basert på intensive system som gir betre kontroll over vekstmiljøet. Slike dyrkingssystem er viktige klimatilpassingstiltak fordi dei både reduserer klimarelaterte tap og stiller krav til betre kompetanse i styring av vatn, næring og plantehelse. Luftige og strukturert oppbygde system gir god kontroll over plantehelse og reduserer sjukdomspress i fuktige sesongar.

I jordbær og bringebær er dyrking i pottar med vekstmedium i plasttunnel blitt vanleg for å sikre stabile avlingar, tilpassa nye plantetypar (som fleirgangsbærande sortar), forlenge haustesesongen og redusere tap knytt til nedbør og råtesjukdom. Systema krev også tilgang på tilpassa plantemateriale og god rådgiving for å sikre rett styring av klima, vatning og næring.

I fruktfelt gir høge plantetal, tettplanting og bruk av svaktveksande grunnstammer tidleg produksjonsstart, god styring av vegetativ og generativ vekst og moglegheit for presis vatning og gjødsling. Planting av kraftige, greina toårige tre kan gi avling allereie året etter etablering og full produksjon etter seks til åtte år, avhengig av system og sort. Låge tre reduserer dessutan risiko for mekaniske skadar frå vind og nedbør, noko som er særleg relevant i kystnære område. Samstundes krev intensive system god teknisk infrastruktur og kompetansebygging for å sikre at dei fungerer etter hensikta og gir dei forventede klimatilpassingsgevinstante.

Forskningsbehov - nye produksjonsmåtar

Overgangen til meir klimaberedte produksjonssystem i bær, som pottar- og tunnelsystem, krev ny kunnskap om optimal gjødsling og vatning, utvikling av stabile, torvfrie/-reduerte vekstmedium, skadegjerarar og plantevern i kontrollerte miljø, og kunnskap om sortar av alle frukt- og bærkulturar for å sikre stabil avling. Det er også behov for å vidareutvikle lønsame og berekraftige produksjonsmodellar, samt systematisk dokumentere klimaeffektar, ressursbruk og økonomi.

I fruktproduksjonen krev dei stadig meir intensive dyrkingssystema. Dette krev kunnskap om svaktveksande grunnstammer og tettare radavstand, forsking på trevekst, forankring, vatningsstrategiar, næringsdynamikk og stressfysiologi under meir uforutsigbare klimaforhold, og FoU på sortar og grunnstammer som toler kombinasjonen av intensiv dyrking og klimaendringar

5.3.2.3 Gjødsling og næringsstyring

Gjødslingspraksis i norsk frukt- og bærproduksjon er varierande, og i mindre grad forskingsbasert. Mange tilrådingar er basert på utanlandske rådgevarar og omfattar ofte ei stor mengd bladgjødslingar som ikkje nødvendigvis er dokumenterte under norske forhold. Dette understrekar behovet for meir norsk forsking og betre kunnskapsgrunnlag for næringsstyring under våre klimatiske forhold.

Klimatilpassing i norsk frukt- og bærproduksjon blir stadig viktigare ettersom varmare og våtare forhold endrar næringsdynamikken i jorda, til dømes ved auka mineralisering vinter og vår. Samstundes aukar nedbørrike periodar faren for utvasking av næringsstoff, og plantene kan oppleve både overskot og mangel i ulike fasar av vekstsesongen. Slike klimadrivne endringar skaper større avlingsvariasjon frå år til år. Skiftande temperatur og varierende nedbør gir meir ujamn vegetativ vekst og fruktsetjing, noko som krev kontinuerlege justeringar av næringsstrategien.

For at presisjonsgjødsling skal fungere optimalt, må grunnleggande forhold som god drenering og jordstruktur vere på plass, sidan vassmetting og anaerobe soner både reduserer røtene si evne til å ta opp næring og aukar risikoen for utvasking. Samstundes er gjødsling og vatning tett kopla i moderne dyrkingssystem: presis styring av vatn gjennom dryppvatning og sensorteknologi påverkar både mobilisering og opptak av næringsstoff.

Med meir uforutsigbare vekstforhold blir presisjonsgjødsling ein sentral del av klimatilpassinga. Målstyrte strategiar basert på bladanalysar, jordanalysar og moderne sensorteknologi gir produsentane betre grunnlag for å justere gjødslinga fortløpande etter plantenes behov. I tillegg aukar behovet for sortstilpassa gjødsling, sidan ulike sortar og grunnstammer responderer ulikt på stress, mineralisering og nedbør. Eit våtare klima gir òg større risiko for næringstap og avrenning til miljøet, noko som gjer presisjonsgjødsling viktig både som klimatiltak og miljøtiltak.

Forskningsbehov - gjødsling

Det er behov for meir kunnskapsbasert næringsforsyning tilpassa norske sortar, klima og nye produksjonssystem.

Det er trøng for kunnskap om meir målstyrt gjødslingsstrategi basert på analysar og teknologiske løysingar.

5.3.2.4 Jordhelse og hydroteknikk

Klimaendringane i Noreg fører til meir intens nedbør, fleire ekstremvêrhendingar og meir ustabile vintrar med hyppige frys–tin-periodar. Dette aukar presset på jordstruktur, dreneringskapasitet og bereevne i frukt- og bærfelt over heile landet. Endringane gjer at jorda oftare blir vassmetta og manglar oksygen i rotsona, noko som svekkjer både rotvekst og næringsopptak. Klimaendringane forverrar problemet og at vassmetting gir både agronomiske tap og dårlegare driftsforhold. Samstundes gjer den auka nedbøren at bereevna blir svakare i store delar av året, og risikoen for jordpakking aukar når maskiner må inn på våt jord. Når porene kollapsar, blir infiltrasjon, luftveksling og rotutvikling varig svekte.

Meir styrtregn gir raskare avrenning og større erosjonsfare, særleg i radkulturar som jordbær og bringebær og i frukthagar i skråningar. Grasdekte vassvegar, dekkvester og vegetasjonsstriper er dokumentert som effektive tiltak for å bremse vatnet og redusere tap av jord og næringsstoff. Erosjonsrisiko som eit av dei viktigaste konsekvensområda ved aukande nedbør. Ustabile vintrar med meir vinterregn og kortare periodar med snødekke aukar både erosjonsfare og risiko for strukturskadar. Slike forhold gjer jorda meir utsett for frosthiv og nedbryting av aggregat, samstundes som jorda kan vere vassmetta når frosten kjem, og det vert auka sjukdomspress ved våt jord.

Sjølv om nedbøren aukar samla sett, vil lengre tørkeepisodar i vekstsesongen krevje jord som kan halde betre på vatn. Organisk materiale er avgjerande for både infiltrasjon, vasslagring og biologisk aktivitet, og at slik jord er meir robust mot både tørke og styrtregn.

Meir ekstremnedbør krev betre drenering og overflatevatn-handtering på flate dyrkingsareal. Låge grunnstammer er meir sårbare for vassmetting. Vatning er eit viktig klimatiltak for å sikre jamn

tilgang på vatn i tørre periodar. Fruktfelt høgt oppe i lia og bærfelt på sandjord har behov for dryppvatning med meir presis styring av vatningstidspunkt. Dei fleste frukthagar og bæranlegg i plasttunnelar, har dryppvatningsanlegg. I desse bæranlegga vert plantane dyrka i eit vekstmedium, vanlegvis torv. Ettersom eit torvforbod er på trappane i heile verda, trengs det å utvikle nye vekstmedium som har andre fysiske- og kjemiske eigenskapar enn torv. For desse må vatning- og gjødsling tilpassast.

Forskinsbehov jordhelse

Det krev auka kunnskap hjå frukt- og bærpodusenter om tiltak som betrar jordstruktur, god drenering og redusert risiko for pakkingskader. Her inngår kunnskap om redusert jordarbeiding, bruk av dekkvekstar, betre dreneringssystem, faste køyrespor og god organisk tilførsel som kan bidra til å styrke jordhelsa og gjere felt meir robuste mot både ekstreme nedbørsmengder og tørkeperiodar. Å forstå korleis klimaendringar påverkar jorda, er ein nøkkel til å utvikle meir berekraftige, stabile og tilpassa dyrkingssystem i framtidas frukt- og bærproduksjon.

5.3.2.5 Fruktsetjing og pollinering

God fruktsetjing krev compatible pollensortar, overlapp i blomstringstid og gunstig vêr og temperatur for spiring og vekst av pollenslangen. Genetiske metodar vert nytta for å kartlegge S-allelane som bestemmer pollineringskompatibilitet, og kontrollert krysspollinering kan dokumentere genetisk samsvar hos nye sortar. Kombinasjonar av fenologi og meteorologi kan nyttast til å forstå variasjon i fruktsetjing mellom år og lokalitetar. Eit pågående prosjekt (APPLECOrE, ledet av NINA) undersøker pollinerande insekt i forhold til klimaendringar i Hardanger.

Forskinsbehov - pollinering

Endringar i fenologi på både frukt og bærsortar med ein tendens for tidlegare og meir varierende vår gir større utfordringar i forhold til synkronisering av bløming og aktivitet av pollinerande insekt. Det er derfor trong for forskning om aktiviteten til både ville pollinatorar og betre forutsetningar for å treffe med utsetting av tamme bier som honningbier.

5.3.3 Plantevernstrategiar

Dei forventa konsekvensane av klimaendringar på skadegjerarar fordrar at plantevernstrategiane må tilpassast. Både ved nye skadegjerarar, fleire generasjonar av skadeinsekt eller fleire sjukdomstilfelle per sesong og utvida utbreiing må det byggjast ny kunnskap for å finna rett strategi.

Klimaendringar kan påverka kva for nye artar som kan etablera seg i frukt og bær dyrking. Overvaking og tiltak ved import av tre, frukt, bær, jord m.m. er difor eit viktig førebyggjande planteverntiltak.

Brunmarmorert breitege er eit døme på ein art som har spreidd seg siste åra som så langt berre har blitt registrert her til lands ved eit høve, men har blitt påvist i importerte varer fleire gonger (Endrestøl m.fl., 2023). Den har truleg potensiale til å etablera seg etterkvart og har vist seg å kunne gjere stor skade på frukttre i andre land den har etablert seg.

Forskningsbehov - plantevern

- Bruk av nytteorganismar som insektpatogene sopp og nematodar krev høg fuktigheit for at dei skal smitta og vera effektive. Våtare somrar kan såleis vera positivt. Utvikling av plantevernstrategiar må også byggja på erfaringar og strategiar frå andre land som har varmare og våtare klima enn Noreg.
- Auka kunnskap om maskinell hausting og beskjæring for å hindre spreiding av soppsjukdommar i bærfelt er nødvendig.
- Kunnskap om klima og effekt på livssyklus og biologi til viktige skadegjerarar for å kunna utvikla nye plantevernstrategiar.
- Utvikling av varslingsmodellar basert på livssyklus og klimafaktorar for varsling om og når det er fare for angrep av viktige skadegjerarar. Slike modellar kan også seia noko om sannsynet for at karanteneskadegjerarar kan etablere seg i Noreg.
- Det trengs meir kunnskap om livssyklus og biologi for å utvikla alternative tiltak.
- Kva konsekvensar høg variasjon i både vinter- og sommartemperatur har å seia for overleving av skade- og nytteinsekt må undersøkjast for å utvikla gode plantevernstrategiar.

5.4 Oppsummering

Klimaendringane gir både nye moglegheiter og store utfordringar for norsk frukt- og bærproduksjon. Auka temperaturar og lengre vekstsesong kan løfte avlingar, betre kvalitet og opne for nye artar og sortar – inkludert meir kravfulle fruktslag, nye bærartar og nisjeproduksjonar som druer, aprikos og fersken i gunstige område. Samstundes aukar risikoen for vårfrost, ustabil blomstring, sprekkdanning, sjukdomspress og skadegjørarar som kan få fleire generasjonar og større utbreiing.

Meir nedbør og hyppigare ekstremvêr krev betre hydroteknikk, styrka jordhelse, presis vatningsstyring og meir robuste produksjonssystem. Moderne dyrkingmetodar som tettplanting, svake grunnstammer, plasttunnelar og pottekultur blir stadig viktigare for å sikre jamn produksjon og redusere klimarisiko.

For å møte dei raske endringane trengst målretta forsking på sortar, grunnstammer, plantevern, gjødsling, vatning, jordhelse og nye dyrkingsteknikkar. Norsk planteproduksjon av frukt- og bærplantar må styrkast for å redusere importavhengigheit og sikre tilgjengeleg, klimatilpassa plantemateriale. Klimaendringar gjer også pollinering meir uforutsigbar, og det er behov for betre kunnskap om både villpollinatorar og honningbier.

Samla sett vil eit varmare klima gi fleire moglegheiter for norsk frukt- og bær dyrking, men krev samtidig omfattande kunnskapsutvikling og tilpassing for å sikre stabile avlingar, høg kvalitet og bærekraftige produksjonssystem i framtida.

5.5 Litteratur

Artsdatabanken, 2026. <https://lister.artsdatabanken.no/fremmedartslista/2023/1755>

Blanke, M. & Kunz, A. 2011. Effects of climate change on pome fruit phenology and precipitation. *Ata. Hort.* 922: 381-386.

Børve, J. & Stensvand, A. 2013. *Colletotrichum acutatum* can establish on sweet and sour cherry trees throughout the growing season. *Europ. J. Hortic. Sci.* 78: 258-266.

- Børve, J., Pampus, K., Haikonen, T., Podavkova, A., Myren, G. & Weber, R.W.S. 2024. Differences in the seasonal development of perithecia by *Neonectria ditissima* on apple trees across Northern Europe. *Eur. J. Plant Pathol.* 170: 391-404.
- Dyrrdal, A.V., Bakke, S.J., Hanssen-Bauer, I., Mayer, S., Nilsen, I.B., Nilsen, J.E.Ø., Paasche, Ø., Saloranta, T., Årthun, M. [redaktører] (2025) 'Klima i Norge – kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2025,' NCCS-rapport 1/2025, doi:10.60839/4rgq-nn84.
- Luedeling, E. 2012. Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production: A review. *Scientia Horticulturae* 144: 218-229.
- Meland, M., Kaiser, C. & Christensen, J.M. 2014. Physical and Chemical Methods to Avoid Fruit Cracking in Cherry. *AgroLife Scientific Journal* 3(1): 177-183.
- Rivero, R., Sønsteby, A., Heide, O.M., Måge, F. & Remberg, S.F. 2017. Flowering phenology and the interrelations between phenological stages in apple trees (*Malus domestica* Borkh.) as influenced by the Nordic climate. *Acta Agr. Scand. Sec. B.* 67 (4): 292-302.
- Sønsteby, A. & Heide, O.M. 2020. Flowering and dormancy relations of raspberry and black currant and effects of management and climate warming on production. *Acta horticulturae*. 1277: 307-319. 10.17660/ActaHortic.2020.1277.45
- Vassvik, L., Nielsen, A., Garratt, M.P.D., Hatteland, B.A., Chipperfield, J. & Aschehoug, E.T. 2025. Solitary bees reduce pollination and production deficits in apple cultivation. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 388: 109670.
- Webster, A.D. 2005. Sites and soils for temperate tree-fruit production: their selection and amelioration. In.: *Fundamentals of Temperate Zone Fruit production*. Eds: Tromp, J., A.D. Webster and S.J. Wertheim. Backhuys Publisher. 400 pp
- Wenden, B., Campoy, J., Lecourt, J. et al. 2016. A collection of European sweet cherry phenology data for assessing climate change. *Sci Data* 3, 160108.
- Woznicki, T.L., Heide, O.M., Sønsteby, A., Måge, F. & Remberg, S.F. 2019. Climate warming enhances flower formation, earliness of flowering and fruit size in plum (*Prunus domestica* L.). *Sci. Hort.* 257.

6 Kort oppsummert og veien videre

Utslippsreduksjonene har hittil ikke vært tilstrekkelige til å oppnå Paris-avtalens målsettinger. Klimaendringene vil derfor fortsette i lang tid framover. Dette øker behovet for klimatilpasning både globalt og i Norge. Utslippsreduksjon og tilpasning er derfor ikke et spørsmål om å prioritere det ene framfor det andre. Det er åpenbart behov for økt framgang både med å redusere utslipp og samtidig tilpasse alle deler av samfunnet til mer utfordrende klima og værforhold, både på kort og lang sikt. Både utslippsreduksjoner og tilpasning kan redusere, men ikke eliminere, klimarisikoer.

Tilpasning dreier seg om å utvikle klimarobuste samfunn, beredskap mot alvorlige hendelser og dermed forbedret samfunnssikkerhet og bærekraftige samfunn. Det handler om tiltak som beskytter økosystemer, samfunn, infrastruktur og ikke minst essensielle biologiske produksjoner, for å unngå tap og skade. Samtidig handler det om å utnytte de mulighetene klimaendringene gir. Samspillet mellom en mer usikker verden, jordforringelse, vannknapphet og klimaendring gjør verdens forsyninger av mat mindre sikre. En stabil matproduksjon i Norge er det viktigste bidraget til et trygt og bærekraftig samfunn. Dette notatet viser med stor tydelighet at fremtidig matproduksjon er sårbar for de klimaendringene som ventes å komme. Tilpasning er en forutsetning for stabil produksjon.

I Norge vil effektene av klimaendringene på matproduksjonen variere mellom regioner og ulike planteproduksjoner, og kunne gi både fordeler og ulemper. Vekstsesongen er allerede blitt lengre og den vil forlenges ytterligere utover i århundret. Dette vil gi muligheter for økt utbredelse og større avlinger av de matplantene vi dyrker i dag, men åpner også muligheter for gradvis å ta i bruk både nye vekster og sorter i alle landsdeler. Men selv om klimaendringene gir nye muligheter, er det viktigste å forstå hvilke tiltak som bør prioriteres nå for å mestre økende klimarisiko i planteproduksjonene.

I oppdateringen av kunnskapsgrunnlaget fra 2016 har vi sett at de store linjene ikke er betydelig endret de siste årene. Selv om de nyeste klimaframskrivningene viser noen endringer fra 2016, er det i hovedsak samme typer utfordringer planteproduksjonen står overfor. Derfor er det også i hovedsak de samme faglige spørsmålene klimatilpasningen dreier seg om.

Oppdateringen av fagnotatene for de ulike produksjonene i kapittel 2 til 5 underbygger viktigheten av at kunnskap for klimatilpasning blir prioritert. Dette er helt avgjørende for å sikre at vi er godt forberedt, slik at risiko for tap og skade i norsk planteproduksjon reduseres. En avgjørende forutsetning er oppdatert kunnskap for å gjøre de tiltakene som er riktige ut fra både agronomiske og økonomiske hensyn. Dette er et fundament for å sikre den norske matproduksjon og matsikkerheten under de klimatiske forholdene vi må være forberedt på utover i århundret.

Oppdateringen av det faglige grunnlaget for klimatilpasning i planteproduksjonene har vært avgrenset til å se på hvordan endret klima påvirker risiko, sårbarhet og behovet for agronomiske og tekniske tilpasninger. Vi har også beskrevet kunnskapshull knyttet til de agronomiske forholdene for de sentrale planteproduksjonene ut fra de oppdaterte klimaframskrivningene.

Klimatilpasning i jordbruket dreier seg imidlertid om mer enn agronomi. I det vedlagte notatet har vi derfor beskrevet hvorfor det også er nødvendig å vurdere klimatilpasning i det norske jordbruket på systemnivå. Det er en rekke forhold knyttet til selve innretningen av jordbruksystemet i Norge som enten kan svekke eller styrke tilpasningen til endret klima. Dette er det behov for mer kunnskap om.

I dette oppdraget har vi som beskrevet i kapittel 1 tatt utgangspunkt i tekstene i de ulike fagnotatene fra 2016 for produksjonene korn, grovfor, grønnsaker, potet, frukt og grønt. Oppdateringen med ny kunnskap fra de siste ti årene er innarbeidet i de ulike kapitlene på noe ulikt vis. Dette har sin forklaring i at notatene fra 2016 hadde ulik struktur og tilnærming, og at det har vært begrenset med tid og ressurser i dette oppdateringsarbeidet til å få dette mer ensartet og helhetlig. Vi vil derfor anbefale at den kunnskapen som er samlet i dette notatet bearbeides slik at den kan gå inn i en mer helhetlig rapport. En slik rapport kan også inkludere tema som det ikke har vært mulig å inkludere nå.

Vedlegg: Arbeidsnotat - Systemtilnærming til klimarisiko og tilpasning i norsk landbruk

Dato: 12. Februar 2026

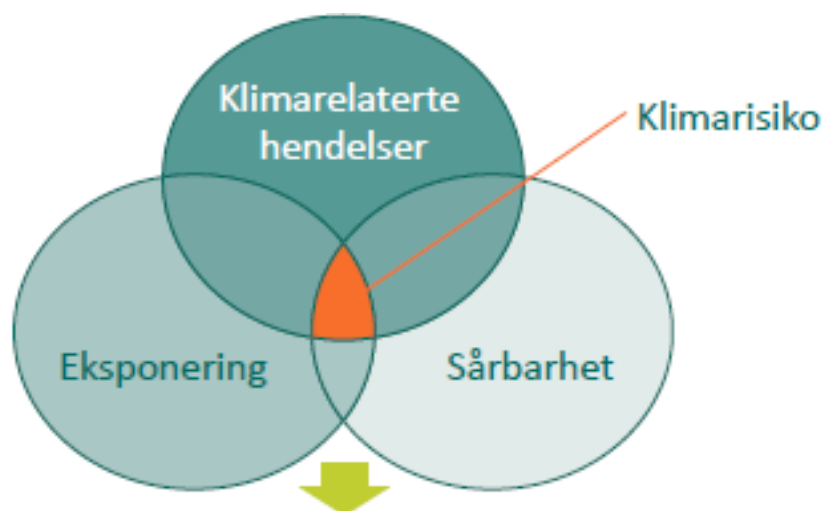
Om notatet

Formålet med notatet er å belyse noen begrunnelser for en mer systemorientert tilnærming til klimatilpasning i norsk landbruk (primært jordbruk). Notatet er verken en fullstendig eller dyp faglig drøfting av de problemstillinger som omtales. Notatet er skrevet av spesialrådgiver Arne Bardalen, supplert med faglige kommentarer fra Audun Korsæth, Hilde Haug Simonhjell, Anne Kjersti Bakken og Ingrid Flatland.

Bakgrunn

Klimatilpasning innebærer å forstå konsekvensene av at klimaet endrer seg og iverksette tiltak for å på den ene siden å hindre eller redusere skade, og på den andre siden utnytte mulighetene som endringene kan medføre. Meld. St. 26 (2022-2023) "Klima i endring – sammen for et klimarobust samfunn" beskriver mål om innsats og tiltak for å forberede og tilpasse natur og samfunn til klimaendringene. I meldingen presenteres det et forbedret styringssystem for det nasjonale klimatilpasningsarbeidet, som rammer for økt innsats i sektorene og bedre samordning. Styringssystemet tar utgangspunkt i at klimatilpasning er en kontinuerlig og gjentakende prosess. Det legges også til grunn at klimatilpasningsarbeidet baseres på løpende oppdatert kunnskap, ettersom det er usikkerhet knyttet til hvordan klimaet vil endre seg og hvordan konsekvensene vil slå ut.

For norsk jordbruk handler dette i utgangspunktet om å forstå klimaets betydning for stabilitet, utvikling og leveranser fra de enkelte primærproduksjonene. Det handler også om hvordan klimaendringer og samspillseffekter mellom klima og andre gradvise ikke-klimarelaterte endringer og plutselige hendelser, påvirker jordbrukssystemets sårbarhet og dermed evne til å oppfylle sine primære samfunnsfunksjoner.



Figur 1. Sammenhengene mellom hendelser, eksponering, sårbarhet og klimarisiko, basert på IPCC illustrasjon.

Det er økende erkjennelse av at analyser av samfunnet ut fra et systemperspektiv som utnytter ulike disipliner og kompetanser, kan gjøre samfunnet som helhet mer motstandsdyktig og dermed også styrke matsikkerheten. Samfunnsvitenskapelige og humanistiske perspektiver bør derfor utfylle den mer naturvitenskapelig orienterte tilnærmingen. Ikke-klimatiske påvirkninger som endringer innen teknologiske områder, internasjonale relasjoner, markeder og politiske rammebetingelser må sees i sammenheng med de fysiske konsekvensene av klimaendringer, jf. Figur 2. Slike helhetlige tilnærminger har hittil hatt liten oppmerksomhet i arbeidet med klimatilpasning i norsk landbruk.



Figur 2 Sammenhengene mellom hendelser, eksponering, sårbarhet og klimarisiko, basert på IPCC illustrasjon.

Klimatilpasning for planter og dyr – agronomi og husdyrhold

Hovedfokus i utredninger om behov for klimatilpasning i landbruket har vært å forstå hvordan værforholdene i endret klima, vil kunne endre biotiske og abiotiske faktorer og nivået for deres påvirkning på planteproduksjoner, husdyr, jord, drenering og hydrotekniske anlegg mv.

Det er relativt god kunnskap om hvordan været påvirker kulturplantenes vekst og utvikling, næringsstoffenes tilgjengelighet, dyrkingsjordens egenskaper og dermed hvilken dyrkingsteknikk som egner seg under ulike forutsetninger. Denne kunnskapen er en forutsetning for å utvikle gode klimatilpasningsstrategier. Det er imidlertid usikkerhet om hvordan klimaet vil bli og hvor store variasjoner i vær innen og mellom vekstsesonger det kan bli i framtida. En har heller ingen kunnskap om (i beste fall forventninger om) betydningen av teknologisk utvikling i plante- og husdyrproduksjon som skjer parallelt med og gjerne raskere enn klimaendringene.

Variabilitet i vær, også uavhengig av graden av klimaendringer, påvirker dyrkingsmetoder og avlinger av kulturplanter. I det minste er de generelle sammenhengene godt forstått, selv om kvantitative effekter i form av forbedret eller forringet avlingsvolum og kvalitet, graden av utfordringer med håndtering av overvann og markvann, samt risiko for erosjon og utvasking av jordarealer, er langt vanskeligere å vurdere kvantitativt. Det er også god kunnskap om hvilke typer tilpasningstiltak som er aktuelle, men det er større usikkerhet om kunnskapsgrunnlaget for prioritering av tiltak både i forhold til formåls- og kostnadseffektivitet. NIBIO har imidlertid publisert mye kunnskap om klimatilpasning på NIBIO sine hjemmesider. Dette dekker i hovedsak spesifikke tema, knyttet til vekstgrupper og konkrete fysiske tilpasningstiltak.

Bestilling av faglig underlag for Landbruksdirektoratets utredning om klimatilpasning i landbruket gjelder kunnskapsoppdateringer om effekter av endret klima for jord- og

hagebruksproduksjoner i lys av både nye klimaframskrivninger, ny forskning, teknologi og erfaringer fra agronomisk praksis. Dette vil være grunnlag for å gjøre nye vurderinger av hvordan klima og værhendelser kan påvirke primærproduksjonene, hvilke tilpasningstiltak som bør prioriteres, og dernest vurdere hvor sårbare produksjonene vil være etter at klimatilpasning er gjennomført. Dette skal også gi faglig grunnlag for å vurdere nye muligheter som endret klima kan gi for norsk jord- og hagebruk, gitt proaktiv (eller autonom) tilnærming. Kunnskap om tilpasningsbehov og agronomiske tiltak i de ulike produksjoner er absolutt en grunnleggende, men likevel ikke tilstrekkelig forutsetning for at det norske jordbrukssystemet (primærproduksjonen og verdikjedene) skal levere på sitt samfunnsoppdrag også i endret klima.

Klimatilpasning for et klimarobust jordbrukssystem

Begrepet klimarobust (climate resilient) betyr at et objekt eller system er motstandsdyktig eller tilpasningsdyktig i møte med klimaendringer og ekstremvær. Tilpasning handler om å redusere sårbarhet ved å sikre at systemer, objekter, infrastruktur eller naturmiljø fungerer godt også når klimaet endrer seg. Det handler også om at den administrative (institusjonelle) kapasiteten og de regulatoriske ordningene (kapasitet og kompetanse) har tilstrekkelige forutsetninger for å håndtere både proaktiv tilpasning og skadehåndtering/gjenoppretting.

En klimarobust løsning tar f.eks. hensyn til:

- Ekstremvær: Flom, tørke, stormer og hetebølger.
- Langsiktige endringer: Høyere temperaturer, endret nedbørsmønster, havnivåstigning.
- Risiko og beredskap: Planlegging for å unngå skader og kostnader.

Bærekraft og resiliens er grunnforutsetninger for at den jordbruksbaserte delen av det norske matsystemet skal være klimarobust. Vurdering av jordbrukets klimarisiko og prioritering av tilpasning må derfor ha som utgangspunkt at systemet som helhet, uansett påvirkninger, må være i stand til vedvarende å levere i tråd med de krav samfunnet stiller til jordbruket, jf. den overordna definisjonen av bærekraft i rapporten Bærekraft i norsk jordbruksproduksjon (Bakken m. fl. 2024). Dette er en nødvendig, men ikke tilstrekkelig forutsetning for å sikre den grunnleggende ambisjonen som kan formuleres slik: «Matforsyningene er den viktigste samfunnsfunksjonen som under alle omstendigheter – nå og i all framtid - alltid skal fungere - i hele landet». Trygghet for at dette kan oppnås, forutsetter at alle elementer og prosesser i matsystemet, herunder jordbruket, fungerer både hver for seg og i samspill.

Dette leder til nøkkelspørsmålet; hvordan kan klimaendringer i framtida endre det norske jordbrukssystemets bidrag til å oppfylle en slik ambisjon for matsikkerheten i Norge?

Den enkelte bondes evne til å mestre mer krevende produksjonsutfordringer på sin egen gård og i de ulike kulturene, eller å utnytte nye muligheter, er selvsagt den mest avgjørende og absolutte forutsetningen.

Jordbrukssystemets evne til å levere handler likevel i stor grad om hvordan et system i rask og til dels uforutsigbar endring, samtidig som klimaet og andre ikke-klimatiske påvirkninger endres, vil være i stand til i framtida å levere stabile, økende forsyninger av mat for å oppnå mål om økt sjølforsyning og forbedret forsyningssikkerhet. Utfordringen handler om «vedvarende å levere» under «alle forhold, i hele landet og til enhver tid». Og for å legge til; «under alle tenkelige og utenkelige værforhold som måtte følge av endret klima og et bredt spekter av ikke-klimatiske påvirkninger i uforutsigbar endring».

Jordbruket kjennetegnes av kontinuerlig endring; struktur, skala, markeds- og maktrelasjoner, regulatoriske rammer, økonomi, teknologibruk, arbeidskraftstilgang, driftsøkonomi, mv. skjer samtidig som klima er i endring. Effekter av klimaendring og klimatilpasning, bør derfor ses i sammenheng med effekter av en rekke ikke-klimarelaterte endringer og hendelser, jf. *Figur 2*. Slike kan ha vel så stor påvirkning på jordbrukets evne til stabile og økende leveranser som både gradvise klimaendringer og episoder med geografisk avgrenset ekstremvær, og ha stor betydning for jordbrukets sårbarhet og dermed evne til å håndtere klimaendringene.

Matverdikjedene via matindustri, grossist- og detaljistledd fram til forbruker, vil også i stor grad bli truffet av effekter på råvaretilgangen fra jordbruk eller marin og akvatisk matproduksjon. I tillegg kommer indirekte effekter av klimarelaterte hendelser, ved at et matsystem som er utsatt for store endringer i råvaretilgang også kan bli mer sårbart for andre, ikke klimarelaterte hendelser. Svekkelse av matsystemets funksjonsevne ved for eksempel svikt i energitilførsel, tilgang på vann eller cyberhendelser, kan både direkte og indirekte være en del av det klimarelaterte risikobildet. Indirekte effekter kan også omfatte skade på infrastruktur, lagerbeholdninger og transportsystemer, både utløst av værhendelser og andre hendelser. Konsekvenser kan være markedsforstyrrelser grunnet svekket tilgang av matråvarer og med knappere eller dyrere varer til forbrukerne som resultat.

Nasjonal og regional forsyningssikkerhet prioriteres nå høyere i lys av geopolitikk, handelsforstyrrelser og faktorer som kan gjøre global matproduksjon mer ustabil. Samtidige klimakriser i globalt viktige matproduksjonsområder, kombinert med geopolitiske konflikter og handelsforstyrrelser begrunner mål om stabil og økt innenlands matproduksjon. Spørsmålet blir i lys av dette om klimaendringer kan bidra til forbedret eller svekket forsyningssikkerhet basert på produksjon i Norge, på norske ressurser – og i tilfelle hvilke faktorer som trekker i en ene eller andre retningen.

Norsk jordbruk drives innen ulike gradienter; nord-sør, kyst-innland, lavland-fjellbygder. Klimadata og framskrivninger indikerer at regionale forskjeller fortsatt vil prege forutsetningene for norsk jordbruk, både innen hver enkelt vekstsesong og mellom år. Endret klima og lengre vekstsesong kan utjevne noen forskjeller. Dette kan åpne for økt geografisk utbredelse av produksjoner med høye krav til vekstsesong og temperatur, slik at f.eks. produksjon av krevende matplanter kan skje i en større del av landet. En slik spredning av produksjoner kan spre risiko og dermed være et bidrag til å utvikle et mer klimarobust norsk jord- og hagebruk, men siden en slik endring vil komme gradvis, er det essensielt at produksjonsmiljøer ikke forvitrer i mellomtiden.

Regional fordeling av produksjon, ved mer geografisk spredning og/eller endret lokalisering av produksjoner for å redusere sårbarhet, kan ut fra dette være relevante klimatilpasningstiltak i lys av mål om forbedret forsyningssikkerhet i alle regioner basert på et klimarobust og fortsatt regionalisert norsk jordbruk. Dette krever at klimarisikovurderinger sees i sammenheng med andre endringer norsk jordbruk kontinuerlig er «utsatt» for, og med økt oppmerksomhet om samspillet mellom ulike endringer og påvirkninger som kan innebære både synergier, fare for mistilpasning og økte målkonflikter.

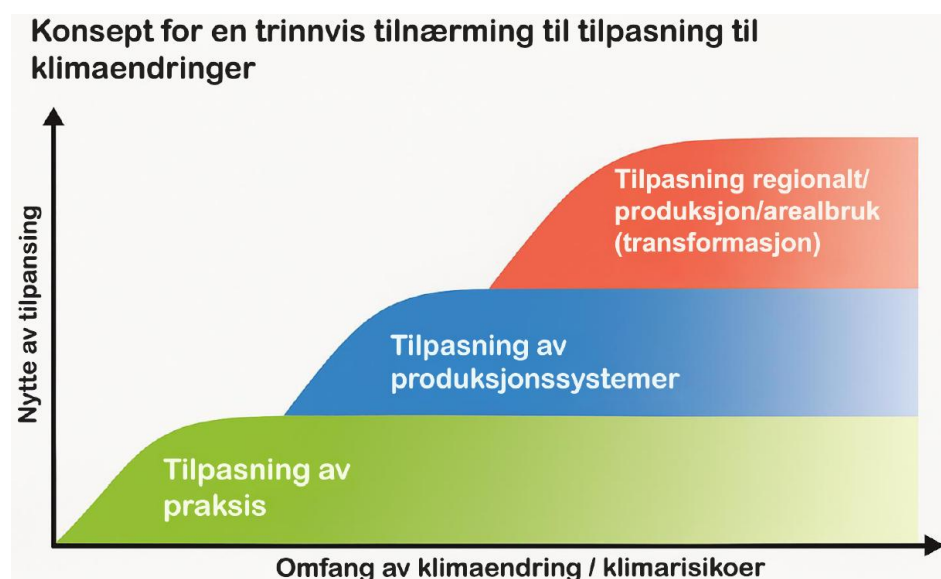
Økende og konkurrerende arealbruk er eksempel på forhold som kan gjøre at det blir utfordrende å håndtere klimautfordringene. Tilgjengelighet til beiteland som følge av rovvilt, fritidsbebyggelser og samferdselsanlegg kan forsterke negative konsekvenser av klimaendringene fordi disse tre faktorene alle bidrar til å redusere fleksibilitet i bruken av arealer og mulighet til f.eks. å velge de beste beiteområdene, under ulike værforhold, f.eks. tørke.

Systemspørsmålet handler altså om hvor utsatt det norske jordbruket er for klimaendringer på systemnivå og om «systemendringer», klimapolitikk, teknologiskift, eksterne påvirkninger mv. vil gjøre jordbruket mer eller mindre sårbart for effekter av klimaendringer. Vurderinger av sårbarhet for effekter av klimaendringer må følgelig inkludere et bredt spekter av samspillseffekter (potensielle polykriser). Premisset antas å være at et klimarobust jordbruk bør være i stand til å opprettholde evne til å levere både når klimaendringer (værforhold) gjør produksjonen mer krevende og andre (samtidige) hendelser kan medføre fare for svekket produksjon.

Konsept og kunnskapshull

Meld. St 26 (2022-23) skisserer arbeid med et forbedret og helhetlig styringssystem for det nasjonale klimatilpasningsarbeidet i Norge. Momentene omtalt i dette notatet taler for at analyser/vurderinger av klimarisiko, sårbarhet og tilpasning i norsk jordbruk også bør gjøres på systemnivå. Jordbrukssystemet vil påvirkes både direkte av klimaendringenes effekter på primærproduksjon og verdikjede, men også av klimatiltak som gjennomføres i andre sektorer. I tillegg påvirkes landbruket også i betydelig grad av ikke-klimarelaterte påvirkninger, jf *Figur 2*.

Figuren nedenfor illustrerer en utvidet konseptuell tilnærming til klimatilpasning i norsk jordbruk. Figuren kan leses som at med økende omfang av klimaendringer, vil behov for – og nytte av – klimatilpasning øke. Og at nytten øker dersom tilpasningen i tillegg til forbedret praksis, også inkluderer tilpasning av produksjonssystemer, og eventuelt også endret regional arealbruk og lokalisering av produksjoner. *Figur 3* illustrer konseptet med stegvis tilnærming i tilpasningsarbeidet, (1) den «tradisjonelle» agronomiske tilpasningen er grunnleggende, (2) i tillegg til agronomisk tilnærming inkluderes hvordan produksjonssystemer kan tilpasses for å bli mindre sårbare og (3) at større transformasjoner av systemets struktur kan være nødvendig for god tilpasning gjennom endringer i regional fordeling av produksjoner og arealbruk. Det siste nivået kan være forutsetning for å oppnå et totalt sett mer robust norsk jordbrukssystem, med forbedret evne til å vedvare i alle landsdeler og levere når klimaet og samfunnet er i endring.



Figur 3 Konseptuell illustrasjon av ulike nivåer for klimatilpasning i landbruket, bearbeidet ut fra Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz.

For jordbrukets del bør en systemorientert tilnærming til helhetlig klimatilpasning inkludere følgende spørsmål (ikke uttømmende):

Overordnet på systemnivå:

- Er det egenskaper ved det norske jordbrukssystemet som øker sårbarheten i møte med klimaendringer?
- Hvilke justeringer på systemnivå (der politikk, marked og forhandling er sentrale elementer) kan bidra til å redusere jordbrukssystemets sårbarhet – i tillegg til de «agronomiske» tilpasningene?
- Hva betyr utviklingen mot både regional konsentrasjon og færre og større driftsenheter i de fleste produksjoner for klimarobusthet i det norske jordbrukssystemet?
- Hvilke endringer i klimapolitikk og virkemidler for utslippsreduksjoner og klimatilpasning i jordbrukssektoren kan føre til målkonflikter som kan svekke tilpasningskapasiteten?
- Hvordan kan målkonflikter og samspillseffekter håndteres slik at mistilpasning unngås og synergier oppnås?

Regionale perspektiver

- Hvilken betydning har regional fordeling av ulike produksjoner for et klimarobust jordbrukssystem i Norge?
- Hvilke fortrinn har regional fordeling (lokalisering), struktur og skala for jordbrukssystemets klimarobusthet i dag?
- Hva betyr tidligere, pågående og forventede endringer i struktur og skala for det norske jordbrukets robusthet i endret klima?
- Har regional lokalisering av foredling, lager og logistikk/distribusjonssystemer betydning for vurdering av jordbrukssystemets klimarobusthet?

Endrede forutsetninger og virkemidler:

- Hvordan vil megatrender og endringsdrivere (så vel globale som nasjonale) påvirke jordbrukssektoren og dermed endre forutsetningene for klimatilpasning, fra gårdsnivå til systemnivå?
- Har den institusjonelle kapasiteten og de regulatoriske ordningene tilstrekkelige forutsetninger for å håndtere både proaktiv tilpasning og skadehåndtering/gjenoppretting?
- Hvordan vil bondens risikoaksept knyttet til produksjon i endret klima endres/påvirkes av statlige kompensasjonsordninger og virkemidler?

Omstillingsrisiko:

- Hvilke konsekvenser kan redusert husdyrproduksjon og økt matplanteproduksjon ha for jordbrukets sårbarhet for klimaendringer og dermed evne til å bidra til forbedret forsyningssikkerhet?
- Hvordan endres sårbarheten avhengig av om omlegging av produksjon (f.eks. fra drøvtyggere til matplanter eller motsatt) skjer i områder med høy eller lav klimarisiko?
- Bidrar nye teknologier; presisjonsteknologier, robotisering og elektrifisering til et mer eller mindre klimarobust jordbruk?

- Bidrar nye bioteknologiske metoder til et mer eller mindre klimarobust norsk jordbrukssystem?

Hvordan kan kunnskapshullene fylles?

Formålet med dette notatet er primært å invitere til drøfting av hvorvidt problemstillingene som er reist i kapittel 4 bør adresseres i utredningen om klimatilpasning i landbruket. I tillegg bør notatet være relevant for NIBIOs egne vurderinger av hvordan instituttets forskning og utredning om klimarisiko, sårbarhet og tilpasning i større grad bør ha et systemperspektiv.

Økt prioritering av systemtilnærming til klimatilpasning i landbruket bør også bidra til å synliggjøre bredden av utfordringer med klimatilpasning i landbruket, betydningen et klimarobust norsk jordbruk har som bærebjelke i det «norske matsystemet» og sektorens innspill til nasjonal klimasårbarhetsanalyse og Ekspertutvalget om klimatilpasning.

Problemstillingene dette reiser, jf. *Figur 3*, kan være grunnlag for betydelig ny forskning om nokså grunnleggende elementer i det norske landbrukssystemet (primært jordbruket og sårbarheten i de jordbruksbaserte verdikjedene).

Den pågående utredningen om klimatilpasning i norsk landbruk har ikke rammer som gjør det mulig å utrede disse spørsmålene innen arbeidsgruppas frist 1. juli 2026. Det bør likevel være relevant å spille inn noen tema for forskning og utredninger som arbeidsgruppa kan ha som grunnlag for å omtale prioriterte kunnskapsbehov og kunnskapshull.

Eksempler på tema for forskning og utredning kan være:

- En «Klima-ROS-analyse» for det norske jordbrukssystemet, dvs. en analyse av hvordan systemet som helhet vil kunne fortsette å levere på sitt primære samfunnsoppdrag under endret klima. Referansenivået for en slik analyse kan f.eks. være målene om økt selvforsyning og forbedret forsyningssikkerhet (stabilitet).
- En utvidet «klima-ROS-analyse» der det i tillegg til klimaeffekter også inkluderes effekter av et utvalg av ikke-klimarelaterte endringer og drivere i analysene, med referansenivå som under forrige punkt.
- En scenariobasert tilnærming, der ulike utviklingsforløp for norsk jordbruk beskrives og analyseres, og der scenariene bygges ut fra ulike mål og kriterier for optimalisering, dvs. at målene i jordbrukssystemet vektles ulikt i de ulike scenariene.
- En analyse av hvordan jordbrukets robusthet kan styrkes eller svekkes avhengig av ulike scenarier for type og dosering av utslippsreducerende tiltak.

Noen begrepsdefinisjoner:

Klimarisiko handler om potensialet for negative konsekvenser for menneskelige eller økologiske systemer eller samfunn, som følge av klimaendringer og menneskelig respons på klimaendringer.

Sårbarhet (vulnerability) er uttrykk for et objekt eller et systems (manglende) evne til å tåle de negative konsekvensene som følge av hendelser (hazard) som et system eller et objekt kan bli utsatt for (exposure).

Forebygging, for eksempel klimatilpasning, reduserer risiko for skade, styrker evnen til gjenoppretting og reduserer dermed systemets eller objektets sårbarhet for klimaendringer. Sårbarhet er det motsatte av motstandskraft. Formålet med tilpasning er å øke motstandskraft og redusere sårbarhet på objekt og/eller systemnivå. Forståelse av et systems eller objekts sårbarhet er forutsetning for å vurdere hvilken risiko hendelser kan medføre.

Synergi, som er samspill mellom flere tiltak som forsterker hverandre slik at den kombinerte effekten blir større enn summen av hvert bidrag.

Målkonflikt, som oppstår når et tiltak gir høy måloppfyllelse på ett område, men samtidig gir lavere måloppfyllelse andre steder.

Mistilpasning, som er klimatiltak som fører til utilsiktede negative bivirkninger – som økt sårbarhet, risiko for mennesker og økosystemer, eller økte klimagassutslipp.

Tradisjonell kunnskap knytter seg til erfaringsbasert kunnskap om ulike bruksmåter og til forvaltningen av naturressurser og er et helt avgjørende grunnlag for å vurdere hvilke strategier næringen skal benytte for klimatilpasning

Referanser

Agrarbericht2015 (2026). *Anpassung der Landwirtschaft an sich ändernde Bedingungen* (oversettelse: *Tilpasning av landbruket til endrede forhold*).

<https://2015.agrarbericht.ch/de/umwelt/klima/anpassung-der-landwirtschaft-an-sich-aendernde-bedingungen>

Bakken A. K., Haarsaker V. & Korsæth A. (2024). Bærekraft i norsk jordbruksproduksjon. Premisser og tiltak for forbedringer. NIBIO-rapport vol. 10, nr. 110. 196 s.

<https://hdl.handle.net/11250/3159516>

Meld. St. 26 (2022–2023). *Klima i endring – sammen for et klimarobust samfunn*.

<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-26-20222023/id2985027/>

Miljødirektoratet (2026). *Klimatilpasning: Kunnskap og veiledning*.

<https://www.miljodirektoratet.no/klimatilpasning/>

NIBIO (2026) *Klimatilpasning*. <https://www.nibio.no/tema/miljo/tiltaksveileder-for-landbruket/klimatilpasning>

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.