



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Klimatiltak i landbruket i Trondheim kommune

NIBIO RAPPORT | VOL. 6 | NR. 103 | 2020



Gunnhild Søggaard, Arne Bardalen, Finn Walland, Adam O`Toole, Helmer Belbo, Kjersti Bakkebø Fjellstad, Kjersti Holt Hanssen, Ari Hietala

Divisjon for skog og utmark/Divisjon for kart og statistikk/Divisjon for miljø og naturressurser/Divisjon for bioteknologi og plantehelse

TITTEL/TITLE

Klimatiltak i landbruket i Trondheim kommune

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Gunnhild Søgaaard, Arne Bardalen, Finn Walland, Adam O'Toole, Helmer Belbo, Kjersti Bakkebø Fjellstad, Kjersti Holt Hanssen, Ari Hietala.

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
09.07.2020	6/103/2020	Åpen	51401	19/01184
ISBN:	ISSN:		ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-02625-9	2464-1162		131	

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Trondheim kommune

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Øydis Marie Mo

STIKKORD/KEYWORDS:

Klimatiltak, landbruk, klimagasser, karbonlagring, klimarisiko, tilpasning

Climate mitigation, agriculture, greenhouse gas emissions, carbon storage, climate risk, adaptation

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Klimatiltak i landbruket

Climate mitigation and adaptation in agriculture and forestry

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Rapporten gir en oversikt over klimatiltak for landbruket i Trondheim, både for jord- og skogbruk. Vi ser på potensialet for utslippsreduksjoner, muligheter for karbonlagring, klimarisiko og klimatilpasning. Verdiskapingspotensiale av tiltak er inkludert. Rapporten gir også oversikt over hvordan landbruksrelaterte utslipp fanges opp i Norges klimagassregnskap under FNs klimakonvensjon, internasjonale avtaler og klimamål. Det vises til utvidet sammendrag.

LAND/COUNTRY:

Norge

FYLKE/COUNTY:

Trøndelag

KOMMUNE/MUNICIPALITY:

Trondheim

STED/LOKALITET:

Trondheim

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

GODKJENT /APPROVED

Per Stålnacke

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Lars Bendik Austmo

NAVN/NAME



Forord

Trondheim kommune er en stor bykommune, men også en stor landbrukskommune. Gjennom kommunedelplan for energi og klima 2017- 2030, har Trondheim satt mål om 80 prosent reduksjon i klimagassutslippene i 2030, sammenliknet med 1991. Kommunen har i tillegg mål om å bli et forbilde for grønn verdiskaping, og å være rustet for et framtidig klima i endring.

NIBIO har fått i oppdrag fra kommunen å gjøre en utredning av klimatiltak i landbruket. Utredningen skal dekke helheten i klimautfordringene for landbruket. Dette omfatter både utslippsreduksjoner, tiltak for økt karbonlagring i jord og skog, vurdering av klimarisiko, aktuelle tilpasningstiltak og muligheter for økt verdiskaping som følge av klimatiltakene. Hovedleveranse i oppdraget er forutsatt å være konkrete, kunnskapsbaserte forslag om tiltak som er relevant for jord- og skogbruket i Trondheim kommune. Samtidig er det faglige grunnlaget og mange tiltak gyldige for jord- og skogbruk i Norge. Rapporten omtaler derfor forhold som ikke bare er spesifikke kun for Trondheim.

Gjennomføring av utredningen, prioriteringer, avklaring av faglige spørsmål og informasjon fra kommunen er drøftet i oppstartmøte og statusmøter med oppdragsgiver underveis i arbeidet. Oppdragsgiver i Trondheim kommune er Miljøenheten.

Prosjektet har vært koordinert av stasjonsleder ved NIBIO Steinkjer, Lars Bendik Austmo. Han har administrert prosjektet, vært kontaktperson til oppdragsgiver og til fagpersonene i prosjektgruppen i NIBIO. Prosjektet omfatter flere fagtema, og ulike personer har hatt hovedansvar for ulike deler av rapporten. Gunnhild Søgaard har koordinert arbeidet knyttet til nasjonalt klimagassregnskap, skog og arealbruk (kap. 2.5, 3, 7 og 8). Disse kapitlene er skrevet av Kjersti Bakkebø Fjellstad, Helmer Belbo, Kjersti Holt Hanssen og Ari Hietala, i tillegg til Søgaard. Arne Bardalen har skrevet og koordinert kapittel 2, 4, 5, samt risikodelen av kapittel 6 og kapittel 9. Anne Kjersti Bakken har kommentert på disse delene. Kapittel 6 om utslipp i jordbruket er koordinert og skrevet av Finn Walland. Arne Grønlund (innleid konsulent) og Finn Walland har hatt ansvar for beregninger av scenarier med NIBIO klimagasskalkulator i kapittel 6. Anne Kjersti Bakken har kommentert på scenarieberegningene (6.4.3) skrevet 6.4.4 om indirekte utslipp, og gitt bidrag til 6.5 om tiltak i jordbruket. Adam O'Toole har skrevet om muligheter for økt karbonlagring i kapittel 6. Lillian Øygarden har hatt ansvar for å sikre helhet og for generell kvalitetssikring av rapporten.

Sign

Lars Bendik Austmo

Innhold

1	Innledning.....	17
2	Internasjonale avtaler og norske klimamål	19
2.1	FNs klimapanel og globale avtaler.....	19
2.2	Norges avtale med EU om felles oppnåelse av utslippsmål 2030	20
2.3	Norges klimapolitiske mål	20
2.4	Klimapolitikk for jordbruks- og matsektoren.....	20
2.5	Klimapolitikk for skogsektoren	22
2.5.1	Skogpolitikk	22
2.5.2	Klimatiltak i skog	22
3	Norges klimagassregnskap	25
3.1	Klimagassregnskapet for jordbruksektoren.....	26
3.1.1	Enterisk metan	27
3.1.2	Gjødselhåndtering.....	27
3.1.3	Lystgassutslipp fra dyrket mark	27
3.2	Klimagassregnskapet for arealbrukssektoren	27
3.2.1	Skog.....	28
3.2.2	Utbygd areal.....	28
3.2.3	Beite	28
3.2.4	Dyrket mark.....	28
3.2.5	Vann og myr	29
3.2.6	Annen utmark	29
3.3	Kommunevise klimagassregnskap.....	29
3.4	Skyggeregnskap for jordbruket	30
4	Klima i endring	31
4.1	Klimaframskrivninger og usikkerhet	31
4.2	Klima og vær, direkte og indirekte effekter.....	32
4.3	Klimautvikling i Norge.....	33
4.4	Klimaframskrivninger for Trøndelag	34
4.5	Bruk av klimaframskrivninger i denne rapporten.....	36
5	Klimarisiko og klimatilpasning	37
6	Jordbruk.....	39
6.1	Oppdrag, materiale og metodikk.....	39
6.1.1	Oppdragsbeskrivelse og avgrensning	39
6.1.2	Metodikk klimarisiko og tilpasningstiltak.....	39
6.1.3	Metodikk- potensialet for økt karbonbinding	40
6.1.4	Metodikk- beregning av klimagassutslipp.....	40
6.2	Oversikt over jordbruket i Trondheim	41
6.2.1	Arealgrunnlaget for jordbruk i Trondheim.....	41
6.2.2	Nydyrking og omdisponering	43
6.2.3	Topografi og hydrologi	44
6.2.4	Jordbruket i Trondheim, planteproduksjoner	44

6.2.5	Jordbruket i Trondheim, husdyrproduksjoner	46
6.3	Klimarisiko jordbruk	47
6.3.1	Erfaringer i dagens Trondheims klima	49
6.3.2	Kan endret klima gi nye muligheter?	50
6.3.3	Problemer i endret klima – sykdommer, skadedyr og ugras.....	51
6.3.4	Endret klima - vann, jord og hydroteknikk i Trondheim	52
6.3.5	Klimarisiko og kornproduksjon i Trondheim	55
6.3.6	Klimarisiko og grovfôrproduksjon i Trondheim.....	58
6.3.7	Klimarisiko og grønnsaks- og potetproduksjon i Trondheim	60
6.3.8	Klimarisiko og husdyrproduksjon i Trondheim.....	61
6.3.9	Overgangsrisiko i jordbruket.....	62
6.4	Klimagassutslipp fra jordbruket i Trondheim	63
6.4.1	Potensiale for utslippsreduksjoner	63
6.4.2	Referansebane og valg av scenarier.....	64
6.4.3	Beregnet potensiale for reduksjon av klimagasser	66
6.4.4	Indirekte utslipp knytta til jordbruksproduksjonen	71
6.5	Tiltak i jordbruket som kan gi reduserte utslipp.....	72
6.5.1	Planteproduksjon og effektiv utnyttelse av tilført nitrogen.....	72
6.5.2	God drenering og mindre jordpakking.....	72
6.5.3	Klimagassreducerende tiltak i husdyrsektoren	73
6.5.4	Husdyrgjødselhandtering	75
6.5.5	Husdyrgjødsel og biogass	76
6.5.6	Transport og dyrking og mindre forbruk av diesel.....	77
6.5.7	Dyrking og drenering av myr	77
6.5.8	Anbefalinger for Trondheim.....	78
6.6	Økt karbonlagring i jordbruket	78
6.6.1	Status for karboninnhold i jordbruksjord i Trondheim	78
6.6.2	Økt karbonlagring i jord med såing av fangvekster.....	79
6.6.3	Økt karbonlagring i jord med bruk av biokull.....	81
6.7	Verdiskapingspotensiale for klimatiltak i jordbruket	90
6.7.1	Verdiskaping knyttet til risiko og tilpasning i jordbruket.....	91
6.7.2	Verdiskapingspotensiale i forhold til klimatiltak i jordbruket	91
7	Skogbruk.....	94
7.1	Innledning.....	94
7.1.1	Oppdragsbeskrivelse (og avgrensning)	95
7.1.2	Om skogen i Trondheim	95
7.2	Arealbruksendringer fra og til skog	96
7.2.1	Påskoging	96
7.2.2	Påskoging rundt Jonsvatnet som et eksempel.....	97
7.2.3	Avskoging	99
7.3	Klimarisiko skogbruk.....	99
7.4	Tiltak for å øke CO ₂ -opptaket i skogen i Trondheim.....	100
7.4.1	Tiltakpotensialet i skogbruket.....	101
7.4.2	Beskrivelse av utvalgte tiltak.....	102
7.4.3	Verdiskapingspotensiale	113
8	Andre arealbruksendringer	117

8.1	Nedbygging organisk jord.....	119
8.2	Avskoging.....	120
8.3	Nasjonale virkemidler.....	121
8.3.1	Forbud mot nydyrking av myr.....	121
8.3.2	Tiltak mot avskoging.....	121
8.3.3	Andre nasjonale reguleringer eller tiltak som påvirker arealbruksendringer.....	121
9	Relevante initiativ i Norge og internasjonalt.....	123
9.1	Klimaavtalen mellom Regjeringen og jordbruksorganisasjonene.....	123
9.2	Landbrukets klimaplan.....	123
9.3	Klimasmart landbruk.....	123
9.4	Klimasmart landbruk og 100 klimaløsninger.....	124
9.5	Klimasmart landbruk Østfold.....	124
9.6	Greppa Näringen Sverige.....	124
	Referanser.....	125

Utvidet sammendrag

NIBIO har på oppdrag fra Trondheim kommune utredet hvordan jord- og skogbruket i kommunen kan bidra til et bedret klimagassregnskap, hvilke utfordringer disse næringene kan møte når klimaet endrer seg i årene framover, og hvilke verdiskapingsmuligheter som kan ligge i å gjennomføre tiltak for utslippsreduksjon, karbonbinding og tilpasning til endret klima. Som bakgrunn for senere vurdering av lokale tiltak inngår også en gjennomgang av scenarier for klimaendringer, overordnede rammer gitt av internasjonale avtaler, norsk klimapolitikk og nasjonalt klimagassregnskap. Et utdrag av resultater og vurderinger presenteres her:

Forventede klimaendringer og medfølgende risiko for samfunnet og landbruket

Klimaframskrivninger basert både på høy og midlere utslippsbane for klimagasser ([Klima i Norge 2100](#)) og ([regionale klimaprofiler](#)) viser at en i Trøndelag må mestre mer og kraftigere nedbør, mer overvann og endret flommønster, samt økt fare for jord- og flomskred utover i inneværende århundre. Økt erosjon som følge av kraftig nedbør og i elver og bekker, kan utløse flere kvikkleireskred i de områdene i Trondheim der en i dag vet at det er stor risiko for slike.

Klimaendringenes fysiske konsekvenser inntreffer alltid på «et sted». Kommunen, lokalt næringsliv og innbyggerne står i «førstelinja» i møtet med endringene. Både lokal klima- og værkunnskap og klimaframskrivninger trengs for å forstå risiko og sårbarhet, og for å gjøre riktig tiltak til rett tid. Ansvarsplassering for klimatilpasningstiltak forutsetter avklart rolle- og ansvarfordeling mellom privat og offentlig sektor. Konsekvensene av klimarelaterte hendelser er avhengig av beredskap og tiltaksplaner i alle samfunnets sektorer.

For den enkelte gårdbruker er klimarisiko en av mange risikofaktorer som må vurderes når det skal tas strategiske og økonomiske beslutninger. Risiko er også knyttet til endringer i marked, teknologi, politiske beslutninger og endringer i økonomiske virkemidler. Slike endringer kan inntreffe mye raskere enn effektene av gradvise klimaendringer.

Ekstremepisoder i værforhold har forekommet både før og nå, men antas å komme oftere og bli kraftigere i framtida. Rapporterte avlingsskader og værddata viser at variasjon i nedbørsforhold og periodevis lave temperaturer vår og høst, er hovedårsak til avlingsskader i Trondheim.

Overgangsrisiko forstås som risiko forårsaket av både klimaendringer og klimatilpasningstiltakene i seg selv. Slik risiko skyldes usikkerhet om konsekvenser av klimapolitikken, virkemidler og tiltak, samt teknologisk og økonomisk utvikling. Den største overgangsrisikoen for jordbruket antas å være knyttet til markedssvikt som konsekvens av endret etterspørsel i husdyrsektoren, primært kjøtt og mjølk. Markedsendringer kan skyldes både klimatilpasningstiltak, generell markedsutvikling og samspillseffekter. Usikkerhet om markedsutvikling og inntektsgrunnlag kan føre til reduserte investeringer i driftsapparat og jord, noe som på sikt kan endre og svekke jordbruksmiljøet i kommunen. Økt overgang til mer klimautsatte driftsformer kan øke overgangsrisikoen i jordbruket i Trondheim. Eksempler på dette er overgang fra produksjon av grovfôr og forkorn til matkorn, eller fra korn og gras til bær og grønnsaker.

Tilpasningsstrategier: Drenering og vann

I Trondheim er nær 70 prosent av jorda klassifisert til å ha et naturlig dreneringsbehov, men det finnes ikke oversikt over dagens dreneringsstatus og -behov for drenering og utbedringer. Generelt har store deler av norske jordbruksarealer – ved dagens klima – behov for forbedring av drenering og hydrotekniske anlegg. Ved økt nedbør og nedbørintensitet bør det prioriteres tiltak for kontroll av vannets strømningsveier i landskapet, både overflateavrenning og i drens-systemet. Drenering er et av de viktigste tiltak ved klimaendringene i Trondheim, både på kort og lang sikt. Det er særlig aktuelt å vurdere mindre avstand mellom grøftene. Drenering er positivt for å bedre optimale dyrkingsforhold, avlingsnivå, økonomi og for reduserte klimagassutslipp og avrenning til vassdrag.

Bakkeplanerte områder har de største utfordringene ved økt nedbør og avrenning der det er gamle og dårlige hydrotekniske anlegg. Siden anleggene ligger dypt og i erosjonsutsatt jord, vil overbelastning og sammenbrudd i slike anlegg kunne gi store erosjonsskader. Basert på lokal kunnskap bør det gjøres en tilstandsvurdering av hydrotekniske anlegg i bakkeplanerte områder i Trondheim.

På myrjord og jord med dårlig vanngjennomtrengelighet i nedbørrike strøk, eller i områder der telen sitter lenge, er det aktuelt å profilere overflata. Denne løsningen kan bli enda mer aktuell med økende nedbør. Behovet for slike tiltak er antakelig ikke stort i Trondheim, men bør vurderes ut fra lokale erfaringer.

Det bør gjøres analyser av risiko i lokale nedbørfelt i Trondheim, om det er aktuelt med gjenåpning av lukkede kanaler, etablering av dammer, terskler, bredere bekker og flomarealer. Fangdammer som hittil er etablert for å redusere erosjon og næringsstoffer til vassdrag, kan bli mer aktuelt under slike forhold, også kombinert som flomdammer for å redusere flomtopper i vassdragene.

Tiltak som endret jordarbeiding, for å redusere erosjon og avrenning av næringsstoffer kan bli mer aktuelt ved økende avrenning. Bruk av fangvekster (dekkvekster) for å redusere tap med avrenning (nitrogen og fosfor), øke karboninnhold i jord og redusere utslipp av klimagasser, kan bli mer aktuelt ved lengre vekstsesong og ved overgang fra gras- til korndyrking i Trondheim. Organisk materiale i jorda påvirker lagring av vann og næringsstoffer, og jordas produksjonsevne og utnyttelsen av plantenæring. Tiltak for bevaring eller økning av jordas karboninnhold bør prioriteres.

Tilpasningsstrategier: Korndyrking

Vel to tredjedeler av jordbruksarealet i Trondheim brukes til korndyrking. Klimaendringene kan gi mulighet for dyrking av kornarter og sorter som modner seinere og gir høyere avling. Det er viktig for næringa å følge med på den kontinuerlige sortsutviklinga slik at en kan velge et plantemateriale som er tilpasset regionens daglengder, lys-, nedbørs- og temperaturforhold.

Temperaturendringene vil øke mulighetene for dyrking av høstkorn i de klimatiske beste områdene i Trøndelag. Større arealandel med høstkorn kan øke kornproduksjonen, men dagens klima byr på utfordringer for vinteroverlevelsen av høstkorn, og i endret klima vil dette fortsatt være situasjonen. Det dyrkes litt høstkorn i Trondheim i dag, men det kan i endret klima være vel så aktuelt å utnytte en lengre og varmere vekstsesong til å dyrke vårhvete, som oftere gir god kvalitet.

Kornplantenes vekst er avhengig av god luftveksling i rotsonen. Risikoen for skader på plantene er avhengig av nedbørsmengder, dreneringstilstand, jordas vannledningsevne og toleranse hos kornsortene mot vannmetning. Jordpakking reduserer infiltrasjon og kan gi vannmetningsskader. Det må påregnes at antall dager med lagelige forhold til både jordarbeiding og innhøsting reduseres. Nedbørsforholdene avgjør derfor om de positive effektene av en lengre vekstsesong kan realiseres.

Lengre vekstsesong, endring i nedbørsforhold og dyrking av nye arter/sorter vil skape behov for utvikling av gjødslingsstrategier. Det kan være nye gjødseltyper, justering av gjødslingstidspunkt, annen fordeling av gjødselmengder, justering av normer/anbefalinger og optimalisering av gjødselplassering for å øke næringsstoffutnyttelsen.

En lengre vekstsesong og fare for økte angrep av skadegjørere kan gi behov for bruk av mer plantevernmidler. Plantevernstrategiene bør derfor optimaliseres både i forhold til midler, bruksmåte og brukstidspunktet. Plantevern bør inkludere alternativer til kjemisk bekjempelse, og gårdbrukerne må ha kjennskap og tilgang til gode varslingstjenester for angrep av sopp og skadedyr.

Tilpasningsstrategier: Grovfôrdyrking

Simuleringer basert på klimaframskrivninger for 2050 viser at forlengelsen av vekstsesongen kan føre til at antall slåtter i grovfôrproduksjonen kan økes med 1-2 per år og/eller at beitesesongen kan utvides med 1-2 måneder i forhold til i dag, forutsatt at det ikke er for vått. Dette antas også å gjelde i Trondheim. Behov for tiltak for å tilpasse gjødslingen etter plantenes næringsbehov vil øke, og

samtidig må det tas hensyn til at nitrogenutnyttelsen er spesielt viktig for å redusere lystgassutslippene. Responsen på temperatur, fotoperiode (periode hvor plantene mottar nok lysenergi til å påvirk veksten) og andre miljøvariabler varierer mellom arter og sorter. Økt dyrking av blandinger med sorter med ulike egenskaper, for å ta i bruk artenes og sortenes evne til å kompensere for hverandre svakheter, kan redusere risiko i et mer variabelt klima.

Tilpasningsstrategier: Grøntproduksjoner

Trondheim har ingen kommersiell frukt dyrking, og liten produksjon av grønnsaker og poteter, men endret klima og andre endringer i norsk jordbruk kan øke interessen for slike produksjoner. Den teknologiske utviklingen fører til at dyrking av frukt, bær og grønnsaker i økende omfang foregår under tak, plast og i delvis regulert klima, noe som reduserer klimarisikoen. Høyere vintertemperatur kan gjøre at det blir mulig å produsere overvintringsgrønnsaker av flere arter. Det vil være behov for utvikling av gode dyrkingsmetoder, sortsutprøving og tiltak mot skadegjørere både for tradisjonelle og nye kulturer og teknologier.

Tilpasningsstrategier: Husdyrhelse

Beitedyr som storfe og sau er mest direkte utsatt for mer og flere sykdommer når klimaet endres. En av de mest sannsynlige konsekvensene er økning av infeksjoner med mikroorganismer og parasitter som overføres av mygg, knott eller flått. En sannsynlig konsekvens av klimaendringer er også økning i arter og mengde av parasitter som kan forårsake sykdom hos både mennesker og dyr (bl. a. zoonoser, dvs infeksjonssykdommer som kan smitte fra dyr til mennesker). Økning av soppgifter i fôr og mat kan øke med varmere og mer fuktig klima, og utgjøre risiko for både dyre- og folkehelsen.

Status og potensial for reduksjon av klimagassutslipp fra jordbruket

Jordbruket i Trondheim er dominert av kornproduksjon. Husdyrholdet har relativt lite omfang. Husdyra, og særlig drøvtyggerne, gir produkter med betydelig større utslipp av klimagasser per produsert mengde energi eller protein enn det vegetabilsk mat gir. Det er derfor nærliggende å tenke at utslippene kan reduseres ved å redusere husdyrproduksjonen i kommunen og erstatte hele eller deler av denne med produksjon av matkorn, potet, grønnsaker, frukt og bær. Det vil gi reduksjon i lokalt utslippsregnskap, men må også følges opp av tilsvarende endringer i kostholdet til kommunens innbyggere. Uten det vil utslippet flyttes med produksjonen til et annet sted.

Nasjonalt er det laget framskrivninger (referansebaner) for jordbrukssektoren som beskriver sannsynlig utvikling i produksjon og etterspørsel gitt antatt befolkningsutvikling og sannsynlig kosthold. Referansebanen er beregnet å gi et utslipp av klimagasser som brukes som målestokk for å beregne effekt av tenkte endringer. Jordbruksproduksjonen i Trondheim er ikke et gjennomsnitt av jordbruksproduksjonen i landet, og utvikling og trender vil avvike fra nasjonal referansebane. I denne utredningen er det derfor laget en lokal referansebane som er sammenligningsgrunnlag for valgte scenarier for utvikling i lokalt jordbruk. I samarbeid med oppdragsgiver er det definert 5 ulike scenarier for mulig utvikling og omfang for ulike produksjoner i jordbruket i Trondheim.

Dagens produksjonssystemer og omfang i jordbruket har et klimagassutslipp på 18,8 tusen tonn CO₂-ekvivalenter i Trondheim. Det mest radikale scenarioet som er beregnet, innebærer at all husdyrproduksjon i Trondheim blir avvirket, noe som gir reduksjon på 6,6 tusen tonn CO₂-ekvivalenter, sammenlignet med referansebanen. Dersom ikke matkonsumet i kommunen reduseres tilsvarende og erstattes med matvarer med svært lite utslipp per måleenhet, så vil dette tiltaket føre til at produksjonen og klimagassutslippene eksporteres ut av Trondheim til andre regioner.

Biogass

Husdyrgjødsel kan inngå som råstoff ved produksjon av biogass. Husdyrproduksjonen og gjødselmengdene er begrenset i Trondheim, og vi må derfor anta at husdyrgjødsel inngår sammen med andre kilder av biologisk opphav i større biogassanlegg. Vi har beregnet effekt av å bruke 10% av husdyrgjødsel til biogassproduksjon i 2025 og 20% i 2030. Det vil da kunne produseres 28 tonn

biogass i 2025 og 58 tonn 2030. Dette gir en reduksjon i klimagasseffekt på grunn av mindre utslipp fra husdyrgjødsel, og av at biogassen erstatter fossile energikilder. Effekten er beregnet til 146 tonn CO₂ ekv. i 2025 og 290 tonn i 2030. Bruk av bioresten i jordbruket etter biogassprosessen, kan være utfordrende når mange ulike rester inngår i prosessen i forhold til krav om kjemisk innhold ved spredning på jordbruksareal.

Indirekte utslipp

Indirekte utslipp (ofte omtalt som scope 2 og scope 3) fra jordbruksproduksjon er omtalt, men det er ikke gjort spesielle analyser for Trondheim. Indirekte utslipp omfatter utslipp knyttet til produksjon av tilført energi i form av elektrisitet eller brennstoff-utslipp knyttet til produksjon og transport av andre innsatsfaktorer, delvis også til resirkulering og avfallshåndtering. I livsløpsanalyser (LCA) av matvarer og andre jordbruksprodukter tas indirekte utslipp med når klima og annen miljøbelastning skal estimeres. Det er gitt tilgang til vedlagt notat som er utarbeidet for Steinkjer kommune om vurdering av slike indirekte utslipp og vurderinger med LCA analyser, og vi anser dette som relevant for Trondheim.

Tiltak innenfor de ulike produksjonsformer

Den enkelte gardbruker kan innenfor eget produksjonssystem gjøre tiltak som minsker klimagassutslippene både per enhet levert produkt, per areal og totalt for bruksenheten. Tidligere analyser viser at det er store variasjoner i utslipp mellom gårdsbruk, og at det dermed også er potensiale for reduksjoner. Vi har ikke hatt detaljert datagrunnlag for å gjøre analyser på gårdsnivå i dette oppdraget.

Klimasmart Landbruk (www.klimasmartlandbruk.no) har utviklet et beregningsverktøy, en kalkulator for å beregne klimagassutslipp på gårdsnivå. Norsk landbruksrådgivning tilbyr rådgivningstjenester med identifisering og kvantifisering av utslipp, råd om tiltak og beregning av effekter av tiltak.

I denne rapporten er det en generell beskrivelse av aktuelle tiltak som kan gjennomføres på gårdsnivå. Det inkluderer tiltak som;

- God agronomi og effektiv planteproduksjon med store avlinger, god utnyttelse av tilførte næringsstoffer med minst mulige tap.
- God drenering og redusert jordpakking for optimalisering av vekstforhold
- Tiltak i husdyrproduksjonen innen foring, god dyrehelse, kalvingsintervall, avl
- Lagring og spredning av husdyrgjødsel
- Fermentering av husdyrgjødsel og annet biologisk avfall i lokale biogassanlegg
- Bruk av maskiner
- Økt karbonlagring i jord
- Redusert dyrking av myr, ved oppdyrking bruk av f. eks. omgraving for reduserte utslipp
- Optimalisert arealfordeling mellom driftsenheter for å redusere kjøreavstander

Anbefalinger tiltak i jordbruket

Jordbruket i Trondheim kommune domineres av kornproduksjon og relativt begrenset husdyrhold, og har i sum relativt lav klimagassbelastning og godt under gjennomsnittet for landet regnet per daa. Det er relativt få virkemidler kommunen kan sette inn direkte overfor jordbruket for å redusere utslippene innenfor nasjonale rammer. De fleste tiltakene som kan gjennomføres i dagens produksjonsformer vil være gardbrukerens eget ansvar og er frivillige. Noen aktuelle tiltak innenfor for eksempel

gjødselhandtering krever betydelige investeringer og har begrenset effekt på klimagassutslippene, men det vil være viktig å velge klimavennlige løsninger når fornying likevel må gjennomføres.

Lokal landbruksforvaltning kan bidra aktivt ved å informere om aktuelle virkemidler og gjøre forvaltningen smidig slik at det oppleves som positivt bidrag fra lokale myndigheter. Informasjon kan gis til bøndene om muligheter for å søke økonomisk støtte til tiltak gjennom ulike tilskuddsordninger innen RMP og SMIL-ordningene. Tilskudd til drenering, hydrotekniske anlegg, utbedring av gjødsellager og miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel er viktige stimulanser. Kommunen kan også bidra med informasjon om rådgivings- og kunnskapsformidlingstiltak sammen med rådgivningstjenestene om jordbruksproduksjoner (plante- og husdyrproduksjoner), agronomiske metoder og tiltak for å redusere klimagasser. Flere tiltak for klimatilpasning vil også kunne redusere risiko for utslipp av klimagasser.

Kommunen kan gjennom arealforvaltningen bidra til at arealer som det kan dyrkes matvekster til menneskelig konsum på vernes mot omdisponering til andre formål enn landbruk. Det er også viktig å ta vare på arealer som i dag bare anvendes til fôrproduksjon, da en del av disse i tillegg til grovfôr også kan brukes til å dyrke både korn, potet og grønnsaker. Generelt bør all dyrka og dyrkbar jord tas vare på og ikke bygges ned.

Verdiskaping i jordbruket

Verdiskapingen i Trondheims jordbruk er beregnet i en tidligere rapport fra NIBIO (Knutsen, 2017) og presentert som nettoprodukt. Nettoprodukt er definert som betaling for familiens arbeidsinnsats og forrentning av innsatt kapital. Nettoprodukt i referansebanen i 2020 er beregnet til 41 millioner kroner, fallende til 36 millioner kroner i 2030. De fleste scenariene for endringer i omfang av ulike produksjoner gir relativt liten endring fra referansebanen, mens scenariet som inneholder avvikling av husdyrholdet gir 25 millioner kroner mindre nettoprodukt i 2030. Dette scenariet har en dermed en kostnad for landbruket målt i kroner per enhet redusert utslipp (tonn CO₂-ekvivalenter) på 4300 kr i 2025 og 3780 kr i 2030. Den samfunnsøkonomiske kostnaden er ikke beregnet. Samtidig er dette også et tiltak som reduserer matproduksjonen betydelig, og er i strid med intensjonen om å redusere utslipp, men opprettholde matproduksjon.

Karbonlagring i jordbruket: Produksjon og tilføring av biokull

Basert på en gjennomgang av hvor mye biomasse i kommunen som kan være tilgjengelig og egnet som råstoff i produksjon av biokull, er det vurdert at det kan produseres opptil 5100 tonn tørt biokull per år. Avfallet var hageavfall, returvirke, avløpslam (fra byen), og halm og skogsvirke fra landbruksareal. Tilføres dette biokullet til landbruksjord, gir det en karbonbindingseffekt på 9772 tonn CO₂-ekvivalenter per år. Bruk av biokull er både i Klimakur 2030-rapporten og klimaavtalen mellom regjeringen, Bondelaget og Bonde- og Småbrukarlaget omtalt som et klimatiltak med stort potensial. I skrivende stund er det ingen produksjon av biokull i Trondheim, men det bygges et pilotanlegg av JordPro AS i løpet av 2020. En spørreundersøkelse blant bønder i Trondheim viste at 44% av de som svarte (20 %) ikke hadde hørt om biokull, og at kun 12% hadde satt seg inn i temaet fra før. Vi antar derfor at det er behov for et betydelig kunnskapsløft før biokull vil bli produsert og tatt i bruk i større grad i de kommende år. Spørreundersøkelsen viste også at 52% mente at økonomisk tilskudd var avgjørende for at man skal starte med biokull.

Karbonlagring i jordbruket: Såing av fangvekster sammen med korn

Såing av fangvekster sammen med korn eller andre ettårige kulturer dekker jorden med vegetasjon gjennom store deler av året, og gir en økt produksjon av total mengde plantemateriale per vekstsesong, og dermed en større karbonfangst. Denne ekstra karbonfangsten vil deretter kunne bidra til en økning i moldinnhold i jorda over tid hvis bonden fortsetter med praksisen år etter år, og jorda ikke er i eller nært metningspunktet for netto innlagring av organisk materiale. Dette er et tiltak som kan innføres i Trondheim innenfor en relativt kort tidshorisont, men som samtidig krever økt kunnskap om

dyrkingsteknikk og egne sorter av fangvekster. Vår spørreundersøkelse til kornbønder i kommunen viste at 66% var interessert i å lære mer om bruk av fangvekster. Det er antatt at om 2/3 av kornarealet (28253 daa) i Trondheim ble sådd med fangvekster, så kunne man fange 678 tonn karbon (C) per år, eller 2474 tonn CO₂-ekvivalenter per år. Trøndelag fylkeskommunes nye jordkarbonprosjekt med fagmøter kan være en arena for formidling av kunnskap og erfaring med bruk av fangvekster i Trondheim.

Karbonlagring i jordbruket: Produksjon og bruk av kvalitetskompost fra avfall.

Det finnes en rekke organiske ressurser i Trondheim som kan brukes til å lage kompost. Dette inkluderer matavfall, avløpsslam og hageavfall. I dag blir avløpsslam som inneholder uønsket mye tungmetaller kompostert sammen med hageavfallet. Dette gir begrensninger i hvor mye som kan brukes per år og daa på landbruksjord. Hvis kommunen ønsker å fremme økt bruk av kompost i landbruksjord, så må det kontrolleres strengt hvilke råstoff som blandes sammen. I rapporten er det foreslått kompostering av matavfall og hageavfall, og at pyrolysert, avtørket avløpsslam heller brukes til formål utenfor jordbruket. Det bygges for tiden et integrert trommelkompostering- og pyrolyseanlegg i Trondheim som kan være interessant å følge opp med casestudier. Utenom urbane Trondheim, så er skogsvirke og halm de mest aktuelle råstoffene for biokullproduksjon på gården eller til levering til ett sentralisert pyrolyseanlegg. De organiske ressursene kan således brukes både til kompostering og til biokull. Det er også andre forhold i tillegg til ressurstilgang som kan påvirke hva som velges.

Sammendrag skogbruk

I 2018 hadde norske skoger et netto opptak på 27,8 millioner tonn CO₂ (Miljødirektoratet mfl. 2020a). Størrelsen på opptaket i skogen påvirkes av skogens alderssammensetning, hogstnivået og naturlig avgang for eksempel på grunn av brann, insekter og storm. Det påvirkes også av skogskjøtselen og tiltak som øker det produktive skogarealet, og som øker opptaket på de eksisterende skogarealene.

Ved vurdering av ulike tiltak i skogen, vil det overordnet være behov for å gjøre avveininger mellom hensynet til de tre pilarene klima, naturmangfold og andre miljøverdier, og næring. I denne rapporten har vi fokusert primært på effekter på karbonlager og CO₂-opptak. Men dette må selvfølgelig sees i sammenheng med hvilke effekter tiltakene har for næringa og på naturmangfold.

Skogens klimanytte kan økes dersom en gjennom forvaltning øker netto opptak, og også dersom en øker kvaliteten på trærne slik at en større andel av tømmervolumet kan benyttes til langlevde produkter. Kun det første vil ha innvirkning på arealbrukssektoren i klimagassregnskapet, og er det som har vært mest vektlagt i denne rapporten, sammen med tiltak for å øke netto skogareal (økt påskoging og redusert avskoging).

Påskoging

Påskoging er en av Norges forpliktelser under Kyotoprotokollen. All overgang til skog på forvaltede arealer og på grunn av aktiv tilrettelegging regnes som påskoging. I NIBIO-rapporten «Effekter av planting av skog på nye arealer. Betydning for klima, miljø og næring» har Søgaard mfl. (2019b) vurdert klimanytte, nåverdi og effekter på naturmangfold ved planting av gran på gjengroingsarealer. Studien konkluderer med at granplanting på gjengroingsarealer gir positiv klimanytte sammenlignet med ingen behandling, uavhengig av både bonitet, gjengroing og hogsttidspunkt. I rapporten er det vurdert et konkret eksempel med påskoging ved Jonsvatnet i Trondheim.

Eksempelet Jonsvatnet

Trondheim kommune har etterspurt en beskrivelse av økonomiske og biologiske forhold knyttet til en eventuell påskoging ved drikkevannskilden Jonsvatnet. Vi har sett spesielt på tre kommunale

eiendommer i området, og sammenlignet effekten av å etablere granskog med effekten av naturlig gjengroing av arealet. Vi har ikke sammenlignet med alternativet fortsatt jordbruksdrift.

Våre beregninger viser at den samlede effekten av å etablere granskog på arealene estimeres til om lag 77 tonn CO₂-ekvivalenter per dekar for et helt omløp. For 170 dekar vil dette kunne utgjøre 187 tonn CO₂-ekvivalenter per år. Dette er forskjellen mellom granskog og den skogen vi forventer vil komme ved naturlig gjengroing. For et mer nøyaktig estimat må arealene oppsøkes og kartlegges.

Når det gjelder økonomiske betraktninger, viser våre beregninger at det kan være nødvendig med tilskudd for å gjøre påskogingstiltaket lønnsomt for skogeier. Det er liten grunn til å tro at noen av alternativene (gjengroing eller planting) vil bidra til større biologisk mangfold på kort eller mellomlang sikt. Vi har ikke vurdert konsekvenser med hensyn til jordvern.

Avskoging

Avskoging er en annen aktivitet hvor Norge rapporterer utslipp under Kyotoprotokollen. Avskoging er definert som permanent overgang fra skog til annen arealbruk, og fører til et umiddelbart utslipp av klimagasser. Avskoging utgjorde i 2018 alene et utslipp på 2,4 mill. tonn CO₂-ekvivalenter. En stor andel av avskogingen skjer på mindre arealer, slik som små gradvise utvidelser av eksisterende infrastruktur. I nye Trondheim kommune (Trondheim og Klæbu) var det i perioden 2010 – 2015 et samlet tap av skogareal på 804 dekar, som bestod av: 67 % nedbygging, 21 % nydyrking og 12 % overgang til beite.

Klimarisiko

Et endret klima vil påvirke skogens dynamikk og vekst, samt risikoen for ulike typer skader, og bør dermed påvirke valg av skogbehandling. Optimalisert skogbehandling er sentralt. Valg av planting eller naturlig foryngelse, markberedning, ungsogpleie, tynning eller andre skogbehandlingstiltak får betydning for risikobildet gjennom hele bestandets omløpstid, for tømmerverdi og for driftskostnader. Samtidig vil risikobildet endres i et endret klima. Økonomisk maksimal verdiproduksjon i skogen og potensialet for karbonbinding må i noen tilfeller veies opp mot risiko for skader.

Klimatiltak i Trondheim kommune

Klimakur 2030-rapporten fra NIBIO presenterer framskrivninger av utviklingen i årlig netto CO₂-opptak ved noen ulike intensiteter av blant annet plantetetthet og bruk av foredlet plantemateriale (Søgaard mfl. 2020). Resultatene viser at satsing på klimatiltak i skog potensielt vil kunne ha stor effekt på lang sikt. Noen av tiltakene har også potensial for å øke kvaliteten på virket, og dermed kunne øke substitusjonsverdien gjennom at en større andel kan brukes i langlevde produkter.

Basert på Klimakur 2030 og skogplanteforsøk i NIBIO, samt tilgjengelig kunnskap om kommunen, peker vi i denne rapporten på ulike klimatiltak i skog som er relevante for Trondheim. Blant tiltakene som trekkes fram er tettere planting og suppleringsplanting, ungsogpleie, gjødsling og vurdering av hogsttidspunkt for ulike skogbestand. Disse er valgt ut i dialog med kommunen.

Tettere planting og suppleringsplanting

Plantetettheten i bestand påvirker både egenskaper hos det enkelte tre og bestanden som helhet. Det generelle bildet er at totalproduksjonen øker med tettere forband, men avgangen øker også, og volumet av det enkelte tre minker. Å finne fram til riktig plantetetthet vil være avhengig av ulike faktorer. NIBIO har resultater fra flere forsøk med ulike plantetettheter (forband) som kan si noe om hva som bør være yttergrensene for plantetall.

Under de fleste forhold vil en få et godt resultat når en planter i samsvar med kravene for å få statstilskudd til tettere planting.

NIBIO har et langsiktig feltforsøk i Namdalseid i Nord-Trøndelag. Forsøket viser at dess tettere planting (forband), dess høyere tilvekst, større totalproduksjon og mer stående volum i bestanden. Når

det gjelder fordeling av diameterklasser fordelt på forsøkene, er det lavere diametervekst i de tettere forbandene, mens det er grovere dimensjoner i de mer åpne bestandene.

Ungskogpleie

Ungskogpleie er et samlebegrep for skjøtselstiltak i etablert skog, før trærne har vokst seg store nok til å gi nyttbart virke. Ofte vil inngrepet innebære en kombinasjon av avstandsregulering og fjerning av uønskede, konkurrerende treslag. Det er viktig at man gjennom ungskogpleien legger til rette for at trærne utvikler et stort rotsystem, en symmetrisk krone og et høyt diameter-høyde forhold. Utføring av ungskogpleie vil dermed også redusere sannsynligheten for klimabetingede skader senere i omløpet.

Uavhengig av treslagssammensetning kan en forvente en positiv effekt på størrelsen (diameter) på trærne som høstes ved sluttavvirkning når konkurransen mellom trærne reduseres. Dette vil føre til at en større andel av biomassen forventes å ha dimensjoner for sagtømmer. Sagtømmer er det som kan gå til langlevde produkter (trelast). Det vil si at med høyere andel eller volum sagtømmer kan en få en høyere substitusjonseffekt.

Det har vært relativt stort fokus fra skogeierorganisasjonenes side på å få opp aktiviteten i ungskogpleie i Norge. Lang investeringshorisont, manglende kunnskap om positive effekter, mangelfull oversikt over behovet på den enkelte eiendom og begrenset kapasitet til gjennomføring kan likevel antas å være begrensende for aktiviteten.

Nitrogengjødsling av skog

I Miljødirektoratets rapport Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030 er nitrogengjødsling beskrevet som et tiltak for å opprettholde eller øke opptaket av klimagasser på eksisterende skogarealer. Aktuelle bestand for gjødsling er først og fremst middels og gode boniteter av gran og furu.

Statistikk for gjødsling i Trøndelag viser at gjødslingsnivået i hovedsak var lavt utover 2000-tallet, men økte kraftig da tilskuddet til gjødsling av skog som et klimatiltak ble innført i 2016. Det er ikke registrert gjødsling i skog i Trondheim kommune i 2019.

Engangsgjødsling av eldre skog er mest aktuelt. NIBIO har flere eldre forsøk i eldre skog fra Trøndelag. Gjødslingstall fra Snåsa og Overhalla viser positive resultater etter 10 år. Et nylig studie fra yngre granskog i Trøndelag viser imidlertid at gjødsling også av yngre skog kan gi en god effekt på skogproduksjonen, og dermed også på CO₂-opptaket.

Både i retningslinjer for tilskudd og i et eget kravpunkt i Norsk PEFC Skogstandard er det regler for ivaretagelse av miljøhensyn ved gjødsling.

Hogsttidspunkt

Vurderinger omkring hogsttidspunkt bør bygge på kjennskap til aktuell skogtilstand og forventninger om framtidig vekst og utvikling for det enkelte bestand, samt framtidige forhold som gjelder skogens verdiutvikling. En bør også vurdere et mulig forlenget omløp, altså å utsette hogsten noe sammenlikent med det som er økonomisk optimalt, med tanke på klima. For tidlig hogst er potensielt negativt, ikke bare for kommunen og klimagassregnskapet, men også for skogeiers økonomi hvis det hogges skog som fortsatt vokser godt.

Markberedning

For å bedre spire- og etableringsbetingelsene til småplanter kan det være lurt å gjøre tiltak. Ved naturlig foryngelse (fra frøtrær) vil det kunne være aktuelt å legge til side humus i striper eller flekker, slik at frøene kan lande på mineraljord. Før planting kan hauglegging eller omvendt torv være bra. Markberedning før planting letter plantearbeidet, reduserer planteavgangen og øker veksten. Avgangen blir mindre fordi plantene kommer i god kontakt med mineraljorda, og fordi konkurransen fra vegetasjonen og risikoen for frost reduseres. Denne bearbeidingen av humuslaget kalles

markberedning. Rapporten viser til en positiv økende trend til markberedning i Trondheim kommune. Med forventede klimaendringer blir det enda viktigere å legge til rette for rask og god planteetablering, slik at skogplantene motstår konkurransen fra annen vegetasjon og angrep fra snutebiller. Gransnutebiller kan gjøre stor skade i plantefelt ved at de gnager barken av småplantene slik at de skades eller dør. Når det gjelder snutebilleproblematikk isolert sett, viser en undersøkelse fra NIBIO at lengre ventetid mellom hogst og planting kan gi mindre avgang (færre døde småplanter). Av hensyn til klimagasseffekt og økonomi er det imidlertid bra å plante raskt etter hogst. Tre plantefelt i Trondheim er med i snutebilleundersøkelsen.

Motvirkning av råte

Tiltak for å motvirke råte er også viktig klimatiltak. I en tidligere studie er råtefrekvens vurdert blant annet i 14 bestand i Trondheim kommune. Resultatene tyder på at det er nokså høy råteprosent i granskog i kommunen. Råtefrekvensen kan øke per generasjon. Rapporten Klimakur 2030 peker på at skifte av treslag er et effektivt tiltak mot rotkjuke. Det samme er stubbebehandling med for eksempel RotStop, men begge deler er lite praktisert. Ønsker man fortsatt bruk av gran i bestand med mye råte, bør man satse på forebyggende tiltak.

Verdiskapingspotensialet i skogbruket

Vurderinger angående verdiskaping i skog i kommunen er gjort med utgangspunkt i dagens produksjoner, samt utredninger knyttet til potensialet i sirkulær bioøkonomi. Det framtidige avvirkningspotensialet kan kun vurderes gjennom lokale skogbruksplaner for området, sammen med vurderinger rundt arealbruksendringer og eventuelt andre rammefaktorer. Man kan anta at både verdiskaping og CO₂-opptak kan økes på både kort og lang sikt, om adferden endres mot mer innsats i ungskogen og mer optimalt hogsttidspunkt i produksjonsskogen. I forbindelse med hogst er det også betydelige mengder biomasse som per i dag ikke blir benyttet («hogstavfall»). Deler av denne biomassen kan utgjøre en ressurs egnet for bruk til biobrensel eller biokull.

Arealbruksendringer

Beslutninger om utbygging og andre arealbruksendringer handler om å avveie flere og til dels motstridende interesser for hvordan de ulike arealene skal benyttes, og hvilke goder og ressurser vi skal høste fra dem. På grunn av høy økonomisk vekst og vekst i befolkningen har det i Norge vært et press på bruken av arealer til ulike formål, og nye framskrivninger viser at dette presset vil fortsette.

Arealbruksendringer vil påvirke hvor mye karbon som tas opp og lagres på et gitt areal, både i planter og i jord. Sammen med klimagassregnskapet for kommuner, har Miljødirektoratet publisert en tiltaksberegningssmal som gjør at man kan beregne omtrentlig utslipp av klimagasser knyttet til en konkret, planlagt utbygging eller annen arealbruksendring. Klimakur 2030 har sett på enkelte virkemidler som styrer arealbruken; plan- og bygningsloven, landbrukssektorens regelverk og energiloven, inkludert hvordan de kan benyttes og eventuelt endres for å unngå omdisponering av karbonrike arealer. Særlig utbygging av produktiv skog og myr kan gi store utslipp.

1 Innledning

Parisavtalen og 1,5 gradersmålet gir rammer for klimapolitikken. Regjeringen har meldt inn Norges ambisjoner for utslippskutt innen 2030 til FN, og målet er minimum 50 prosent reduksjon. Ambisiøse mål krever at alle sektorer bidrar, og oppnåelse av målet krever betydelig endringer som innebærer både kostnader og risiko. Solid kunnskapsgrunnlag er derfor særdeles viktig.

Klimaendringene er globale, men de konkrete tiltakene både for å begrense klimaendringer og for å tilpasse samfunnet til effekter av endret klima må i stor grad gjennomføres lokalt.

[Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging](#)¹ og klimatilpasning slår fast at kommunene skal ta hensyn til klima i overordnet planlegging og myndighetsutøvelse. Kommunene har derfor en svært viktig rolle i klimaarbeidet og bør ha ambisiøse mål for utslippsreduksjoner. Kommunene har som forvaltnings- og planmyndighet et bredt spekter av roller og virkemidler for å bidra til å nå klimamålene.

Kommunene har ansvar for samfunnssikkerheten. Av dette følger ansvar for både å formidle kunnskap om klimaendringer, konsekvenser og tiltak. Kommunen kan iverksette klimatiltak i egen regi, men har også et ansvar for planlegging og forvaltning som bidrar til at privat sektor iverksetter tiltak både knyttet til utslipp av klimagasser og til klimatilpasning for å redusere sårbarhet i samfunn og næringsliv.

Kommunene besitter mange virkemidler som direkte eller indirekte kan bidra til klimatiltak innen alle sektorer. For å kunne ta gode beslutninger er det behov for konkret kunnskap om hvordan klimaendringer påvirker kommunen, og hvilke klimatiltak som er aktuelle ut fra kommunens naturgitte, næringsmessige og strukturelle forutsetninger. Landbruket har en spesiell betydning fordi næringen forvalter den største delen av kommunens arealer, og fordi jord- og skogbruksnæringene både skaper utslipp og bidrar til opptak av klimagasser.

Trondheim kommune er en stor bykommune, men også en stor landbrukskommune. Gjennom kommunedelplan energi og klima 2017-2030 har Trondheim satt mål om 80 prosent reduksjon i klimagassutslippene i 2030, sammenliknet med 1991. Kommunen har i tillegg mål om å bli et forbilde for grønn verdiskaping, og å være rustet for et framtidig klima i endring.

NIBIO har i denne rapporten utredet klimatiltak i landbruket i kommunen. Formålet med utredningen dekker helheten i klimautfordringene i landbruket. Dette omfatter både utslippsreduksjoner, tiltak for økt karbonlagring i jord og skog, vurdering av klimarisiko, aktuelle tilpasningstiltak og muligheter for økt verdiskaping som følge av klimatiltakene.

I rapportens kapittel 2 har vi valgt å beskrive internasjonale avtaler og norske klimamål både overordnet og for landbrukssektoren. Dette er det sentrale rammeverket for klimapolitikken. I kapittel 3 beskriver vi hovedstruktur og innhold i det norske klimagassregnskapet med vekt på de deler som gjelder jordbrukssektoren, skog- og arealsektoren. I kapittel 4 omtaler vi bruk av klimaframskrivninger, herunder usikkerhet og sammenhenger mellom direkte og indirekte effekter av klimagassutslipp og klimaendringer. Kapittel 5 gir en kort omtale av prinsipper knyttet til risiko med vekt på landbrukssektoren, og gir en ramme for risikovurdering og omtale av aktuelle tiltak. Kapittel 6 omhandler jordbruket og dekker både klimarisiko og tilpasning, og utslippsreduksjoner og aktuelle tiltak. Kapittel 7 er tilsvarende kapittel for skogsektoren. Kapittel 8 beskriver hvordan andre arealendringer påvirker klimagassregnskapet. I kapittel 9 gir vi en kort omtale av noen prosjekter og initiativ som er gode kilder til kunnskap og inspirasjon i klimaarbeidet i Trondheim.

¹ <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2018-09-28-1469>

Metodikk, datatilgang og avgrensning er omtalt i de ulike kapitler.

Sammendraget er konsentrert om hovedinnholdet i kapitlene om jordbruket og skogbruket, da øvrige deler av rapporten i større grad er en presentasjon av det faglige kunnskapsgrunnlaget for klimaarbeidet, og dermed underlag for temakapitlene for jordbruk og skogbruk.

2 Internasjonale avtaler og norske klimamål

Klimapolitikk og klimatiltak i Norge skal bidra til å hindre global oppvarming og tilpasse det norske samfunnet til et klima i endring. Kapitlet forankrer rapporten i de utfordringer som følger av internasjonale avtaler og forpliktelser, Norges oppfyllelse av Parisavtalen, samarbeidet med EU. Kapitlet gir en kort oversikt over klimapolitikk for norsk landbrukssektor.

2.1 FNs klimapanel og globale avtaler

Parisavtalen² er rettslig bindende og reelt forpliktende for alle land. Formålet er å bidra til å holde den globale temperaturstigningen godt under 2°C og tilstrebe å begrense temperaturen til under 1,5°C. De globale klimagassutslippene bør nå toppunktet så fort som mulig, og deretter reduseres raskt for så at verden blir klimanøytral i løpet av andre halvdel av dette århundret.

Det følger av Parisavtalen at hvert land skal fastsette nasjonale utslippsmål som meldes inn til FN tidlig i 2020. Deretter skal hvert land melde inn sine bidrag hvert femte år, og det forutsettes at bidragene økes over tid. Regjeringen har meldt inn at Norge har satt et forsterket klimamål under Parisavtalen for utslippsreduksjoner innen 2030. Norges mål er 50 prosent, men med mulighet for å øke opp mot 55 prosent sammenlignet med 1990-nivå.

Parisavtalen omfatter også globalt mål om å styrke tilpasningskapasitet og redusere sårbarhet for klimaendringer. Dette setter rammer både for det globale samarbeidet om klimatilpasning og tilpasningsarbeid i det enkelte land. Landene er forpliktet til å ha planleggingsprosesser og gjennomføre tilpasningstiltak. Det legges vekt på at dette arbeidet må ta hensyn til nasjonale forutsetninger og ha en tilnærming som inkluderer utsatte grupper, lokalsamfunn og økosystemer.

Klimakonferansen i Madrid i 2019 ble avsluttet med en klar oppfordring om at landene må skjerpe sine ambisjoner i 2020. Det ble også en løsning på punktet om å motvirke tap og skade som følge av klimaendringer.

Klimapanelets spesialrapport om 1,5 gradersmålet viser hva som kreves for å begrense global oppvarming til 1,5 °C istedenfor 2 °C. Rapporten viser at for å begrense oppvarming til 1,5°C, må klimagassutslippene reduseres med 40-50 % innen 2030 sammenlignet med 2010-nivå, og være «netto-null» innen 2050, altså at det fjernes like mye CO₂ fra atmosfæren som det slippes ut. Rapporten viser store forskjeller i konsekvenser og risiko om temperaturøkningen begrenses til 1,5 grader framfor 2 grader.

Klimapanelets spesialrapport om Klimaendringer og landarealer ([Landrapporten](#)³) beskriver hvordan omfattende arealendringer fra skog, våtmarker og natur til jordbruk og urbanisering skaper store utslipp og truer naturområder, biodiversitet og økosystemtjenester. Ikke bærekraftig arealbruk er årsak til tap av jordkarbon, erosjon, ørkenspredning, forringelse av vann og skader på marine økosystemer. Forringet jord betyr svekket robusthet (resilience) og redusert arealproduktivitet. Matsikkerheten svekkes fordi endret klima, vannknapphet og jordforringelse både reduserer og gjør matproduksjonen mer ustabil. Norge importerer mye mat- og fôrvarer, og er derfor sterkt utsatt også for virkninger av klimaendringene på jordbruket også i andre land.

Landrapporten har globalt perspektiv på sammenhenger mellom arealbruk og klimaendringer. Den svarer ikke konkret på hvordan landenes klima-, areal-, miljø- og landbrukspolitikker bør utvikles. Derfor må landene søke nasjonale løsninger ut fra egne stedsspesifikke naturgitte, sosioøkonomiske,

² <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/klima/internasjonale-klimaforhandlinger/innsiktsartikler-klimaforhandlinger/forhandlingene-om-ny-klimaavtale-i-paris/id2457656/>

³ <https://www.ipcc.ch/srccl/>

strukturelle og kulturelle forutsetninger. Utfordringene må derfor adresseres i kommunenes arbeid med klimaendringer og landbrukssektoren.

2.2 Norges avtale med EU om felles oppnåelse av utslippsmål 2030

Norge har vært en del av EUs kvotemarked siden 2008 (Kvotehandelsdirektivet). I 2015 besluttet Stortinget at Norge skulle oppfylle sine forpliktelser i Parisavtalen i samarbeid med EU. Gjennom et slikt samarbeid vil 2030-målet for ikke-kvotepliktige utslipp (klimagassutslipp som ikke er inkludert i EUs marked for handel med utslipp, herunder utslipp fra transport og jordbruk) nås med hovedvekt på innenlandske reduksjoner og med nødvendig bruk av EU-regelverkets fleksibilitetsmekanismer (Innsatsfordelingsforordningen).

Norge står fortsatt fritt til å bestemme **hvordan** de nødvendige utslippene skal kuttes. Politikk for nasjonale utslippskutt i ikke-kvotepliktig sektor utformes nasjonalt. Med felles oppfyllelse med EU av klimamålet for 2030, vil Norge få et utslippsbudsjett for ikke-kvotepliktige utslipp. Dette utslippsbudsjettet er en årlig tillatt mengde klimagassutslipp som trappes gradvis ned mot 2030. Med felles oppfyllelse blir det mulighet for bruk av fleksibilitet gjennom EUs kvotesystem (EU ETS) og direkteavtaler med land i EU.

Regjeringen vil bruke muligheten fleksibiliteten i EU-rammeverket gir for å oppfylle norske klimaforpliktelser i ikke-kvotepliktig sektor, men samtidig ha ambisjon om å ta så mye som mulig av forpliktelsen nasjonalt.

2.3 Norges klimapolitiske mål

Norge har mål om å være klimanøytralt i 2030. Det innebærer å sørge for utslippsreduksjoner tilsvarende norske utslipp i 2030 enten ved innenlands kutt i utslipp eller kjøp av kvoter utenlands. Norge har lovfesta et mål om å bli et lavutslippsamfunn i 2050, nær karbonnøytralt.

Regjeringen kunngjorde 31.1.2020 at den har meldt inn utslippsmål for 2030 på 50 prosent og helst inntil 55 prosent. Regjeringen har også varslet at den vil endre utslippsintervallet i det lovfesta klimamålet for 2050. Målet skal være at klimagassutslippene i 2050 skal reduseres i størrelsesorden 90 til 95 prosent fra utslippsnivået i referanseåret 1990.

Regjeringen ga i 2019 direktoratene i oppdrag å utrede tiltak og virkemidler som kan kutte de norske utslippene innenfor ikke-kvotepliktig sektor med minst 50 prosent innen 2030. Utredningen er publisert i rapporten *Klimakur 2030 – tiltak og virkemidler mot 2030* (Miljødirektoratet mfl. 2020b). Arbeidet omfatter en oppdatering av eksisterende tiltak og en utredning av nye tiltak. De totale utslippsreduksjonene skal summere seg til minst 50 prosent, slik at det utredes flere tiltak enn det som må til for å nå målet om 45 prosent reduksjon. Dette vil være en del av grunnlaget for den planen Regjeringen skal legge fram for Stortinget våren 2020 og som vil være grunnlaget for hvilke mål Norge melder inn til FN for oppfyllelse av Parisavtalen sammen med EU.

2.4 Klimapolitikk for jordbruks- og matsektoren

Jordbruket er mer enn andre næringer direkte utsatt for effekter av endret klima, og klimatilpasning er derfor en svært viktig del av klimapolitikken for jordbruks- og matsektoren.

Utslipp av klimagasser fra jordbrukssektoren i Norge var på 4,47 mill. tonn CO₂-ekvivalenter i 2017. Dette utgjorde 8,5 prosent av de totale norske utslippene. I tillegg kommer utslippene fra arealbruk relatert til jordbruket med 2,259 mill. tonn CO₂-ekvivalenter (som regnskapsføres under skog- og arealsektoren LULUCF) og utslipp fra energibruk i jordbruket knyttet til oppvarming, samt traktorer og andre maskiner og redskaper med 0,398 mill. tonn CO₂-ekvivalenter.

Stortingsmelding om jordbrukspolitikken, des. 2016, [Meld. St. 11 \(2016-2017\)](#) har inngående omtale av klima og jordbruk med følgende politiske prioriteringer:

- I lys av Norges 2030-forpliktelse arbeide for å redusere jordbrukets utslipp av klimagasser og gradvis legge om jordbrukspolitikken i en mer klimavennlig retning
- Tillegge klimahensyn større vekt i jordbruksoppgjørene
- Klimatiltak skal ikke innebære økte subsidier til jordbruket
- Prioritere kunnskapsbygging og forskning knyttet til jordbrukets muligheter til å redusere sine utslipp, om potensialet for lagring av karbon i jord og hvordan jordbruket kan tilpasse seg et klima i endring.
- Legge til rette for økt produksjon av biogass basert på husdyrgjødsel og avfallsressurser fra landbruket

Stortingets behandling av meldingen i april 2017, Innst. 251S ga følgende politiske rammer, også gjentatt i flere budsjettinnstillinger fra næringskomiteen i etterkant:

- Jordbrukets viktigste oppgave i klimasammenheng er å redusere utslippene per produserte enhet, øke opptaket av CO₂ og tilpasse produksjonen til et klima i endring.
- Utslipp fra biologiske prosesser kan ikke sidestilles med utslipp fra fossile kilder. Biologiske prosesser skal ikke avgiftslegges.
- Tiltak med sikte på å redusere klimagassutslipp fra jordbruket skal være kunnskapsbaserte, og effektene må kunne måles med relativt sikre metoder
- Det er ikke god miljøpolitikk å gjennomføre tiltak som bidrar til karbonlekkasje, dvs. at produksjonen flyttes ut av Norge.

Regjeringen signerte i juni 2019 en [Intensjonsavtale mellom Norges bondelag og Norsk bonde- og småbrukarlag](#) om å arbeide for reduserte klimagassutslipp og økt opptak av karbon fra jordbruket. Jordbruket er den første næringen i Norge som inngår en slik avtale med Regjeringen. Det er satt mål om at utslippene skal reduseres med 5 millioner tonn CO₂-ekvivalenter (akkumulert) for perioden 2021-2030. Ansvaret for å oppnå målene i avtalen er delt mellom Staten og næringen.

Jordbrukets del av avtalen gjelder de tiltak næringen selv kan påvirke, det vil si tiltak i primærproduksjonen. Regjeringens ansvar gjelder forbrukssiden, for eksempel redusert matsvinn og endret matkonsum. Det pågår arbeid med oppfølging av avtalen (se også [Kapittel 9](#) om Landbrukets klimaplan for oppfølging av avtalen). Dette omfatter detaljer knyttet til prioritering av de konkrete tiltakene, eventuelle økonomiske og juridiske virkemidler, regnskapsføring og indikatorer for å følge med på framgangen i måloppnåelse og kunnskapsutvikling.

[En rapport fra partssammensatt arbeidsgruppe \(2018\)](#) inneholder en fullstendig gjennomgang av ordninger med støtte til miljøtiltak på gårdsbruk, og vurderte om og på hvilken måte disse også har effekt i forhold til klima. De fleste virkemidlene som skal ivareta ressurs- og miljøhensyn i jordbruket, er samlet innenfor miljøprogramordningen. Innenfor miljøprogramsatsingen er det strategier, mål og virkemidler på alle forvaltningsnivåer: Nasjonalt miljøprogram (NMP), regionale miljøprogram (RMP) og kommunale tiltaksstrategier, med tilhørende tilskuddsordninger (eks SMIL) og krav. NMP gir sentrale rammer for miljøprogramsatsingen og sikrer at forvaltningen av miljøvirkemidler i jordbruket skjer på en helhetlig måte, og legger rammer for de regionale virkemidlene. Nasjonalt miljøprogram består i tillegg av tilskuddsordninger og miljøkrav i forskrift om produksjonstilskudd. Få eller ingen av disse ordningene har eksplisitt uttrykte formål om å bidra til reduserte klimagassutslipp. Flere av ordningene kan imidlertid bidra til reduserte utslipp eller økt karbonbinding i jord. I rapporten «[Synergier av miljøtiltak i jordbruket](#)» (Øygarden & Bechmann 2018) har NIBIO vurdert effekten av miljøvirkemidlene i jordbruksavtalen som angår vanntiltak, luft- og klimatiltak og pekt på

synergieffekter av tilskuddsordninger som berører disse temaene. NIBIO fremholder at «det er behov for å vurdere miljømålene i sammenheng og hvordan tiltakene hver for seg og samlet kan bidra til å nå miljømålene».

[Teknisk beregningsutvalg](#) for klimagassutslipp i jordbruket la 1. juli 2019 fram en rapport med gjennomgang av hvordan de jordbruksrelaterte utslippene fanges opp i det nasjonale klimagassregnskapet, herunder også omtale av kunnskapsbehov og prioriterte tiltak for å forbedre grunnlaget for beregninger av jordbrukets utslipp i det nasjonale klimagassregnskapet.

[Klimakur 2030](#) ble lagt fram av Miljødirektoratet, Landbruksdirektoratet og flere i januar 2020. Denne inneholder omtale og beregning av mulige tiltak for jordbrukssektoren. Disse tiltakene vil etter høringen våren 2020, bli gjenstand for politisk vurdering og beslutning. Utfallet av prosessen kan ikke forskutteres i denne rapporten, men Klimakur 2030 er en del av kunnskapsgrunnlaget for vurderingene.

2.5 Klimapolitikk for skogsektoren

2.5.1 Skogpolitikk

Skogpolitikken bygger på et bredt sett av virkemidler som omfatter lovverk, økonomiske virkemidler i form av tilskudd og skatteordninger, kompetanseoppbygging, informasjon, veiledning, forskning og utviklingstiltak, samt opplegg for overvåking og resultatkontroll (Meld. St. 6 (2016-2017)). De juridiske rammene for skogpolitikken er i hovedsak gitt gjennom skogbruksloven.

Skogen i Norge og skogbruket har en sentral rolle i klimasammenheng. Skogene våre har hvert år et netto CO₂-opptak som tilsvarer om lag halvparten av Norges samlede klimagassutslipp, samtidig som skogen er en ressurs for bærekraftig råstoff som kan erstatte fossilintensive produkter med høyt klimaavtrykk. Stortingsmelding om skogpolitikken, Meld. St. 6 (2016 –2017) «Verdier i vekst - Konkurransedyktig skog- og trenæring» legger grunnlaget for politikken for skogsektoren.

I følge FNs klimapanelers femte hovedrapport vil forvaltningen av skog spille en viktig rolle for å nå globale klimamål både på kort og lang sikt (IPCC 2014), og dette følges opp i landrapporten publisert i august 2019 (IPCC 2019). Energi og råstoff fra skogen kan bidra til raske utslippsreduksjoner i andre sektorer, samtidig som bærekraftig skogforvaltning kan gi verdifulle bidrag til å styrke skogens evne til å ta opp CO₂.

2.5.2 Klimatiltak i skog

Det er iverksatt pilottiltak og ulike ordninger relevante for klimatiltak i skogbruket:

- Klimatiltak i skog, herunder skogplanteforedling, skoggjødsling og tettere planting
- Planting av skog på nye arealer som klimatiltak (pilotfase)
- Tilskuddsordningene til henholdsvis nærings- og miljøtiltak i skogbruket og til skogbruksplanlegging

Stortinget har siden 2016 bevilget midler til klimatiltak i skog i Norge over Landbruks- og matdepartementets budsjett. Klimamidlene skal gå til skogplanteforedling, skoggjødsling og tettere planting etter hogst, og understøtte de næringsrettede virkemidlene på skogområdet slik at en i større grad utnytter klimapotensialet i skogen (Meld. St. 6 (2016 –2017)). Fra 2019 er det også gitt et økt tilskudd til suppleringsplanting i etablerte plantefelt og naturlig foryngelse med for lav tetthet, slik at produksjonsmulighetene utnyttes (Landbruksdirektoratet 2020a).

Målrettet skogplanteforedling er et grunnleggende og viktig ledd i verdikjeden fra skog til marked (Meld. St. 6 (2016–2017)). Hensikten er blant annet bedre utnytting av produksjonspotensialet og bedre virkeskvalitet. Dette vil øke verdien av tømmeret i skogbruket og samtidig øke CO₂-opptaket og forsterke skogens rolle og funksjon i et framtidig lavutslippssamfunn. Målrettet planteforedling vil også bidra til å gjøre skogen mer motstandsdyktig ved klimaendringer. Norsk skogplanteforedling utnytter genetisk variasjon hos skogstrær for å avle fram skogfrø med forbedrede egenskaper for overlevelse, volumproduksjon og virkeskvalitet. Med grunnlag i fotosyntesen gir økt vekst en direkte virkning for opptaket av karbon i skog.

Gjødsling av skog vil gjennom økt tilvekst gi økt CO₂-fangst (Landbruksdirektoratet 2020a). Tiltaket er utredet i rapport fra Miljødirektoratet mfl. (2014) og er forventet å ha virkning også i et kortsiktig perspektiv innenfor 10 år. Gjødsling av skog vil øke den årlige produksjonen på arealet med omlag 0,15 m³/dekar. Gjødsling er et effektivt tiltak for å øke produksjonen på arealet og gir umiddelbar respons i form av økt tilvekst. Verdiltilveksten etter gjødsling gir god lønnsomhet i tiltaket.

Tettere planting på eksisterende skogarealer etter hogst er i Klimakur 2020 (Klima- og forurensningsdirektoratet 2010) framhevet som et tiltak som på lang sikt gir økt CO₂-fangst. Flere planter gir bedre fordeling av planter på arealet og forbedret mulighet for å velge de beste plantene til fremtidstrær. Det fører til økt skogproduksjon og bedre tømmerkvalitet. Økt skogproduksjon som følge av tettere planting gir i tillegg til høyere opptak av CO₂ på arealet, og mer biomasse som kan erstatte produkter laget av fossilt råstoff. Når kvaliteten bedres vil sagtømmerandelen øke, og mer råstoff kan gå til langlevende produkter.

Miljødirektoratet og Landbruksdirektoratet iverksatte i 2015 en treårig pilotfase for "Planting av skog på nye arealer som klimatiltak", på oppdrag fra Klima- og miljødepartementet (KLD) og Landbruks- og matdepartementet (LMD). Iverksettelsen av pilotfasen er en oppfølging av Klimaforliket⁴ fra 2012. Det ble bevilget 15 millioner kroner til planting av skog på nye areal som klimatiltak over Klima- og miljødepartementets og Landbruks- og matdepartementets budsjett i 2015, 2016 og 2017. Iverksettelse av pilotfasen har bakgrunn i rapporten «Planting av skog på nye arealer som klimatiltak – Egnede arealer og miljøkriterier» fra de to direktoratene og Norsk institutt for bioøkonomi (daværende Skog- og landskap) fra 2013. Sluttrapporten fra pilotfasen omtaler resultater og erfaringer, og gir innspill til justeringer dersom tiltaket skal oppskaleres. Evalueringen etter pilotfasen bekrefter at tiltaket har god klima- og næringseffekt (Miljødirektoratet og Landbruksdirektoratet 2019).

Foryngelse av skog er et viktig ledd i å sikre en bærekraftig forvaltning av skogressursene (Landbruksdirektoratet 2020a). Alle skogeiere skal sørge for tilfredsstillende foryngelse innen tre år etter hogst, og se til at det er samsvar mellom hogstform og foryngelsesmetode i henhold til skogbruksloven. Dersom foryngelsen skal skje ved planting er det normalt et krav om å utføre planting innen tre år.

Tilskuddsordningene til henholdsvis nærings- og miljøtiltak i skogbruket og til skogbruksplanlegging med miljøregistreringer, skogfondsordningen og verdiskapingsprogrammene for tre og bioenergi er sentrale økonomiske virkemidler for skogbruket (Meld. St. 6 (2016-2017)). Det gis tilskudd til skogkultur, hovedsakelig til planting og ungsogpleie. Dette er en viktig tilskuddsordning for å stimulere skogeierne til å forynge skogen etter hogst og skjøtte ungsoggen for fremtiden. Fylkesmannen forvalter tilskudd til vegbygging, drift i bratt terreng og skogbruksplanlegging med miljøregistreringer. Kommunene forvalter tilskudd til skogkultur og andre miljøtiltak.

Tidspunktet for økonomisk hogstmodenhet inntreffer tidligere enn for biologisk hogstmodenhet. Hvor lenge før avhenger av rentenivå og bonitet. I dag avvirkes skog også før den er ansett for å være

⁴ Klimaforliket fra 2012 er det folkelige navnet på Stortingets Energi- og miljøkomité sin innstilling (Innst. 390 S (2011–2012)) ved behandling av klimameldingen (Meld. St. 21 (2011–2012)).

økonomisk hogstmoden (Miljødirektoratet mfl. 2020b). Skogens evne til å ta opp CO₂ fra atmosfæren er sterkest fra ungskogstadiet og framover mot hogstmoden alder. Dette medfører at hogst av skog som er på vei inn i sin kraftigste vekstfase ikke er mest hensiktsmessig, vurdert ut fra CO₂-opptak og skogproduksjon. En utredning om optimalt tidspunktet for avvirkning av skog ut fra klimahensyn, hensyn til langsiktig virkeproduksjon og ut fra verdi på tømmeret er gjennomført av NIBIO i samarbeid med NMBU (Bergseng mfl. 2018). Utredningen konkluderer blant annet med at økonomisk hogst alder for både gran og furu, med realistiske forutsetninger, er høyere enn eksisterende nedre aldersgrense for hogst satt i PEFC-kriteriene. Frem til 2006 var det et strengere nasjonalt lovverk for tidlig hogst. Som en del av klimaforliket fra 2012 er det forventet en mulig skjerping av lovverket.

En mer detaljert vurdering av mulige klimatiltak i skog er beskrevet i [kapittel 7.4](#).

3 Norges klimagassregnskap

Den norske rapporteringen av utslipp og opptak av klimagasser til FNs klimakonvensjon og under Kyotoprotokollen utarbeides årlig i samarbeid av Miljødirektoratet, Statistisk sentralbyrå (SSB) og Norsk institutt for bioøkonomi ((NIBIO). I dette kapitlet gir vi en oversikt over de deler av klimagassregnskapet som er relevant for landbrukssektoren og dette oppdraget.

Klimagassregnskapet følger internasjonale retningslinjer (guidelines) som er utarbeidet av FNs Klimapanel; IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Disse forteller *hvordan* utslippene skal beregnes. I tillegg er det retningslinjer for rapportering, som sier *hva* som skal rapporteres.

Utslippsregnskapene gjennomgår årlig en revisjon av eksperter fra andre land. Revisjonen skal sikre at alle land rapporterer sammenlignbart og ved bruk av samme retningslinjer. Det betyr at det (nesten) hvert år er noen som gransker regnskapet, og går igjennom metodene og beregningene for å sikre at arbeidet som gjøres er i tråd med retningslinjene. Det betyr også at landene får innspill til hva som kan forbedres.

I denne rapporten fokuseres det på jordbruk (inkludert husdyrhold), skogbruk og arealbruksendringer. Mens utslipp og opptak fra skog og arealbruksendringer rapporteres samlet i én sektor i det nasjonale utslippsregnskapet; arealbrukssektoren (LULUCF), så er utslipp knyttet til jordbruk fordelt på både jordbrukssektoren og arealbrukssektoren (Figur 3.1). For jordbrukssektoren er det SSB som drifter modellene og beregner utslippene, mens NIBIO har ansvar for utslippsberegning og metodeutvikling knyttet til arealbrukssektoren (LULUCF). For både skog- og jordbruk vil det også være utslipp knyttet til energibruk til traktorer og andre maskiner, samt oppvarming av bygg. Disse beregnes av SSB og inngår som utslipp fra energisektoren. Denne rapporten tar primært for seg de delene av klimagassregnskapet som hører inn under jordbrukssektoren og arealbrukssektoren.

Jordbruksrelaterte klimagassutslipp i 2017 - utslipp til luft millioner tonn CO₂-ekvivalenter



Kilde: Miljødirektoratet / miljøstatus no 2019

Figur 3.1. Figuren viser klimagassutslipp relatert til jordbruket i 2017 fra jordbrukssektoren, arealbrukssektoren og energisektoren. For arealbrukssektoren er utslipp illustrert med to bokser, en for utslipp av CO₂ og metan fra drenert organisk jord, og en for andre kilder (angitt som «annet»). Utslipp fra andre kilder er et netto utslipp, det vil si brutto utslipp minus opptak (negative utslipp) fra karbonlagring i mineraljord. Utslipp fra arealbrukssektoren og energisektoren inkluderer alle tre gasser (CO₂, CH₄ og N₂O), men består i hovedsak av CO₂. Tekst og figur fra Teknisk beregningsutvalg for klimagassutslipp fra jordbruket, rapport publisert 1. juli 2019.

3.1 Klimagassregnskapet for jordbrukssektoren

I henhold til gjeldende retningslinjer for den nasjonale rapporteringen av klimagassutslipp, rapporteres utslipp fra jordbrukssektoren under ulike kategorier. Det er hovedsakelig metan og lystgass som blir regnet inn i jordbrukssektorens klimagassregnskap. Hovedkategoriene i jordbrukssektoren er utslipp fra husdyrenes fordøyelse, gjødsellagring og lystgass fra dyrket mark hvor den største andelen er knyttet til spredning av mineral- og husdyrgjødsel. Samlet utgjør klimagassutslipp fra jordbrukssektoren 8,5 % av de totale norske utslippene, og 16,5 % av de ikke-kvotepliktige utslippene. Dette er beskrevet nærmere i rapporten «Jordbruksrelaterte klimagassutslipp».

Gjennomgang av klimagassregnskapet og vurdering av forbedringer» (Teknisk beregningsutvalg for klimagassutslipp fra jordbruket 2019), og defineres som følger:

3.1.1 Enterisk metan

Enterisk metan er metanutslipp fra husdyrenes fordøyelse og er avhengig av blant annet dyreslag (drøvtyggere), førsammensetning, fôrkvalitet og dyrehelse. I 2017 var det totale utslippet av enterisk metan fra husdyrenes fordøyelse i Norge på 2,33 mill. tonn CO₂-ekvivalenter, som var 52 prosent av jordbrukssektorens utslipp.

3.1.2 Gjødselhåndtering

Utslipp fra gjødselhåndtering omfatter utslipp av både metan og lystgass. Metanutslippene fra gjødselhåndtering var 0,28 mill. tonn CO₂-ekvivalenter i 2017, mens lystgassutslippene utgjorde 0,15 mill. tonn CO₂-ekvivalenter, totalt 0,43 mill. tonn CO₂-ekvivalenter. Dette tilsvarer 10 prosent av utslippene fra jordbrukssektoren.

Viktige kilder til data for beregning av utslipp fra gjødselhåndtering er dyretall fra Kukontrollen og produksjonstilskuddsregisteret, samt SSBs gjødselundersøkelse fra 2013 (Gundersen & Heldal 2015) og fra 2018 (Kolle & Oguz-Alper 2020).

3.1.3 Lystgassutslipp fra dyrket mark

Denne kategorien omfatter direkte og indirekte lystgassutslipp ved anvendelse av gjødsel på dyrket mark og beite, gjødsel fra dyr på beite, nedbryting av restavlinger, og utslipp fra dyrket myr. I 2017 var utslippene fra denne kategorien 1,6 mill. tonn CO₂-ekvivalenter.

3.2 Klimagassregnskapet for arealbrukssektoren

Arealbrukssektoren (eng. Land Use, Land Use Change and Forestry, LULUCF) omfatter arealbruk og arealbruksendringer, med tilhørende utslipp av karbondioksid (CO₂), metan (CH₄) og lystgass (N₂O), og er en del av det nasjonale klimagassregnskapet. Landarealet er inndelt i seks arealbrukskategorier: skog, dyrka mark, beite, utbygd areal, vann og myr, og annen utmark.

I utslippsregnskapet for arealbrukssektoren skilles det mellom arealer som har vært i samme arealkategori i over 20 år (gjenværende) og arealer som er blitt omdisponert fra annen arealbruk for mindre enn 20 år siden (i overgang), for eksempel fra skog eller myr til dyrka mark. Dette gjøres fordi det er en annen karbondynamikk på arealer som nylig er konvertert, sammenlignet med arealer som har vært i samme arealkategori over lengre tid. I prinsippet er kun utslipp og opptak forårsaket av menneskelig aktivitet en del av regnskapet. For forvaltede arealer, som skog, dyrka mark og beite, regnes alle utslipp og opptak som resultat av menneskelig aktivitet. I arealbrukssektoren rapporteres endringer i karbonbeholdninger. Det rapporteres eller beregnes ikke total lagerstørrelse, kun endringer. I tillegg beregnes altså utslipp av CH₄ og N₂O.

Landsskogtakseringen i NIBIO er et omfattende og landsdekkende overvåkingssystem for skog basert på utvalgskartlegging (Breidenbach mfl. 2017). Gjennom Landsskogtakseringen får man fram viktige utviklingstrekk ved våre skoger, samt ressurs- og miljøinformasjon om skog. Landsskogtakseringens prøveflater blir blant annet brukt i den nasjonale overvåkingen av skogens sunnhetstilstand og i det nasjonale klimagassregnskapet for skog og annen arealbruk.

I det nasjonale klimagassregnskapet brukes data fra Landsskogtakseringen til å beregne det totale arealet i de ulike arealbrukskategoriene, og overgangene mellom disse. Landsskogtakseringen dekker hele landet, og alle arealbrukskategoriene.

I det følgende er de ulike arealbrukskategoriene i det nasjonale klimagassregnskapet beskrevet (gjengitt fra Søgaard mfl. 2019a). Definisjonene av arealbrukskategoriene er basert på regelverket for

rapportering under FNs klimakonvensjon, og tilpasset datagrunnlaget fra Landsskogtakseringen i NIBIO.

3.2.1 Skog

Skog er i norsk klimagassrapportering definert som et areal med trær som kan nå en høyde av 5 meter på den aktuelle lokaliteten med en kronedekning > 10 %. Hvis arealet er midlertidig uten trevegetasjon, defineres det fortsatt som skog. Med midlertidig forstås det at det fortsatt er stubber eller døde trær etter forrige tregenerasjon, og at arealet ikke har hatt en annen anvendelse (for eksempel beite) i mellomtiden. Hogstflater faller altså under skogdefinisjonen. Kravet til kronedekning gjelder ikke hvis arealet er tilplantet eller naturlig forynget med en tetthet som holder kravet til ungskog (hogstklasse II). Minstearealet for å skille ut et område som egen enhet er 0,1 ha med en bredde > 4 m. For eksempel vil et tresatt areal som en åkerholme mindre enn 0,1 ha på dyrket mark ikke skilles ut som en egen enhet, men være med i arealet som dyrket mark. Det samme gjelder for smale rekker med trær eller alléer mellom vei og dyrket mark med bredde < 4 m. Minstearealet og minstebredden som brukes i Norge er de samme for alle arealkategorier. Dette er svært viktig ved figurering (inndeling av landarealet i arealkategorier) for å sikre at alle arealkategorier er likt representert. (Det eneste unntaket er bygninger, som skilles ut selv om arealet er mindre enn 0,1 ha.)

3.2.2 Utbygd areal

Utbygd areal omfatter bygninger og arealer som kan klassifiseres som teknisk impediment og omkringliggende opparbeidet areal. Dette gjelder bl.a. bebyggelse, hager, veier, velteplasser, lagerplass, parkeringsplasser og grustak. Alle veier må være av varig karakter med minst 4 m bredde for å skilles ut som egne enheter. Eventuelle grøfter eller sidestriper som regelmessig holdes fri for vegetasjon regnes som del av veien. Traktorveier må være av permanent karakter, og vil vanligvis være bygget ved hjelp av anleggsmaskiner. Stikkveier til utkjøring av tømmer i forbindelse med drift og andre midlertidige veier (for eksempel i forbindelse med gravehogst) er ikke definert som traktorvei, men anses som en del av skog. Innenfor kategorien utbygd areal kan det også finnes arealer med > 10 % kronedekning (for eksempel parker og hager), disse defineres likevel som utbygd areal.

3.2.3 Beite

Beite er definert som innmarksbeite eller overflatedyrket jord i samsvar med definisjoner i AR5, og som årlig blir brukt som beite og som ikke kan pløyes. Minst 50 % av arealet skal være dekket av gressarter. Arealet kan være jevnet i overflaten, men det kan også ha treklynger, stubber, steiner ol. Beitebruk vurderes som mer sentralt enn skogbruk på dette arealet. Det er verdt å legge merke til at for en del beiteområder kan det fortsatt være nok trær til at det møter skogdefinisjonen (> 10 % kronedekning). Skog som beites defineres som skog, mens beite som har trær defineres som beite (selv om de trærne til sammen gir en kronedekning på over 10 %, altså når skogdefinisjonen).

3.2.4 Dyrket mark

Dyrket mark er jordbruksareal som klassifiseres som fulldyrket jord etter Økonomisk Kartverks (AR5) definisjon. Ved påskoging av dyrket mark går arealet over til skog når treantallet tilsvarer hogstklasse II, eller kronedekningsprosenten er på 10 % eller mer. Fulldyrket jord som benyttes til beite regnes som dyrket mark.

Det er verdt å merke seg at dyrket mark ikke finnes som begrep i Ar5 klassifikasjonssystem. I AR5 klassifiseres jordbruksareal i de tre kategoriene fulldyrket jord, overflatedyrket jord og innmarksbeite. I klimagassregnskapet under dyrket mark inkluderes kun fulldyrket jord, mens *beite* inkluderer både innmarksbeite og overflatedyrket jord, som beskrevet ovenfor i 3.2.3. AR5 brukes til å klassifisere om en Landsskogflate med jordbruksjord tilfredsstiller kravene til dyrket mark.

3.2.5 Vann og myr

Vann og myr omfatter vann og myrer (åpne og tresatte, men dersom de når skogdefinisjonen tilhører de kategorien skog). Torvproduksjon inkluderes i denne arealbrukskategorien.

3.2.6 Annen utmark

Annen utmark er dels arealer der trær på grunn av klimatiske og andre forhold ikke kan vokse eller ikke kan nå skogdefinisjonen, slik som snaue arealer over tregrensen, bart fjell, samt arealer der jordsmonnet er for tynt eller usammenhengende til å muliggjøre etablering av trevegetasjon som er tett nok til å oppfylle kravet til skogdefinisjonen. Denne arealbrukskategorien omfatter imidlertid også arealer som er kulturbetinget fra lang tid tilbake (for eksempel kystlyngheier), slik at arealet ikke tilfredsstiller skogdefinisjonens krav til «midlertidig uten tresetting». Annen utmark omfatter Landsskogtakseringens arealtyper snaumark, annet tresatt areal og kystlynghei, der disse finnes på fastmark.

3.3 Kommunevise klimagassregnskap

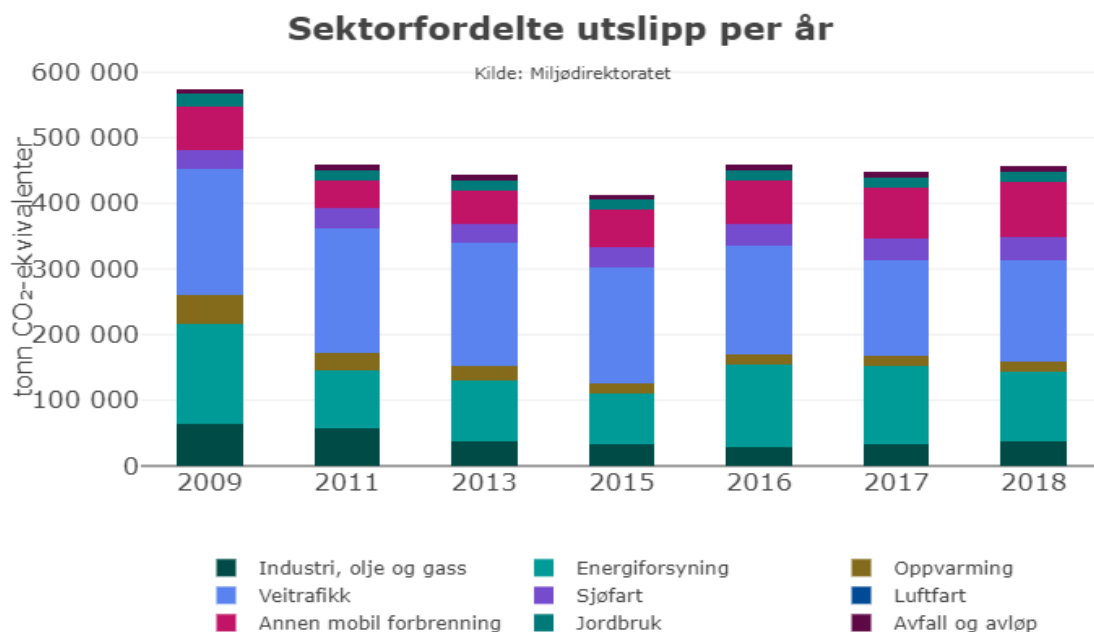
Kommunene har en viktig rolle i klimaarbeidet, og besitter flere av virkemidlene som kan benyttes for å redusere Norges utslipp av klimagasser. For å kunne ta gode beslutninger for landbruket i Trondheim og andre kommuner er det behov for kunnskap om både jord-, skog- og annen arealbruk og arealbruksendringer, relaterte utslipp, og om mulige tiltak for å redusere utslipp og øke opptak.

Miljødirektoratet har publisert kommunevise klimagassregnskap (Figur 3.2) for alle sektorer i det nasjonale klimagassregnskapet, inkludert jordbrukssektoren og arealbrukssektoren.

Utslippetsregnskapet viser utslipp av de tre klimagassene CO₂, metan (CH₄) og lystgass (N₂O).

Utslippene har enhet CO₂-ekvivalenter, som betyr at utslippene for hver gass vektet etter gassens globale oppvarmingspotensial (GWP).

Klimagassregnskap for kommunene er basert på samme regelverk som det nasjonale klimagassregnskapet. Det innebærer at de viser utslipp og opptak slik de vil fremkomme i et nasjonalt klimagassregnskap, og kan gi et godt bilde på totalregnskapet for kommunen. Det er imidlertid ikke så egnet til for eksempel å lage et totalt klimagassregnskap for et gårdsbruk. Da vil andre verktøy kunne være mer egnet. Det er også slik at det er mulig å lage bedre klimagassregnskap på kommunenivå med mer detaljert kunnskap om forhold i kommunen enn det som fanges opp gjennom den nasjonale metodikken.



Figur 3.2. Netto utslipp for Trondheim kommune, fordelt på sektorer (arealbrukssektoren ikke inkludert). Arealbrukssektoren, som har netto opptak, er ikke vist her (men senere i rapporten). Kommunevise regnskap for jordbruk og andre sektorer kan lastes ned her: <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimagassutslipp-kommuner/?area=41§or=8>

3.4 Skyggeregnskap for jordbruket

I Klimaavtalen for jordbruket er det omtalt et såkalt *skyggeregnskap*. Med dette menes et regnskap for jordbrukets samlede bidrag til klimagassreduksjoner, utover det som inngår i det offisielle utslippsregnskapet for jordbrukssektoren. Jordbrukets utslipp fra maskiner og oppvarming av bygg, veksthus og korntørker som bokføres i regnskapet for energisektoren, skal telle med når måloppnåelsen for jordbrukets utslippsforpliktelse etter klimaavtalen beregnes. Dette inkluderes i beregning av jordbrukets bidrag til oppnåelse av avtalen, og skal derfor føres i skyggeregnskapet ved siden av det offisielle klimagassregnskapet for jordbrukssektoren. Det samme gjelder jordbrukets utslippsreduksjoner som fremkommer i regnskapet for arealbrukssektoren (LULUCF).

I Klimaavtalen er det vist til at det er en rekke tiltak jordbruket gjennomfører eller kan gjennomføre, utover det som per i dag fanges opp i utslippsregnskapet (f.eks. drenering, biokull og andre tiltak som gir forbedret agronomi). Det er en ambisjon at utslippseffekten av slike tiltak over tid skal inngå i utslippsregnskapet og dermed bidra til jordbrukets oppfyllelse av forpliktelsen til utslippsreduksjoner. Dersom det skjer i avtaleperioden, er det viktig at det etableres et system for registrering av slike tiltak allerede fra avtaleperiodens start i 2020.

4 Klima i endring

Samfunnet er utsatt for både direkte og indirekte effekter av klimaendringer og endret vær. Kunnskap om klimaendringer er en forutsetning for å forstå hvordan risiko kan reduseres. I dette kapitlet omtaler vi bruk av klimaframskrivninger, usikkerhet og sammenhenger mellom direkte og indirekte effekter av klimagassutslipp og klimaendringer.

4.1 Klimaframskrivninger og usikkerhet

I denne rapporten er grunnlaget for kunnskap om klimautviklingen fram til i dag og nasjonale klimaframskrivninger (klimaprojeksjoner) basert på rapporten [Klima i Norge 2100](#) samt [regionale klimaprofiler](#) for (Sør) Trøndelag, utarbeidet av Norsk klimaservicesenter. Tiltak for utslippsreduksjoner og analyse av klimarisiko og tilpasningstiltak må vurderes både ut fra historiske data, erfaringsbasert og lokal kunnskap, samt alternative framskrivninger av framtidig klima. Lokalkunnskap om værforhold og opplevde konsekvenser er særlig viktig for utforming av konkrete tiltak.

Klimaframskrivninger bygger på ulike antakelser om framtidige utslipp av klimagasser (utslippsbaner) og klimamodeller som beskriver mulige forløp av klimaendringene under ulike utslippsbaner. For å ta hensyn til usikkerhet i klimaendringenes påvirkning i et område eller en sektor, baseres framskrivningene på en samlet presentasjon basert på flere utslippsbaner og modeller.

Regjeringen legger til grunn at arbeidet med klimatilpasning, i samsvar med føre-var-prinsippet, skal ta utgangspunkt i høy utslippsbane for klimagasser ved planlegging av klimatilpasningstiltak. For å få et dekkende bilde av hvordan utviklingen i klimaet kan påvirke kommunen, må det i tillegg til å se på ulike utslippsbaner og klimaframskrivninger også inkluderes ulike tidsperspektiver.

Valg av utslippsbane og tilhørende klimaprojeksjoner vil få gradvis økende betydning ettersom forskjellen mellom ulike utslippsbaner og tilhørende klimaprojeksjoner vil øke utover i århundret. Samtidig vil klimaframskrivninger mot slutten av århundret for mange formål være lite relevant for dagens tilpasningstiltak i jordbruket. Det bør derfor vurderes hvilken utslippsbane det er hensiktsmessig å legge til grunn avhengig av hvilket tidsperspektiv som er relevant for ulike klimatilpasningstiltak. Det er eksempelvis stor forskjell på en beslutning som gjelder tilpasning i form av sortvalg for kommende vekstsesong i jordbruket, for valg av plantemateriale for skog som skal trives og vokse også om 60-100 år, eller når det skal beregnes dimensjonering av større hydrotekniske anlegg. Dette betyr at mange tiltak for å gjøre landbruket mer robust kan ta utgangspunkt i de forholdene som gjør seg gjeldende i dagens klima, mens for andre tiltak vil det være av større betydning å velge «riktig» langsiktig utslippsbane som grunnlag for tiltakene.

[Klima i Norge 2100](#) gir en helhetlig oversikt over projeksjoner for klimautviklingen i Norge mot 2100. Ved bruk av klimaframskrivninger er det viktig å være klar over at disse er beheftet med usikkerhet, og usikkerheten knytter seg særlig til:

1. **Framtidige menneskeskapte utslipp:** Det er stor usikkerhet om utslippskuttene vil være tilstrekkelig til å begrense temperaturøkningen i tråd med Paris-avtalen. Foreløpig er verden, med de tiltakene som er innmeldt, på vei mot minst 3 grader mot slutten av århundret. Forskjellen i effekter av 1,5 eller 3 grader global temperaturøkning er svært stor.
2. **Naturlige klimavariasjoner:** Klimaendring som skyldes menneskeskapte utslipp og naturlige prosesser kan samvirke eller motvirke hverandre i komplekse samspill. Eksempelvis fanges ikke konsekvenser av omfattende tining av permafrost opp i modellene. Dette er eksempel på at menneskeskapt klimaendring kan føre til at oppvarmingen når et vippepunkt (tipping point) der prosesser i klimasystemet setter i gang naturlige prosesser med dramatiske og irreversible utslippsvirkninger.

3. **Klimamodellene:** Klimasystemet er komplekst, og selv om konsekvensene av ulike utslippsbaner er basert på sammenstillinger basert på et stort antall modeller, er det likevel nødvendig å minne om at ingen modeller verken kan fange opp nåtidens kompleksitet eller beskrive framtiden med eksakt presisjon.

Bruk av data fra klimaframskrivninger må derfor vurderes ut fra hvilke utslippsbaner som legges til grunn og tidshorisont for de tilpasningstiltak som vurderes. For de neste 10-20 årene vil naturlige variasjoner i stor grad dominere over klimasignalet som skyldes økt utslipp. For planlegging med slik tidshorisont anbefales derfor bruk av oppdaterte klima- og værdata framfor framskrivninger. Når planlegging har lengre tidshorisont anbefales å se på tendenser i framskrivningene ([Landbruk og klima](#) – utredning fra arbeidsgruppe 2016, side 52).

4.2 Klima og vær, direkte og indirekte effekter

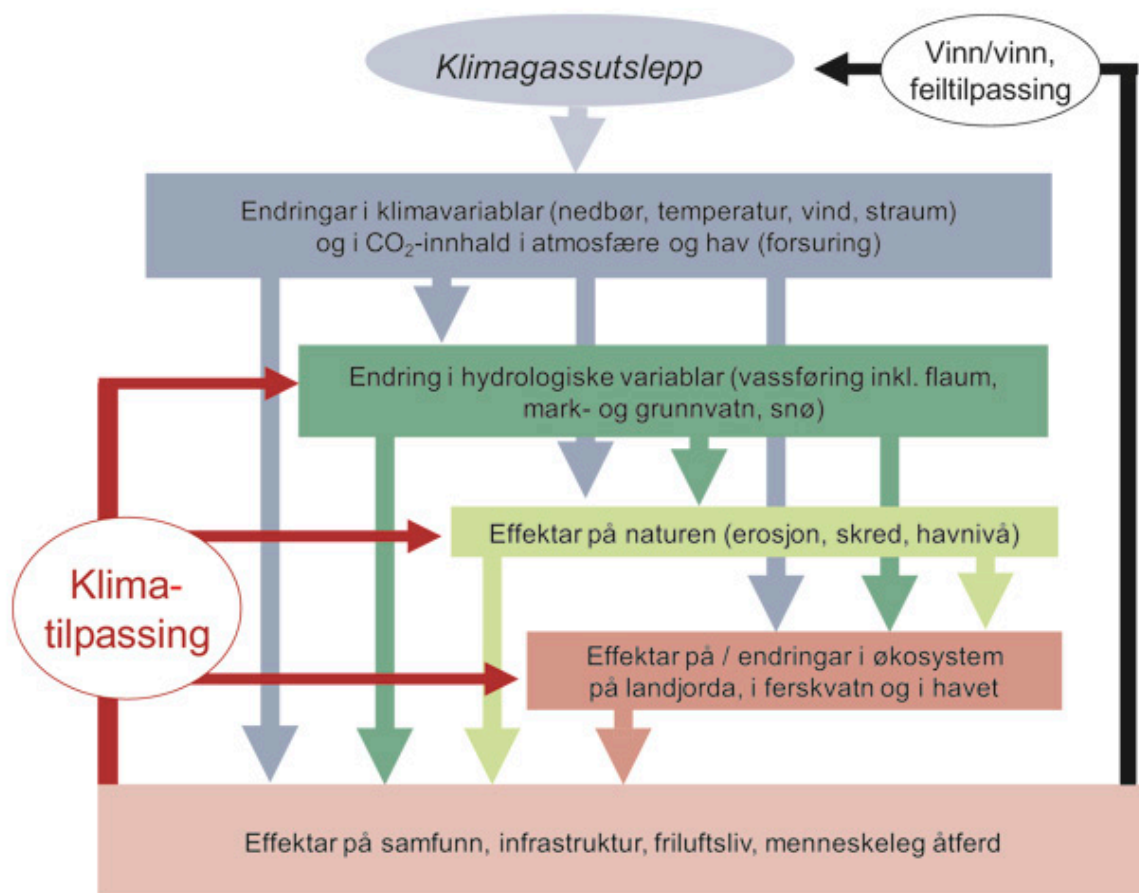
Klimaendringer er gradvise endringer som måles i gjennomsnitt over 30-års perioder; klimanormaler. Klimaparametre er måleenheter for å beskrive det aktuelle været, f.eks. uttrykt ved nedbør per time eller døgnmiddeltemperatur. Effekter av klimaendringer kan beskrives i to hovedkategorier:

- a) Effekter som skyldes **gradvis endringer** i klimaet, slik det uttrykkes i klimanormaler, f.eks. i form av lengre vekstsesong, økt gjennomsnittlig temperatur eller nedbør
- b) Effekter som skyldes **plutselige** hendelser, med både økt intensitet og frekvens

Både type risiko og aktuelle tilpasningstiltak er svært ulikt avhengig om formålet er å tilpasse til gradvise endringene eller til ekstreme hendelser.

I tillegg til å skille mellom effekter i form av gradvise endringer eller ekstreme hendelser, må det også skilles mellom klimaets og værrets direkte og indirekte effekter. Utgangspunktet er at utslippene av klimagasser øker strålingspådrivet (energitilførselen) og fører til økt temperatur. Klimapanelets Landrapport viser at temperaturøkningen over landarealene har vært dobbelt så høy som den globale gjennomsnittsökningen. Det er denne ubalansen i klodens energisystem som påvirker de grunnleggende klimavariabler, og endringer i klimavariabler har i sin tur både direkte og indirekte effekter på økosystemer og samfunn.

Disse sammenhengene er viktig når vil skal sikre at tilpasningstiltak rettet mot ulike hendelser trekker i samme retning, for å unngå mistilpasning. Tiltak for å redusere utslipp må ikke øke landbrukets og matsystemets utsatthet for effekter av ekstreme værhendelser og gradvise klimaendringer. Både tiltaksanalyser og planlegging må ha oppmerksomhet om slike sammenhenger.



Figur 4.1 Sammenhengen mellom klimagassutslipp og effekter på natur og samfunn. (Kilde: NOU 2010: Tilpasning til eit klima i endring).

Direkte effekter av klimagassutslipp er økt CO₂ innhold i atmosfæren og havet. Dette gir økt lufttemperatur og forsuring av havet. Høyere temperatur øker fordampningen, mengde og fordeling av nedbør, økt og endret vind, og påvirkning på havstrømmer. Disse klimaparametrene har direkte effekter på samfunnet, men virker også indirekte gjennom påvirkning på hydrologiske variable, natur, arealer og økosystemer. For landbruket er påvirkningen endret fordampning, snødekke, frost og tining, lengde av termisk veksttid, og hydrologiske variabler. Dette fører til endret vannføring i vassdrag, markvanns- og grunnvannsbalanse. Endringer i temperatur og nedbør har direkte effekter på naturen i form av skred, erosjon og havnivåstigning, mengde og kvalitet av ferskvann, marine og terrestriske økosystemer, herunder også landbrukets primærproduksjon. En prinsippsskisse som viser direkte og indirekte påvirkning er illustrert i Figur 4.1. Figuren illustrerer hvordan klimavariabler påvirker systemet i en form for «hierarki» eller med en type «kaskadeeffekt». Ved å analysere sammenhenger ut fra en slik «modell» kan man lettere se hvordan tiltak kan settes inn «nær kilden til problemet». Dette kan redusere utsatthet, sårbarhet, risiko, konsekvens og bidra til kostnadseffektive tiltak. Økosystembasert eller naturbasert risikoreduksjon innebærer eksempelvis at tiltaket er å bidra til at økosystemer, landskap og jord er i en tilstand som gjør at f.eks effekter av endret nedbør dempes mest mulig i naturlige systemer og langt oppe i et nedbørfelt eller vassdrag. Risikohåndtering og utforming av tiltak bør bygge på en slik prinsipiell og praktisk tilnærming.

4.3 Klimautvikling i Norge

Hovedbudskapet i rapporten *Klima i Norge 2100* er at ved fortsatt økte menneskeskapte klimagassutslipp, vil Norge bli varmere, få mer årsnedbør, oftere og kraftigere intens nedbør, mindre

snø, isbreene vil bli mindre, endret flommønster, mindre smeltevannsflokker, men større og flere regnflokker, havnivået vil stige, men det kan også forekomme nedbørfattige perioder med mer tørke og skogbrannfare.

For samfunnet i sin helhet er det økt og mer intens nedbør som har størst konsekvenser i form av flom og overvann som vil være de største utfordringene. For landbrukets klimatilpasning får dette både direkte og indirekte effekter betydning. Temperaturendringer og nedbørsendringer vil virke inn på økosystemene, landbrukets primærproduksjon og driftsforholdene, og blir dermed en mer direkte utfordring for landbruket enn for de fleste andre næringer.

Klimaframskrivingene for Norge fram *mot slutten av århundret* viser følgende gjennomsnittsverdier dersom utslippene følger høy utslippsbane (RCP 8.5):

- Årstemperatur: Økning på ca. 4,5 °C (spenn: 3,3 til 6,4 °C)
- Årsnedbør: Økning på ca. 18 prosent (spenn: 7 til 23 prosent)
- Styrtregneepisodene blir kraftigere og vil forekomme hyppigere
- Regnflokkene blir større og kommer oftere
- Snøsmelteflokkene blir færre og mindre
- I lavtliggende områder vil snøen bli nesten borte i mange år, mens det i høyfjellet kan bli større snømengder i enkelte områder
- Det blir færre isbreer, og de som er igjen har blitt mye mindre
- Havnivået øker med mellom 15 og 55 cm, avhengig av lokalitet

Det er betydelig spenn mellom framskrivninger basert på ulike modeller. Dette understreker den store usikkerheten om klimautviklingen, særlig på lengre sikt (jf omtalen av kilder til usikkerhet i innledningen av dette kapitlet). Når klimatilpasningstiltak planlegges må man derfor vurdere om det er tilstrekkelig å ta høyde for de værvariasjoner vi har i dagens klima, eller om det må tas høyde for klimaendringer på lengre sikt. Mange aktuelle tiltak har begrenset levetid, noe som gjør at det ikke anbefales å dimensjonere ut fra det klimaet som beskrives i den høyeste utslippsbanen og mot slutten av århundret.

Både økende usikkerhet med økende tidshorisont, samt tiltakenes levetid, må avveies mot både fysisk og økonomisk risiko og kostnad. For vurdering av tiltak som har effekt lang fram i tid, bør det vurderes grundig om det er økonomisk riktig å dimensjonere ut fra det klima og vær som følger av de høyeste utslippsscenarioene (RCP 8.5 banen).

4.4 Klimaframskrivninger for Trøndelag

Klimaservicesenteret har utarbeidet [regionale klimaprofiler](#) for fylkene. Disse viser sammendrag av dagens klima, forventede klimaendringer og beskriver klimautfordringer. Klimaprofilene har fokus på endringer fra dagens klima (1971-2000) til slutten av århundret (2071–2100), og beskriver forventede klimaendringer med **høy utviklingsbane for klimagassutslipp**. Årsaken til at de regionale klimaprofilene bygger på denne forutsetningen, er at Regjeringen i Stortingsmeldingen om Klimatilpasning sier at i tråd med føre-var prinsippet skal planleggingen legge til grunn de klimaendringer som følger av fortsatt høye utslipp.

Klimaprofilene er kunnskapsgrunnlag for overordnet planlegging og et supplement til klimahjelperen⁵ (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) 2015). På www.klimatilpasning.no finnes

⁵ <https://www.dsb.no/veiledere-handboker-og-informasjonsmaterieell/klimahjelperen/>

korte oppsummeringer av klimarelaterte utfordringer for alle fylker. Veiledning og eksempler for ulike sektorer finnes også på klimatilpasning.no⁶.

For vurdering av klimaendringer i Trondheim er Klimaprofilen for Sør-Trøndelag det beste grunnlaget. Bruk av klimaprofilen må suppleres med lokalkunnskap, ikke minst fordi klimaet i Sør-Trøndelag inkluderer gradienter kyst-innland og lavland-fjellbygder, og dermed kjennetegnes av store forskjeller; - fra mildt og fuktig klima langs kysten, til kontinentalt klima i sørøst. Det er ikke faglig grunnlag for å gjøre nedskaleringer av langsiktige framskrivninger for enkeltkommuner.

Det arbeides med å utvikle informasjon om nedbørintensitet i form av Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF-verdier) fra noen målestasjoner i Trondheim kommune. Det anbefales at IVF-verdier er basert på minst 10 sesonger. Det er estimert slike verdier (1 x 1 km gitter) som kan hentes ved å klikke hvor som helst ellers i Norge, eller via søkefeltet i den regionale klimaprofilen, men disse estimatene er i følge Klimaservicesenteret **foreløpig upålitelige, og bør ikke brukes**. Disse nevnes her fordi det på litt sikt kan bli et viktig supplement til dagens planleggingsgrunnlag for klimatilpasningstiltak.

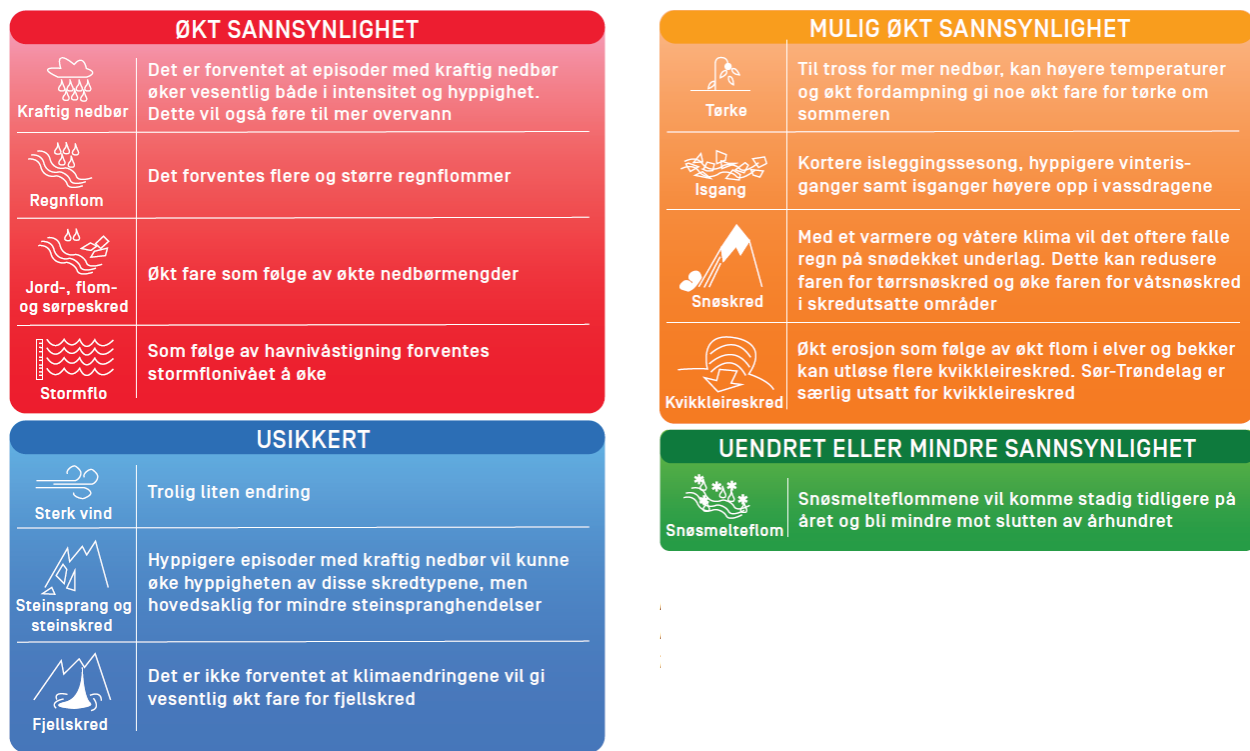
Oppsummert viser de regionale klimaprofilene for Sør-Trøndelag **mot slutten av århundret** og med **høy utslippsbane** at

- Årstemperaturen øker med ca. 4 °C, vekstsesongen vil øke med 1-3 måneder, vinterstid vil dager med svært lave temperaturer bli sjeldnere, og temperaturen øker mest om vinteren
- Nedbøren øker med ca. 20 %, nedbørintensiteten vil øke på dager med kraftig nedbør, dager med mye nedbør kommer litt hyppigere, nedbøren øker mest sommer og høst.
- Det beregnes ingen store endringer for vind, men usikkerheten er stor.

Med **midlere utslippsbane** (RCP 4.5) vil årsnedbøren for Norge i gjennomsnitt øke med 8 % innen slutten av århundret, men med stor variasjon mellom landsdeler og årstider. Økningen (fram til 2060) blir sannsynligvis ganske lik i Trøndelag (8 %) og på Østlandet (6 %). For Østlandet er det beregnet størst økning om vinteren (9 %) og om våren (14 %) mens i Trøndelag blir forandringen størst om sommeren (10 %) og høsten (14 %). Endring i antall dager med kraftig nedbør varierer fra 26 % økning på Østlandet til om lag 40 % i Trøndelag. Det beregnes flest dager med kraftig nedbør om vinteren på Østlandet, og om høsten i Trøndelag.

Klimaprofilen for Sør-Trøndelag viser at klimatilpasningen i landbruket særlig må bidra til å mestre konsekvensene av mer og kraftigere nedbør, dvs. økte problemer med overvann og endringer i flommer. Dette gjelder både om man legger middels (RCP 4.5) eller høy (RCP 8.5) utslippsbane til grunn. Dette er også effekter som generelt er av særlig betydning for økonomisk skadepotensial og samfunnssikkerhet. Dette oppsummeres av Klimaservicesenteret med at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet, og det vil også føre til mer overvann. Det forventes flere og større regnflommer, og i mindre bekker og elver må man forvente en økning i flomvannføringen. Faren for jord- og flomskred øker med økte nedbørmengder. Økt erosjon som følge av kraftig nedbør og i elver og bekker kan utløse flere kvikkleireskred. Sør-Trøndelag er særlig utsatt for kvikkleireskred.

⁶ <https://www.klimatilpasning.no/>



Figur 4.2 Sammendrag av forventede endringer i Sør-Trøndelag fra 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer som kan ha betydning for samfunnsikkerheten. Kilde: Norsk klimaservicesenter, fylkesprofil Sør-Trøndelag.

4.5 Bruk av klimaframskrivninger i denne rapporten

I denne utredningen er det som utgangspunkt lagt til grunn Regjeringens pålegg om at risikovurderinger skal legge til grunn høy utslippsbane, RCP 8.5. Vi har tatt opp med kommunen om det legges til grunn andre forutsetninger i Trondheim, noe det ikke er gitt uttrykk for.

Jordbruk og skogbruk skiller seg vesentlig når det gjelder tidsperspektiv, og dermed vil også risikovurderingenes følsomhet for usikkerhet være ulik. Med 60-120 års omløpstid i skog vil risiko knyttet til både forløp av utslippsutviklingen, klimaendring og framtidige regionale endringer i værforhold i siste del av århundret være av større betydning. For jordbrukskulturer som er ettårige eller inngår i vekstskifter med f. eks. femårs intervaller, er risikovurderingen vesentlig anderledes. Risikovurdering knyttet til jordbrukets infrastruktur kommer i en mellomstilling da levetiden til slike varierer fra 20-50 år. Disse forskjellene er grunn til at vi har valgt å behandle klimarisiko, scenarier og vurdering av tilpasningstiltak i jord- og skogbrukssektorene hver for seg. Det er også slik at gradvise endringer sett i sammenheng med tilpasningskapasiteten i jordbruket, betyr at risikoanalyse og tilpasningstiltak må vurderes ut fra et mye mer kortsiktig perspektiv, og dermed mindre dramatiske klimaendringer enn hva som framgår av klimaframskrivningene mot slutten av århundret.

5 Klimarisiko og klimatilpasning

Kapitlet gir en kort omtale av prinsipper knyttet til risiko med vekt på landbrukssektoren som ramme for risikovurderingen og omtale av aktuelle tiltak.

Begrepet «risiko» er knyttet til usikkerhet om hendelser som gir avvik fra et planlagt eller tenkt forløp. Avvik kan gå i negativ eller positiv retning. Et viktig mål for risikohåndteringen er å tåle avvik i negativ retning, og dra nytte av muligheter som åpner seg ved positive avvik.

Oppmerksomheten vil oftest være på negative avvik, fordi det gjennomgående er mindre krevende å tilpasse seg positive enn negative forløp og overraskelser. Tilpasning for å utnytte positive avvik vil normalt også være mer autonom, dvs. skje uten behov for særskilte virkemidler rettet mot f. eks. jordbruket. Størrelsen på risikoen avhenger av hvor store de mulige konsekvensene er, sannsynligheten for at det vil inntreffe, og hvor sterk kunnskap analysen er basert på.

Det er betydelig usikkerhet knyttet til klimautviklingen, til konsekvensene av klimaendringer, klimapolitikk og klimarelatert teknologisk utvikling. Samfunnet står derfor overfor betydelig klimarisiko⁷. Klimarisiko kan deles i tre kategorier ([Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosure - TCFD](#)) (Bloomberg 2017). Disse kategoriene er alle relevante i vurdering av landbrukets klimarisiko i Trondheim:

- **Fysisk klimarisiko** er risiko knyttet til konsekvensene av fysiske endringer, enten direkte påvirkning av klimaparametre eller indirekte effekter og konsekvens av disse.
- **Overgangsrisiko** er knyttet til konsekvensene av klimapolitikken med tiltak og virkemidler. Overgangsrisiko er resultat av usikkerhet knyttet til klimaendringer, til direkte og indirekte effekter, sammenhenger mellom økonomi og samfunn, klimapolitikk og teknologisk utvikling. Økonomisk aktivitet skaper klimaendringer, som både virker tilbake på økosystemer, økonomi og samfunn (fysisk klimarisiko) og gir opphav til klimapolitikk og teknologiutvikling, som så i sin tur virker tilbake på økosystemer, økonomi og samfunn, med usikre effekter. Dette skaper overgangsrisiko.
- **Ansvarsrisiko** i klimakontekst er risiko knyttet til for eksempel erstatningskrav som følge av beslutninger og tiltak, eller mangel på beslutninger og tiltak, som kan knyttes til klimapolitikk, klimaendringer og mangler ved gjennomføring av tilpasningstiltak. Erstatningsretten i Norge hviler i stor grad på rettslige standarder som «uaktsomhet», hvor vurderingen av aktsomhet hviler på en normativ vurdering av hva som er «forsvarlig». Hva som regnes som forsvarlig vil kunne påvirkes av endrede faktiske forhold, endret kunnskapsnivå og endrede forventninger i samfunnet til hvordan man bør forholde seg i gitte situasjoner. Når det gjelder effekter av klimaendringer i en slik sammenheng, er det lite rettspraksis og tilsvarende lite erfaring med hvordan ansvarsrisiko i klimakontekst vil bli vurdert i rettssystemet.

Formålet med risikovurderinger er å gjøre landbruket i Trondheim kommune bedre rustet til å mestre klimarisiko. Klimaendringenes påvirkning er lokal, og de fysiske konsekvensene inntreffer alltid på «et sted». Kommunen, lokalt næringsliv og innbyggerne står derfor i «førstelinja» i møte med klimaendringene.

Klimarisikoutvalget påpekte at kommunenes rolle for å sikre et klimatilpasset samfunn bør styrkes. For å kunne være i stand til å være «føre-var», må kommunen avdekke fremtidige sårbarheter. For å forstå utsatthet, identifisere risiko, forstå sårbarhet og gjøre riktige tilpasningstiltak til rett tid, er lokal klima- og værkunnskap viktig, i tillegg til framskrivninger av klimautviklingen. Dette er grunnlaget for

⁷ <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2018-17/id2622043/sec2?q=#kap1>

å prioritere rett klimatilpasningstiltak til rett tid sammen med god forståelse av rolle og ansvarfordeling mellom privat og offentlig sektor.

Usikkerhet er selve utgangspunktet for risikoanalyser. Usikkerhet og utfallsrom kan illustreres ved scenarier eller beskrivelser av case/hendelser. Robuste systemer (eller systemer med høy resilience) har stor evne til å mestre og gjenopprette normaltilstand etter påkjenninger. Et systems robusthet (resilience) beskriver dets evne til å tåle en påkjenning eller et sjokk og likevel opprettholde eller raskt gjenopprette strukturer og funksjoner. Ofte er påkjenningene resultat av eksterne forhold som ligger utenfor aktørens påvirkning, men aktøren kan redusere sin egen sårbarhet ved forebyggende tilpasningstiltak.

Konsekvensene av klimarelaterte hendelser avhenger av samfunnets robusthet. Ulike land, regioner og lokalsamfunn påvirkes ulikt av klimarisiko, bl.a. avhengig av geografi, næringsstruktur, forbruksmønstre og tilpasningsmuligheter. Moderate klimaendringer vil trolig ha mindre betydning for sammensetningen på norsk landbruksproduksjon enn endringer i andre rammebetingelser.

Manglende kunnskapsgrunnlag og svakheter ved beslutningsprosesser kan skape økt klimarisiko, fordi risiko får liten oppmerksomhet. Klimarisiko er krevende å håndtere fordi det er mye vi ikke vet og det er krevende å avveie kort- og langsiktige behov for tilpasninger. Politiske og administrative beslutningsprosesser kan på sin side bygge på relativt kortsiktige perspektiver. Det er krevende å legge risikoperspektiv til grunn for å løse utfordringer på tvers av sektorer og fagområder. Manglende samsvar mellom hvem som tar beslutninger og hvem som bærer konsekvensene, kan føre til at det legges for lite vekt på forebygging i forhold til reparasjon.

6 Jordbruk

Dette kapitlet gir en oversikt over jordbruket i Trondheim, vurdering av klimarisiko og behov for tilpasninger. Deretter følger oversikt over jordbrukets utslipp, og beregninger av effekter av scenarier for ulike endringer og tiltak for reduksjon av jordbrukets utslipp av klimagasser. Det er også gjort en vurdering av tiltak som kan bidra til økt karbonlagring i jordsmonn, og om klimatiltakene kan bidra til innovasjon og «grønn verdiskaping».

Vår forståelse av sammenhengene mellom jordbruket og klima, kan oppsummeres i tre sentrale utfordringer og som gir en god ramme for dette kapitlet:

- Klimaendringene må begrenses, og alle sektorer må bidra
- Matsikkerheten må ivaretas, produksjonen må øke i takt med befolkningsutviklingen og grunnlaget for produksjon må sikres
- Jordbruket må tilpasses til effektene av klimaendringene

6.1 Oppdrag, materiale og metodikk

6.1.1 Oppdragsbeskrivelse og avgrensning

Utredningen om klimatiltak for landbruket i Trondheim omfatter kartlegging/beregning av klimagassutslipp fra jordbruket, omtale av potensialer og tiltak for utslippsreduksjoner og vurdering av klimarisiko.

Det er, med utgangspunkt i dagens driftsformer, gjennomført en vurdering av mulige effekter av framtidige klimaendringer for jordbruket i Trondheim. I samråd med kommunen er det valgt ulike scenarier for utviklingen av jordbruket i kommunen som grunnlag for å analysere den utslippsutviklingen disse medfører.

Tilpasningsbehov og tiltak som kan gjøres lokalt, av den enkelte bonde og der det er virkemidler med støtte fra kommunen, for å redusere framtidig klimarisiko er omtalt. Tiltak som ligger utenfor kommunens virkemidler eller næringens ansvar og påvirkning er bare kort omtalt. Det er den enkelte bonde som avgjør hva en skal produsere, hvor mye en skal gjødsle, grøfte osv. For noen tiltak kan det være økonomiske virkemiddel, men det er hittil begrenset med etablerte virkemidler for klimatiltak. Kommunen kan påvirke arealbruk, arealplaner og bidra med god informasjon og motivasjon slik at virkemidlene er godt kjent, f. eks. SMIL-midler og innspill til innretning av Regionale miljøprogram (RMP) i fylket.

Utredningen bygger på eksisterende kunnskapsgrunnlag som foreligger i publiserte NIBIO-rapporter, andre fagrapporter eller vitenskapelige artikler; se referanser. Det er i tillegg innhentet informasjon fra Trondheim kommune og fra nettbaserte kilder for informasjon om arealer og naturforhold.

Omtale av utslipp av klimagasser og opptak av CO₂ bygger på metodikk og regler for regnskapsføring i det nasjonale utslippsregnskapet som er omtalt i [kapittel 3](#),

6.1.2 Metodikk klimarisiko og tilpasningstiltak

Klimarisiko og aktuelle tilpasningstiltak er beskrevet med grunnlag i de regionale klimaprofilene og rapporten [Klima i Norge 2100](#) (Hanssen- Bauer mfl. 2015). Omtale av klimaendringenes effekter på jordbruket bygger i stor grad på kunnskap i rapporten [Klima og landbruk med vedlegg \(2016\)](#), nyere rapporter fra NIBIO blant annet fra Bardalen (2018): ([Klimarisiko og Matproduksjon](#)).

Klimarisiko for Trondheim er vurdert ut fra jordsmonn, topografi, hydrologi mv., sett i sammenheng med de viktigste produksjonene i nye Trondheim. Det må bemerkes at hverken effekter av klimaendringer eller aktuelle tilpasningstiltak vil være unike for kommunen. De fleste effekter og tiltak vil gjelde større områder, og mange tilpasningstiltak vil også være av regional eller nasjonal karakter.

De spesifikke vurderingene for Trondheim er gjort ut fra data om jordbrukets driftsformer i kommunen, kartmateriale med opplysninger om jordegenskaper og temakart avledet av disse. Det er innhentet oversikt over omfang av avlingsskadesøknader til kommunen de siste 10 år for å få et bilde av hvordan jordbruket har vært utsatt for vær-relaterte hendelser med vesentlige negative konsekvenser. I vedlegg til rapporten «Landbruk og klimaendringer» fra 2016 er det grundig beskrivelse av både biotiske og abiotiske risikofaktorer og tilhørende tilpasningstiltak for risikoreduksjon i jordbruket. I denne rapporten omtaler vi primært hovedtrekk på overordnet nivå, og så knyttes dette konkret til de forhold som er mest relevante for jordbruket i Trondheim, gitt dagens driftsformer, naturgitte og strukturelle forhold.

6.1.3 Metodikk- potensialet for økt karbonbinding

I arbeidet med utredning av potensialet for karbonbinding og biokull er data innhentet fra en spørreundersøkelse som ble sendt til gårdbrukere i kommunen. Vi fikk 50 svar fra 249 av de gårdsbruk som fikk tilsendt spørreundersøkelsen (ca. 20% svarprosent). Tilleggsdata for biokullutredningen er innhentet via intervju med private selskaper som driver med biokullproduksjon, og tidligere utredningsarbeid om biokull utført av NIBIO.

6.1.4 Metodikk- beregning av klimagassutslipp

NIBIOs klimagasskalkulator (Grønlund 2015) er brukt for å beregne klimagassutslipp fra jordbruket ved ulike scenarier. Kalkulatoren beregner utslipp etter samme prinsipp som ved beregning av nasjonale utslipp ved rapportering til FN. Prinsippet er slik at jordbruksproduksjonen beskrives med nasjonale aktivitetsdata, mens det brukes enten standard utslippsfaktorer definert av IPCC (Tier 1), nasjonale utslippsfaktorer (Tier 2) eller nasjonal metodikk basert på målinger eller modeller (Tier 3). En slik nasjonal metodikk vil ikke nødvendigvis fange opp alle forhold og tiltak som gjennomføres på gårdsnivå.

Det kan være stor variasjon mellom driftsforhold på ulike gårdsbruk. På gårdsbruk kan det også gjennomføres tiltak som i dag ikke er inkludert i det offisielle utslippsregnskapet. Det henvises i slike tilfeller til systemer utviklet av Klimasmart Landbruk (www.klimasmartlandbruk.no).

Klimagasskalkulatoren er satt opp for å vise utslipp fra jordbruket, og inkluderer alle utslipp definert inn i jordbrukssektoren i det nasjonale klimagassregnskapet. Den inkluderer også delvis jordbruksrelaterte utslipp som rapporteres under arealbrukssektoren i det nasjonale klimagassregnskapet. Det gjelder f.eks. CO₂ utslipp fra dyrket myr og mineraljord, men ikke karbonlagring i mineraljord.

Framtidige klimagassutslipp beregnes i forhold til utslippene i en referansebane. Det er gjort beregninger ut fra dagens fordeling av produksjoner og framtidige alternativer valgt ut i samarbeid med kommunen (6.2.4). Referansebanen er en tenkt og sannsynlig videreføring av dagens utvikling, forutsatt at det ikke settes inn tiltak eller påvirkninger som har til hensikt å endre utviklingsretningen. Dette kan f.eks. være at tilskuddene til jordbruket endres slik at det blir ulønnsomt å drive med produksjon av sau i et område, noe som naturlig nok vil føre til redusert omfang.

Det er utarbeidet nasjonale referansebaner av SSB som gir grunnlag for å sammenligne alternative utviklingsbaner. Lokalt jordbruk vil kunne ha en forskjellig utviklingsbane (referansebane) enn nasjonalt og i forbindelse med denne utredningen for Trondheim er lokal referansebane utviklet. Detaljer i den lokale referansebanen er gitt i [kapittel 6.4.2](#)

I denne utredningen er det ikke gjort beregninger av tiltak innenfor de enkelte produksjoner og for enkeltgårdsbruk. Det er i [kapittel 6.5](#) gitt beskrivelse og vurdering av aktuelle tiltak som kan gjennomføres for ulike produksjoner. Det kreves mer detaljerte data for å kunne gjøre beregninger på de enkelte gårdsbruk i kommunen.

6.2 Oversikt over jordbruket i Trondheim

I dette avsnittet gis en oversikt over nøkkeltall for jordbruksarealer, arealendringer og driftsformer i jordbruket i Trondheim. Tidsperiode for illustrasjon av endringer er i hovedsak knyttet til perioden etter 2004, grunnet tilgang til konsistente dataserier.

6.2.1 Arealgrunnlaget for jordbruk i Trondheim

NIBIO har i 2019 oppdatert det såkalte Arealbarometeret for Trondheim, basert på AR5 kartet. Oversikten i Tabell 6.1 viser hvilke kategorier totalarealet i kommunen består av. NIBIO har også gjort en beregning av hvor store jordbruksarealer som kan være ute av drift, basert på en kombinasjon av kartbasert metode og arealdata fra søknader om produksjonstillegg. Denne beregningen viser at i 2018 var areal som kan være ute av drift på ca 10 000 dekar, når areal utenfor landbrukseiendommer inkluderes.

Tabell 6.1 Oversikt over landbruksarealene i Trondheim

Arealtype	Dekar	%
Jordbruksareal		
Fulldyrka	67 444	12,8
Overflatedyrka	558	0,1
Innmarksbeite	7 061	1,3
Produktiv skog	242 040	45,9
Uproduktiv skog	23 414	4,4
Åpen fastmark	22 324	8,8
Myr	46 268	4,2
Bebyggelse/samferdsel	58 853	11,2
Ferskvann	32 604	6,2
Ikke kartlagt	26 660	5,1
Sum	527 226	100,0

NIBIO har gjennomført detaljert jordsmonnkartlegging for det meste av det jordbruksarealet som er i drift i Trondheim. Basert på denne kartleggingen utarbeides [jordsmonnstatistikk](#)⁸ der flere variable inngår. Opplysninger om jordsmonnet i Trondheim nedenfor (Tabell 6.2 - Tabell 6.4) er basert på jordsmonnstatistikken som blir produsert hvert år for alle kommuner hvor jordsmonnkartlagt areal er større enn 60 % av fulldyrka jord og overflatedyrka jord i AR5. Statistikken er basert på jordsmonndatabasen per juni 2019 og årsversjon AR5 for 2018. Årsaker til differanse mellom jordsmonnkartlagt areal i jordsmonndatabasen og arealtall for fulldyrka jord og overflatedyrka jord i AR5 kan skyldes:

- Jordsmonnkartlegging ikke er heldekkende for kommunen.

⁸ http://kart13.nibio.no/jordsmonnstatistikk/5001_jordsmonnstat.xml

- Fulldyrka jord og overflatedyrka jord i AR5 har under jordsmonnkartleggingen vist seg å være ute av drift.
- Nytt fulldyrka og/eller overflatedyrka areal har kommet til etter at jordsmonnkartleggingen ble utført.

Basert på jordsmonndata og annen informasjon utarbeides ulike temakart og statistikk som beskriver egenskaper ved jordsmonnet i Trondheim.

Tabell 6.2 gir oversikt over dreneringsforholdene ved jordsmonnkartlegging i Trondheim. Denne oversikten viser ikke hvor mye areal som er blitt drenert og heller ikke dagens dreneringsstatus og behov for utbedring. Det er karakterisering av den naturlige dreneringsgraden til jordsmonnet.

Tabell 6.2 Oversikt over dreneringsforholdene på jordbruksarealer som er jordsmonnkartlagt i Trondheim.

Årsak	Areal (daa)	%
Grøftebehov og flatt	18017	28
Grøftebehov og hellende	26232	41
Dreneringsproblemer og bratt	4663	7
Selvdrenert	15237	24
Total	64149	100

I følge denne jordsmonnstatistikken er årsaken til dreneringsbehovene dårlig vannledningsevne på 60 prosent av arealet, tette sjikt på mindre enn en meters dybde gjelder 4,5 prosent, grunnvannspåvirket organisk jord 3,7 prosent. Ca 24 prosent av kartlagt areal har ingen dreneringsproblemer.

Tabell 6.3 angir erosjonsrisiko på kartlagt jordbruksareal i gamle Trondheim kommune. Det er ca 40 % av arealet som er i de høyeste erosjonsrisikoklasser. Areal med bakkeplanert jord er i høyeste erosjonsrisikoklasse.

Tabell 6.3 Erosjonsrisiko på kartlagt jordbruksareal*

Erosjonsrisiko	Areal (daa)	%
Svært stor	7756	13.9
Stor	14021	25.2
Middels	26446	47.6
Liten	7377	13.3
Total	55600	100.0
<i>Ikke beregnet</i>	<i>5</i>	<i>0.0</i>

*Tabellen over risiko for erosjon ved høstpløying er basert på gammel modell og tall for gamle Trondheim kommune. Det er for tiden under utarbeiding en ny modell som beregner risiko for erosjon ved høstpløying. Oppdatert statistikk for dette temaet blir presentert på www.kilden.nibio.no når de nye dataene foreligger.

Av det jordbruksarealet i Trondheim som er kartlagt av NIBIO og vurdert som korndyrkingsjord er 85% av arealet klassifisert som egnet eller bedre, se Tabell 6.4.

Tabell 6.4 Jordbruksareal klassifisert i forhold til egnethet for korndyrking

Korndyrkingsklasser (nedbørbasert)*	Areal (daa)	Areal (%)
1 - Svært godt egnet	220	0,3
2 - Godt egnet	40 426	59,4
3 – Egnet	17 257	25,4
4 - Dårlig egnet	4 683	6,9
5 – Uegnet	1 682	2,5
0 - Ikke klassifisert/kartlagt	3 781	5,6
Sum Trondheim kommune	68 049	100

* Trondheim kommune har et fulldyrka og overflatedyrket jordbruksareal som i stor grad er jordsmonnkartlagt, men etter gamle modeller. Disse vil bli erstattet med modeller som er mer detaljerte, både med hensyn til den fenologiske utviklingen i korn og meteorologiske data som inngår. Det er derfor en viss usikkerhet i arealanslagene.

6.2.2 Nydyrking og omdisponering

Omdisponering av jordbruksareal og nydyrking er arealbruksendringer som påvirker både utslipp og opptak av klimagasser (Miljødirektoratet mfl. 2020a) og endrer arealgrunnlaget for jordbruksproduksjonen. I Trondheim har omfanget av varig omdisponering av jordbruksareal til andre formål vært høyt, og betydelig større enn omfanget av nydyrking.

Ifølge SSB statistikk er det i perioden 2005-2018 godkjent søknader om nydyrking for til sammen 464 dekar. I samme periode ble det søkt om nydyrking av 617 dekar fordelt på 22 søknader. Vi har ikke oversikt over hvor mye av det godkjente arealet som faktisk er oppdyrket i denne perioden.

Tabell 6.5 Godkjent areal (daa) for nydyrking i perioden 2005-2018 Kilde: SSB 08123

2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0	0	0	9	100	20	2	..	0	0	42	124	88	79

Det er gitt tillatelse til omdisponering av 3367 dekar dyrka jord Trondheim i perioden 2005-2018 til andre formål enn jordbruk. Vi har ikke nøyaktig oversikt over hvor stor andel av de tillatt omdisponerte arealer som faktisk er fysisk omdisponert. Men når tillatt omdisponert areal sammenliknes med omdisponert areal basert på kartanalyse for perioden 2004-2015, viser tallene godt samsvar (vedtatt omdisponert 2005-2015: 2723 og faktisk omdisponert 2004-2014: 2880) (SSB - rapport 2017-14). Det vil alltid være etterslep i faktisk omdisponering sammenliknet med vedtatt omdisponering ført i den årlige Kostra-statistikken. Med den kartbaserte metoden er det beregnet at omdisponert areal innen jordbruket der formålet er knyttet til bygge- og anleggstiltak som inngår i jordbruksnæringen har vært 177 dekar i perioden 2004-2015.

Tabell 6.6 Omdisponert jordbruksareal (daa) i Trondheim 2005-2018 basert på Kostra-statistikk: Kilde SSB

2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
17	208	21	522	658	317	333	..	273	49	325	312	182	150

For å gi arealstatistikk for jordbruksareal **som kan være ute av drift** på kommune- og fylkesnivå, har NIBIO i [rapport 5 2019](#) (Mathiesen 2019) sammenliknet arealtall fra arealressurskartet AR5 med arealtall oppgitt for hver landbrukseiendom i søknader om produksjonstilskudd. Metoden innebærer at jordbruksareal fra AR5 summeres på kommunenivå. Det samme gjøres med alt jordbruksareal

oppgitt i søknadene, med unntak av areal oppgitt som midlertidig ute av drift. Deretter beregnes differansen mellom arealtallet i produksjonstilskuddsregisteret og arealtallet i AR5 for hver kommune. Differansen er jordbruksareal det ikke søkes tilskudd for, og som i hovedsak kan antas å være ute av drift. For Trondheim kommune er dette beregnet til å være 10 073 dekar, eller 13,4 prosent av jordbruksareal i AR5 (tall fra 2018). Arealet kan være en mulig reserve, men vi har ikke oversikt over arealets tilstand. Med tanke på reserveareal f. eks. i svært tørre år eller som alternativ til nydyrking, bør tilstand og anvendelsemuligheter for slike arealer kartlegges.

6.2.3 Topografi og hydrologi

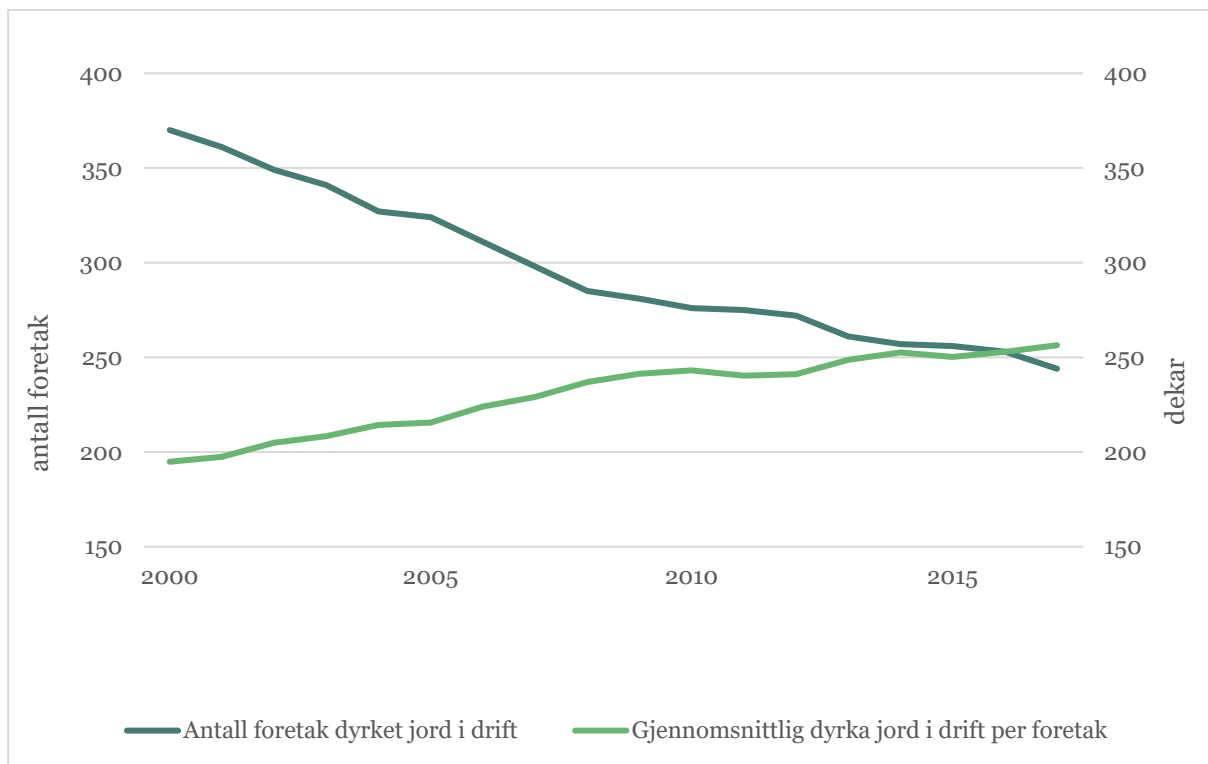
Jordbruksområdene i Trondheim er i stor grad leirjordsområder under marin grense, opprinnelig en betydelig andel ravinlandskap som nå er planert (ca 20 % er oppgitt å ha begrensende faktorer gunnet planering eller fylling i jordsmonnstatistikken). På grunn av jordsmonnegenskapene kan slike arealer ha betydelig erosjonsrisiko. Det er kun noen mindre lavtliggende områder langs Gaula som er noe flomutsatt (kilde NVE flomsonekart). Nedbørfeltene til bekkene som går gjennom jordbruksområdene har begrenset utstrekning og går gjennomgående dypt i terrenget. Dette gjør at risiko for oversvømmelse av jordbruksarealer berører ganske små arealer.

Jordbruksarealene har i all hovedsak noe helling. Risiko for ansamlinger av overvann ved kraftig nedbør er derfor begrenset. På den annen side øker dette risiko for skader på jordsmonnet ved intens avrenning når nedbøren overstiger jordsmonnets infiltrasjonskapasitet.

Klimaframskrivningene viser at snøsmelteflommer i de store vassdragene kan ventes å bli mindre. Det kan ventes hyppigere og mer intens korttidsnedbør som vil øke risiko for større flommer i mindre vassdrag som har tilførsel fra lokale nedbørfelt. Slike intense nedbørsepisoder kan forekomme oftere gjennom hele vekstsesongen og forårsake både flateerosjon og erosjon i vassdragene. Intense avrenningsepisoder kan også forårsake erosjon i forsengkninger (dråg). NIBIO utvikler nye drågerosjonskart som blir tilgjengelige våren 2021 (www.kilden.nibio.no).

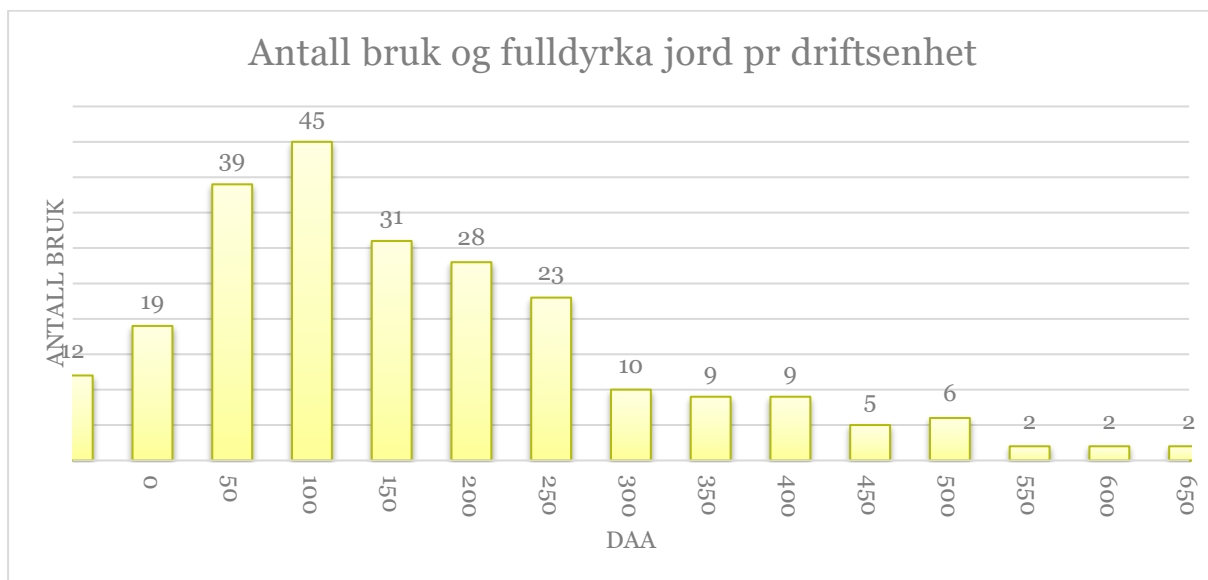
6.2.4 Jordbruket i Trondheim, planteproduksjoner

Antall foretak som søker om produksjonstilskudd går ned, og gjennomsnittlig areal per enhet går opp (Figur 6.1). Antall bruksenheter går ned år for år, men reduksjonstakten minker. Arealet på nedlagte bruk leies bort i stor grad til andre bruk, slik at gjennomsnittsarealet per bruk øker.



Figur 6.1 Utvikling i antall driftsenheter og areal fulldyrka jord pr driftsenhet

Ved andre søknadsomgang i 2019 var det 254 bruk som søkte om produksjonstillegg. Gjennomsnittlig bruksstørrelse var 235 daa, 12 bruk er større enn 700 daa og største bruk driver 1397 daa. Hovedvekten av søkerne driver relativt små bruk, som vist i Figur 6.2.



Figur 6.2. Antall driftsenheter og fulldyrka jordbruksareal pr enhet.

Tabell 6.7 Jordbruksarealet i daa og fordeling på ulike kulturer fra søknader om produksjonstilskudd fra 2010 til 2018.

	2010	2015	2016	2017	2018
Jordbruksareal i drift	67 345	64 188	64 169	62 848	62 489
Fulldyrka jord	63 270	60 973	60 930	59 553	59 294
Åker og hage	45 070	42 820	43 386	43 172	42 745
Korn og oljevekster til modning	43 758	41 946	42 442	42 248	41 831
Hvete	646	3 219	1 238	847	1 047
Bygg	35 620	30 708	31 864	33 094	31 018
Havre	7 492	7 972	9 259	8 295	9 696
Potet	10	12	10	9	12
Grønfôr- og silovekster	754	651	530	599	577
Grønsaker på friland	9
Eng til slått og beite	22 275	21 368	20 783	19 676	19 744
Fulldyrka eng	18 200	18 153	17 544	16 381	16 549
Anna eng og beite	4 075	3 215	3 239	3 295	3 195

Kornproduksjonen er dominert av bygg og havre (Tabell 6.7). Hvete kan dyrkes på areal som ligger nær havnivå, lavere enn 50 m.o.h., men omfanget er i praksis lite og varierer mellom år. Potet og grønnsaksproduksjonen er særs liten. Det er noe jordbærproduksjon, og det har økt noe de siste årene. Arealet i 2017 er om lag 185 daa.

Avlingsnivået varierer betydelig mellom år (Tabell 6.8) og er generelt lavest i tidligere Klæbu kommune.

Tabell 6.8 Avlingsnivå i kornproduksjonen.

	2010	2015	2016	2017	2018
Hvete	494	485	198	309	
Bygg	329	367	428	325	382
Havre	352	410	396	399	309

6.2.5 Jordbruket i Trondheim, husdyrproduksjoner

Husdyrproduksjon, antall driftsenheter og antall dyr er vist i Tabell 6.9. I klimagassberegningene er dyretallet beregnet som antall årsdyr eller dyreplasser. I tabellen er det angitt antall dyr fra søknad om produksjonstillegg.

Tabell 6.9 Husdyrproduksjoner i Trondheim

Antall foretak i husdyrsektoren	2010	2015	2016	2017	2018
Mjølkekyr	40	33	32	29	29
Ammekyr	20	8	8	9	10
Søyer	26	30	31	27	31
Purker	7	5	4	6	4
Slaktegris	11	7	10	0	0
Verpehøner	11	19	19	20	21
Slaktekyllinger	4	5	4	0	0
Utvikling husdyrbestandene	2010	2015	2016	2017	2018
Mjølkekyr	944	872	837	721	712
Ammekyr	207	122	148	156	162
Søyer	864	877	1 024	1 085	1 132
Purker	294	69	60	59	56
Slaktegris	6 161	2 806	3 690	-	-
Verpehøner	14 998	41 277	44 332	46 213	44 826
Slaktekyllinger	300 089	299 734	324 855	-	-

Mjølkeproduksjonen er i tilbakegang over tid, men det har vært færre som har slutta de siste fem åra enn de foregående fem. Nedskaleringen i forbindelse med eksport av Jarlsbergost vil merkes også her, men i usikkert omfang. Kjøttproduksjonen på storfe fra mjølkeproduksjonsbesetninger er redusert, ofte som et resultat av intensivering og økning av mjølkeproduksjonen per bruk i forbindelse med investeringer i kvote og fornying av driftsapparat..

Ammekyr: Kjøttproduksjon på kjøttfe hadde tidligere et større omfang, og har igjen tatt seg opp ved at gjenværende produsenter har økt sitt volum.

Sau: De mindre sauebesetningene i gamle Trondheim beiter hovedsaklig på innmark og er gjerne tilpasset landskapspleie og ekstensiv drift, mens de større besetningene generelt og de som holder til i gamle Klæbu bruker utmarksbeite hele beitesesongen. Antall søyer har økt, men kjøttproduksjonen har ikke økt tilsvarende da en del av volumøkningen har skjedd i det mer ekstensive saueholdet.

Gris: Denne produksjonen er redusert i omfang, og statistikken tyder på at én eller to store produsenter har slutta.

Fjørfe: Eggproduksjonen har økt mye, mens slaktekylling har vært på om lag samme nivå.

6.3 Klimarisiko jordbruk

Meteorologiske data viser at klimaet er endret, og klimamodellene viser at endringene vil fortsette. Årsmiddeltemperaturen i Norge har økt med ca. én grad Celsius fra 1900 til 2014. I dette tidsrommet har det vært perioder med både stigende og synkende temperatur, men de siste 40 år har økningen vært svært markant. Årsnedbøren har økt siden år 1900, og for landet som helhet er økningen på ca. 18 % (Klima i Norge 2100).

For jordbruket har det til alle tider vært avgjørende å finne de beste løsningene i skiftende klima og værforhold. Forskjellen nå er at vi også vet mye om i hvilken retning endringene går på lengre sikt, men vi kan bare i begrenset grad forutsi hvor raskt de vil skje og hvordan økt variabilitet vil slå ut. Hovedutfordringen for tilpasningen er derfor å håndtere fremtidig usikkerhet om klimautviklingen.

I tillegg til klima er det økt usikkerhet knyttet til andre faktorer av stor betydning når bonden skal ta strategiske og økonomiske beslutninger. Endringer i markedet (tilbud og etterspørsel), tilgjengelig teknologi, planteforedling og husdyravl, samt politiske beslutninger om regelverk og økonomiske virkemidler kan inntreffe mye raskere enn effekter av langsiktige klimaendringer. Klimatilpasning i jordbruket og på hver enkelt gård må sees i sammenheng med dette. Forutsigbare rammebetingelser er antakelig den viktigste forutsetning for investeringer i tilpasning.

Jordbruket må samtidig tilpasses til endret klima og gjøre tiltak for å redusere utslipp. Tiltakene må sees i sammenheng, herunder hvordan tiltakene vil påvirke produksjon og lønnsomhet. Bærekraftig økonomi for bonden er den grunnleggende forutsetningen for prioritering av alle typer klimatiltak. Forventning om framtidig lønnsomhet eller økt risiko er derfor viktige forutsetninger for bondens investeringer i ny kunnskap, fornyelse av driftsapparatet og nye produksjoner og produksjonssystemer.

Jordbrukets klimarisiko kan skyldes en plutselig, direkte fysisk påvirkning, eller være resultat av en langsom endring over et lengre tidsrom. En plutselig fysisk påvirkning vil oftest være resultat av en økende klimavariabilitet (hyppigere episoder med mer ekstreme værhendelser). Den langsomme klimapåvirkningen er resultat av klimaendringer uttrykt i endret gjennomsnitt over normalperioder. Ekstremepisoder har forekommet før, og forekommer i dagens klima, men ventes i framtida å forekomme oftere og bli kraftigere. Det betyr at jordbruket i endret klima vil være utsatt for både endret normalklima og økt frekvens av ekstremværepisoder. Risikobildet og tiltaksmenyen har ulikt innhold avhengig av hvilke av disse utfordringene som vurderes.

Det er større usikkerhet knyttet til langsiktige tilpasninger når disse krever endringer i dagens dyrkningssystemer, betydelige investeringer i infrastruktur med lang levetid eller som forutsetter endringer i politikk, regulatoriske forhold eller virkemiddelsystem.

I rapporten Klima i Norge 2100 anbefales det at tilpasninger med et 10-20 års perspektiv bør legge dagens klima til grunn. I NOU 2010 (Tilpassing til eit klima i endring) pekes det på at samfunnet ikke er godt nok tilpasset de værhendelser som oppstår under dagens klima. Erfaringer fra 2017 og 2018 viser sesongvariasjoner og intense nedbørepisoder der bedre tilpasning kunne redusert skader i jordbruket. Flere tiltak vil derfor være nyttige i dagens klima, og disse kan igangsettes umiddelbart uten systemendring eller vesentlig risiko. Disse vil gi mer stabile og høyere avlinger, forbedret driftsresultat, redusert miljøpåvirkning og klimagassutlipp.

Tilpasningskapasitet dreier seg om potensialet for å håndtere klimaendringene gjennom å (a) redusere mulige skader, (b) profitere på mulighetene og/ eller (c) håndtere konsekvensene. Tilpasninger inkluderer agronomiske, tekniske og økonomiske tiltak. Disse vil variere både geografisk ut fra naturgitte forhold og mellom gårdsbruk ut fra driftssystemer og produksjoner. De inkluderer vekselvirkningen mellom forskjellige aktører: gårdbrukere, samfunnsutvikling og politikk. Valg av tilpasningstiltak påvirkes av naturgitte forutsetninger, gårdens driftsform og driftsapparat, økonomi, gårdbrukerens framtidsplaner og strategi, og ikke minst antakelser om framtidige politiske rammebetingelser. Konkrete tilpasninger planlegges primært på gårdsnivå, men også på områdenivå. Fordi mange av utfordringene dreier seg om håndtering av vann, er det hensiktsmessig å ta utgangspunkt i forholdene i det nedbørsfeltet hvor gården ligger.

I denne rapporten omtaler vi klimarisiko og tilpasning ut fra driftsformer i dagens jordbruk i Trondheim. Driftsformer kan også endres som følge av klimaendringene i seg selv, av politikk og virkemidler for å redusere klimagassutslipp, og på grunn av den generelle teknologi- og samfunnsutviklingen. Analyse av slike scenarier ligger utenfor rammen av denne utredningen.

Hovedtrekkene i endringer for jordbruket vil i prinsippet gjelde hele Norge, men kan virke med ulik styrke i ulike regioner. Vi beskriver både fellestrekk og konkretiserer så langt det er grunnlag for det hvordan disse forholdene kan virke på jordbruksproduksjoner i Trondheim.

6.3.1 Erfaringer i dagens Trondheimsklima

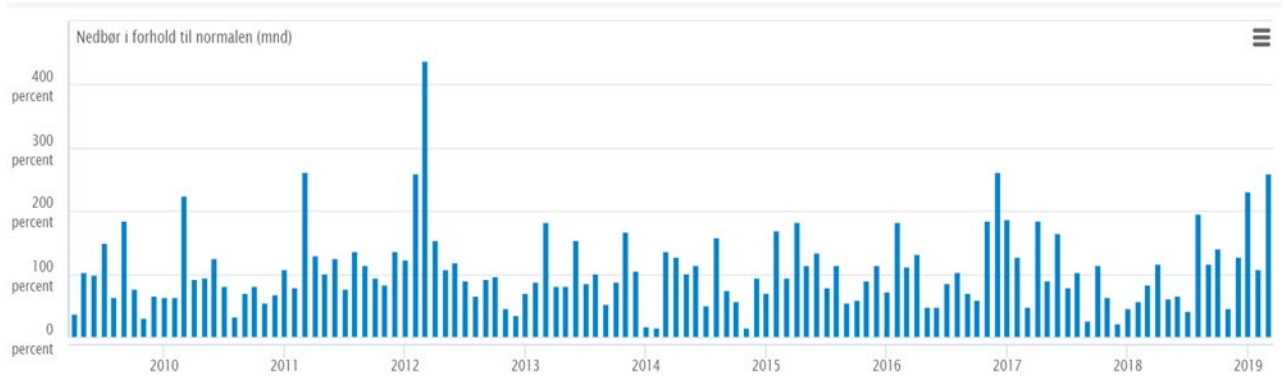
Vi har innhentet informasjon fra kommunen om avlingsskadesøknader i perioden 2009-2018. Vi antar disse gir godt uttrykk for klima- og værrelaterte utfordringer for jordbruket i dagens situasjon. Oversikten viser 35 søknader, derav 28 i kornproduksjon, 4 i grovfôrproduksjon og 4 i bærproduksjon. Tekstboksen under beskriver hovedbildet av situasjonen i 2009, 2011 og 2015.

Situasjonen i 2009 beskrives slik: Siste halvdel av april var preget av temperaturer over normalen og relativt lite nedbør. Mange fikk dermed en god start på vekstsesongen. De som derimot ikke var ferdige innen 1. mai, fikk ikke forhold til å fortsette før omkring den 13. mai. Det er rimelig å anta at dyrkajord i nordhelling og ikke kystnært /høytliggende fikk enn litt senere start på vekstsesongen enn ønskelig. Vekstforholdene i juni, juli og første uka av august var gode. Perioden 9. august til 23. august var nedbørsrik, men perioden fra 22. til 29. august var uten regn og med temperatur godt over normalen. Det var i denne perioden de fleste fikk avlinga i hus. Fom 30. august tom 10. oktober var det bare tre dager godt spredd i september uten nedbør. De som ikke hadde tatt avlinga i løpet av siste uka i august, fikk dermed problemer.

Situasjonen i 2011 beskrives slik: De som ikke hadde tatt avlinga i løpet av siste uka i august fikk problemer på grunn av nedbør. Dette kunne skyldes sein våronn og umodent korn og/ eller at de ikke hadde skurtresker selv og sto i kø for tresking hos leiekjører. Enkelte steder i kommunen snødde det i september.

Situasjonen i 2015 beskrives slik: Sommeren 2015 var preget av mye regn og kaldt vær i Trondheimsområdet. Kald og våt vår og forsommer, dårlig spiring og plantene druknet. For Trondheim kommune har dette fått ulike utslag på kornavlingene avhengig av dyrkingssteder i kommunen. Byneset var en av de stedene i kommunen som kom best ut denne vekstsesongen, her har det til og med blitt meldt om rekordavlinger. Østsida av byen var derimot mer variabel og mange fikk godt under middels avlinger. Dette skyldes nok i stor grad mer lokal nedbør. En del av områdene her ligger noe høyere over havet og har hatt noe lavere temperatur. Havreåkrene berget bra, mens byggåkrene har gitt dårligst avling. Bare noen dagers forskjell i såingstidspunkt gjorde forskjell på om åkeren ble bra eller ikke på de mest utsatte stedene. Åkrer som ikke hadde kommet skikkelig i gang med veksten før regnet satte inn klarte ikke å ta seg inn igjen.

Figur 6.3 viser variasjon i månedsnedbør i forhold til normalen på Voll i perioden 2009-2019. Bildet bekrefter en variasjon i nedbørsforhold som er hovedårsak til avlingsskader. I tillegg til nedbør er også lave temperaturer nevnt som årsak til reduserte avlinger. Bildet samsvarer med framskrivninger av klima- og værforhold i (Sør-) Trøndelag i den regionale klimaprofilen. Forskjellen fra dagens klima er at framtida kan by på mer nedbør vår og høst, større variasjoner og mer ekstremnedbør. Utfordringene for jordbruket i Trondheim kan derfor oppsummeres med at det kan påregnes gradvis litt mer av velkjente utfordringer som følger med «trønderværet».



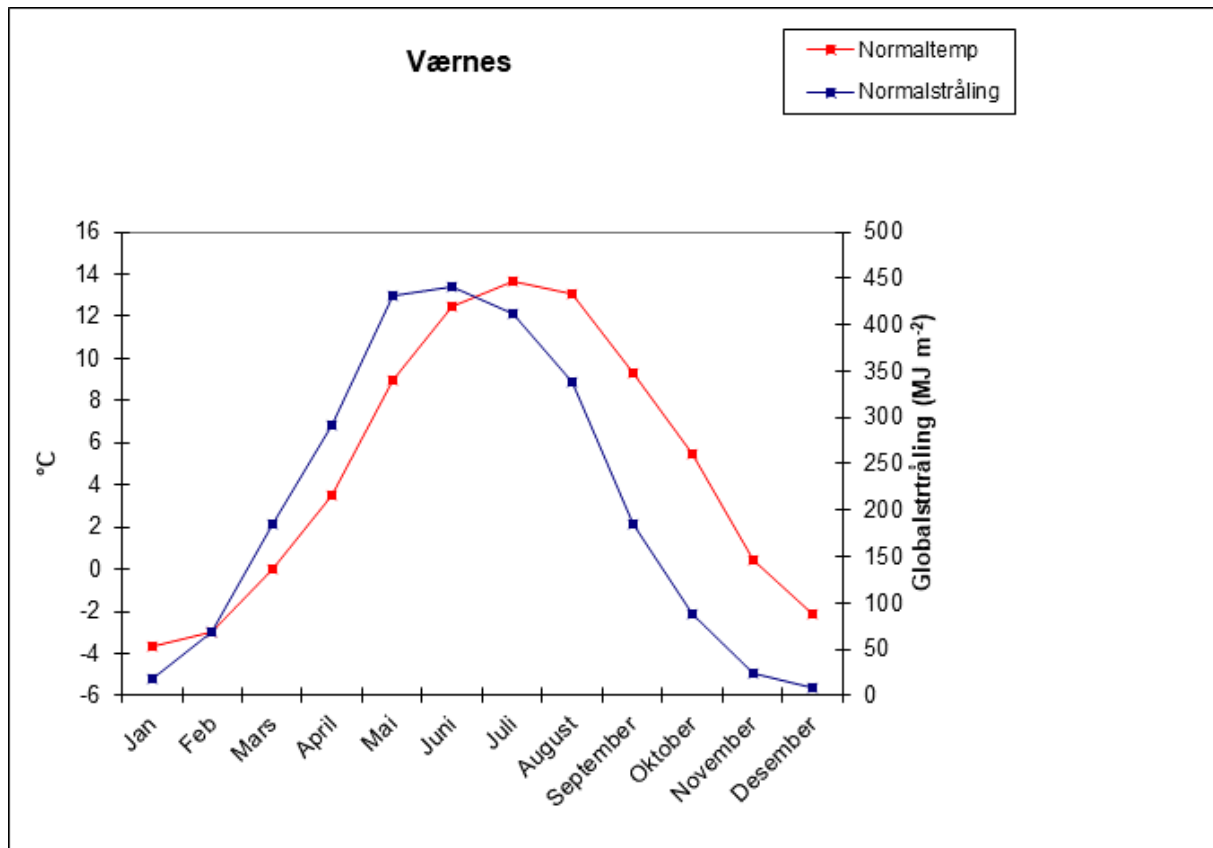
Figur 6.3. Månedsnedbør sammenlignet med normalen på Voll i Trondheim i perioden 2009-2019. Kilde: Norsk klimaservicesenter.

6.3.2 Kan endret klima gi nye muligheter?

Økt planteproduksjon er en mulig effekt av endret klima i nordlige områder. Klimaendringer har allerede gitt lengre termisk vekstsesong (flere vekstdøgn og høyere varmesum), mildere vintre, mer årsnedbør og flere intense nedbørsepisoder. Lengre vekstsesong i kombinasjon med tilstrekkelig nedbør, kan i utgangspunktet og med en viss forutsigbarhet føre til:

- utvidet dyrkingsområde for de jordbruksvekster som dyrkes i dag og mulig introduksjon av vekster/sorter som i dagens klima ikke kan dyrkes i Trondheim
- muligheter for nye arter og mer høgtytende sorter eller for bedre kvalitet på 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 krever lengre termisk vekstsesong)

Selv om endret klima isolert sett kan gi nye muligheter må dette nyanseres. Økte middeltemperaturer vil innebære tidligere telegang og snøsmelting, samtidig som nedbørsmengden vår og høst forventes å øke. Dette skaper risiko knyttet til om flere vekstdøgn kan utnyttes i praksis. Ugunstige fuktighetsforhold vil kunne begrense antall dager med laglige forhold for jordarbeiding, og i enkelte år gi betydelig senere såing/setting og samtidig vanskeligere innhøstingsforhold. Denne usikkerheten vil også kunne bidra til økt risiko knyttet til å utnytte lenger vekstsesong med bruk av nye sorter/arter. Et kortere tidsrom med laglige forhold vil dessuten kreve større kapasitet på arbeidsoperasjonene, noe som igjen øker faren for jordpakking. Fuktige forhold om høsten vil gi utfordringer under innhøstinga, slik vi har sett eksempler på de senere årene.



Figur 6.4 Kurvene i figuren viser at globalstrålinga faller bratt i september. Høyere høsttemperatur vil derfor likevel ikke bidra til vesentlig økt plantevekst når innstrålinga begrenser fotosyntesen.

Kurvene i Figur 6.4 viser forløp av temperatur og innstråling på Værnes. Vekstforsøk viser at etterveksten på høsten generelt er lav sjøl om høsttemperaturene er blitt høyere. Dette bekreftes i forsøk på Værnes der det er registrert lav tilvekst i gras etter 15. september. Dette skyldes antakelig raskt avtakende og etter hvert svært lav lysinnstråling i høstmånedene, noe som forsterkes dess lengre nord en kommer. Muligheten for å utnytte en lengre termisk vekstsesong (flere vekstdøgn) begrenses altså sterkt av lysklimaet. Dette, sammen med våtere forhold om høsten, gjør det også usikkert om det kan tas flere grasavlinger.

Økningen av CO₂-innholdet i atmosfæren kan påvirke plantenes vekst direkte (fotosyntese) eller indirekte via klimaeffekter (for eksempel oppvarming). En av effektene av økt CO₂-konsentrasjon er mer effektiv utnyttning av både innstråling, vann og nitrogen. Dobling av CO₂-nivået kan øke biomasseproduksjonen for noen jordbruksvekster med 10-30 % grunnet mer effektivt karbonopptak. I Norge vil trolig lave temperaturer begrense CO₂-responsen, og jo lenger nord i landet man kommer vil også lysforholdene være begrensende. Når karbonopptaket stimuleres, akkumuleres mer karbohydrater i plantene, men økningen i biomasseproduksjon kan også ha negative konsekvenser for mat- og fôr kvalitet, som et resultat av at proteinkonsentrasjonen reduseres.

6.3.3 Problemer i endret klima – sykdommer, skadedyr og ugras

Under fuktigere og varmere forhold kan planteskadegjørere forårsake redusert avling og avlingskvalitet. Risikoen knyttet til planteskadegjørere har ulike karakterer, og NIBIO har derfor illustrert dette ved en generell gruppering av skadegjørere i fire kategorier organismer. Artene har ulik status og kan på ulike måter etablere seg om farlige skadegjørere i Norge:

1. Arter som gjør betydelig skade i Norge i dag, og som kan gi enda verre skader i framtiden. Disse kan vi kalle “verstingene”
2. Arter som finnes i Norge i dag uten å gjøre betydelig skade, men som er alvorlige skadeinsekter andre steder i Europa. Disse kan vi kalle “ulv i fåreklær”
3. Arter som ikke finnes i Norge i dag, men som er alvorlige skadeinsekter lenger syd i Europa. Disse kan vi kalle “de tålmodige”, siden det kan ta lang tid før disse artene vil skape problemer i Norge etter som deres habitater først må forflytte seg nordover
4. Arter som ikke finnes i Norge i dag, men som kan komme hit som blindpassasjerer med tømmerimport og annen handel og trives i et varmere klima. Disse kan vi kalle “jokerne”, siden vi ikke nødvendigvis kan forutse hvilke arter dette vil være.

Både risiko og mulighet for tilpasning knyttet til planteskadegjørere i jord- og hagebruket, må vurderes ut fra de korte generasjonstidene (ettårige eller få-årige kulturer), rask evolusjon i mange skadeorganismer og utvikling av resistent sortsmateriale. For skadegjørere som utvikler og endrer seg langsomt, innebærer dette gode muligheter for tilpasning til arter som gradvis får økt skadepotensial som følge av de gradvise klimaendringene. For skadegjørere som opptrer plutselig (jokerne), og som i et noe varmere klima kan etablere bestander med stort skadepotensial, er situasjonen annerledes. Tiltak mot slike er primært god importkontroll, overvåkning og en beredskap i form av kunnskap om bekjempelse hvis slike organismer etablerer seg i Norge.

Det vises ellers til vedlegg til rapporten «Landbruk og klimaendringer» der det er utfyllende omtale av skadeorganismer både for jordbruks- og hagebruksvekster, og for skogtrær (Aamlid mfl. 2015).

6.3.4 Endret klima - vann, jord og hydroteknikk i Trondheim

Hydroteknikk i landbruket omfatter håndteringen av vann på landbruksarealene, herunder oppsamling og bortledning av vann (drenering og overflatevann), og tilførsel av vann (vanning) med formålet å ha optimale vekst- og dyrkingsforhold. Teksten i dette avsnittet er for de generelle faglige forhold basert på fagnotat vedlagt rapporten «Landbruk og klimaendringer», «Drenering og hydroteknikk» (Hauge & Deelstra 2015). Det omfatter anlegg for å kontrollere grunnvannstand som drengrofter og oppsamlings- og bortledningssystemer som rørledninger, kanaler, avskjæringsgrofter, kummer og andre tekniske løsninger.

Også i dagens klima har store deler av norske jordbruksarealer behov for forbedret drenering og hydrotekniske anlegg. Økt årsnedbør og flere intense nedbørsepisoder kan føre til:

- økt risiko for overflateavrenning og erosjon. Faren for overflateavrenning i vekstsesongen er særlig stor i potet og grønnsaker med mye bar jord, vår og høst også på kornareal. Økt nedvasking av næringsstoffer som gir økt miljørisiko og økte gjødselkostnader/tapt avling
- større utfordringer med vannmettet jord med dårlig plantevekst
- større problemer med dårlig jordstruktur etter kjøring med tungt utstyr under våte forhold
- større utfordringer med en del planteskadegjørere

Kontroll med overflateavrenning er et viktig tiltak for å redusere tap av næringsstoffer og erosjon. Ved økt nedbør, og spesielt under perioder med høy nedbørintensitet, blir det viktigere å ha kontroll over vannets strømningsveier i landskapet, særlig når det gjelder overflateavrenning, men også via drengsystemet. Mangel på kontroll kan føre til stor erosjon og graveskader, bekkekanterosjon med påfølgende utvasking og transport av næringsstoffer og partikler. Et godt fungerende grøftesystem med høy synkehastighet for grunnvann er viktig, også fordi lagringsevnen for nedbør blir optimert når de større porene er tømte for vann før ny nedbør kommer.

Risikovurdering og dimensjonering

Bortledningstiltak for vann dimensjoneres etter avrenningsdata og en risikovurdering basert på lokale forhold og planlegging med grunnlag i feltbefaringer, lokale erfaringsdata og beregninger basert på avrenningsdata for nedbørfelt ut fra størrelse, topografi og jordbunnsforhold.

Kommunen har opplyst at det anbefales 3 toms rør i stedet for 2 toms ved drenering for å få raskere avrenning ved store nedbørmengder. Det gis tilskudd til grasdekte vannveier gjennom Regionale miljøprogrammer, og det prioriteres midler til hydrotekniske tiltak gjennom SMIL. Det anbefales også 30% økning i dimensjonering på lukka avløpsanlegg, og muligheten for åpning av lukningsanlegg vurderes der dette er naturlig. Det er åpnet flere strekninger av bekker som tidligere lå i rør; Søra, Heimdalsbekken, Ilabekken.

Det er kan være uhensiktsmessig og dyrt å dimensjonere for de aller største flomtoppene. Det bør derfor vurderes om en kan redusere dimensjonene noe for de mest ekstreme tilfellene, uten at dette ødelegger anleggets funksjonalitet eller øker risiko for alvorlige skader. Med økte nedbørmengder vil også flere gamle anlegg allerede være underdimensjonert.

Vurdering av faren for skader og erosjon er viktig når en skal dimensjonere kanaler og åpne løp. Det kan være stor forskjell på hvilket skadeomfang en oversvømmelse fører med seg. Ofte vil effektene være noe avlingstap eller at løsmasser eroderes og føres bort med vannet. Skadekostnadene kan få helt andre dimensjoner dersom tekniske anlegg som hydrotekniske anlegg, veier, hus og kjellere blir ødelagt. Ved dimensjonering av avskjæringsgrøfter, kanaler og tiltak i bekker, bør det ut fra både risiko og kostnader vurderes alternative erosjonsdempende tiltak som steinsetting og bygging av stryk opp mot det å øke dimensjonene på kanalen.

Basert på beregning av avrenningsintensitet må en vurdere investeringen i forhold til den skade en oppstuvning av vann over kortere perioder vil medføre. De ekstreme flomtoppene som en må ta hensyn til ved erosjonssikring, kommer vanligvis over en kort periode etter intens nedbør, ofte utenom vekstsesongen og av og til sammen med snøsmelting. Klimaendringene kan også i Trondheim ventes å føre til en forskyvning av perioder med høyeste maksimalavrenning, fra høsten til kraftige nedbørepisoder på ettersommeren. Dette kan gi større skader på både jord og avling.

Bortledning av overflatevann, særlig etter kraftig regn, eventuelt i kombinasjon med snøsmelting i løpet av vinteren, er viktig for å hindre vinterskader på høstkorn og eng, men risiko for dette må vurderes også ut fra helningsforholdene på de enkelte jorder. Om våren vil det være tilsvarende viktig at vannet ledes raskt bort etter snøsmelting eller nedbørepisoder.

Nærhet til bebyggelse eller andre tekniske anlegg som kan påvirkes av en flom må dermed vurderes ved dimensjonering. Landbruket kan, avhengig av de lokale forholdene, ha stor betydning for avrenningsmønsteret og nedstrøms skadepotensial ved høy avrenning.

Bakkeplanerte områder er den dyrka jorda som kanskje har de største utfordringene med gamle og dårlige hydrotekniske anlegg, og ved økte avrenningsmengder kan problemene øke. I bakkeplanerte områder er bekker lukket med betongrør eller korrugerte metallrør. Manglende erosjonssikring og utette rør og kummer kan skape erosjonsproblemer. Belastningen på disse anleggene, som begynner å bli gamle, vil øke med økende nedbør og vannføring. Mange av anleggene kan allerede være underdimensjonerte, og forskyvninger, sedimenter og skader kan minske vannføringsevnen ytterligere. Siden anleggene ligger dypt og i erosjonsfarlig jord, vil overbelastning og sammenbrudd i slike anlegg kunne gi store erosjonsskader.

NIBIO har de siste årene foretatt en lang rekke områdekartlegginger og kabelkamerakjøringer for å avdekke erosjonsskader og behov for reparasjoner av hydrotekniske anlegg i typiske bakkeplaneringsområder, særlig i Akershus og Østfold. Undersøkelsene bekrefter at det er stort

vedlikeholdsbehov og behov for rådgivning når det gjelder løsninger for renovering av anlegg. Basert på lokal kunnskap bør det vurderes å gjøre en tilstandsvurdering av hydrotekniske anlegg i bakkeplanerte områder i Trondheim, se også Hauge & Haraldsen (2017).

På myrjord og jord med dårlig vanngjennomtrengelighet i nedbørrike strøk, eller i områder der telen sitter lenge, er det aktuelt å profilere overflata slik at overflateavrenningen lettes. Systematiske teiger på 35-60 meter bredde med helning mot åpne kanaler er mest vanlig. Denne løsningen kan bli enda mer aktuell i nedbørrike strøk på Vestlandet og i Nord-Norge. Behovet for slike tiltak er antakelig ikke stort i Trondheim, men bør vurderes ut fra lokale erfaringer med overflatevann på jordbruksarealer.

Landbrukets påvirkning på vannkvaliteten i ferskvann i Norge er i hovedsak knyttet til avrenning av partikler og fosfor. De hydrotekniske anleggene påvirker mengden av fosfor og partikler som når vassdragene i leirjordsområdene. Med økende overflateavrenning på grunn av kraftige nedbørepisoder vil tilførslene av partikler til vassdragene øke. Bygging av fangdammer for å fange opp næringsrike partikler blir enda mer aktuelt under slike forhold. Erosjon av partikler i landbruksområdene er et problem i seg selv, da det etter hvert kan ødelegge dyrka jord ved at matjordlaget vaskes bort. Med en god utforming av hydrotekniske anlegg kan en skjære av overflateavrenningen og føre vannet bort på en sikker måte.

Selv om det blir mindre snøsmelting kan det likevel bli stor overflateavrenning. Det vil avhenge av fryse- /tineforhold. Ved nedbør på delvis tint jord kan det bli stor overflateavrenning og erosjon. Ved frost i jorda er dreneringsmulighetene begrenset.

Endringer i landskapet, som drenering av myr, oppdyrking av skogområder, lukking av bekker og systematisk drenering, fører til at områder responderer hurtigere ved nedbør, og flomtoppene blir mye større enn før. Det bør derfor gjøres vurderinger av risiko i lokale nedbørfelt, om det er aktuelt med gjenåpning av flere lukkede kanaler, etablering av dammer, terskler, bredere bekker og flomarealer som kan dempe flomtoppene.

Drenering

Drenering er kostbart, men positivt for både avlinger, driftsforhold, økonomi, klimagassutslipp og miljø (Hauge mfl. 2020). Forsøk har vist at grøfting kan gi 15 % avlingsøkning, og med økende nedbørmengder kan det forventes større gevinst av grøfting. I Trondheim er om lag 30 % av den dyrka jorda naturlig drenert, resten er avhengig av dreneringstiltak. Det er ikke noen samlet oversikt over grøftestatus for jordbruksarealene i kommunen, men hvis situasjonen ikke avviker mye fra «landsgjennomsnittet», er det et betydelig etterslep i behov for både nygrøfting og fornyelse av gamle grøftesystemer.

Ved fornyelse eller nyanlegg av grøfter må det dimensjoneres for forventede økninger i nedbørmengder. Dette tilsier mindre grøfteavstand, gjerne ved at det grøftes mellom eksisterende grøfter. Så er det angitt at det ikke er nødvendig å øke dimensjon på vanlige sugegrøfter, men en kan øke dimensjoneringsgrunnlaget med 20 % på samlegrøfter. Det er mer aktuelt å legge en grøft mellom to (reduert grøfteavstand) enn å øke dimensjoneringen. Det er vannstrømningen gjennom jordprofilen som begrenser avrenningen og sjelden dimensjoneringen på sugegrøftene (Hauge & Deelstra 2015). Drenering må sees i sammenheng med kontroll med overflatevann også. Dersom overflatevann ledes ned i drens-systemet kan det være behov for økt dimensjoneringsgrunnlag.

På grunn av etterslep i grøfting, at våte forhold vår og høst er den mest vanlige årsak til avlingsreduksjon, og at det må forventes flere våte sesonger, så vil bedre drenering være det viktigste klimatilpassingstiltaket under de værforhold som ventes å følge av klimaendringene i Trondheim både på kort og lang sikt. Det er tilskuddsordning for drenering og det er kommunen som behandler søknadene. <https://www.fylkesmannen.no/nb/Trondelag/Landbruk-og-reindrift/Miljotiltak-i-jordbruket/Drenering/>

Tiltak mot overflateerosjon

Ved mer nedbør om høsten vil det bli viktigere å hindre overflateerosjon. Bruk av ettervekster, dekkvekster eller fangvekster er aktuelt da det også er et tiltak for å redusere utslipp av klimagasser - et vinn-vinn tiltak. Bruk av ettervekster og fangvekster kan også bli mer aktuelt ved lengre vekstsesong og ved økende overgang fra gras- til korndyrking i Trondheim. Men en lang, varm høst kan bare utnyttes i begrenset omfang fordi planteveksten avtar på grunn av lysforholdene, selv om temperaturen fortsatt kan være høy. Jordarbeiding er en aktuell tilpasning; stubb gjennom høst- og vinterperioden kan redusere erosjonstap med overflateavrenning. Buffersoner og fangdammer kan holde igjen partikler før det når vann. Grasdekte vannveier kan redusere erosjon i forsenkninger.

Tiltak mot jordpakking

Det viktigste tiltaket for å motvirke jordpakking er at jordarbeiding og transport kun skjer når jorda er tilstrekkelig opptørket. I et endret klima vil det bli vanskeligere å gjøre både våronn og innhøsting til riktig tidspunkt, og samtidig rekke å gjennomføre arbeidet uten å skade jordstrukturen. Aktuelle tiltak er bedre planlegging av arbeidet som både kjøretidspunkt og antall kjøringer, bruk av lettere maskiner, eller at deler av lastekapasiteten utnyttes, og unngå kjøring på de fuktigste plassene. Videre vil tekniske faktorer som redusert maskinvekt, lavt lufttrykk og brede dekk være viktige bidrag for å ivareta jordstrukturen, men det aller viktigste er god drenering.

Organisk materiale

Mengden og sammensetningen av det organiske materialet i jorda påvirker lagring av vann og næringsstoffer, samt jordas produksjonsevne og utnyttelsen av plantenæring. Årsaken er blant annet den positive effekten 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 vil 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. Se også omtale av fangvekster og biokull i [kapittel 6.6.2.](#) og [kapittel 6.6.3.](#)

Presisjonsjordbruk

Presisjonsjordbruk er avansert teknologi i kombinasjon med god kunnskap 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. Potensialet for presisjonsjordbruk vil kunne bli vesentlig større i nær framtid, etter hvert som både teknologi og tilhørende metodikk forbedres. Spesielt vil en videreutvikling av metodikken knyttet til presisjonsgjødsling av eng åpne for store gevinster på miljøsidene, siden dette er systemer med mye næringsstoff i omløp og eng er den arealmessig største veksten i landet. (Korsæth mfl., 2019), se også [NIBIO, senter for presisjonsjordbruk](#).

6.3.5 Klimarisiko og kornproduksjon i Trondheim

I overkant av to tredjedeler av jordbruksarealet i Trondheim brukes til korndyrking. Klimaframskrivningene er ikke nedskalert til kommunenivå, og vurderingene av kornproduksjon svarer til kornbygdene i Trøndelag. Omtalen av kornproduksjonen i endret klima, effekter og behov for tilpasninger i de viktigste korndyrkingsområdene i Trøndelag, bygger på et fagnotat i rapporten Klima og landbruk (Seehusen, 2015). For utdypende faglig informasjon vises til dette notatet.

Ved klimaendringene er det forventet størst temperaturøkning om vinteren, og minst om sommeren. Sannsynlig endring av årsmiddeltemperatur er ganske lik for de to hovedområdene for korndyrking; Trøndelag og Østlandet. Beregninger basert på middels utslippsbane (RCP 4,5 og med tidshorison 2060) viser en økning i vintertemperaturen med 2,1°C (begge stedene), sommertemperaturen med 0,9°C på Østlandet og 1,2°C i Trøndelag (Hansen-Bauer mfl. 2015). Mot slutten av århundret kan det forventes en økning i termisk vekstsesong på inntil to måneder. Forholdene mot slutten av århundret

er imidlertid lite relevante for vurdering av risiko og tilpasning i ettårige jordbruksvekster for de nærmeste 10-20 år. I et lengre tidsperspektiv kan det bli mulig å så tidligere, med tidligere modning og innhøsting. En lengre vekstsesong kan utnyttes til dyrking av kornarter og sorter som modner seinere og har høyere avlingspotensial. For tilpasning er det viktig å være klar over at endring skjer gradvis. Foredling, sortsutvikling og utprøving må gjøres med kortere tidshorisonter, og tilsvarende mindre endringer i varmesum og andre forutsetninger enn situasjonen i siste halvdel av århundret.

Temperatur er driveren for den fenologiske utvikling i kornplantene (og andre planter), og styrer hastigheten i plantenes utvikling og faseskifter (for eksempel vegetativ fase, blomstring og modning). Kornplantenes veksthastighet øker, og den fenologiske utviklingen går raskere ved høyere temperaturer. Dette gjør at varigheten av de ulike utviklingsfaser blir kortere, og 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, og høye temperaturer i denne fasen kan resultere i en reduksjon i antall frø per plante og frøstørrelsen, samt økt sterilitet.

Tilpasning til temperaturøkning og lenger temisk vekstsesong dreier seg om å tilpasse til langsiktige endringer (slow onset). Sortsforedlinga i korn vil ha produsert generasjoner av nye kandidatsorter og sorter innen vi er på det stedet/tidspunktet at sommertemperaturen er konsistent så mye høyere at dette vil ha betydning. I disse tiårsperiodene vil foredlinga skje i det klimaet som er når sorten tas i bruk, og det vil dermed skje en gradvis utvikling av nytt sortsmateriale tilpasset ny virkelighet. Kontinuitet i sortsutviklinga er derfor viktig, samtidig som sortsutvikling for klima langt fram i tid og med stor usikkerhet, ikke kan gjøres i dagens klima.

Temperaturendringene er forventet å forlenge høstperioden, og perioden for såing av høstkorn. Dette kan øke mulighetene for dyrking av høstkorn i de klimatiske beste områder i Trøndelag. Økt arealandel med høstkorn som har et høyere avlingspotensial enn vårkorn, av det totale kornarealet, vil kunne øke den totale kornproduksjonen. Dagens klima byr på utfordringer for vinteroverlevelsen av høstkorn, og med et endret klima vil dette fortsatt være situasjonen. Det dyrkes litt høstkorn i Trondheim i dag, men det kan i et endret klima være vel så aktuelt å utnytte en lengre og varmere vekstsesong til å dyrke vårhvete, som det er langt lettere å få god kvalitet på enn høsthvete.

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 herdingsperioder for planter, noe som kan føre til redusert frosttoleranse. 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, noe som reduserer lufttilgangen til plantene og dermed gir økt risiko for at planter kveles. Mer intens nedbør om høsten kan gi større erosjonsrisiko ved høstkorndyrking, særlig om den kommer før plantedekket er etablert.

Korndyrkere i Trondheim opplever også i dag fryse-/tineepisoder og veksling mellom snø, smelting og regn vinterstid. Det er vanskelig å gjøre en entydig vurdering av om slike problemer forsterkes i et endret klima. Plantestress knyttet til langvarig lav temperatur forventes å minske i fremtiden. Økt temperatur reduserer antall dager med sammenhengende snødekke. Kortere varighet av, eller mangel på snødekke vil gjøre høstkorn mer utsatt for temperatursvingninger.

For mye vann kan være like skadelig som tørke for kornplantene. Rotvekst og -utvikling, og dermed plantevekst i sin helhet er avhengig av god luftveksling i rotsonen. Skadeomfanget er bl.a. avhengig av varigheten av vannmetning, temperaturforholdene og plantens utviklingsstadium når vannmetning oppstår. Skader 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 derfor avhengig av nedbørmengder, 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 nedbørmengde og intensitet av interesse, men også hyppigheten og fordelingen innen vekstsesongen. Antallet nedbørsfrie dager på rad har for eksempel stor betydning for mulighetene for feltarbeid (jordarbeiding, såing, gjødselspredning og høsting). Det er stor usikkerhet med hensyn til lengde av perioder med oppholdsvær, men det må påregnes at antall dager med lagelige forhold til både jordarbeiding og innhøsting reduseres i lys av klimaframskrivningene. Samtidig viser erfaring at antall dager som har laglig jord for jordarbeiding og såing på våren varierer mye mellom sesongene. Også i dag er perioder med oppholdsvær og opptørking kortere, og det faller mer regn om høsten enn under tidligere klimanormaler. Framtida må derfor antas å by på kortere perioder for tresking under gunstige forhold. I hvilken grad de positive effektene av en lengre vekstsesong kan realiseres, er derfor sterkt avhengig av hvordan nedbørsforholdene blir.

Vekstskifte, veksling mellom ulike plantearter på et skifte er viktig, men blir ofte undervurdert i forhold til jordforbedrings- og plantevern tiltak i korndyrkinga. Et godt gjennomført vekstskifte har positiv effekt på både avlinger og kvalitet, og dermed økonomi. Dette skyldes hovedsakelig redusert soppsjukdomssmitte, og forbedret næringstilgang og jordstruktur. Andre arter enn korn i et omløp kan være gunstig for å redusere ugras- og skadedyrproblemer. Et godt vekstskifte vil også kunne øke moldinnholdet og stimulere den mikrobiologiske aktiviteten i jorda. I et endret klima vil økt bruk av vekstskifte være et svært aktuelt tilpasningstiltak, både for å utnytte avlingspotensiale, og for å redusere risiko knyttet til økt forekomst av planteskadegjørere.

Valget av vekstene i et vekstskifte bør baseres på langsiktige agronomiske og økonomiske vurderinger. Mulighetene for gode vekstskifter i korndyrkinga i Norge er relativt begrenset og varierer med tilgjengelig veksttid, jordart og med avsetningsmuligheter. 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. Dette er vekster som ikke dyrkes i Trondheim, men som kan bli mer aktuelle i framtida. 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. For de som selv ikke ønsker å drive så allsidig, kan jordbytte være en gunstig ordning for begge parter, men kan også by på problemer hvis bruk av tunge høstmaskiner under våte forhold fører til økt skade på jordstruktur og mer jordpakking.

Tilpasset gjødsling er viktig for avling, produktkvalitet, økonomi og miljø. Lengre vekstsesong, endring i nedbørsforhold og dyrking av nye arter/sorter vil skape behov for videreutvikling av gjødslingsstrategier. Det kan dreie seg om nye gjødseltyper, justering av gjødslingstidspunkt, annen fordeling av gjødselmengder, justering av normer/anbefalinger og optimalisering av gjødselplassering for å øke næringsstoffutnyttelsen. Presisjonsgjødsling for å tilpasse gjødslinga til behovet, også innenfor skifter, er også noe som bør prioriteres. For mer informasjon, se Klima og landbruk 2016, vedleggsnotat om «Gjødsling i jordbruket».

Plantevern i korn blir viktigere under endrede temperatur og fuktighetsforhold, se generell omtale av skadegjørere foran. Høyere CO₂-konsentrasjon kan påvirke både plantesykdommer og ugras. I tillegg påvirkes virkningsgraden av plantevernmidler av miljørelaterte faktorer som temperatur, nedbør og vind, og det kan være både positive og negative utslag på effektiviteten. En lengre vekstsesong og større angrep av skadegjørere kan medføre behov for bruk av mer plantevernmidler.

Klimaendringene krever derfor optimalisering av plantevernstrategiene, både valg av plantevernmidler, bruksmåte og brukstidspunktet. Det er innført krav om bruk av integrert plantevern

(IPM) for å redusere de negative miljøkonsekvensene, fare for resistensdannelse og kostnadene av økt bruk av plantevernmidler. Endret klima vil kunne gjøre det både viktigere og vanskeligere å redusere jordarbeiding og innsats av plantevernmidler for å ta hensyn til miljø- og erosjonsfare. Hensiktsmessig vekstskifte og robuste, konkurransedyktige og resistente kulturplanter vil i så fall få økt betydning framover. Utfordringer på plantvernssiden bør møtes med større satsing på utvikling og implementering av alternativer til kjemisk bekjempelse som kjemisk-økologiske metoder (f. eks. massefangst med luktfeller), biologisk bekjempelse (naturlige fiender, biopesticider), termiske og mekaniske metoder. Samtidig må en utnytte kjemiske metoder og veksle på midler for å hindre resistens.

6.3.6 Klimarisiko og grovfôrproduksjon i Trondheim

Om lag en tredjedel av jordbruksarealet i Trondheim brukes til eng og innmarksbeite. Omtalen av grovfôrproduksjon og klima i dette avsnittet bygger i stor grad på vedleggsnotat til rapporten Landbruk og klima (Höglind mfl., 2015). Effektene av klimaendring på grovfôrproduksjonen og behovene for tilpasningstiltak er mindre følsomme enn for kornproduksjonen, men også avhengige av innretningen og intensiteten i den framtidige produksjonen. Omfanget av framtidig grovfôrproduksjon kan antas å være vesentlig mer påvirket av andre faktorer enn klimaendringer. Dette gjelder effekter av etterspørselsendringer, f.eks. klimatiltak som endrer etterspørsel på mjølk og kjøtt, pris og tilgang på importert kraftfôr, og grad av politisk styring og andre virkemidler.

Framtidig klima kan gi økt årlig totalavling for grovfôrvekster i Norge. Det meste av avlingsøkningen grunnet varmere klima skyldes tidligere vekststart om våren. Selv om det er høyere temperatur utover høsten, begrenses veksten sterkt av raskt avtakende innstråling/lys. Derimot er dagens sommertemperaturer allerede så høye at en temperaturøkning i denne årstiden vil påvirke tilveksten marginalt, eventuelt negativt i perioder med markvannsunderskudd. For å dra nytte av temperaturøkningen må enga derfor høstes flere ganger enn med 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 mfl., 2013; Persson & Höglind, 2014) forutsatt at det ikke er for vått. Dette antas også å gjelde i Trondheim.

En høyere vintertemperatur vil kunne gjøre det mulig å utvide dyrkingsområdet for arter og sorter med høyt avlingspotensial, men disse vil normalt ha lavere toleranse for ugunstige vinterforhold enn de arter og sorter som er mest brukt i dag. Dyrking av flerårig raigras i Norge er i dag begrenset til i hovedsak Sør-Vestlandet og områder rundt Oslofjorden, men brukes også noe i Trøndelag i beiter og blandinger med andre arter. Kulde, perioder med langvarig snødekke og risiko for isdekke og soppinfeksjoner er begrensende for dyrkingen av denne, og enkelte andre høyproduktive grovfôrvekster i dagens klima. Det er knapt noen arter som er bedre enn timotei når man tar hensyn til både avling og skaderisiko.

Temperaturøkningen vil også kunne påvirke engas botaniske sammensetning.

Temperaturøkningen kan stimulere belgvekster mer enn gras, men andre faktorer enn temperatur er av større betydning. Økt andel belgvekster er ofte positivt for proteininnholdet i fôret. Behovet for nitrogengjødsling til eng vil dermed kunne minke, selv om det trengs mer studier for å kvantifisere hvor stort potensialet er.

Vinterherdighet er en forutsetning for gode avlinger av flerårige engvekster over flere sesonger. Varmere høst og milde vintre kan endre herdings- og overvintringsforhold for plantene, og ha negativ virkning på vinteroverlevelsen. Vekstavslutning og innvintring av fôrgras- og andre flerårige vekster styres til stor del av samspill mellom temperatur og daglengde. Forsøk med flerårige grovfôrvekster viser at økt temperatur tidlig om høsten, rett før herdingen begynner, vil gi dårligere herding og mindre frosttoleranse.

Man kan derfor anta at effektene av endringer i temperaturen på herdingsprosessen blir størst på nordlige breddegrader der daglengden om høsten og vinteren er kort, spesielt i år med høy temperatur om høsten. Kombinasjonen av varm vinter uten tilgjengelig lys kan også gi nye typer stress som ikke forekommer under dagens kaldere vintre. Uten lys vil plantene ikke kunne bruke fotosyntese for å kompensere for tap av reservenæring, grunnet plantenes ånding som fortsetter gjennom vinteren med redusert hastighet.

Kortere perioder med snødekke om vinteren vil føre til at overvintrende engplanter i perioder vil utsettes for lavere temperatur enn hva de gjør under dagens klima. Mer hyppige vekslinger mellom vintertemperaturer over og under null kan øke risikoen for kuldestress.

Mer nedbør om våren vil kunne øke risikoen for vanskelige forhold for å så ny eng, men samtidig er eng fleksibel for såtidspunkt. Vanskeligere forhold for såing av eng kan likevel redusere mulighetene for å dyrke arter og sorter med høyt avlingspotensial. Ettersom disse artene ofte har lav toleranse for vinterstress, trenger de i snitt hyppigere reetablering og er dermed mer avhengige av gode såforhold enn andre arter og sorter. Reetablering under våte jordbunnsforhold kan øke risikoen for pakkingskader som reduserer avlingspotensialet. Tradisjonelle metoder for spredning av husdyrgjødsel bidrar til jordpakking, men endrede spredemetoder og bruk av husdyrgjødsel i biogassproduksjon som utslippsreducerende klimatiltak, vil redusere risiko for pakkingskader.

Mer nedbør om høsten kan øke risikoen for tråkkskader ved beiting. Det vil også kunne bli vanskeligere å høste og konservere gras fra enga. Klimaframskrivninger viser kortere perioder med sammenhengende oppholdsvær («høstevindu») om høsten enn om sommeren. Mer 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 fôret, som kan gå ut over i mjølke kvaliteten. Dårlig grovfôr kan slå svært negativt ut på økonomien i husdyrproduksjonen.

Langvarig oversvømmelse som følge av intens nedbør kan gi direkte skader på plantene ved at jorda blir oksygenfattig, spesielt ved dårlig drenering. Disse skadene er større i vekstsesongen enn om vinteren, grunnet større ånding ved høy temperatur. Oversvømmelse i vinterperioden kan føre til at plantene blir utsatt for isdekke, noe som også kan føre til oksygenstress og CO₂ m.fl. gasser kan akkumuleres til nivåer som dreper plantene.

Planteskadegjørere i grovfôrproduksjonen vil i et varmere og våtere klima kunne føre til økte angrep av bladflekk-, 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 vintersopp sykdommer minker når lengden på snødekket minker.

Agronomiske tilpasninger kan omfatte økt presisjon i arbeidet med kjøring ved såing, høsting og jordarbeiding, avhengig av vannmengde i jorda. For å kunne gjøre slike tilpasninger, kreves det tilstrekkelig maskinkapasitet. Bruk av lette maskiner (eller maskiner som på annen måte resulterer i mindre pakkingskader) kan bli viktigere i våtere klima. 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 næringsbehov vil øke. Tiltak for å effektivisere nitrogenutnyttelsen er spesielt viktig for å redusere lystgassutslippene.

Tiltak kan være bruk av N-sensorer i engvekster for å måle nitrogenstatus, mer presise metoder for å måle næringsinnhold i husdyrgjødsel, og en integrering av slike tiltak ved spredning av husdyrgjødsel. Økt dyrking av nitrogenfikserende arter (belgvekster) vil kunne redusere behovet for mineralgjødsel, energibruk og utslipp relatert til mineralgjødsel.

Responen på temperatur, fotoperiode og andre miljøvariabler varierer mellom arter og sorter. Økt dyrking av sortsblandinger med ulike egenskaper, istedenfor arter og sorter i reinbestand (for å ta i bruk artenes og sortenes evne til å kompensere for hverandres svakheter), kan redusere risiko i et mer variabelt klima. Spesifikt vil en økt dyrking av arter med god rotutvikling og tørketoleranse (f.eks.

strandsvingel og strandsvingelbasert raisvingel) kunne redusere risikoen for tørkestress om sommeren sammenliknet med tørkesvakere arter (timotei, flerårig raigras og kvitkløver), men slike arter har også dårligere fôr kvalitet. Tilsvarende vil økt bruk av arter som tåler stående vann og tråkk fra beitedyr kunne redusere risikoen for skader på plantedeckket 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 gi høyere risiko enn dyrking av lavtytende arter med bedre vintertoleranse. Fordeler og ulemper med ulike frøblandinger bør vurderes ut fra risiko.

Planteforedling er tid- og kostnadskrevende. Lokalt tilpassa sorter med høyt avlingspotensiale og god fôr kvalitet og sykdomsresistens, er avgjørende for å produsere mest mulig på lokale fôrressurser. Det er et nasjonalt ansvar å sikre et foredlingsomfang som tar hensyn til regionale forskjeller og gradvise endringer i norsk klima.

6.3.7 Klimarisiko og grønnsaks- og potetproduksjon i Trondheim

De mest aktuelle dyrkingsområdene for frukt, bær, grønnsaker og poteter er Østlandet, Sør-Vestlandet og Trøndelag. Trondheim har ikke kommersiell fruktdyrking, og svært lite grønnsaker og poteter. Det er i 2019 ca 175 dekar jordbær, ellers ingen kommersiell bær dyrking. Disse produksjonene har lite omfang og vi begrenser omtalen av klimarisiko og tilpasningstiltak til noen mer generelle sammenhenger. Endret klima og andre endringer i norsk jordbruk kan på lengre sikt øke interessen for disse produksjonene i Trondheim. Generelt vil endring fra korn til bær- og grøntproduksjoner øke verdiskapingen per dekar, men slike produksjoner er også mer utsatt i et endret klima. Den teknologiske utviklingen innen frukt, bær og grønnsaker går imidlertid i retning av å skje under tak, plast og i delvis regulert klima. Omtalen av klimaeffekter på produksjon av grønnsaker, poteter, frukt og bær bygger i stor grad på vedleggsnotat til rapporten Landbruk og klima (Molteberg & Vågen 2015) og (Meland & Vangdal 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 med tidlige sorter og lavere avling. Begrensende faktorer for de fleste frukt-, bær- og grøntproduksjoner er varmesum, min/maks temperaturer og nedbørsforhold. Investeringsbehov, behov for store arealer for nødvendig vekstskifte og behov for storskaladrift for å forsvare investeringer i maskiner mv., er hensyn som må tas med i vurdering av potensialet for vekst i disse produksjonene, men forutsetninger kan endres slik at dagens begrensninger ikke er like avgjørende om noen år.

Endret nedbørsfordeling krever sorter med mer robust og kraftig rotsystem og rotvekst for å utnytte vekstpotensialet bedre og være sterkere mot både tørke og vannmettet jord. Nye sorter bør gi rask etablering av plantedeckle og være tilpasset en endret sopp- og skadedyrsituasjon. 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.

Sortsforedling er langsiktig og tidskrevende, og foredlingen må være innrettet mot de forhold som følger av de gradvise klimaendringene og endret sykdomspress. Nye tilpassede sorter skal blant annet kunne utnytte potensialet av en lengre vekstsesong og økt CO₂-konsentrasjon.

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.

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 ettvinteren 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 laglige forhold i løpet av vinteren. Det vil være behov for utvikling av gode dyrkiningsmetoder, sortsutprøving og tilpasning før slike produksjoner kan anbefales i Trøndelag, eller andre regioner i Norge.

6.3.8 Klimarisiko og husdyrproduksjon i Trondheim

Husdyrholdet i Trondheim er redusert over de siste årene, se figur 6.1 foran. I referansebanen forutsettes det en fortsatt reduksjon i både antall besetninger og antall dyr. Klimarisiko er mest direkte relevant for beitedyr, storfe og sau. I svin- og fjørfehus er inneklimate kontrollert og direkte påvirkning på dyrene er liten. Også for disse dyreslagene må man i lys av klimaendringer ha økt oppmerksomhet om trusler mot fôrmidlenes kvalitet. Risiko for vektoroverførte sykdommer tilsier også økt fokus på streng praktisering av hygieneregler for disse produksjonene. Teksten nedenfor er basert på notat utarbeidet av Jorun Jarp, Veterinærinstituttet, til Landbruk og klima- utredning fra arbeidsgruppe i 2016.

De fremtidige konsekvensene på dyrehelse og dyrevelferd vil være resultater av et komplisert samspill mellom klimatiske faktorer, beite- og husdyrbruk, og tilstedeværelse eller introduksjon av vektorer og smittestoffer. Metoder for høsting, konservering og lagring av fôr og mat kan ha en direkte betydning for fôr kvalitet, matkvalitet, mattrygghet og i sin ytterste konsekvens også matsikkerheten. Dette er et komplekst bilde, og vi avgrensner omtalen til noen hovedtrekk som kan illustrere hvordan endret klima direkte eller indirekte kan påvirke dyrehelsen.

En av de mest sannsynlige konsekvensene av et varmere og våtere klima er økning av vektorbårne sykdommer, det vil si infeksjoner med mikroorganismer og parasitter som overføres ved hjelp av insekter som mygg, knott eller flått. Vi har ikke faglig grunnlag for å konkretisere hvor relevante disse forholdene er spesifikt for jordbruket i Trondheim, men viser til at det er flere forhold som påvirker en slik potensiell risiko, og disse forholdene påvirker også hverandre gjensidig:

1. Høyere temperatur, økt nedbør og flere egnede biotoper gir øket forekomst av vektorer og insekter. Dette er resultat av at kortere utviklingstid, og raskere replikasjonstakt gir et høyere antall insekter. Endret klima fører også til større utbredelse og lengre aktiv sesong for slike organismer. Det ventes en generell økning i antall insekter, og disse vil kunne fungere som passive/mekaniske vektorer og overføre mikroorganismer. Sommermastitt er en av sykdommene som forventes å øke. Dette på grunn av øket utedrift og større fluepopulasjon. Økt fluepopulasjon og varmere somre øker helt konkret sjansen for myiasis (fluelarveangrep) hos sau. Denne tilstanden har klare dyrevelferdsmessig konsekvenser.
2. Høyere temperatur, flere vektorer og en økt tilgang på verter gir øktet forekomst av mikroorganismer generelt og økt forekomst av infektive mikroorganismer i vektorene. Dette vil gjelde for alle vektorbårne sykdommer.
3. Klimaendringene vil gi øket risiko for overføring av mikroorganismer til vektor og vertedyr (beitebruk/ferdsel, tetthet av vektorer og verter).
4. Introduksjon av nye vektorer eller andre smittebærere. Klimaendringer i kombinasjon med økt globalisering kan føre til etablering av nye arter av både vektorer og mikroorganismer. Vi har de senere år sett utbrudd av det som har vært oppfattet som eksotiske sykdommer som blåtunge og Schmollenberg.

En sannsynlig konsekvens av klimaendringer er økning i arter og mengde av parasitter som kan forårsake sykdom hos både mennesker og dyr (bl. a. zoonoser). Vinteren er en begrensende faktor for overlevelse av en rekke parasitter, og temperaturen om sommeren avgjør i stor grad formeringsevnen til mange arter.

Et eksempel er saueparasitten *Nematodirus battus*, innført til Norge fra Storbritannia på 50-tallet, som har tilpasset seg klimaet i Norge og påfører norsk sauene store tap som forventes å øke ved økende temperaturer.

I tillegg til økt forekomst av de parasittene som allerede gir store tap i husdyrproduksjonen i Norge i dag, vil mer sykdomsfremkallende arter hos storfe og småfe relativt sett øke i betydning. Som følge av større behov for antiparasittærbehandling vil problemene med øket resistens mot disse midlene forsterkes. Også forekomsten av utvendige parasitter som lus og midd vil forventes å øke. Dette gjelder og hos villlevende arter, hvor vi allerede ser en økende forekomst av parasitter som hjortelusflue på elg og hjort, og mer ektoparasitter hos rein.

En økning av forekomsten av parasitter hos dyr vil gi en økning i risikoen for overføring av zoonotiske parasitter til mennesker. Det er erfaring for at et nedbørsregime med store nedbørsmengder på kort tid gir utfordringer i forhold til kapasitet på renseanlegg både for vann og kloakk. Utskylling av smittestoffer til drikkevann kan øke i et endret nedbørsregime. Det finnes eksempler fra Norge (giardiautbruddet i Bergen høsten 2004,) og Sverige (cryptosporidiumutbruddet i Østersund i 2010) på at drikkevannsforsyningen er sårbar. Drikkevannet brukes også til dyr, og smitte vil kunne overføres til dyrepopulasjon og igjen videre til mennesker.

Generelt gir høyere temperatur økt forekomst av patogene bakterier som salmonella, shigella, STEC og campylobacter. Økt beitebruk og utedrift vil øke risikoen for avrenning av bakterier og parasitter til drikkevann (det er ikke undersøkt om dette er en konkret trussel i Trondheim). Samonellose og STEC har en lav forekomst i Norge, med en håndfull tilfeller per år hos produksjonsdyr.

Veterinærinstituttet har sett en tendens til økning i forekomsten av infeksjoner som følge av en økning av jord- og vannbakterier i fôret. Økningen er mest sannsynlig som følge av en kombinasjon av økt utedrift og mer jordinnblanding i rundballene.

Økning i forekomsten av soppgifter i fôr og mat er en trussel som også øker med varmere og mer fuktig klima, og som kan utgjøre risiko for både dyre- og folkehelse.

6.3.9 Overgangsrisiko i jordbruket

Klimarelatert overgangsrisiko skyldes usikkerhet om konsekvensene av klimapolitikken, virkemidler, tiltak og teknologisk utvikling. Det vil være usikkerhet om kostnader og effekter av tilpasningstiltak, om endring i rammebetingelser, økonomi, samfunns- og markedsutvikling.

Risiko knyttet til tekniske og driftsmessige tiltak for å redusere utslipp på gårdsnivå, kan begrenses. Dette sikres ved god tilgang på faglig rådgivning, f. eks. fra Norsk landbruksrådgivning og Klimasmart landbruk, at man velger utprøvde tekniske løsninger, og at det er tilgang på økonomiske støtteordninger som gir risikoavlastning.

På kort sikt synes den største overgangsrisikoen for jordbruket å være knyttet til markedssvikt som konsekvens av endret etterspørsel i husdyrsektoren, primært kjøtt og mjølk. Dette kan skyldes både klimatak, generell markedsutvikling og samspilleffekter. Usikkerhet om framtidig markedsutvikling og inntektsgrunnlag kan føre til reduserte investeringer i driftsapparat og jord, noe som på sikt vil svekke jordbruksmiljøet i kommunen. En effekt av dette vil være fortsatt reduksjon av grovfôretende husdyr og økt overgang til kornproduksjon, eventuelt også potet, bær- og grønnsakproduksjon.

Erfaringer fra Trondheim de siste 10 årene dokumenterer at korn- og bærproduksjonen er mer utsatt for avlingsskade enn grovfôrproduksjonen. Både korn, potet, bær og grønnsaker er mer utsatt enn gras både ved ekstremværhendelser, men også under våte forhold vår og høst. Økt overgang til mer utsatte driftsformer vil derfor øke den totale risikoen i jordbruket i Trondheim. Risikoen vil i forsterkes med de klimaendringene som kan forventes. Høy risiko i alternative produksjoner kan føre til at areal som går ut av grovfôrproduksjon ikke utnyttes til krevende planteproduksjoner eller går ut av drift.

6.4 Klimagassutslipp fra jordbruket i Trondheim

Beregninger av klimagassutslipp er blitt gjort med NIBIOs klimagasskalkulator (Grønlund 2015). Kalkulatoren bruker samme beregningsprinsipp som i det nasjonale klimagassregnskapet, men det er noen forskjeller i organiseringen av utslippet i forhold til hvilke sektorer utslippene bokføres og det er også noe forskjeller i aktivitetsdata som inngår. Kalkulatoren er designet for å kunne beregne effekt av tiltak og gjøre ulike tilpasninger i forhold til en referansebane. Utslipp fra hest, geiter, hjortedyr og pelsdyr inngår ikke, da disse husdyrproduksjonene ikke er særlig aktuelle å ta med i beregninger som angår endringer i salgsproduksjoner og arealbruk. NIBIOs kalkulator inkluderer også utslipp av CO₂ og N₂O (lystgass) fra dyrking av myr. I det offisielle regnskapet som rapporteres fra Norge under FNs klimakonvensjon er utslippene av CO₂ og CH₄ fra dyrket myr bokført under arealbrukssektoren (LULUCF), mens N₂O er bokført i jordbrukssektoren. I det nasjonale klimagassregnskapet brukes årlige tall blant annet fra produksjonstilskudd i beregningene (det beregnes årlige utslipp for hvert år fra 1990), mens vi har vurdert utviklingstrekk i jordbruket over flere år ved etablering av den lokale referansebanen. Dette gir noe avvik i antall husdyr som inngår i aktivitetsdata, og som det beregnes utslipp på.

I sum vil vi derfor finne noe forskjell mellom utslipp av CO₂-ekvivalenter beregnet i denne rapporten sammenlignet med de kommunevise klimagassregnskapene publisert av Miljødirektoratet.

Beregningene våre på de ulike scenariene viser differenser fra referansebanen, og altså effekt på det offisielle klimagassregnskapet ved å gjøre ulike tilpasninger i landbruket i kommunen. Vi har ikke gjort endringer i dyrking av myr i scenariene, slik at forskjellen i utslipp fra arealer mellom Mdirs og NIBIOs beregninger ikke betyr noe for konklusjonene.

Miljødirektoratet har ifølge veilederen for de kommunevise beregningene en metodikk som fordeler ut nasjonalt utslipp etter ulike fordelingsnøkler per kommune fra de nasjonale beregningene for rapporteringen til FNs klimakonvensjon.

Beregningene etter prinsippene i IPCC er i stor grad kvantitative. Det betyr at det er endringer i antall enheter (antall dyr, antall daa) som i hovedsak gir utslag i utslipp av klimagasser, mens forbedringer i driftsmåter (agronomi) enda ikke blir fanget opp. Et unntak er beregninger av N-utslipp fra husdyrgjødsel som tar med effekter av endringer i hvordan gjødsel blir tatt vare på i husdyrrom, lager, og metode for spredning. I Klimaavtalen landbruket har inngått med Regjeringen blir det etablert regnskap for å fange opp også tiltak som ikke er med i offisiell klimarapportering. Landbruket ønsker med denne avtalen å redusere utslippene og samtidig unngå å redusere mengden produsert mat og fôr. Se nærmere omtale i [kapittel 6.5](#) og [kapittel 9](#).

I beregningene av effekt av scenariene tar vi utgangspunkt i 2017, som er det siste året det var utarbeidet statistikk for da arbeidet med utredningen begynte i desember 2019. Det blir kalkulert med utslipp av gassene metan, lystgass og karbondioksid. I 2017 ble det sluppet ut 250 tonn metan, 18 tonn lystgass og 6980 tonn karbondioksid. Omregnet til CO₂ ekvivalenter utgjør det 18 650 tonn. Per daa jordbruksareal utgjør det 0,3 tonn, og til sammenligning er utslippet for hele landet 0,61 tonn, alt basert på NIBIO-kalkulatoren. Utslippet i Trondheim er vesentlig mindre enn landsgjennomsnittet på grunn av lite omfang av grovfôrbasert husdyrhold.

6.4.1 Potensiale for utslippsreduksjoner

Drøvtyggerproduksjonene har størst utslipp av klimagasser av alle jordbruksproduksjonene, beregnet for alle faktorer: MJ energi, kg protein, kg produkt eller medgått areal til produksjonen. Samfunnsoppdraget for jordbruket er blant annet å produsere mat til egen befolkning og ivareta produksjonspotensialet som en beredskapsfaktor. Den enkleste måten å redusere utslipp i et avgrenset område er å fjerne de produksjonene som gir størst utslipp, men da henger ikke målene sammen ettersom produksjonen av grasbasert husdyrhold og tilhørende klimagassutslipp ville flyttes til et

annet sted. Skal et geografisk område faktisk bidra til reduserte utslipp fra matproduksjon med bare tilpasning av volum og produksjonsfordeling, må det også følges opp med endringer i forbrukenes matvaner slik at utslippene ikke eksporteres. Ett av scenariene det er regnet utslipp for, er så ekstremt som å kutte ut all husdyrproduksjon (scenario 5), og det er et godt eksempel på eksport av utslipp.

6.4.2 Referansebane og valg av scenarier

For å illustrere mulig effekt på klimagassutslipp av å endre jordbruksproduksjonene i Trondheim kommune, er det gjort beregninger for 5 ulike framtidbilder, scenarier. Ettersom kalkulatoren ikke er designet for å gjøre beregninger på enkeltbruksnivå, er det i samarbeid med kommunen satt opp en referansebane og valgt ut scenarier. Referansebanen er en sannsynlig utvikling av jordbruket framover i tid, basert på utvikling observert fram til nå, og dersom det ikke settes inn nye tiltak fra myndighetene som vil påvirke produksjonen. Eksisterende tiltak er forutsatt å fortsette som nå. Referansebanen nasjonalt er tett knytta opp mot SSBs prognoser for befolkningsutvikling og Helsedirektoratets statistikk over konsum av matvarer. En lokal referansebane som denne for Trondheim har ikke kopling mot befolkningsutvikling, da det ikke er noen sterk sammenheng mellom lokal produksjon og lokalt matforbruk. Produksjonsomfang målt som såkalte aktivitetsdata kan leses ut fra Tabell 6.14.

Klimagassutslipp er beregnet på summen av endringer for jordbruket i kommunen i forhold til referansebanen. Det er forutsatt at endringene er halvt gjennomført i 2025, og fullt gjennomført i 2030. Effekten av endringer som simulert i scenariene måles som avvik fra utvikling i referansebanen.

Valgte scenarier

I samråd med kommunen er det valgt å beskrive 5 tenkte scenarier. Disse vil gi et bilde av potensialet for å redusere klimagassbelastningen fra jordbruket i kommunen, beregnet etter samme metode som det offisielle klimagassregnskapet som rapporteres til FN. Dette er en grov, men standardisert metode som i liten grad fanger opp effekter av forbedringer i eksisterende produksjoner. I andre deler av kapittel 6 er det beskrevet tiltak den enkelte gårdbruker kan gjøre for å redusere sine utslipp med såkalte kvalitative grep.

Scenario 1. Dagens utvikling i omfang av husdyr- og kornproduksjon fortsetter, dvs. mer korn og mindre husdyr. Bynære jordbruksarealer blir fortsatt bygd ned. Jordbruksarealet går ned med ca 700 daa fra 2020.

Scenario 2. Dagens trend i husdyrhold opprettholdes (følger utviklingen i referansebanen) og en del av kornarealet går over til bær- og grønnsaksproduksjon. Nedbygging av dyrka jord stoppes. Potet, bær og grønnsaksproduksjon økes med 25% i 2025 og 50% i 2030.

Scenario 3. Mer ekstensiv mjølkeproduksjon. Avdrått og kraftfôrmengde per kg energikorrigeret mjølk (EKM) settes som i 1995. Beiteandel generelt økes med 100 %, og andel av utmark for ammeku settes til 50%. Sau får uendret utmarksandel. Det gir andel utmarksbeite for sau på 70 % og for ammeku 25 %. Dette skal simulere økning i småskalaproduksjon, med mer ekstensiv mjølk- og kjøttproduksjon, og mer bruk av utmark og gamle beiter.

Vi regner på to varianter av dette scenariet. 3a – med samme arealutvikling som i referansebanen, og alternativ 3b med ingen endring i areal fra 2020.

Scenario 4.

All jord som er egnet til korn, grønnsaker, potet og bær brukes til disse produksjonene. Økt produksjon av gris og fjørfe på lokalprodusert korn. Ekstensivt areal/grovforareal plantes igjen med skog - eventuelt ekstensivt areal/ grovforareal brukes i mjølkeproduksjon.

For å få en indikasjon på hvor store areal som er egnet til korn, grønnsaker, potet og bær har vi brukt dyrkingsklasseinndelingen som er avledet fra jordsmonnkart og som dekker 95 prosent av

jordbruksarealet. Vi forutsetter at arealfordelingen av dyrkingsklasser er den samme for areal i drift som for kartlagt areal, Tabell 6.10.

Tabell 6.10 Jordbruksareal, dyrket jord i Trondheim vist som dyrkingsklasser

	Kartlagt		Areal i drift, dekar		
	Dekar	Andel	2020	2025	2030
1 - Svært godt egnet	220,3	0,3 %	211	201	191
2 - Godt egnet	40 425,9	62,9 %	38 721	36 912	35 103
3 - Egnet	17 257,0	26,9 %	16 529	15 757	14 985
4 - Dårlig egnet	4 682,8	7,3 %	4 485	4 276	4 066
5 - Uegnet	1 681,7	2,6 %	1 611	1 536	1 460
Sum	64 267,8	100 %	61 557	58 682	55 806

Vi forutsetter at dyrkingklassene 1-3 er egnet til korn, grønnsaker, potet og bær, mens klasse 4 brukes til framtidig mjølkeproduksjon og klasse 5 plantes til med skog. Arealbruken i 2020 følger referansebanen. Tiltaket forutsettes å være fullt implementert i 2030. Arealbruken av korn, grønnsaker, potet og bær samt grovfôr i 2025 er gjennomsnittet av arealene i 2020 og 2030. Areal som foreslås plantes til med skog er differansen mellom totalt jordbruksareal i referansebanen og summen av areal til korn, grønnsaker, potet, bær og grovfôr (Tabell 6.11).

Tabell 6.11 Nåværende og fremtidig arealbruk.

	2020	2025	2030
Korn	42 809	46 426	50 043
Andre matvekster	202	219	236
Høstet grovfôrareal	15 746	9 646	3 546
Innmarksbeite	2 710	1 615	520
Annet jordbruksareal/plantes til med skog	90	776	1 460
Sum jordbruksareal	61 557	58 682	55 806

Ut fra en standard fôrplan for mjølkeproduksjon og antatt gjennomsnittsavling for høstet grovfôr og innmarksbeite i Trondheim er behovet for grovfôrareal beregnet til 14,6 dekar pr årsku, fordelt på 11 dekar høstet grovfôr og 3,6 dekar innmarksbeite. Et grovfôrareal på 4066 dekar i 2030 vil gi fôr til 292 mjølkekyr. Arealbehovet vil være 3546 dekar høstet grovfôr og 520 dekar innmarksbeite.

Antall mjølkekyr forutsettes å trappes gradvis ned fra 573 i 2020 (som er antallet i referansebanen) til 292 i 2030. Antallet i 2025 kan da beregnes til 432 som gjennomsnittet av antallet i 2020 og 2030. Disse vil ha behov for 5255 dekar høstet grovfôr og 711 dekar innmarksbeite. Andre drøvtyggere enn mjølkekyr med påsett av kviger forutsettes å være faset ut i 2030. Antall i 2025 kan beregnes på grunnlag av disponibelt areal av høstet grovfôr og innmarksbeite som vist i Tabell 6.12. Dette arealet er beregnet på grunnlag av totalt tilgjengelig areal i 2025 som vist i Tabell 6.11, og beregnet arealbehov til mjølkekyr.

Tabell 6.12 Behov for høstet grovfôrareal og innmarksbeite

	2 020	2 025	2030
Tilgjengelig areal høstet grovfôr	15 746	9 646	3 546
Tilgjengelig areal innmarksbeite	2 710	1 615	520
Arealbehov høstet grovfôr til mjølkekyr	6 963	5 255	3 546
Arealbehov innmarksbeite til mjølkekyr	1 021	771	520
Disponibelt areal innmarksbeiter til sau og annet storfe	8 782	4 391	0
Disponibelt areal høstet grovfôr til sau og annet storfe	1 689	845	0

Disponibelt areal (Tabell 6.12) til sau og annet storfe i 2025 på 4391 dekar høstet grovfôr og 845 dekar innmarksbeite vil med antatt avlingsnivå gi en produksjon på 1 510 943 FEm fra høstet grovfôr og 184 105 FEm fra beite, til sammen 1 695 047 FEm. Denne førmengden er bestemmende for antall sau og annet storfe. FEm er enheter energi i fôret og tilsvarer om lag samme energimengde for dyret som i en kg bygg.

Økt produksjon som følge av økt kornareal er vist i Tabell 6.13. Det forutsettes at denne produksjonen brukes til å øke kjøttproduksjonen i kommunen. Hvis kjøttproduksjonen skal skje på lokalt produsert fôr, kan det være mest realistisk at den skjer ved svin.

Tabell 6.13 Økt kornproduksjon

	2020	2025	2030
Kornareal scenario	42 809	46 426	50 043
Kornareal referansebane	42 809	42 600	40 715
Økt kornareal i forhold til referansebane	0	3 826	9 328
Økt kornproduksjon (tonn) i forhold til referansebane	0	1 389	3 386

Scenario 5. All husdyrproduksjon avvikles.

Arealutvikling totalt for fulldyrka areal forutsettes å være som i referansebanen.

Referansebanen for Trondheim er vurdert ut fra trenden i utviklingen for jordbruk og volum i husdyrproduksjon og planteproduksjon. Det er en etablert nasjonal trend som brukes som referansegrunnlag ved nasjonale beregninger. Denne tar hensyn til sannsynlig befolkningsutvikling, matforbruk og import og eksport av landbruksvarer. Denne koplingen finnes ikke lokalt og vi ser derfor bort fra matmarkedet når lokal referansebane bestemmes.

6.4.3 Beregnet potensiale for reduksjon av klimagasser

I tabellene (Tabell 6.14 – Tabell 6.16) er det gjengitt aktivitetsdata og beregna utslipp som CO₂ ekvivalenter for referansebanen og scenariene. Utslippene er også presentert som differanser i forhold til referansebanen.

I referansebanen er det beregnet utslipp av CO₂ ekvivalenter: 17 862 tonn i 2020, 16 227 tonn i 2025 og 15 280 tonn i 2030.

Resultatene i **scenario 1** er ikke gjengitt i tabellene av plasshensyn. Klimagassutslippene er nær opp til referansebanen, ettersom husdyrproduksjonen skal være lik som i referansebanen.

I **scenario 2** er også husdyrproduksjonen som i referansebanen, men nedbygging av dyrka jord stoppes og det forutsettes en økning i bær- og grønnsaksproduksjonen.

Utslippene øker med 200 tonn i 2025 og avtar deretter med 540 tonn i 2030.

Scenario 3 har to varianter: a og b. Den store endringen i forhold til referansebanen er å redusere intensiteten i mjølkeproduksjonen tilbake til nivået fra 1995. Dette uttrykkes som at avdråtsnivå og kraftfôrmengder reduseres til det nivået. I variant 3a er arealutviklingen som i referansebanen og i variant 3b er arealet uforandret og på samme nivå som i 2020.

Bruk av beite øker og det forutsettes at mer av beiting skjer i utmark og at gamle beiter igjen tas i bruk.

Klimagassutslippene reduseres noe, men ikke dramatisk, se Tabell 6.16.

I **scenario 4** er det en betydelig omlegging, se detaljer i omtalen i pkt. 6.5.1. Arealer i dyrkingsklasse 1 til 3, de beste arealene, forbeholdes korn, grønnsaker, poteter og bær. Areal i dyrkingsklasse 4 brukes til mjølkeproduksjon, og areal i klasse 5 plantes til med skog. Kornarealet blir ca 10.000 daa større enn i referansebanen. Klimagassutslippet går ned 845 tonn i 2025 og 3194 tonn i 2030.

I **scenario 5** avvikles all husdyrproduksjon i 2030. Arealutviklingen blir som i referansebanen. Dette er det eneste scenariet som gir betydelig utslag i forhold til referansebanen. Klimagassutslippet reduseres med vel 3000 tonn i 2025 og ca 6 600 tonn i 2030.

Tabell 6.14 Referansebane og scenarier – aktivitetsdata

Antall husdyr	Referansebane				Scenario 2, mer korn mindre husdyr. Jordbr.areal minus 5 700 daa		Scenario 3a. Jordbr.ar som i refbane. Areal- nedbygging stoppes. Mer grøntproduksjon.		Scenario 3b. Jordbr.ar. som 2020		Scenario 4. Mer planteproduksjon på de gode arealene. Mer gris og fjørfe. Ekstensivt areal plantes til eller produserer grovfør.		Scenario 5. All husdyrproduksjo n fases ut.	
	2017	2020	2025	2030	2025	2030	2025	2030	2025	2030	2025	2030	2025	2030
Mjølkekyr	671	573	465	432	465	432	465	432	465	432	432	292	233	0
Ammekyr	156	178	166	154	166	154	166	154	166	154	52	0	83	0
Andre storfe	776	702	589	547	589	547	589	547	589	547	458	124	295	0
Sau og lam	2 590	2 323	1 938	1 764	1 938	1 764	1 938	1 764	1 938	1 764	604	0	969	0
Avlssvin	46	59	60	60	60	60	60	60	60	60	124	210	30	0
Slaktesvin	1 458	1 610	1 667	1 669	1 667	1 669	1 667	1 669	1 667	1 669	2 338	3 293	833	0
Verpehøner	46 259	48 638	53 064	57 648	53 064	57 648	53 064	57 648	53 064	57 648	53 064	57 649	26 532	0
Slaktekyllinger	78 156	98 879	105 671	111 251	105 671	111 251	105 671	111 251	105 671	111 251	139 821	189 880	52 836	0
Arealbehov jordbruksvekster, dekar														
Korn	42 249	42 809	42 600	40 715	45 424	46 365	43 235	41 669	46 110	47 420	45 681	50 044	49 279	53 082
Andre matvekster	202	202	202	202	253	303	202	202	202	202	219	236	202	202
Høstet grovføreareal	17 283	15 746	13 463	12 617	13 463	12 617	12 179	10 573	12 179	10 573	9 671	3 546	7 766	2 069
Innmarksbeite	2 956	2 710	2 327	2 182	2 327	2 182	2 976	3 273	2 976	3 273	1 651	520	1 345	363
Annet jordbruksareal	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	1 460	1 460	90	90
Sum jordbruksareal	62 779	61 557	58 682	55 806	61 557	61 557	58 682	55 806	61 557	61 557	58 682	55 806	58 682	55 806

Sammenstilling av aktivitetsdata for referansebanen og de ulike scenariene er vist i Tabell 6.14. Referansebanen er valgt som en sannsynlig utvikling basert på trenden i kommunen. Legg merke til at ved klimagassberegningene brukes en standard definisjon av antall husdyr som avviker fra vanlig oppsett i norske

statistikker. Dette kommer av at FNs klimapanel har definert hvordan størrelser (aktivitetsdata) skal oppgis ved beregning med standard utslippskoeffisienter. Kyr telles som årskyr, okser regnes om til årsoks, lam regnes om til hele årslam og for flokkdyr (gris og fjørfe) oppgis dyreplasser. Jordbruksarealet derimot er oppgitt i daa og skal være enkelt å relatere til annen statistikk.

Tabell 6.15 Utslipp av klimagasser i Trondheim, CO₂ ekvivalenter, 1000 tonn

Utslippskilde	Referansebane				Scenario 2, mer korn mindre husdyr. Jordbr.areal minus 5 700 daa		Scenario 3a. Jordbr.ar som i refbane. Arealnedbygging stoppes. Mer grøntproduksjon.		Scenario 3b. Jordbr.ar. som 2020		Scenario 4. Mer planteproduksjon på de gode arealene. Mer gris og fjørfe. Ekstensivt areal plantes til eller produserer grovfør.		Scenario 5. All husdyrproduksjon fases ut.	
	2017	2020	2025	2030	2025	2030	2025	2030	2025	2030	2025	2030	2025	2030
Husdyr – fordøyelse	5,477	4,928	4,168	3,897	4,168	3,897	4,028	3,647	4,028	3,647	3,002	1,580	2,084	0,000
Husdyrgjødsel	2,129	1,998	1,767	1,691	1,767	1,691	1,767	1,691	1,767	1,691	1,566	1,261	0,884	0,000
Mineralgjødsel	2,160	2,095	1,942	1,807	2,032	1,985	1,908	1,755	1,998	1,932	1,860	1,634	1,918	1,776
Restavlinger	0,631	0,623	0,591	0,539	0,658	0,672	0,591	0,539	0,660	0,677	1,216	0,907	0,699	0,766
Nedfall av ammoniakk	0,335	0,315	0,282	0,271	0,283	0,273	0,282	0,270	0,282	0,272	0,260	0,221	0,150	0,017
Avrenning	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002
Dyrket myr	6,933	6,933	6,553	6,196	6,553	6,196	6,553	6,196	6,553	6,196	6,553	6,553	6,553	6,196
Dyrking av mineraljord	0,986	0,966	0,921	0,876	0,968	0,970	0,921	0,876	0,968	0,970	0,921	0,874	0,921	0,876
Sum	18,653	17,862	16,227	15,280	16,432	15,686	16,054	14,978	16,260	15,387	15,382	13,033	13,211	9,633

Tabell 6.16 Scenarier, resultater vist som 1000 tonn CO₂ ekv. i referansebane og som avvik fra referansebane

Utslippkilde	Referansebane		Scenario 2, mer korn mindre husdyr. Jordbr. areal minus 5 700 daa		Scenario 3a. Jordbr.ar som i refbane. Arealnedbygging stoppes. Mer grøntproduksjon.		Scenario 3b. Jordbr.ar. som 2020		Scenario 4. Mer planteproduksjon på de gode arealene. Mer gris og fjørfe. Ekstensivt areal plantes til eller produserer grovfør.		Scenario 5. All husdyrproduksjon fases ut.	
	2025	2030	2025	2030	2025	2030	2025	2030	2025	2030	2025	2030
Husdyr - fordøyelse	4,168	3,897	0,000	-0,271	-0,140	-0,521	-0,140	-0,521	-1,165	-2,587	-2,084	-4,168
Husdyrgjødsel	1,767	1,691	0,000	-0,076	0,000	-0,076	0,000	-0,076	-0,201	-0,506	-0,884	-1,767
Mineralgjødsel	1,942	1,807	0,090	0,044	-0,033	-0,187	0,057	-0,010	-0,082	-0,308	-0,024	-0,165
Restavlinger	0,591	0,539	0,067	0,081	0,000	-0,052	0,069	0,086	0,625	0,316	0,108	0,175
Nedfall av ammoniakk	0,282	0,271	0,001	-0,009	0,000	-0,011	0,001	-0,010	-0,022	-0,061	-0,132	-0,265
Avrenning	0,003	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	-0,001	-0,001
Dyrket myr	6,553	6,196	0,000	-0,357	0,000	-0,357	0,000	-0,357	0,000	0,000	0,000	-0,357
Dyrking av mineraljord	0,921	0,876	0,047	0,048	0,000	-0,045	0,047	0,048	0,000	-0,047	0,000	-0,045
Sum	16,227	15,280	0,205	-0,540	-0,173	-1,249	0,033	-0,839	-0,845	-3,194	-3,016	-6,594

Beregningene av de ulike scenariene for Trondheim viser at det på grunn av allerede relativt lite omfang av husdyrproduksjon er få tiltak som monner for å redusere utslipp hvis det fortsatt skal være lokal sammenheng mellom matproduksjon og konsum. Hvis all husdyrproduksjon legges ned vil utslippene fra jordbruket i Trondheim bli betydelig mindre, men øke andre steder, med mindre også lokalt matkonsum reduseres tilsvarende. En økning i storfeproduksjon kan føre til økte utslipp.

6.4.4 Indirekte utslipp knytta til jordbruksproduksjonen

På samme måte som det offisielle, nasjonale utslippsregnskapet bare tar hensyn til prosesser som skjer innenfor landets grenser (kapittel 3), er utslippene fra jordbruket i Trondheim (Tabell 6.15) beregnet ut fra den delen av produksjonen som skjer innenfor kommunegrensene.

Indirekte utslipp, av typen «scope 2» og «scope 3» er bare unntaksvis med i totalen. Scope 2 omfatter utslipp knytta til produksjon av tilført energi i form av elektrisitet eller brennstoff, og scope 3 er knytta til produksjon og transport av andre innsatsfaktorer, delvis også til resirkulering og avfallshåndtering. For en diskusjon av terminologi og klassifisering av indirekte utslipp, se for eksempel Hertwich og Wood (2018).

Eksempel på indirekte utslipp som ikke er med i de beregnede totalene for jordbruket i Trondheim, kan være de som er knytta til produksjon av råvarer til kraftfôret som går til kommunens husdyr. Det meste av disse vil være dyrka utenbys og noe også utenlands. Klimaregnskapet for korndyrkinga i kommunen dekker også bare deler av produksjonskjeden, og omfatter ikke utslipp fra produksjonen av maskiner, utstyr, gjødsel, plantevernmidler og diesel – som alle er helt nødvendige innsatsfaktorer.

I livsløpsanalyser (LCA) av matvarer og andre jordbruksprodukter tas indirekte utslipp med når klima- og annen miljøbelastning av produksjonen skal estimeres. I et oppdrag som NIBIO utførte for Steinkjer kommune (Bakken 2018), tok vi fram tidligere utførte analyser av produkter som kunne representere melk, kjøtt og korn produsert i denne eller andre kommuner i Trøndelag. Dette for å demonstrere hvor mye det kunne ha å si om en tok med indirekte utslipp og prosesser som ikke blir tatt med i de offisielle beregningsmetodene. LCA er ressurskrevende analyser, og det var ikke rom for å gjøre slike på jordbruksprodukter fra Steinkjer og heller ikke på tilsvarende produkter fra Trondheim i herværende prosjekt.

I oppdraget for Steinkjer diskuterte vi også hvordan LCA-analyser, som gir tall for mange typer miljøpåvirkninger per sluttprodukt, kan belyse målkonflikter mellom ulike tiltak og avsløre såkalte problemforskyvninger i miljøanalyser. For eksempel kan 1 kg bygg produsert uten bruk av plantevernmidler og med lite mineralgjødsel, gi lavere verdier på toksisitets- og forsøringsindikatorer, men høyere verdier for klimagassutslipp og arealbruk enn 1 kg bygg produsert med disse innsatsfaktorene.

Uten livsløpsbetraktninger på aktuelle tiltak som isolert sett kan synes å gi stor effekt, kan en risikere å stimulere til noe som øker utslippene andre steder i produksjonskjeden. Et dagsaktuelt eksempel kan være at en må vurdere om fôring med mer lettfordøyelig grovfôr til drøvtyggere for å senke metanutslippene, krever en forutgående grovfôrproduksjon som senker avlingene og krever mer gjødsel og dermed øker utslippene per enhet fôrproduert.

Eksemplene og diskusjonen i NIBIOs notat til Steinkjer kommune bør også være relevante for Trondheim kommune. Vi henviser derfor til dette, og har etter avtale med oppdragsgiverne i Steinkjer, lagt det ved herværende rapport.

6.5 Tiltak i jordbruket som kan gi reduserte utslipp

På det enkelte gardsbruk er det mulig å justere driftsopplegget med spesifikke tiltak innenfor de ulike driftsformer. Vi har i denne utredningen ikke datagrunnlag for å gå inn på og analysere de enkelte driftsformer som finnes i kommunen. Nedenfor er det omtalt noen generelle tiltak som kan gi reduserte utslipp av klimagasser. Flere av disse er også aktuelle tilpasningstiltak og er nærmere beskrevet i andre deler av [kapittel 6](#).

Landbruksnæringa og faglagene har gjort avtale med myndighetene om å redusere utslippene med 5 mill tonn CO₂ ekvivalenter innen 2030 der gjennomførte tiltak skal dokumenteres. Det er mål om at også tiltak som i dag ikke inngår i utslippsregnskapet skal registreres. I landbruket utvikler Klimasmart landbruk (www.klimasmartlandbruk.no/) et beregningsverktøy for gårdsnivå som kan dokumentere utslipp og effekt av tiltak innenfor ulike produksjoner. Sammen med rådgiving (f.eks. Norsk Landbruksrådgiving, NLR) kan dette bidra til planlegging av tiltak for å nå reelle utslippsreduksjoner samtidig som matproduksjonen ivaretas.

6.5.1 Planteproduksjon og effektiv utnyttelse av tilført nitrogen

Både i korn- og grovfôrproduksjonen kan det være til dels store differanser mellom avlinger som registreres ute på gårdsbruk og avlinger som oppnås i forsøk under optimale dyrkingsforhold. Å utligne dette gapet mellom avlinger i praksis og potensielle avlinger, regnes for å være et godt tiltak for å senke klimagassutslippene. Det bidrar til minst mulig utslipp per produsert enhet.

Det bør imidlertid ikke skje gjennom økt bruk av utslippsdrivende innsatsfaktorer per produsert enhet. Gevinsten ligger i økt avling per innsatsfaktor og areal, og bør fortrinnsvis tas ut gjennom god agronomisk praksis og god jordkultur. I disse kategoriene kommer målretta planteverntiltak, god dyrkingsteknikk, gode sortsvalg, balansert og presis gjødsling, tilpassa vekstskifter og vedlikehold av dreneringer og kalkstatus i jorda. Det er også viktig å minske svinnet i produksjonen og minke forskjellen mellom brutto- og nettoavling.

Siden nitrogen er direkte og indirekte kilde til en stor del av klimagassutslippene (lystgass), er det spesielt viktig å sikre at denne innsatsfaktoren blir utnyttet effektivt. Dersom nitrogenet i husdyrgjødsel tas vare på fra det forlater dyret til kulturplantene kan ta det opp, reduseres klimagassgenererende utslipp under lagring, handtering og spredning og behovet for tilførsel av nitrogen fra mineralgjødsel. Optimalisering av vekstvilkår og god gjødselplanlegging er derfor viktige tiltak.

Denne effekten vil i klimagassregnskapet bli forsterka etter nye retningslinjer fra IPCC (2019), der utslippsfaktoren for mineralgjødsel-N blir større enn utslippsfaktoren for husdyrgjødsel-N i vått klima. Tiltak som fører til at det blir mindre mengde nitrogen i husdyrgjødsel (f.eks. mer optimal proteinføring) er også effektivt både for å minke utslipp av ammoniakk og lystgass.

6.5.2 God drenering og mindre jordpakking

I det nasjonale utslippsregnskapet (IPCC metodikk) beregnes lystgassutslipp fra jordbruksareal i forhold til tilført mengde nitrogen. Drenering inngår ikke direkte i dagens metodikk i det nasjonale klimaregnskapet, men vil vises indirekte ved at god drenering reduserer behovet for bruk av mineralgjødsel (Teknisk beregningsutval for klimagassutslipp i jordbruket 2019). Men med bedre data kan det være mulig å utvikle metodikk for dette, jamfør Teknisk beregningsutval for klimagassutslipp i jordbruket (2019) sin gjennomgang av hvordan ulike tiltak fanges opp i det nasjonale klimagassregnskapet.

Fuktighetsforholdene i jorda påvirker lystgassutslipp. Et vannfylt porevolum på 65- 85% avhengig av blant annet jordart, er regnet som optimalt for lystgassproduksjon fra denitrifikasjon. I vått klima vil forholdene i jordoverflata ofte være i dette området. Drenering av jordbruksareal har vært vurdert

som aktuelt tiltak for å redusere utslippene, fordi en ved tørre forhold har små utslipp. En del norske undersøkelser viser større lystgassutslipp fra dårlig enn fra godt drenert jord, men det er også eksempler på at bedre drenering ikke har redusert lystgassutslipp. Ved hyppig nedbør kan en periodevis få grunnvannsstand helt opp til overflata selv på godt drenert jord.

Drenering er ofte en forutsetning for å sikre gode vekstforhold, utnytte tilført næring (gjødning) og dermed redusere risiko for tap både til vannmiljø og til luft. Drenering er vurdert som tiltak både for tilpasning til våtere forhold og for å redusere klimagassutslipp, f. eks. i utredning for Klimakur2030 (Hauge mfl. 2020). God drenering kan bidra til større avling og således også behov for mer gjødning og ha indirekte effekt på utslippsregnskapet.

Det er generelt stor usikkerhet, både når det gjelder dreneringens virkning på lystgassutslipp, dreneringens betydning for avlingsnivået, og omfang av areal som har dreneringsbehov. Unntaket er nydyrking av myr, der grøfting uten tvil gir sterkt økte utslipp av både lystgass og karbondioksid. En del jordbruksareal kan ha behov for utbedring av skader på eksisterende drenering og for nygrøfting på tidligere drenert areal. Det er usikkert hvor mye areal som er dårlig drenert og har behov for nygrøfting. Det gis tilskudd til drenering og søknader behandles av kommunen.

Kjøring på jord som ikke er tørr nok gir skadelig pakking av jord, og kan også påvirke utslipp av klimagasser. Det er kanskje et vel så stort problem i forhold til å få til store avlinger som direkte årsak til lystgassutslipp. Generelt gir lave avlinger dårlig utnyttelse av tilført N-gjødsel og fører til større utslipp av ammoniakk og lystgass.

Skader på jordstrukturen må forebygges, men samtidig er det en utfordring at oppgaver må gjøres i forhold til riktig tidspunkt og likevel unngå uopprettelige skader på jordstrukturen. Bedre planlegging av arbeidet med hensyn til både kjøretidspunkt og antall kjøring, bruk av lettere maskiner eller utnyttning av bare deler av lastekapasiteten og unngå kjøring på de fuktigste plassene vil forebygge skader. Lettere maskiner, lavt lufttrykk og brede dekk kan bidra til mindre skader på jordstrukturen. Spesielt å kjøre med minst mulig vekt etter forholdene er viktig da totalvekta avgjør hvor djupt ned i jorda strukturen blir påvirket. Strukturskader under plogdybde er nærmest håpløst å rette opp med mekanisk bearbeiding. Det er bare naturlige prosesser som tørking og frysing som har positiv effekt. I tillegg kommer effekt av at planterøtter kan trenge djupt ned og etterlate kanaler i jorda som bedrer vanntransporten til dreneringssystemet og luft til røtter. God drenering er viktig da det er vanninnholdet i jorda som avgjør bæreevnen og gir planterøtter mulighet til å gå djupt ned og utnytte næring og vann. Organisk materiale betyr mye for jordas produksjonsevne og effektiv utnyttelse av plantenæring. 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 og på biologiske prosesser i jorda.

Driftsledelse er igjen viktig da det er brukerens valg som avgjør om det blir tatt tilstrekkelig hensyn til å bevare jordstrukturen.

6.5.3 Klimagassreduserende tiltak i husdyrsektoren

I følge Aass & Åby (2018) er det i husdyrproduksjonen størst potensiale for å redusere klimagassbelastningen fra drøvtyggere, storfe og sau. I produksjonen av fjørfe og svin har det vært stor oppmerksomhet på optimalisering av fôrrasjonene i mange år, vesentlig av økonomiske hensyn. At dette også har vært gunstig i forhold til utslipp av klimagasser er en positiv bieffekt. På grunn av allerede stor framgang i forhold til forbedrede fôrrasjoner for enmagede dyr, er gjenværende potensiale for forbedringer mindre sammenlignet med potensialet hos drøvtyggere.

Innføring av et nytt nordisk fôroptimaliseringssystem (Norfor) for storfe på 2000 tallet (basert på norskutviklet fôrvurderingssystem) har etter hvert gitt store muligheter for optimalisering av fôringa

og effektiv styring av intensiteten også for drøvtyggere (kg mjølk/årsku, slaktevekt og -alder hos slaktedyr).

Oppmjuking av regelverket for mjølkekvoter har også gitt større valgfrihet for mjølkeprodusentene og muligheter til å ekspandere. I forbindelse med nødvendig fornying av driftsapparat og bygninger bygges det ofte større, og det kan bli nødvendig å øke intensiteten i produksjonen for å forsvare tunge investeringer. Det betyr at det må produseres mer mjølk/kjøtt for å utnytte kapasiteten i bygningene, og det fører igjen til at mjølkeproduksjonen prioriteres og at oksekalver ikke føres fram til slakt på mjølkebruket. Årsaken er at mjølkeproduksjon gir større økonomisk avkastning på tilgjengelige ressurser enn kjøttproduksjon. Statistikk fra TINE viser at i en årrekke har gjennomsnittsavdråten i mjølkeproduksjonen økt. Med stabilt mjølkevolum blir det færre kyr og dermed færre kalver og mindre storfekjøtt fra mjølkekubesetningene i forhold til mjølkemengden.

Det er ønskelig å dekke mest mulig av markedet for mjølk- og storfekjøtt med norsk produksjon. Når kjøttproduksjonen fra mjølkekubesetningene minker, gir det rom for økning av kjøttproduksjon i reine kjøttproduksjonsbesetninger. I 1990 var det ca 8000 ammekyr i Norge, mot ca. 88 000 nå.

Med økt ytelse per mjølkeku går utslippene per kg mjølk ned som følge av flere kg mjølk å fordele kuas metangassutslipp på, og det blir også behov for færre kyr totalt. Mjølkeproduksjonen er en effektiv produksjon, på linje med svin og fjørfe, regnet per enhet energi.

Klimagassutslipp fra storfekjøttproduksjonen er av Aass & Åby (2018) beregnet til 15,4 kg CO₂-ekv. pr. kg slakt fra kombinert mjølk/kjøttproduksjon, og 25,6 kg CO₂-ekvivalenter per kg slakt fra ammekuproduksjon. Som det er gjort rede for i det vedlagte notatet til Steinkjer kommune (Bakken, 2018), har NIBIO i sine LCA-analyser kommet fram til høyere tall for begge produksjonene. Alle studier viser imidlertid at det er en stor forskjell på klimabelastningen fra disse to typene storfekjøtt. Den viktigste årsaken til forskjellen er at mjølkekyrne, som selv bidrar med ca. 40 % av kjøttproduksjonen fra mjølkebruk, også produserer både mjølk og kjøtt, mens ammekyr bare produserer kjøtt. Klimagassutslippene fra ei mjølkeku blir derfor fordelt mellom mjølk- og kjøttproduksjon på egen kropp og til å bære fram et avkom. Ei mjølkeku produserer mye mat i forhold til forbruk av fôr og utslipp av klimagasser. Samlet sett vil derfor kjøttproduksjonen fra mjølkebruk komme lavere ut med hensyn til klimagasser enn kjøtt fra ammekubruk. Dersom man ser på oppføring av okser og kviger til slakt isolert sett, er det ingen grunn til å anta slike forskjeller i utslipp mellom produksjonene, forutsatt at dyra har tilsvarende genetisk status og at føring i oppdrettet er tilsvarende.

Det er betydelig potensial for å redusere utslippene fra kjøttfe. (Aass & Åby 2018).

Produksjonsresultatene i Storfekjøttkontrollen og Kukontrollen bekrefter at det er stor variasjon mellom produsenter i produksjonseffektivitet. Forskjellene mellom den beste og dårligste tredjedelen av besetningene viser at det er potensial for å gjøre betydelige forbedringer, og tiltak kan gjøres både på kort og lang sikt gjennom bedret driftsledelse og målrettet husdyravl. I storfekjøttproduksjonen er egenskaper som kalvetap, innkalvingsalder, kalvingsintervall og optimale slaktevekter avgjørende for kg kjøtt produsert per ku. Det er realistiske muligheter for å øke storfekjøttproduksjonen per ku med henholdsvis 10 prosent og 15 prosent (eller mer) på mjølke- og ammekyr fram mot 2030. Det vil si at storfekjøttproduksjonen øker fra ca. 250 til 275 kg slakt per mjølkeku, og fra ca. 275 til 315 kg slakt per ammeku over en 20-års periode. Potensialet for effektivitetsøkning er altså betydelig større for ammekyr enn mjølkekyr, som ligger nærmere et optimalt produksjonsnivå i utgangspunktet. For mjølkeku vil det ha større effekt på kjøttproduksjonen hvordan mjølkeytelsen per årsku endres enn potensialet for økning i slakt per årsku. NRF kua har et betydelig høyere genetisk potensiale enn det som tas ut i dag, men samtidig har stor fleksibilitet og kan også tilpasses betydelig lavere intensitet enn hva som er alminnelig i dag.

Det er en kontinuerlig diskusjon om mjølkeproduksjonen burde foregå med lavere intensitet med mer kjøtt eller om det skal være slik at mjølkeproduksjonen utvikles mot høyest mulig avdrått og at behovet for storfekjøtt dekkes opp av ammeku. I klimasammenheng er ikke svaret gitt, og flere utredninger

peker på at samlet utslipp fra mjølkeku og ammeku ikke endres vesentlig gitt at et definert volum av mjølk og kjøtt skal produseres. Større forbruksendringer som fører til behov for endret forhold mellom storfekjøtt og mjølk kan ha større effekt på klimagassbelastning enn valget mellom høyt eller moderat avdråttsnivå i mjølkeproduksjonen og tilsvarende tilpasning av intensitet og volum i ammekuproduksjonen

Oppsummert for storfe er det viktigste å ha god driftsledelse karakterisert med følgende:

- God helsetilstand i besetningen da friske dyr produserer mer på samme fôrmengde.
- Dyr med høy avlsverdi for viktige produksjonsegenskaper
- Intensiv kjøttproduksjon med høy slaktevekt ved lav slaktealder
- Riktig levendevekt på kviger ved inseminering og et oppdrett som gir effektive og høgtytende mjølkekyr. Innkalvingsalder for kviger er omlag 24 mnd.
- Korte kalvingsintervall for kyr, anbefalt 12 mnd
- Produsere fôr med store avlinger pr daa og av god kvalitet.
- Riktig fôring i forhold til ønsket intensitet og godt ivaretatt dyrevelferd.

6.5.4 Husdyrgjødselhandtering

Husdyrgjødsel forårsaker utslipp av metan, ammoniakk og lystgass. Det kan være utslipp både fra husdyrrom, gjødsellager, ved beiting og ved spredning. Dette kan illustreres ved en undersøkelse utført av NIBIO (Rivedal mfl. 2019) som beregnet ammoniakkutslipp i Norge fra ulike kilder. Av det totale utslippet av ammoniakk kom 13% fra mineralgjødsel, 38% fra husdyrrom og lager og 42% fra spredning av husdyrgjødsel. Dette viser at spesielt gjødselhandtering har mange «utslippspunkt», og at det må være helhet i tiltakene for å redusere klimagassutslippene. Jordbruket skal redusere utslipp fra klimagassene lystgass og metan, men også ammoniakkutslipp skal ned og som er regulert av den internasjonale avtalen «Gøteborgprotokollen». Ammoniakkutslipp fører til N på avveie og gir også et bidrag til lystgassutslipp (1 %). Tiltak for å redusere utslipp fra husdyrgjødsel kan redusere både klimagass- og ammoniakkutslipp.

Lagring av husdyrgjødsel i relativt tette lager er vesentlig, og flere tiltak kan settes inn for å redusere tap fra ulike typer lager (Rivedal mfl. 2019). Lagringsperiodens lengde påvirker også tap.

Tiltak som gir lite utslipp fra fjøs kan føre til at det blir mer N igjen i gjødsel, og dette kan føre til mer utslipp seinere i handteringskjeden. God lagring bør derfor følges av effektiv spredning, enten med stripespreder eller nedfellingsutstyr, og med godt utspedd gjødsel. Breispredning av husdyrgjødsel er fortsatt i bruk, men det anbefales ikke å spre med gjødselvogn med fanespreder. Nedfelling betyr at det skjæres striper i plantedekket som gjødsel føres ned i. Nedmolding med harving eller pløying bør skje like etter spredning. Utspeing med vann kan bidra til at avdamping minker, og utkjøring av husdyrgjødsel bør skje når det er lite vind og gråvær og plantene er i vekst og kan utnytte nitrogenet.

Transport av gjødsel til jordet og ut på jordet kan skje på ulike måter, og transportavstanden er avgjørende for valg av metode. Hvilken metode som er mest kostnadseffektiv og med minst klimagassbelastning avhenger helt av lokale forhold. Rådgivingstilbud er utviklet av NLR og TINE og er spesielt innrettet mot økonomisk optimalisering av husdyrgjødselhandteringa, men har i mindre grad fokus på klimagassbelastning. Dette rådgivingstilbudet bør suppleres med optimaliseringsverktøy for reduserte klimagassutslipp, slik som kalkulatoren som omtales i neste avsnitt.

God handtering og utnyttelse av husdyrgjødsel gir på et vis «dobbel» effekt ved at N-innholdet i gjødsel blir tilgjengelig for plantene i størst mulig grad, noe som igjen bidrar til at det blir redusert behov for å tilføre N gjennom mineralgjødsel. Redusert bruk av mineralgjødsel vil igjen gi beregnet lavere lystgassutslipp. På NIBIO sin hjemmeside finnes en husdyrgjødsel- N-kalkulator som kan

brukes til på beregne reduksjon i nitrogentap ved ulike spredemetoder <https://lmt.nibio.no/husdyrn/>. Beregningene kan gjøres for ulike jordtyper, grad av vanninnblanding, spredeteknikker, temperatur og vind.

Gjennom Regionale Miljøprogram (RMP) gis det tilskudd til miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel. Formålet er å redusere tap av plantetilgjengelig nitrogen som ammoniakktap til luft. Ammoniakktap bidrar også til lystgasstap med ca 1 %. Stripespredning av husdyrgjødsel er ett av tiltakene som antas å redusere tap i forhold til breispredning. I en analyse for Steinkjer kommune (Grønlund & Bakken, 2018) er det beregnet utslippsreduksjon av å øke andel stripespredning fra 10 % av husdyrgjødsel til 70 %. Ammoniakktapene ble beregnet redusert med 13 %, mens den totale effekten på lystgasstap tilsvarte 150 tonn CO₂ ekvivalenter. Dette er bare 0,2 % av utslippene i referansebanen og langt mindre enn andre tiltak som ble vurdert. Det er i notatet forklart med at ammoniakknedfall bare bidrar til ca 2 % av utslippene og at ca 40 % av tapene skjer fra husdyrrom, gjødsellager og beite, og ikke påvirkes av spredemetoden. Lystgasstap fra redusert mengde ammoniakk i nedfall ga tilsvarende økning i lystgasstap fra ammoniakk tilført jorda. Den positive klimagasseffekten beregnes ut fra bedre utnyttelse av nitrogenet og dermed spart mengde mineralgjødsel.

6.5.5 Husdyrgjødsel og biogass

Husdyrgjødsel kan inngå som råstoff i biogassanlegg aleine eller sammen med andre råstoff. Biogass (metan) av husdyrgjødsel kan brukes som drivstoff eller brensel og erstatte fossile energikilder.

Biogassproduksjon av husdyrgjødsel er gunstig ved at fossil energi erstattes med en energibærer som er del av det korte karbonkretsløpet. I tillegg vil husdyrgjødsel tas ut av den vanlige kjeden med risiko for N tap ved lagring og spredning, og dermed reduseres mengden klimagasser og ammoniakk til atmosfæren.

Vi har i dette oppdraget gjort beregning av produksjon av biogass fra husdyrgjødsel for Trondheim med noen valgte forutsetninger for å eksemplifisere. Det er forutsatt at levering av gjødsel til biogassanlegg fører til at lagringstiden på gården reduseres med 90 %. Det vil føre til at utslippene av metan, lystgass og ammoniakk fra husdyrrom/gjødsellager reduseres tilsvarende. For Trondheim har vi gått ut fra 10% av gjødsel går til biogassproduksjon i 2025 og 20% i 2030.

Biogass antas å gi en substitusjonseffekt på 3 kg CO₂ når den erstatter diesel som drivstoff og 2,5 kg CO₂ når den brukes som fyringsolje. I denne beregningen har vi brukt samme fordeling som i tidligere rapport til Miljødirektoratet (Pettersen mfl. 2017) og forutsatt at 68% av biogassen brukes som drivstoff og 32% til fyringsolje. Dette gir en gjennomsnittlig substitusjonseffekt på 2,84 kg CO₂/kg biogass.

Tabell 6.17 Effekt av å anvende h.h.v 10% av husdyrgjødsel i 2025 og 20% i 2030 til å produsere biogass i Trondheim.

Effekt av biogassproduksjon	2025	2030
Tonn biogass	28	58
Utslippsreduksjon, 1000 tonn CO ₂ -ekv	0,07	0,13
Substitusjonseffekt 1000 tonn CO ₂	0,08	0,16
Sum utslippsreduksjon+substitusjonseffekt	0,15	0,29

Ved å anvende 10% av husdyrgjødsel til biogassproduksjon i 2025 og 20% i 2030, produseres det 28 tonn biogass i 2025 og 58 tonn 2030 (Tabell 6.17). Dette utgjør i sum for redusert klimagasseffekt og substitusjonseffekt 146 tonn CO₂ ekv. i 2025 og 290 tonn i 2030.

Husdyrproduksjonen, og dermed gjødselmengdene, er begrenset i Trondheim, og vi må derfor anta at husdyrgjødsel inngår sammen med andre kilder av biologisk opphav i større biogassanlegg. Bruk av bioesten i jordbruket etter biogassprosessen kan være utfordrende når mange ulike biologiske kilder inngår i prosessen, i forhold til krav om kjemisk innhold ved spredning på jordbruksareal.

6.5.6 Transport og dyrking og mindre forbruk av diesel

Landbruket er mekanisert og helt avhengig av traktorer og skurtreskere. Det foregår arbeid med mål om å utvikle maskiner som gir nullutslipp både med brenselceller og batteridrift. Det mest realistiske tiltaket på kort sikt er å erstatte fossil diesel med biobasert drivstoff. De fleste nye framdriftsmaskiner kan helt eller delvis fungere på dette. Det er også et viktig bidrag til mindre utslipp at maskinfabrikantene er pålagt å følge stadig strengere standarder for tillatt utslipp ved utvikling av nye motorer. Fornyning av maskinparken er derfor et godt bidrag til reduserte utslipp. Traktorer har med godt vedlikehold og veldig lang teknisk brukstid. Fortsatt går traktorer produsert på -80 tallet i aktiv gardsdrift, men kanskje mest til spesialoppgaver. Disse gamle maskinene bør ikke brukes mer enn strengt nødvendig.

I dagens landbruk er det utstrakt utleie av jord, over 40% på landsbasis. Leiejorda er ikke systematisk fordelt i forhold til driftssenteret på det enkelte bruk, og mange steder blir det «dobbeltkjøring», altså at driftsenhetene kjører forbi hverandre og i gjennomsnitt får lengre transportvei enn nødvendig.

Ved høsting av grovfôr er rundballemetoden effektiv og fleksibel, men fôret skal inn til driftssenteret og på lager før jobben er ferdig. Her er det viktig å optimalisere prosessen for å få ned kostnader, velge harmoniske mekaniseringslinjer med kapasiteter som er tilpasset hele linja, bruke verdifull tid riktig, spare kjøring og redusere bruk av fossilt drivstoff.

Bruken av maskinene påvirker også i stor grad forbruket av diesel i forhold til utført arbeid. Riktig innstilling av redskap og planlegging av arbeidet kan redusere forbruket i størrelsesorden 15 til 30%. Igjen er driftsledelse viktig for å begrense og redusere utslipp fra det enkelte gardsbruk.

I kornproduksjonen er det noen ganger nødvendig å pløye, men i de fleste år kan det gi godt resultat å harve med ei god harv som løsner og blander jorda tilstrekkelig til at plantene får gode vekstforhold. Valg av jordarbeiding må også tilpasses jordartforhold (Bechmann & Øygarden 2019). [Klima, jordarbeiding, erosjon og fosfortap](#).

I Trøndelag blir det ofte treska med høg vannprosent. Rått korn må tørkes og ofte fyres det med diesel i varmluftstørker. Dette er viktig for å sikre kornkvaliteten, men tørkinga bør optimaliseres slik at forbruket av fossilt drivstoff reduseres og andre energikilder bør foretrekkes.

6.5.7 Dyrking og drenering av myr

Myr er planterester som er lite omdannet på grunn av vannmetning og anaerobe forhold. Grønlund m.fl. (2008) anslår at den totale karbonmengden i norske myrer er på 829 millioner tonn.

Ved nydyrking av myr dreneres jorda og oksygen kommer til deler av myrjordlaget slik at det blir aerobe forhold og nedbryting starter. Omsetningen av torvjorda frigjør vesentlig CO₂. Det frigjøres mindre lystgass fra myrjord enn fra dyrking av mineraljord på grunn av høyt C/N forhold i myr.

Utslipp av CO₂ fra dyrket myr og mineraljord regnes som arealendringer og inngår ikke Kyoto-avtalen, men er like fullt utslipp av viktige klimagasser. CO₂-utslipp fra dyrket myr beregnes på grunnlag en standard utslippsfaktor fra IPCC (2014a) på 0,79 tonn C per dekar, som tilsvarer 2,9 tonn CO₂. I tillegg kommer utslipp av metan (CH₄) fra grøftene og utslipp av lystgass (N₂O). Til sammen gir dette et årlig utslipp på 3,3 tonn CO₂-ekvivalenter per dekar med dyrket myr (utslipp på grunn av tilført nitrogen gjødsling kommer i tillegg).

Det er vedtatt forbud mot nydyrking av myr, jfr. omtale av endringer i Nydyrkingsforskriften i kapittel 8. Kommunen kan gi dispensasjon fra forbudet dersom kriterier beskrevet i forskriften er oppfylt. Forskriften viser til at det ved vurderingen av om dispensasjon kan gis, kan det legges vekt på om det er mulig å ta i bruk dokumenterte klimagassreducerende dyrkingsmetoder.

Det mangler kunnskap og dokumentasjon på hvordan omgraving som nydyrkingsmetode påvirker utslipp av CO₂ fra dyrket myr, men det er dokumentert reduserte utslipp av lystgass.

Selv om det mangler dokumentasjon av utslippseffekter, bør omgraving likevel vurderes når dreneringen på dyrket myr skal fornyes. Omgraving gir mulighet for profilering av overflaten, vesentlig bedre bæreevne og driftsforhold, og det er registrert positive avlingseffekter.

6.5.8 Anbefalinger for Trondheim

Jordbruket i Trondheim kommune domineres av kornproduksjon og relativt begrenset husdyrhold, og i sum relativt lav klimagassbelastning godt under gjennomsnittet for landet regnet pr daa. Det er relativt få virkemidler kommunen kan sette inn direkte overfor jordbruket for å redusere utslippene innenfor nasjonale rammer. De fleste tiltakene som kan gjennomføres i dagens produksjonsformer vil være gardbrukernes eget ansvar, og det er frivillig. Noen aktuelle tiltak innen for eksempel gjødselhandtering krever betydelige investeringer og har begrenset effekt på klimagassutslippene, men det vil være viktig å velge klimavennlige løsninger når fornying likevel må gjennomføres.

Lokal landbruksforvaltning kan bidra aktivt ved å informere om aktuelle virkemidler og gjøre forvaltningen smidig slik at det oppleves som positivt bidrag fra lokale myndigheter. Informasjon må ut til bøndene om muligheter for å søke økonomisk støtte til tiltak gjennom ulike tilskuddsordninger innen RMP og SMIL ordningene. Tilskudd til drenering, hydrotekniske anlegg, utbedring av gjødsellager og miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel er viktige stimulanser. Kommunen kan også bidra med informasjon om rådgivings- og kunnskapsformidlingstiltak sammen med rådgivningstjenestene om jordbruksproduksjoner (plante og husdyrproduksjoner), agronomiske metoder og tiltak for å redusere klimagasser.

Kommunen kan gjennom arealforvaltningen bidra til at arealer der det kan dyrkes matvekster til menneskelig konsum, vernes mot omdisponering til andre formål enn landbruk. Det er også viktig å ta vare på arealer som i dag bare anvendes til fôrproduksjon, da en del av disse i tillegg til grovfôr også kan brukes til å dyrke både korn, potet og grønnsaker. Generelt bør all dyrka og dyrkbar jord tas vare på, og ikke bygges ned for å ta vare på produksjonspotensialet for framtidig matproduksjon.

6.6 Økt karbonlagring i jordbruket

6.6.1 Status for karboninnhold i jordbruksjord i Trondheim

Det er lite offentlig data tilgjengelig for mengde karbon som finnes i jordbruksjord i Norge. Selv om jordbruksområder i Trondheim er jordsmonn kartlagt av NIBIO, er informasjon om moldinnholdet begrenset til inndeling i grove klasser som sier om jorda er mineraljord, organisk jord (myr), eller en blanding av de to. Denne inndelingen tar ikke hensyn til bruken av arealene med gras eller åpen åker og tilførsler av organisk materiale. Vi har derfor gjennomført en spørreundersøkelse blant bøndene i Trondheim om moldinnholdet på deres jord ut fra de siste jordprøver de har tatt. En spørreundersøkelse ble sendt ut til 254 bønder og 50 svarte (20%). Resultater for prosent moldinnhold som bøndene oppga for de ulike produksjonsarealer de disponerer er gitt i Tabell 6.18. På grunn av at kun 20% av bøndene svarte på spørreundersøkelsen kan vi ikke si med høy grad av sikkerhet at tallene i Tabell 6.18 er representative for hele jordbruksarealet i Trondheim kommune, men det kan gi en indikasjon av forskjeller i moldinnholdnivå mellom ulike produksjonssystemer.

Tabell 6.18 Moldinnhold (%) på landbruksareal i Trondheim (fra 50 gårdsbruk)

Produksjonsareal	Gjn. Moldprosent %	Std. avvik	n
Korn	5,03	2,3	33
Potet	3,80	2,04	5
Gras	5.63	2.69	16
Grønnsaker	4,20	1,72	5

Et gjennomsnittlig moldinnhold på 5.03% på kornareal i Trondheim er en god del høyere enn moldinnholdet som ble rapportert for et gjennomsnitt av 291 kornåkre på Østlandet i 2002, med 3.42% (+- 1.92) (Riley & Bakkegard 2006). Som forventet har grasarealer høyere moldinnhold (5.63%) enn kornarealer (5.03%), på grunn av at gras har en lengre vekstperiode og dermed kan fange mer av sollys via fotosyntesen sammenlignet med korn. Et eventuelt karbonoverskudd omdannes i jorda og bidrar til økt karboninnhold. Potet og grønnsaker vil også ha mindre fotosyntese sammenlignet med gras, men i tillegg er de ofte dyrket i sandjord som i utgangspunktet har lavere karbonbindingspotensial sammenlignet med leirjord. Om jorda er pløyd eller ikke har vist seg å ha mindre betydning for karbonlagring i jord i Norge enn i land lenger sør (Rasse mfl. 2019). Det bekreftes av langtidsforsøk utført av NIBIO på Østlandet og Kvithamar (Riley 2014, Riley mfl. 2005). Omdanning av jordkarbon skjer veldig sakte over vinteren, uansett om jorda er pløyd eller ikke. Det som er viktigere er hvor mye CO₂ som kan fanges og lagres i jorda mens sola skinner og temperaturen er høy nok for plantevekst (ibid). 68% av bøndene (n=50) svarte at moldinnhold var veldig viktig for at deres jord var agronomisk velfungerende. Jordtyper som dominerer i Trondheim er lettleire og mellomleire.

Tiltak for å øke karboninnhold i jordbruksjorda

Basert på en tidligere utredning (Rasse mfl. 2019) har vi vurdert tre tiltak med størst potensiale for å øke karboninnholdet i jorda:

1. Isåing av fangvekster sammen med korn
2. Produksjon og bruk av biokull
3. Produksjon og bruk av kompost fra organiske ressurser tilgjengelig i Trondheim by (matavfall, hageavfall)

6.6.2 Økt karbonlagring i jord med såing av fangvekster

Fangvekster refereres til som planter som kan sås i åker sammen med kornvekster. Som det beskrives i navnet (fang-vekster) kan disse planter brukes til å fange opp nitrogen og fosfor i jorda og redusere tap av næringsstoffer til vassdrag. I den senere tid har fangveksters rolle for økt karbonbinding fått mer vitenskapelig oppmerksomhet. En metaanalyse fant en gjennomsnittlig C- fangst av 32 kg C/daa/år (+- 8) fra 30 forsøk gjort rundt omkring i verden (Poepflau og Don, 2015). Flerårig raigras (*Lolium perenne L.*) er eksempel på en fangvekst som kan isås med korn, og hvor det er ikke alt for mye konkurranse mellom de to vekster om gjødsel. Når kornet har blitt tresket vil raigraset kunne fortsette å vokse og dermed binde mer karbon via fotosyntese i plantemasse, rotmasse, og via utskilling av rotteksudater til jorda. Fangvekster er dermed en metode for å maksimere fotosyntese og karbonopptak på en kornåker. NIBIO, har tidligere utredet potensialet for CO₂-binding via fangvekster (Bøe mfl. 2019). Rapporten oppsummerer at ved såing av fangvekster sammen med korn i Norge kan en muligens oppnå lignende karbonbindingseffekt som er funnet i svenske forsøk, som var i

størrelseorden av 32 kg C/daa/år. En nyere rapport utarbeidet for Klimakur2030 (Bøe mfl. 2020) nedjusterte karbonbindingsestimater til 24 kg C/daa/år, som de regnet som et mer realistisk nivå for hva som er oppnåelig under norsk klimaforhold. I dette estimatet er det tatt hensyn til bruk av både grasarter og belgvekster som fangvekster.

Det planlegges for tiden et langtidsforsøk på NIBIO sitt forsøksfelt på Mære for å skaffe data om fangvekster og karbonbinding under norske forhold, men resultater vil ikke foreligge før tidligst i 2026. Et annet forsøksfelt ble etablert av NIBIO i 2019 i Akershus som en del av EU-prosjektet SoilCare, og dette kan være en kilde til mer informasjon om hvilke arter er aktuelle å satse på som fangvekster. Karbonbindingseffekten har størst potensiale i jord som har et lavt innhold av karbon, fordi det etter hvert etableres en likevekt mellom karbonomdanning og oppbygging.

Ut fra resultater fra spørreundersøkelsen til bøndene i Trondheim kommune svarte 17% av kornbøndene at de allerede sår fangvekster sammen med kornvekster, mens 66% av kornbøndene hadde lyst å lære mer om fangvekster. Bøndene rangerte hvilke motivasjonsfaktorer som hadde størst betydning for at de skal begynne med fangvekster (Tabell 6.19). De tre mest avgjørende faktorene var effekt på jordkvalitet, spart gjødsel, og avlingseffekt, mens klima, tidsbruk, og forurensing av vassdrag var minst avgjørende. Lønnsomhet kom midt imellom som motivasjonsfaktor.

Tabell 6.19 Avgjørende motivasjons faktorer for at bønder (n=50) ønsker å begynne med fangvekster (i rekkefølge fra mest vesentlig til minst vesentlig)

Faktor rangering	Faktor	% bønder som mente at faktoren var vel dig vesentlig	% bønder som mente at faktoren var vesentlig
1	At det forbedrer jordkvalitet	62	30
1	At man fanger næringsstoffer og sparer på gjødsel	62	30
2	At det forbedrer avlinger på sikt	62	28
3	At det er lønnsomt totalt sett	56	36
4	At det forbedrer klimaregnskapet	30	44
5	At det ikke tar for mye ekstra tid	28	52
6	At det reduserer forurensing til vassdraget	26	68

Karbonlagringspotensialet med bruk av fangvekster

Vi antar ut fra resultater av spørreundersøkelsen at ca. 2/3 av kornbøndene kunne tenke seg å begynne med fangvekster. Som et estimat beregnes at hvis kornarealet var fordelt jevnt blant bøndene og 2/3 av kornarealet (28253 daa) i Trondheim var sådd med fangvekster, vil man kunne fange 678 t C /år (areal x 24 kg C/daa/år) eller 2474 t CO₂-ekv/år. En forutsetning for at fangvekster skal bidra som et klimatiltak i landbruk er at kornbønder som først begynner med fangvekster fortsetter med praksisen over lang tid. Hvis de slutter vil mikrobene i jord spise opp igjen karbonet og innholdet vil sakte men sikkert gå ned. Det samme gjelder for kompost, men ikke biokull, som har en kjemisk struktur som er mer resistent mot mikrobiell nedbrytning.

6.6.3 Økt karbonlagring i jord med bruk av biokull

6.6.3.1 Hva er biokull?

Biokull er de forkullede restene som gjenstår etter at biomasse har blitt varmet opp i en ovn ved temperaturer høyere enn 370 °C og under reduserte oksygenforhold (Crombie mfl. 2013, Budai mfl. 2016). Prosessen kalles pyrolyse, og fører til en spalting av biomasse i tre faser: gass, væske og fast form (biokull). Under pyrolysen løses mesteparten av H₂ og O₂ ut i gassfasen, og gjenstående karbon i biokullet organiserer seg heksagonalt i ringer som ligner på bikuber. Disse ringene (også kalt aromatiske ringer) blir mer motstandsdyktige mot biologisk nedbryting sammenlignet med karbon fra ubehandlet biomasse, og er årsaken til at biokull kan bevares lenge i jorda og naturen. Et eksempel på biokulls lange levetid finner man fra arkeologiske kullgroper i Norge, hvor det er bevart trekullrester flere hundre år etter at folk produserte trekull for fremstilling av jern (Narmo 1996). Et annet eksempel er i midt-vesten i USA, hvor regelmessig brann på gresslettene over tusenvis av år førte til en akkumulering av gresskullrester i jordsmonnet, hvor det har blitt estimert at opptil 38 % av dagens jordkarbon stammer fra biokull-karbon fra brann (Mao mfl. 2012). I Brasil har det blitt oppdaget forekomster av uvanlig fruktbare jordtyper, som ble skapt av mennesker som levde i tett befolkede områder i regnskogen. Jordtypen kalles «terra preta» (svart jord), hvor biokull utgjør opptil 45 % av karbon-innholdet (Mao mfl. 2012), som trolig er årsaken til at jorda har beholdt sin fruktbarhet langt over det som er vanlig for tropiske jordsmonn (Glaser mfl. 2012).

Oppdagelsen av terra preta-jord og lignende jordtyper rike på biokull inspirerte flere forskere til å undersøke om det var mulig og gjennomførbart å produsere og ta i bruk biokull på en mer systematisk måte. Formålet med dette var å øke karbonlagring i jord, og dermed bidra til å redusere CO₂ i atmosfæren og bremse klimaendringer (Lehmann mfl. 2006, Woolf mfl. 2010). I de siste 10 årene har det foregått en formidabel forskningsinnsats over hele verden for å undersøke dette temaet nærmere (Verheijen mfl. 2014), både i forhold til agronomisk virkning (Jefferey mfl. 2017), og for å verifisere potensialet for bruken av biokull som en karbon-negativ klimaløsning (Smith 2016).

6.6.3.2 Potensiale av biokull for CO₂ reduksjon i norsk landbruk

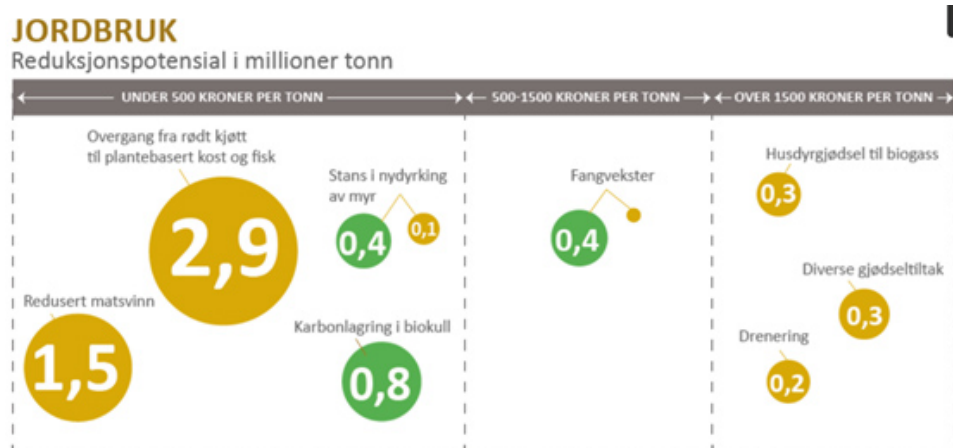
NIBIO utredet i 2019 det teoretiske potensialet for CO₂ reduksjoner ved ulike tiltak for karbonlagring i jord (Rasse mfl. 2019). Biokull var inkludert som et av tiltakene der det var estimert en teoretisk CO₂ reduksjon med 0,9 M t CO₂ / år. Det forutsetter at 50% av sekundærråstoffet (Skogsavfall (GROT), bark, sagflis, hestemøkk halm osv.) som er tilgjengelig i landet utnyttes til biokull produksjon. I den nylig lanserte rapporten «Klimakur 2030» er potensialet mer konservativt (0,08 M t/år) og det er understreket at verdikjeden for biokull produksjon er umoden og derfor er det usikkert hvor mye av potensialet som faktisk vil kunne realiseres i de neste 10 år.

Tabell 6.20 Estimerte CO₂ reduksjoner for Norge mot 2030 ved produksjon og bruk av biokull (Kilde: Miljødirektoratet, Klimakur 2030)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Utslipsreduksjon (mill. tonn CO ₂ -ekv.)	-	0,015	0,030	0,045	0,060	0,075	0,090	0,105	0,120	0,135	0,150
Utslipsreduksjon 2021-2030	0,83 millioner tonn CO ₂ -ekvivalenter										
Kostnadskategori	< 500 kr/tonn CO ₂ -ekv										

Tabell 6.20 viser en vekst i CO₂-reduksjon knyttet til biokullproduksjon fra 2021-2030 i tråd med en forventet vekst i kommersiell utvikling av verdikjeden for biokull. Sett i lys av andre tiltak som kan

gjennomføres i landbruket og som beskrives i Klimakur 2030, så kommer biokull positivt ut både fordi det er i den billigste kategori (<500 kr /tonn CO₂) og er av betydelig omfang (Figur 6.5). For eksempel så kan karbonlagring med biokull yte et betydelig bidrag (0.8 M t CO₂) til målet om en 40% kutt i utslipp i landbrukssektoren ved 2030.



Figur 6.5.CO₂ reduksjonsmuligheter i landbrukssektoren som skal bidra mot 40% kutt i utslipp før 2030 (fra Miljødirektoratet, Klimakur 2030 rapporten).

Rapporten forklarer riktignok at i dag kan ikke CO₂-reduksjoner med bruk av biokull bokføres i Norges offisielle utslippsregnskap for klimagasser, og forklarer noen hindringer som står i veien:

«For tiltaket Karbonbinding i biokull er det ikke en etablert verdikjede per i dag, eksempelvis er det i liten grad etablert infrastruktur for innsamling av organiske avfalls- og restfraksjoner eller et mottaksapparat for produsert biokull.» (Klimakur 2030, s.169)

Selv om en forenklet metode for bokføring av biokull ikke er på plass i IPCC systemet, en såkalt Tier-1 metode som kan muliggjøre bokføring i dag, så er det fullt mulig for Norge å utvikle sin egen Tier-2 metode for biokull som ville gjort det mulig å bokføre biokull i regnskapet. En Tier-2 tilnærming vil innebære innhenting av like mye data som Tier-1, i tillegg til mer detaljerte data som er nasjonalt spesifikke f.eks. stedsfesting av biokullspredning, dokumentasjon av salg og eksport fra produsenter og forhandlere. Det må tas høyde for biokull som er produsert i landet, men som eksporteres, f.eks. biokull gjødselvarer som er eksportert.

I en Tier 3-tilnærming vil data som kreves til rapportering være avhengig av hvilke prosesser som er representert og hvilke miljøvariabler som er nødvendige som innspill til modellen. Her er det mulighet for å gå inn mer detaljert om andre effekter f.eks. Karbon-priming effekten, som handler om hvordan tilsetninger av nye karbonsubstrat til jord påvirker omsetning av karbon som allerede er i jord.

IPCC refinement dokumentet IPCC (2019) er relativt nytt, og landene under klimakonvensjonen har foreløpig ikke godkjent det i klimaforhandlingene. Det vil derfor ta tid før nasjonale myndigheter tar stilling til mulighet for utvikling av en eventuell metodikk for biokull. Norge bruker allerede en Tier-2 tilnærming for rapportering av endringer i karboninnhold i mineraljord, og har derfor erfaring og felles datagrunnlag (kart, jordtyper) som kan brukes i et evt. Tier-2 metode for biokull i Norge. I og med at norske biokullaktører nå organiserer seg i et Norsk Biokull-nettverk, skaper det gode forutsetninger for innhenting av nasjonale data om biokullproduksjon, og hvor det eventuelt blir solgt til, og oversikt over hvilke arealer det spres på. En slik organiseringen og tett kontakt mellom næring, forskning og myndigheter kan gi Norge et fortrinn i utvikling av en biokull Tier-2 metode sammenlignet med større land.

Utvikling av en Tier-1 metode er mer ideelt hvis biokull skal brukes av alle land, fordi det kun er få land som bruker Tier-2 metoder. Tier-1 metoden for biokull er fortsatt under utvikling og det vil ta litt tid før den offisielt blir tatt i bruk.

6.6.3.3 Hva er potensielle bruksområder for biokull i landbruk?

Hovedargumentet for å bruke biokull i landbruksjord er å øke karboninnholdet i jorda. Biokull har en fordel sammenlignet med andre metoder (f.eks fangvekster, kompost) med at karbon som tilføres jorda ikke vil brytes ned igjen i samme grad hvis man opphører praksisen med tilførsler. Man kan ikke forvente at tilsetning av biokull vil gi en umiddelbar avlingsøkning selv om det har vist seg å kunne forbedre jordkvaliteten i noen grad. Det er, basert på spørreundersøkelse - lite sannsynlig at bruk av biokull tar av i noe omfang før bønder får betalt for karbonlagringstjenesten. Et tidligere 4-årig feltforsøk på Ås påviste at biokull kunne holde på mer vann i jorda, men avlingsnivået var uendret sammenlignet med kontrollfelt over 4 år (O'Toole mfl. 2018). For at biokull skal ha en ytterligere agronomisk effekt i tillegg til en karbonlagringseffekt anbefaler nyere forskning at biokull tilsettes til næringsrike media hvor det har vist seg at biokull kan binde næringsstoffer som er på avveie. For eksempel, Kammann mfl. (2015) fant ut at biokull som har blitt inkludert i komposteringsprosessen kan absorbere NH₃ som ofte slippes ut fra en komposthaug. NIBIO utfører nå forsøk med blanding av biorest (fra biogassanlegg) og biokull, og resultater fra 2018 og 2019 viser at biokull-biorest gjødsling hadde en forsterket effekt sammenlignet med biorest alene (O'Toole mfl. upublisert data). Årsaken til dette er at biokull kan fremme nitrifikasjonsprosesser som da danner mer nitrat fra ammonium, og hjelper med mer balansert nitrogengjødsling. Andre bruksområder hvor det foregår forskning og utprøving inkluderer bruk av biokull i dyrefôr, hvor hensikten er å forbedre dyrehelse og redusere enterisk CH₄-utslipp, og bruk av biokull som et biofilter for fangst av CH₄ fra punktkilder (fjøs, gjødselkum).

6.6.3.4 Hva er status for produksjon og bruk av biokull i Norge?

Biokullbransjen er ny i Norge, og i en tidlig utviklingsfase. I 2019 ble det stiftet et Norsk Biokull Nettverk som skal hjelpe til med utvikling ved å fremme samarbeid på tvers av næring, FoU-miljø og interesseorganisasjoner. Trøndelag fylkeskommune er medlem i nettverket, og NIBIO (Adam O'Toole) er et av styremedlemmene. Det første demonstrasjonsanlegget ble etablert på Skjærgaarden Gartneri i 2016. Deretter ble det etablert et biokullanlegg på Sandnes kommune sin gjenvinningsstasjon i 2019. Standard Bio AS har bygget sin egen biokullovn og pilot gjødselabrikk i Bø i Telemark i 2019 (www.standard.bio). Opplandske bioenergi i Innlandet investerte i et biokullanlegg i 2020. Lindum bygger et pyrolyseanlegg i Drammen i 2020 med bruk av mikrobølgepyrolyseteknologi fra Scanship AS. AquaGreen Norge har i samarbeid med AquaGreen Danmark utviklet en kombinert dampptørker pyrolysemaskin som er egnet for tørking av forkulling av alle typer slammaterialer f.eks avløpsslam, og fiskeslam. Teknologien har blitt tatt godt i mot av oppdrettsindustrien, fordi pyrolyseprosessen kan utløse energi fra fiskeslam som kan brukes videre til kontinuerlig tørking av nytt slam som kan innmates. Dette innebærer en betydelig kostnadsbesparelse for smoltanlegg som bruker mye energi for avvanning og tørking av fiskeslam. AquaGreen Danmark har vært behjelpelig i denne utredningen med en utregning av potensialet av biokullproduksjon fra avvannet avløpsslam fra Trondheim. Det er mulig for kommunen å ta direkte kontakt med firmaet hvis mer informasjon er ønsket.

6.6.3.5 Hva er status for biokull og pyrolyse i Trondheim og Trøndelag?

Etter vår erfaring er det foreløpig ingen biokullanlegg i Trondheim. Men, i løpet av 2020 skal JordPro AS (et trøndersk firma) bygge et biokull- og trommelkomposteringsanlegg i Trondheim. Anlegget er finansiert av egenkapital og av Innovasjon Norge. Planen er å produsere organisk gjødselpellets som er anrikt med nitrogen, og som tilfredsstiller gjødslingsbehov for norske forhold. Jordpro AS har en avtale med Ragn-Sells for levering av returvirke til anlegget som skal inngå som råstoff til biokullproduksjonen. De har også etablert avtaler med storkjøkken og restauranter i Trondheim for å kompostere matavfall. Matavfallet blir hovedkilden til N, P, K som inngår i det ferdige produktet.

I 2020 har Trøndelag fylkeskommune (TFK) lansert et jordkarbonprosjekt som skal sette fokus på jordhelse og økt karbonlagring i jord. Fangvekster og biokull er to av tiltakene som er inkludert. Prosjektet skal inkludere de fire videregående skoler med naturbruk i fylket med faglig støtte fra NIBIO, NLR og Ruralis. Det som er unikt med dette prosjektet er at det er satt av midler som et karbontilskudd for 30-50 bønder som skal involveres i prosjektet. Det er en mulighet for Trondheim kommune til å undersøke med fylkeskommunens avdeling for plan, næring og kulturminner om hvordan bønder i Trondheim kan involveres. Fylkeskommunen har også innvilget midler til et pilot pyrolyseanlegg på Mære landbruksskole der faglagene nevnt overfor pluss SINTEF og Papir og fiberinstituttet (PFI) skal bidra. Dette kan muliggjøre lokal produksjon av biokull, som kan bli tilgjengelig for feltforsøk med biokull i Trøndelag.

6.6.3.6 Hva slags råstoff er egnet for biokullproduksjon?

- Skogtrevirke (kappet ved og grener kan brukes i batch-ovner, flis brukes i kontinuerlig drevet ovner). Man skal helst bruke skogvirkefraksjoner av lavere omsetningsverdi. Grener og topper, skogstynningsvirke, kantslått osv.
- Halm
- Kornavrens (ikke utredet her)
- Avtørket husdyrgjødsel, særlig fjørfe og hestemøkk som er rik på treflis og trespon (ikke utredet her)
- Kvernet hageavfall
- Avvannet avløpslam, fiskeslam og biorest fra biogassanlegg

6.6.3.7 Hvilken teknologi finnes det på markedet for biokullproduksjon?

Det finnes flere termiske prosesser som kan produsere biokull i tillegg til bionergi. Disse termiske prosessene varierer i reaktortemperatur og oppholdstid, trykk, O₂-tilførsel, råstoffpartikkelstørrelse, og sluttprodukter. I Tabell 6.21. er det vist oversikt over ulike pyrolyseteknikker og grovt sett fallende utbytte for de ulike prosesskategorier med medfølgende produktutbytte og anvendelsesområder.

Tabell 6.21 Oversikt over ulike pyrolyseteknikker og medfølgende produktutbytte

Termisk prosess	Hovedprodukt	Anvendelsesområde
Sakte pyrolyse	Biokull og termisk varme	Biokullproduksjon og fjernvarme
Hurtig pyrolyse	Bioolje og biokull	Biodieselproduksjon og biokullproduksjon
Gassifisering	Syntesegas og biokull	- Biodrivstoffproduksjon - kullbrikett produksjon i u-land
Mikrobølgepyrolyse	Bioolje og Biokull	Avfallsbehandling og biokullproduksjon
Hydrotermisk pyrolyse	Biokull og prosessvann	Avfallsbehandling og biokullproduksjon

Teknologi for biokullproduksjon

Det finnes flere pyrolysereaktorer på markedet som produserer biokull. De følgende er eksempler på firma som produserer reaktorer som finnes i Norge i dag.

1. Standard BioAS (www.standard.bio) er en pyrolyseovn og biogjødselprodusent i Bø i Telemark. Firmaet selger kun teknologien sin til kunder som de samarbeider med for produksjon av ferdige biogjødselprodukter. Denne teknologien er derfor lite egnet for en gård hvor formålet er en enkel produksjon av biokull og varme.
2. Biomacon – er en mindre pyrolyseovn som produseres i Tyskland. I Norge ble ovnen installert på et biokullanlegg i Sandnes kommune i 2018, hvor kvernet avfall brukes som råstoff til biokullproduksjonen.
3. Pyreg – er en ovn fra Tyskland. www.pyreg.de
4. Aquagreen Norge / Denmark produserer en kombinert slamtørker og pyrolysemaskin, som egner seg til tørking og forkulling av fiskeslam og kloakkslam. www.aquagreen.dk
5. Det finnes mange andre typer reaktorer og firma som produserer biokullmaskiner. SINTEF har laget en oversikt over ulike teknologivalg i CarboFertil prosjektet.

6.6.3.8 Hva slags råstoff er tilgjengelig i Trondheim?

Hageavfall

Vi har innhentet data fra Trondheim Renovasjonsverk (TRV) for mengde hageavfall som er levert til gjenvinningsstasjoner i Trondheim. Årlig leveres det 3179 tonn ferskt hageavfall og ca. 1500 tonn tørrstoff. I dag kvernes alt hageavfall og fraktes til Lia hvor det blir kompostert sammen med kloakkslam fra de to renseanleggene som finnes i Trondheim.

Biokullproduksjon fra returvirke

En betydelig mengde bygningsavfall (returvirke) samles på gjenvinningsstasjoner i Trondheim. Tall fra TRV estimerer mengde av returvirke innsamlet i 2019 til 821 tonn og ca. 500 tonn tørrstoff. Kvernet returvirke brukes i dag til produksjon av sponplater, som er et positivt tiltak for økt materialgjenvinning. I tillegg til det som samles inn av TRV er det private aktører som Ragn-Sells som samler en betydelig del av returvirke fra byggeplasser.

Biokullproduksjon fra kloakkslam

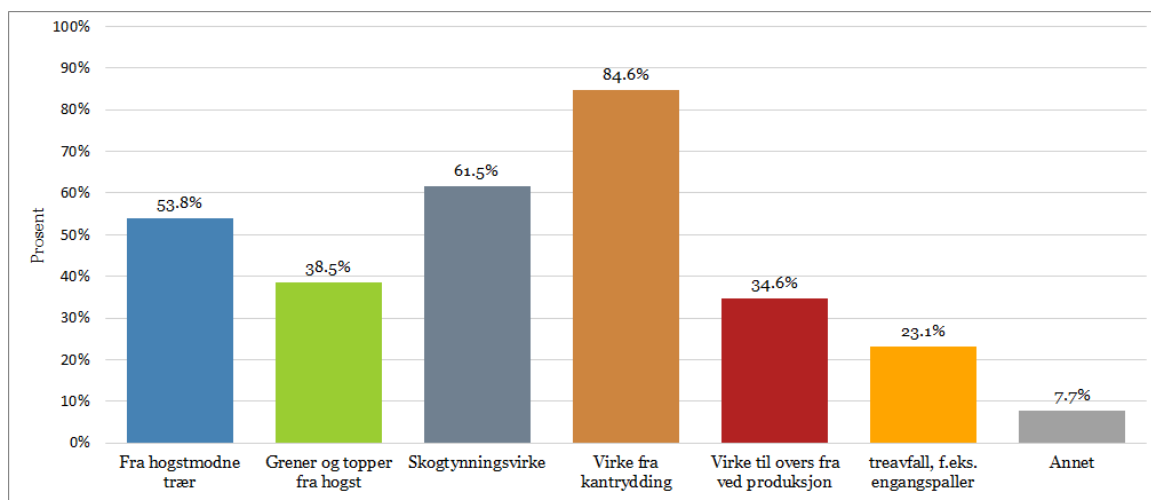
Kloakkslam er et mulig råstoff for biokull. Årlig produseres det ca. 3000 tonn (tørrstoffbasis) slam i Trondheim. Avvannet slam transporteres til Lia hvor det komposteres sammen med hageavfall. AquaGreen Denmark (www.aquagreen.dk), et firma som produserer teknologi for dampdamp og pyrolyse av slam, har foretatt en analyse etter forespørsel fra NIBIO for å estimere mengde biokull som kan produseres fra avvannet kloakkslam i Trondheim. Deres analyse viser at man kan produsere ca. 1500 tonn biokull fra 3000 tonn tørrstoff slam. Biokullutbyttet av 50% er høyere med slam enn med trevirke (ca. 30%) på grunn av høyt askeinnhold i slam. I og med at pyrolyse innebærer både volum og massereduksjon så kan vi anta at tungmetallinnholdet per kg slam-biokull vil være høyere enn det er i ubehandlet avvannet slam. Avhengig av tungmetallinnhold, vil mengde av slambasert biokull som kan spres på landbruksjord være begrenset på grunn av restriksjoner som er beskrevet i gjødselvarselskriften. Andre bruksområder hvor karbonlagringseffekten ivaretas er å bruke det i grøntanlegg og som tilsetning i bioasfalt. Karbonlagringseffekten vil være den samme om biokull

blandes inn i landbruksjord eller asfalt, så her gjelder det å finne den beste anvendelsen, både økonomisk og fra et miljøperspektiv. En fordel med pyrolyse av kloakkslam er at organiske miljøgifter og mikroplast er brent opp i prosessen og dermed ikke er ført tilbake i terrestriske og akvatiske økosystemer hvor de utgjør en miljørisiko.

6.6.3.9 Hvor mye råstoff er tilgjengelig fra jordbruksareal til biokullproduksjon?

Trevirke

Spørreundersøkelsen kaster lys over råstoffmuligheter som ligger på gårdsnivå. Gårdbrukerne som svarte på spørreundersøkelsen oppga at virke fra kantrydding, skogstynning og hogstmodne trær som de mest aktuelle råstoffkilder for biokullproduksjon hvis de først hadde tilgang til skogsvirke (Figur 6.6). I denne utredningen estimerer vi kun trevirke som er tilgjengelig fra grener og toppler fra hogst som beskrevet i [kapittel 7.4.3](#).



Figur 6.6. Aktuelle råstoffkilder for biokullproduksjon for bønder som hadde tilgang til skogsvirke (n=26)

Halm

Halm kan brukes til biokullproduksjon, men er også verdsatt av bønder som strø og dyrefôr. Fra spørreundersøkelsen oppga omtrent 40 % av bøndene at de ville ha brukt halm som biobrensel. Derfor reduserte vi estimatet på hvor mye av total tilgjengelig halm som er aktuell for biokullproduksjon til 40 % av total mengde halm som høstes. Med 42809 daa kornproduksjon og en estimert halmavling på 300kg /daa (Riley mfl. 2012) er total halmproduksjon estimert til 12842 tonn TS x 0,4 = 5137 tonn (avrundet til 5000 tonn som estimat) vist i Tabell 6.22.

Tabell 6.22 Råstoff tilgjengelig fra Trondheim og landbruket for biokullproduksjon (tonn TS per år)

Råstoff	Tonn (TS)/år	Potensiale biokullproduksjon (tonn/år) (ca. 30% utbytte)
Hageavfall	1500	450
Returvirke	500	150
Avløps slam (ca. 50% utbytte pga. høyt askeinnhold)	3000	1500
Halm	5000	1500
Skogsvirke (GROT)	5000	1500
Sum	15000	5100

6.6.3.10 Hvilke faktorer er avgjørende for at bønder i kommunen begynner med biokull?

Ut fra resultater fra spørreundersøkelsen fant vi ut de viktigste faktorene for at bønder i kommunen vil starte med biokull. Disse er rangert i Tabell 6.23. De viktigste faktorer var kunnskap om forventet agronomisk effekt, lett tilgjengelig teknologi, økonomiske forhold og tilskuddsordninger.

Tabell 6.23 Avgjørende faktorer for at bønder i Trondheim skal starte med biokull (i rekkefølge fra mest vesentlig til minst vesentlig)

Faktor	Veldig vesentlig	Vesentlig	Uvesentlig	Vet ikke
Tilstrekkelig kunnskap om forventet agronomiske effekter	58	36	2	4
At teknologi for å produsere biokull er lett tilgjengelig	54	38	4	4
At sluttøkonomi er forbedret	54	38	2	6
At de får betalt tilskudd for karbonlagring	46	36	6	12
At det bidrar med økt karbonlagring	36	46	10	10
At det har blitt testet ut i forsøk med positive resultater i Trøndelag	32	40	20	8
At det har blitt testet ut i forsøk med positive resultater i Norge	28	58	10	4
At NLR anbefaler det	16	42	32	10
At det kan kjøpes fra forhandlere	12	36	38	14

Vi spurte bønder om hvor mye de kjente til biokull fra før og svarene er vist i Tabell 6.24. Av svarene fremgår det at for 44 % var dette første gang de hadde hørt om biokull og 12 % hadde satt seg inn i det og lært litt.

Tabell 6.24 Bøndernes kjennskap til biokull (n= 50)

Hvor mye kjennskap har du til biokull?	
Ingen kunnskap om det. Dette er det første gang jeg hører om det	44,0%
Har hørt om det	42,0%
Har satt meg inn i det og lært litt om det	12,0%
Vet ganske mye om det	2,0%
Jeg produserer og/eller bruker det selv og har god kunnskap om det	0,0%

Vi spurte bøndene om et tilstrekkelig økonomisk tilskudd for karbonlagring i jord vil være avgjørende for om de vil starte med bruk av biokull? Svarene er vist i Tabell 6.25. Om lag halvparten mente tilskudd ville være avgjørende, men det var også mange (36 %) som ikke hadde noen oppfatning om det.

Tabell 6.25 Vil et tilstrekkelig økonomisk tilskudd for karbonlagring i jord vært avgjørende for at du startet med bruk av biokull? (n=50)

Ja	52,0%
Nei	6,0%
Vet ikke	36,0%
Ingen av de valgene - jeg ville ikke ha brukt det uansett	6,0%

Hovedkonklusjonen når det gjelder biokullproduksjon og bruk i Trondheim, er at en signifikant innsats må gjøres for å øke kompetansen hos bøndene, og det må være tilgjengelig teknologi før potensialet for økt karbonbinding i jord kan oppnås. Det etableres i 2020 et jordhelseprogram av Trøndelag fylkeskommunen. Med et offensivt tilskuddssystem som premierer karbonbinding i jord hos bønder kan en slik ordning stimulere til både kunnskapsspredning, teknologiutvikling og investering.

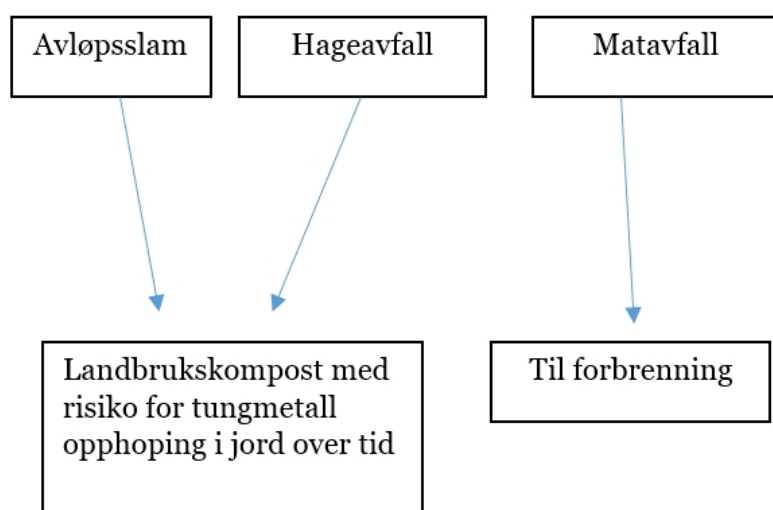
6.6.3.11 Alternativer for bedre bruk av organiske avfallsressurser i Trondheim

Trondheim kommune opplyser til NIBIO at 87% av avløpslammet tilfredsstillende klasse II kriterier eller bedre for tungmetaller i henhold til gjødselvereforskriften. Gjødselvereforskriften beskriver at for slam i kvalitetsklasse II kan slammet brukes på følgende måte:

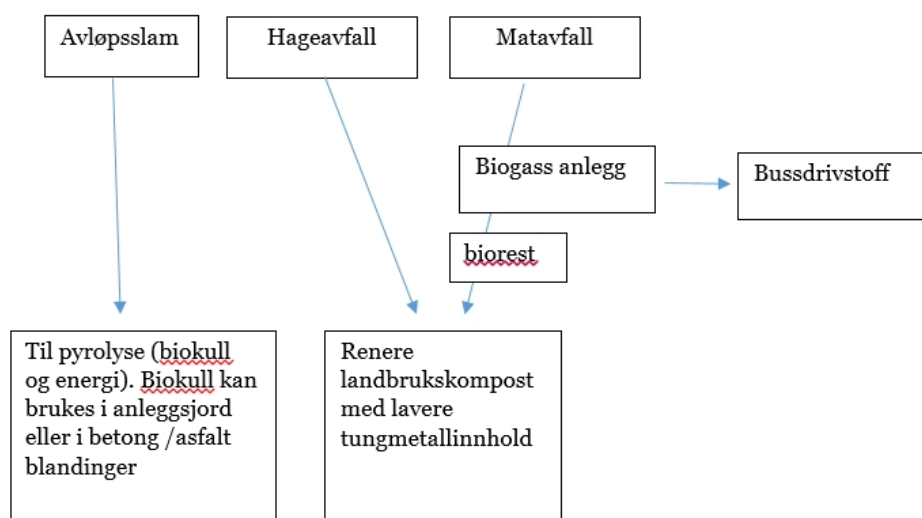
- På jordbruksarealer, i private hager og i parker kan produktet brukes med inntil to tonn tørrstoff per dekar i løpet av en tiårsperiode.
- På grøntarealer og lignende arealer der det ikke skal dyrkes mat eller fôrvekster kan produktet legges ut i lag på maksimalt fem centimeters tykkelse og blandes inn i jorda på bruksstedet.

Hvis kommunen ønsker å tilrettelegge for at bønder kan bruke mer kompost på arealene sine for å øke karboninnholdet i jord, så er man avhengig av å lage et renere kompostprodukt som tilfredsstillende klasse 0 eller 1 (gjødselvereforskriften) og som tillater større mengde per daa per år.

For å få til en forbedret kompostkvalitet må man se på alternative behandlingsmetoder for organiske ressurser i Trondheim. Matavfall i Trondheim blir ikke kildesortert i dag og går til forbrenning, men kunne vært brukt i kompost. Avvannet avløpsslam komposteres sammen med hageavfall av Franzefoss ved Lia. Kompost brukes i landbruket, men mengden som kan brukes per daa per år kan begrenses på grunn av innholdet av tungmetaller som er i komposten, og det som er tillatt i følge gjødselvereforskriften. Et alternativ til dagens system (Figur 6.7) er at avvannet avløpsslam pyrolyseres, og resulterende biokull brukes enten til grøntanleggsjord eller som tilsetning i betong og asfalt (Figur 6.8). For kompost vil man trolig oppnå et mer rent kompostprodukt med lavt innhold av tungmetaller hvis man komposterer matavfall eller biorest sammen med hageavfall. Dette forutsetter at biogassanlegget holder avløpsslam adskilt fra matavfall i to fermenteringstanker. Vi har ikke regnet ut karbonlagringseffekt ved bruk av landbrukskompost i denne utredningen.



Figur 6.7. Dagens håndtering av organiske ressurser i Trondheim



Figur 6.8. Et alternativt behandlingssystem for organiske ressurser i Trondheim

For alle de tre tiltakene beskrevet ovenfor om økt karbonlagring i jordbruksjord, er det ingen som kan umiddelbart bokføres offisielt som CO₂-reduksjoner i Norges klimaregnskap. Det pågår arbeid nasjonalt for å utvikle metoder og dokumentasjon for at slike tiltak kan inkluderes på et senere tidspunkt.

6.7 Verdiskapingspotensiale for klimatiltak i jordbruket

Vurderinger av potensialet for verdiskaping knyttet til klimatiltak tar utgangspunkt i dagens produksjoner i kommunen, og de tiltak for utslippsreduksjoner og tilpasningstiltak som er omtalt i denne rapporten. Dette må imidlertid også sees i sammenheng med målsettinger om et grønt skifte, og nasjonale strategier for bioøkonomi og sirkulærøkonomi, med overordnet målsetting forankret i FNs bærekraftsmål og lavutslippsamfunnet.

Verdiskapingsstrategien «Et verdiskapende Trøndelag» har definert bioøkonomi og sirkulærøkonomi som to av i alt fem prioriterte satsingsområder. Trøndelag har store og produktive jord-, skog- og sjøarealer som kan benyttes til biologisk produksjon utover det vi ser i dag. Strategien peker på et stort verdiskapingspotensial knyttet til det grønne skiftet, basert på store muligheter for økning av eksisterende produksjoner, eller ny bioproduksjon og industri basert på ny teknologi og oppdrett av nye organismer.

Vediskapingspotensialet i Trondheims jordbruk må primært sees i forhold til kommunens egne ressurser og jordbruksproduksjoner, men det er også et viktig moment at Trøndelag fylke er sterkt representert innen alle primærnæringer, med blant annet 23 % av jordbruksproduksjonen i Norge. Fylket har en femtedel av mjølkeproduksjonen, ledende produksjonsmiljøer for svin, kylling og storfe, status som økologisk foregangsfylke på mjølk og kjøtt, og en robust foredlingsindustri. Med om lag 200 produsenter av lokal mat og drikke er Trøndelag også Norges fremste lokalmatregion. Jordbruksarealet i Trøndelag er på 1,6 millioner dekar, hvorav 1,1 millioner dekar er grasmark og 470 000 dekar er kornarealer. Husdyrholdet er i hovedsak basert på lokale arealressurser, noe som sikrer at det meste av jordbruksarealene er i drift. Mjølke- og storfekjøtt er den bærende produksjonen målt i både sysselsetting og verdiskaping. Trøndelag har omtrent en fjerdedel av alt økologisk areal i landet, og nærmere 40 % av alle økologiske mjølkekyr.

Teknologiutviklingen kan endre den relative verdien av ulike biomassefraksjoner vesentlig i et 2050-tidsperspektiv. Bredere anvendelse av skogsråvare, herunder til produksjon av fôr til fisk og husdyr i stor skala, kan eksempelvis innebære vesentlig forsterket konkurranse om norske biomasseressurser fra skog (Øverland 2015). Dette er en faktor som også kan øke verdien av restressurser fra jordbruk og matindustrien. Bioøkonomi og grønt skifte forutsetter at biomasse erstatter petroleum i økende omfang utover i århundret. I lys av dette kan produktive arealer bli en knapphetsfaktor for både matproduksjon og forsyning av den fremvoksende bioøkonomien med biomasse. Internasjonalt er det økende interesse – og bekymring – for hvordan biomassetilgang og etterspørsel vil utvikles (Bardalen 2016).

Verdiskaping i forhold til klimagassutslipp sier noe om effektiviteten eller samfunnskostnaden knyttet til utslippsreducerende tiltak. I disse beregningene ser vi at det er til dels høye beløp per tonn endret utslipp sammenlignet med tiltakskostnad utredet i mange andre sammenhenger. Det indikerer at ingen av de foreslåtte scenariene er effektive som klimagassreducerende tiltak. Hvis det kommer tilskuddsordninger for økt karbonlagring i jord med bruk av fangvekster og biokull, kan dette bidra til økt verdiskaping for bønder. Tradisjonelt har bondens rolle i samfunnet vært å produsere mat. Med økt fokus på bærekraft i samfunnet kan rollen utvides, slik at bonden også kan levere miljø- og klimatjenester som samfunnet har behov for. I Australia har begrepet “Carbon Farming” blitt populært, og gir et innblikk i hvordan bønder i fremtiden ikke bare dyrker mat, men også utfører klimatjenester. Klimatiltak i landbruket er ofte forbundet med kostnader. Ved å lempe på restriksjoner

og innføre f.eks tilskuddsordninger kan kostnader reduseres og dette kan gi muligheter for økt omsetning. Inntjening er ikke utredet spesielt i denne rapporten.

6.7.1 Verdiskaping knyttet til risiko og tilpasning i jordbruket

Klimarisiko og aktuelle tilpasningstiltak er omtalt i kapittel 6.4. Tilpasningstiltak er i utgangspunktet ekstra kostnader for å gjennomføre tiltak. God tilpasning bidrar til høyere og mer stabile avlinger, bedre avlingskvalitet, bedre driftsforhold, og mindre skader på jordsmonnet og potensielt bedre økonomi. Men dette avhenger av kost/nytte-forholdet for tilpasningstiltakene, noe som generelt er svært vanskelig å kalkulere.

De konkrete tiltakene som er særskilte for Trondheimsjordbruket dreier seg mest om grøfting (drenering) og andre tiltak for å håndtere økte «vannutfordringer». Det blir beregnet avlingsgevinst ved god drenering, men avlingsøkningen varierer betydelig. En annen viktig effekt av god drenering er at jorden blir mer ensartet for framkommelighet og tillater mer effektiv drift. Dette er tiltak som krever høye investeringer og som uten tilskudd ofte ikke er lønnsomt, men som er nødvendige for å redusere risiko. Anbefaling om å prioritere grøfting forutsetter derfor at det er et overordnet mål om å redusere økonomisk risiko, og å sikre stabile avlinger av god kvalitet.

Drenering kan, avhengig av jordart og arrondering gjøres effektivt med grøfteplog eller gravehjul til en kostnad på ca 5000 kr per daa. Dersom arbeidet må gjøres med skuffegraver, som ofte er tilfelle på grasarealer, er kostnaden 12 - 15 000 kr. Tilskuddet er likt for alle arealer med 2000 kr per daa. Det kan derfor være vanskelig å få økonomi ut av investeringen der skuffegraver må benyttes.

For Klimakur 2030 utredet NIBIO i 2020: Fangvekster og Drenering, to NIBIO-rapporter: <https://www.nibio.no/nyheter/klimakur-2030-tiltak-for-jordbrukssektoren>.

Tilpasningstiltak øker kostnadene, reduserer risiko og gir mer stabile avlinger og økonomi. Det er ikke slik at kostnader med risikoreduserende tiltak kan tas ut ved høyere priser i markedet. Dersom slike tiltak skal gjennomføres uten at det svekker driftsøkonomien er det behov for virkemidler, som f. eks. delvis finansiering ved tilskudd.

Isolert sett vil den økte økonomiske aktiviteten som følger av klimatilpasning skape aktivitet og verdiskaping hos tjeneste- og utstyrleverandører.

Endret produksjon kan og gi økt verdiskaping, men beregningene ovenfor viser at verdiskapingen i husdyrproduksjonen vanskelig kan erstattes med andre produksjoner. Det er også slik at alternative produksjoner generelt medfører økt klimarisiko.

6.7.2 Verdiskapingspotensiale i forhold til klimatiltak i jordbruket

Verdiskapingen i jordbruket i Trondheim er beregnet med utgangspunkt i NIBIO-rapport «Kunnskapsgrunnlag for trøndersk landbruk» (Knutson 2017). Verdiskapingen er definert som netto produkt og er dividert på volum i produksjonen og multiplisert med tilsvarende volum i referansebaner og scenarier. Verdiskapingen er i faste 2017-kroner. Verdiskapingen er beregnet som avvik fra en referansebane. I tillegg er den presentert per tonn endret klimagassutslipp. Dette er en grov tilnærming og forutsetter ingen skalaeffekt, men gir en indikasjon på sammenheng mellom omfang av ulike produksjoner og summen av avkastning for bonden og betaling for leid arbeid. Nettoproduktet er lik verdien av produserte varer og tjenester minus vareinnsats. Kapitalslit (avskrivninger) er trukket fra. Alle tilskudd, for eksempel pristilskudd og miljøtilskudd er med i nettoproduktet, inkludert tilskudd som ikke kan relateres direkte til et produkt. Nettoproduktet er betaling for arbeidsinnsats, forrentning av investert kapital og kapitalslit (avskrivninger).

Verdiskapingen i referansebanen (Tabell 6.26) er beregnet til vel 41 mill.kr i 2020, og går ned til ca. 36 mill. kr i 2030. I scenariene er det ikke store avvik fra referansebanen, bortsett fra i scenario 5, som gir betydelig mindre verdiskaping med kun kornproduksjon og en relativt begrenset produksjon av

andre matvekster med høy verdiskaping per enhet. Endret verdiskaping i forhold til redusert klimagassutslipp viser om scenariene er kostnadseffektive som tiltak for å redusere utslipp av CO₂-ekvivalenter. I disse beregningene ser vi at det er relativt høye beløp per tonn endret utslipp sammenlignet med tiltakskostnad utredet i mange andre sammenhenger. Det indikerer at få av de foreslåtte scenariene er kostnadseffektive som klimagassreducerende tiltak, eller at effekten av tiltaket er relativt liten. Scenario 3 forutsetter en redusert intensitet i husdyrproduksjonen, og det vil sannsynligvis gi et annet inntektsbilde enn det som ligger til grunn i rapporten «Verdiskaping i Trøndelag». På den annen side kan det ikke tenkes at produksjonen blir lagt om uten at de økonomiske forutsetningene for god økonomi for bonden er på plass, slik at det blir usikkert hvordan verdiskapingen vil bli i det tilfellet. Det tiltaket som gir størst reduksjon av CO₂-utslipp (scenario 5) er dramatisk, og har også størst kostnad per tonn redusert CO₂-utslipp.

Tabell 6.26 Verdiskaping i Trondheims jordbruk, referansebane og scenarier.

Netto produktivitet millioner kr	Referansebane				Scenario 2, mer korn mindre husdyr. Jordbr.areal minus 5 700 daa		Scenario 3a. Jordbr.ar som i refbane. Areal- nedbygging stoppes. Mer grøntproduksjon.		Scenario 3b. Jordbr.ar. som 2020		Scenario 4. Mer planteproduksjon på de gode arealene. Mer gris og fjørfe. Ekstensivt areal plantes til eller produserer grovfør.		Scenario 5. All husdyrproduksjon fases ut.	
	2017	2020	2025	2030	2025	2030	2025	2030	2025	2030	2025	2030	2025	2030
Melk, ku	25,3	21,7	17,6	16,3	17,6	16,3	17,6	16,3	17,6	16,3	16,3	11,0	8,8	0,0
Kjøttproduksjon ammeku	1,8	2,1	1,9	1,8	1,9	1,8	1,9	1,8	1,9	1,8	0,6	0,0	1,0	0,0
Sauehold	2,0	1,8	1,5	1,4	1,5	1,4	1,5	1,4	1,5	1,4	0,5	0,0	0,8	0,0
Svin	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	2,2	3,8	0,5	0,0
Egg	3,4	3,6	3,9	4,2	3,9	4,2	3,9	4,2	3,9	4,2	3,9	4,2	1,9	0,0
Fjørfekjøtt	1,2	1,6	1,7	1,8	1,7	1,8	1,7	1,8	1,7	1,8	2,2	3,0	0,8	0,0
Korn	5,4	5,5	5,5	5,2	5,8	5,9	5,5	5,3	5,9	6,1	5,9	6,4	6,3	6,8
Andre matvekster	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	6,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,3	4,7	4,0	4,0
Sum	44,1	41,2	37,1	35,8	38,5	38,5	37,2	35,9	37,6	36,6	36,0	33,2	24,2	10,8
Diff - ref.b. nettoprodukt	-	-2,8	-6,9	-8,3	1,4	2,7	0,1	0,1	0,4	0,9	-1,2	-2,6	-13,0	-25,0
Diff CO2 tonn fra ref.bane					205	-540	-173	-1249	33	-839	-845	-3194	-3016	-6594
Nettoprodukt kr/tonn endret utslipp CO2 ekv						5048	470	98		1024	1382	817	4303	3784

7 Skogbruk

7.1 Innledning

Norge har betydelige skogressurser. I overkant av 121 millioner dekar – eller om lag 37 % – av Norges landareal er dekket av skog (Miljødirektoratet mfl. 2020a). Tall fra Landsskogtakseringen viser at av dette er om lag 8,3 millioner hektar produktivt skogareal, det vil si skogareal som kan produsere mer enn én kubikkmeter trevirke per hektar per år.

I 2018 hadde norske skoger et netto opptak på 27,8 millioner tonn CO₂ (Miljødirektoratet mfl. 2020a). Størrelsen på opptaket i skogen påvirkes av skogens alderssammensetning, hogstnivået og naturlig avgang for eksempel på grunn av brann, insekter og storm. Det påvirkes også av skogskjøtselen, og tiltak som øker det produktive skogarealet og som øker opptaket på de eksisterende skogarealene.

Nettopptaket i den norske skogen har lenge økt, frem til en topp i 2009 (Miljødirektoratet mfl. 2020a). Etter det har det vært en liten nedgang, og det forventes å fortsette å avta noe fram mot 2100 (Søgaard mfl. 2019a). Dette skyldes en kombinasjon av økende avvirkning på grunn av at mer skog blir hogstmoden, avtakende tilvekst på grunn av skogens alderssammensetning, samt lave investeringer i skogkultur de siste tiårene (Søgaard mfl. 2019a). Den nedadgående trenden kan begrenses på lengre sikt ved gjennomføring av skogskjøtseltiltak som kan styrke skogens tilvekst. Dette kan være tiltak som økt bruk av foredlet plantemateriale, tettere planting, mv. (Søgaard mfl. 2020).

Ved riktig forvaltning har skogen et netto opptak, samtidig som råstoff fra skogen kan brukes til å erstatte klimaintensive produkter basert på fossilt råstoff eller fossil energi. Det er skogens evne til å kunne både fjerne CO₂ fra atmosfæren og redusere fossile utslipp som er sentralt for å motvirke klimaendringer (Miljødirektoratet mfl. 2016). For at bruk skal være bedre enn vern av skog, er det imidlertid en forutsetning at skogen forvaltes bærekraftig i klimasammenheng, og at produktene fra skogen brukes til substitusjon.

Bærekraftig skogbruk i klimasammenheng innebærer at skogens produktivitet og evne til å lagre karbon ikke forringes, og at karbonbeholdninger ikke reduseres permanent (Miljødirektoratet mfl. 2016). Hogst vil normalt ikke redusere verken produktivitet eller skogens evne til å lagre karbon, og reduksjonen som skjer i karbonlageret er midlertidig. Men det forutsetter blant annet at en på steder hvor det kan bli vanskelig å få opp ny foryngelse på grunn av klimatiske forhold enten lar være å hogge eller tilpasser hogstform, at markberedning utføres på en måte som er skånsom, at en sikrer god foryngelse etter hogst.

Skogens klimanytte kan økes dersom en gjennom forvaltning øker netto opptak, og også dersom en øker kvaliteten på trærne slik at en større andel av tømmervolumet kan benyttes til langlevde produkter. Vi har her sett på et utvalg av tiltak, som oppfyllelse av foryngelsesplikten, tettere planting, suppleringsplanting, markberedning, ungsogpleie, lavskjerm med bjørk, nitrogengjødsling, optimal hogstalter og råtebekjempelse.

Ved vurdering av ulike tiltak i skogen, vil det overordnet være behov for å vurdere avveininger mellom hensynet til de tre pilarene klima, naturmangfold og andre miljøverdier, og næring. I skogbruket vil i all hovedsak tiltak som er bra for produksjon og næring, også være bra klimatiltak. Men det kan også være tiltak som er bra for klima og positivt for naturmangfold, men som kan være i konflikt med næringsinteresser (f.eks. forlenget omløpstid). Økt satsning på lauv kan være bra for både klima, naturmangfold og næring.

Vi har i denne rapporten ikke sett på effekter for naturmangfold og andre miljøverdier, da det ikke var en del av bestillingen. Men i flere tidligere rapporter som omtaler klimatiltak, så er det gjort vurderinger også av effekter på naturmangfold (f.eks. Miljødirektoratet mfl. 2014 om gjødsling,

Søgaard mfl. 2019b planting av skog på gjengroingsarealer, og Søgaard mfl. 2020 om utvalgte tiltak til Klimakur 2030).

7.1.1 Oppdragsbeskrivelse (og avgrensning)

Tilbudet gitt kommunen i forkant av oppdraget, avgrenser oppdraget. For skogbruksområdet skal det gis en oversikt over status for arealbruk i nye Trondheim kommune, inkludert hvilke opptak/utslipp av klimagasser ulike typer arealbruk medfører og potensial for utslippsreduksjoner. Det skal også omfatte en oversikt over mulige tiltak innen de ulike arealbrukskategoriene. Beskrivelsen er i første rekke kvalitativ, og fokuserer på Trondheims spesifikke arealbruk og relevante tiltak innenfor Trondheims kommunegrense. Leveransen er avgrenset til problemstillinger knyttet til arealbrukssektoren jf. det nasjonale utslippsregnskapet. Tiltak knyttet til skogbruket er beskrevet i dette kapitlet, tiltak knyttet til jordbruk er beskrevet i [kapittel 6](#), og tiltak knyttet til arealbruksendringer i [kapittel 8](#).

For skogbruk er det potensialet for å øke netto opptak som er mest interessant, mens utslippsreduksjoner er mindre viktig (men ikke uviktig). For de øvrige arealbrukskategoriene er utslippsreduksjon det mest sentrale, selv om det også her kan være potensial for økt opptak. Miljødirektoratet publiserte i 2019 kommunevise klimagassregnskap for arealbrukssektoren for perioden 2010 – 2015 (Miljødirektoratet 2019). Bakgrunnstallene for regnskapet er utviklet av NIBIO, og er så langt det var hensiktsmessig basert på samme metodikk som i det nasjonale klimagassregnskapet for sektoren.

Når det gjelder skog er det en rekke tiltak som vil påvirke både klimagassutslipp og karbonlagring. Vi tar utgangspunkt i grunnlagstall fra tidligere NIBIO-rapporter og tiltak fra Klimakur 2030, inkludert beregninger som er gjort for de ulike skogtiltakene.

Vurderinger av klimarisiko i jordbruket og skogbruket er ganske forskjellig, ikke minst på grunn av den grunnleggende forskjellen mellom risiko knyttet til ettårige vekster og skogbrukets lange omløpstid. For skogbruket omtales biotiske og abiotiske risikofaktorer, herunder blant annet stormfelling, skogskader som følge av sopp og insekter, samt flom, jordskred og skogbrann.

Hvilke tiltak som er beskrevet i rapporten er basert på ønsker fra kommunen, hvor tiltakenes aktualitet for regionen er vektlagt i utvalget. Det er allikevel ikke noen fullstendig oversikt over alle aktuelle tiltak for klimatilpasning eller for å øke skogens bidrag for å motvirke klimaendringer (klimatiltak) som vil kunne være relevante i Trondheim kommune.

7.1.2 Om skogen i Trondheim

Trondheim kommune har et variert landskap. Terrenget er kupert og ofte en blanding av skog, myr og bekkedrag. Mye av skogen står noe opp i terrenget og innover i marka, da arealene nærmest sjøen i stor grad er dyrket eller bebygget. I alt er det om lag 200 000 dekar produktiv skog i kommunen (verneområder ikke medregnet). Totalt er det om lag 288 000 dekar skog⁹ i kommunen.

Det er ca. 470 skogeiere i kommunen, de fleste gårdsskoger. Av større grunneiere kan nevnes Trondheim kommune, Statskog, Byåsen Bygealmening, Moen gård og Brøttem gård. Kommunalt eid skog ligger i hovedsak i Bymarka og Strindamarka, og forvaltes etter markaplanen og retningslinjer gitt i kommunale vedtak. Her kombineres skogbruk med hensyn til friluftsliv og miljø.

Skogbildet domineres av granskog, og av midlere boniteter.

⁹ <https://www.kartverket.no/kunnskap/Fakta-om-Norge/Arealstatistikk/Arealstatistikk-Norge/>

7.2 Arealbruksendringer fra og til skog

Størrelsen på det totale skogarealet påvirker potensialet for opptak og for ressurstilgang fra skogen. Avskoging gjennom overgang til annen arealbruk (typisk nedbygging og nydyrking), påskoging gjennom aktiv etablering av skog på nye arealer og naturlig gjengroing, for eksempel i fjellområder ved redusert bruk av utmarksbeite og økt temperatur, er faktorer som påvirker skogarealet.

I gjennomsnitt har det i Norge blitt avskoget 57 km² hvert år i perioden 1990 – 2018, mens det har blitt påskoget i gjennomsnitt 21 km² hvert år i samme periode (Miljødirektoratet mfl. 2020a). I tillegg til det arealet som aktivt påskoges, kommer det også til noe nye skogarealer gjennom naturlig gjengroing. På grunn av påskoging og naturlig gjengroing har skogarealet totalt sett ikke forandret seg nevneverdig på nasjonalt nivå, selv om det har vært en ikke ubetydelig avskoging i perioden. Men, en stor andel av gjengroingsarealet er definert som uproduktiv skog. Jo mindre produksjonsevnen er, desto mindre er det potensielle CO₂-opptaket per år. Samtidig skjer avskoging generelt på bedre boniteter enn «gjennomsnittsskogen», altså med høyere produksjonsevne (Breidenbach mfl. 2017). Dette leder derfor til en gradvis reduksjon i samlet potensial for CO₂-opptak, selv om totalarealet er noenlunde stabilt. Dette kan være viktig å være oppmerksom på i kommuneplanleggingen.

7.2.1 Påskoging

Påskoging er en av Norges forpliktelser under Kyotoprotokollen All overgang til skog på forvaltede arealer regnes som påskoging (for eksempel når jordbruksarealer gror igjen på grunn av opphør av bruk). Dette gjelder også alle overganger til skog på grunn av aktiv tilrettelegging (som drenering og planting). Gjengroing av myr og annen utmark regnes derimot ikke under Kyotoprotokollen. Under EUs rammeverk vil alle overganger til skog regnes som påskoging.

For påskoging er referanseverdien null i klimagassregnskapet. Det vil si at hele opptaket/utslippet i denne kategorien bokføres i forpliktelsesperioden (men kun for arealer påskoget etter 1990 under Kyotoprotokollen). Dette er en såkalt "brutto-netto" tilnærming.

I NIBIO-rapporten «Effekter av planting av skog på nye arealer. Betydning for klima, miljø og næring» har Søgaard mfl. (2019b) vurdert klimanytte, nåverdi og effekter på naturmangfold ved planting med gran på gjengroingsarealer. Vurderinger er gjort ut fra ulike nivå av kriteriene bonitet (middels, høy og svært høy), gjengroingsgrad (åpent, tidlig og sen gjengroing) og hogsttidspunkt (økonomisk optimalt og alder ved middeltilvekstens kulminasjon).

Studien konkluderer med at planting med gran på gjengroingsarealer gir positiv klimanytte sammenlignet med ingen behandling uavhengig av både bonitet, gjengroing og hogsttidspunkt. Den generelle trenden tyder på høyere klimanytte på bedre boniteter, ved tidligere gjengroingstidspunkt og ved avvirkning ved kulminasjon av årlig middeltilvekst sammenliknet med ved økonomisk hogstmodenhet gitt 4 % rentekrav. Planting med gran på disse arealene gir videre positiv netto nåverdi ved alle nivå på de tre kriteriene, med høyest nåverdi på de høyeste bonitetene.

Tilplantingen vurderes til å ha relativt begrensede effekter på naturmangfold, så lenge det plantes i henhold til lovverk og sertifiseringsordninger og begrenset til de mest vanlige vegetasjonstypene på midlere boniteter. Det vil imidlertid være økende konflikt med hensyn til naturmangfold ved økende bonitet. Betydningen av gjengroingsgrad vil variere, men generelt avtar artsrikdommen i de tidlige stadiene av gjengroingsprosessen.

Det er viktig å være klar over at det kun er ved foryngelse på åpne arealer at det betraktes som påskoging under klimagassregelverket. Planting av for eksempel gran på arealer som er under gjengroing og som allerede møter skogdefinisjonen vil kunne bidra til å øke opptaket på eksisterende skogarealer, men defineres som skogforvaltning (treslagsskifte) og ikke påskoging.

7.2.2 Påskoging rundt Jonsvatnet som et eksempel

Kommunen har bedt oss om å vurdere følgende konkrete eksempel: «Rundt drikkevannskilden Jonsvatnet er det begrensninger på bruk av beitedyr. Alternativet er da tilplanting eller å la det gro igjen på naturlig vis. Vi ønsker en beskrivelse av økonomiske og biologiske forhold knytta til dette.»

Det er ifølge kommunen tre aktuelle kommunale eiendommer i dette området som det hadde vært interessant å få vurdert med tilplanting. Dette er grunneiendommene 5001-135/1, 136/1 og 151/4. Det er til sammen 86,4 dekar fulldyrka jord, 14,9 dekar overflatedyrka jord og 69,4 dekar innmarksbeite, som potensielt kan tilplantes.

Tabell 7.1. Grunnlagstall for de tre eiendommene hentet fra AR5 (totalareal).

Eiendom	Fulldyrka, middels bonitet (daa)	Overflatedyrka, middels bonitet (daa)	Innmarksbeite, middels bonitet (daa)	Innmarksbeite, høy bonitet (daa)	Høyde (moh.)
5001-135/1	2,6	1,2	48,7		150 – 165 (fulldyrka)
	2,1	13,7	6,1		160 – 190 (overflatedyrka)
	13,6		8,4		195 – 225 (beite)
Totalt	18,3	14,9	63,2		
5001-136/1				30,8	150 – 170
Totalt				30,8	
5001-151/4	18,2				150 – 210
	13,5				
	37,7				
Totalt	69,4				
Samlet	87,7	14,9	63,2	30,8	

Arealet oppgitt som kan tilplantes er lavere enn det totale arealet av de tre jordbrukskategoriene (Tabell 7.1). Vi antar derfor at noe av arealet fortsatt skal bestå som jordbruksareal. Av totalarealet beregnet fra AR5, er det både middels og høy bonitet tilgjengelig. Da vi ikke vet akkurat hvilke areal kommunen tenker skal tilplantes, legger vi til grunn middels bonitet på alle tilplantingsarealene (basert på AR5).

Det er viktig å bemerke at vi her sammenligner effekten av å etablere granskog med effekten av naturlig gjengroing av arealet. Vi har altså ikke sammenlignet med alternativet fortsatt jordbruksdrift. Ved beregning av klimaeffekter og økonomi i tiltakene er det også en del andre forutsetninger som ligger til grunn. Vi går ut ifra at alt areal er åpent (ingen gjengroing per i dag), har middels til høy bonitet, og at fremtidig hogst vil gjøres på økonomisk optimalt hogsttidspunkt (ca 70 år). Hvor ikke annet er spesifisert, vil anslag og beregninger være basert på resultatene i Søgaard mfl. (2019b).

Ut fra flyfoto ser arealene stort sett ut til å være åpne, men med noen lauvtrær på innmarksbeitearealene.

7.2.2.1 Betragtninger knyttet til klimaeffekt

Den samlede klimaeffekten av planting inkluderer effektene av endringer i karbonbeholdning i levende og død biomasse, og jord, samt albedoeffekt. Om arealene gror igjen naturlig er de estimert til om 70 år å ha bundet om lag 15 tonn karbon i levende og død biomasse. Etablering av granskog vil på samme tid øke karbonlageret i biomassen til 36 tonn per dekar, noe som gir en differanse på 21 tonn i granskogens favør. Etablering av skog vil generelt øke mengden jordkarbon når skogen etablerer på dyrka mark (som det er overvekt av her), mens den kan gå noe ned når det plantes på beitearealer (Mayer mfl. 2020). For en sammenlikning med gjengroing kan en sammenlikning mellom lauvtre (her antakelig dominert av bjørk og or) og gran være det mest riktige. Både publiserte resultater (Mayer mfl. 2020) og foreløpig upubliserte data fra en norsk studie (BalanC) tyder på at det ikke er forskjell i total mengde jordkarbon mellom bjørk/laug og gran. Albedoeffekten er større på åpne flater enn i skog, og den største forskjellen mellom kulturskog og gjengroingsskog får man naturlig nok i områder med lang snøsesong og som på lang sikt vil domineres av glissen lauvskog (lav bonitet, lang nord, høyt over havet). Endring i albedoeffekt som følge av planting vil i dette tilfelle tilsvare om lag 1 tonn C-ekvivalenter per dekar for hele omløpet (70 år). Det kan altså være en liten positiv effekt på jordkarbon, og en liten negativ effekt på albedo. Antakelig i omtrent samme størrelsesorden. Hovedeffekten vil være på biomassen.

Den samlede effekten av å etablere granskog vil tilsvare om lag 77 tonn CO₂-ekvivalenter per dekar for hele perioden frem til hogstmodenhetsalder ved 70 år. Snitt for perioden er altså 1,1 tonn CO₂-ekvivalenter per dekar og år. For 170 dekar vil dette utgjøre 187 tonn CO₂-ekvivalenter per år i gjennomsnitt, eller om lag 13 000 tonn CO₂ totalt.

Dette er et teoretisk eksempel, og for et mer nøyaktig estimat må arealene oppsøkes og kartlegges. Men det gir en pekepinn på hvilket potensial som ligger der.

I tillegg til effekten tiltaket har på CO₂-opptak og karbonlagring, så vil effekten av tiltaket kunne forsterkes dersom tømmeret brukes til erstatning av fossile eller fossilkrevende produkter.

7.2.2.2 Betragtninger knyttet til økonomi/verdiskaping

For å finne jordverdien med dagens bruk kan man for eksempel ta utgangspunkt i nåverdien av framtidige leieinntekter. Om man antar stabile priser som øker i samme takt som inflasjonen kan man ta dagens leieinntekter og dele på realrenten, det vil si nominell rente fratrukket inflasjon. Hva som er riktig rentenivå er opp til hver enkelt å vurdere. Ved beregning av grunneiers kompensasjon ved ekspropriasjon av eiendom benyttes for tiden en kapitaliseringsrente på 4 %. Jordleieprisene i Trøndelag ligger ifølge Landbruksdirektoratet på om lag kr 330 per dekar for kornareal, kr 240 for grasareal og kr 82 for innmarksbeite. Med et areal på 88 dekar grasjord og 109 dekar innmarksbeite gir dette en årlig inntekt på om lag 30 000 kr, og en nåverdi på 750 000 kr.

En fri gjengroing vil innebære bortfall av alle inntekter i overskuelig fremtid, og har en nåverdi på kr 0,-.

Plantekostnaden alene ligger gjerne rundt 1000 kr /daa. Etablering av granskog (inkludert rydding, planting, skjøtsel) på gjengroingsareal på tidlig stadium er estimert å ha en kostnad på om lag kr 3550 per dekar (Søgaard mfl. 2019b). Antakelig vil etableringskostnaden her ligge et sted i mellom. Avvirkning vil gi en brutto omsetning på om lag 25 000 kr om 70 år, og har en nåverdi på kr 1000 per dekar og kr 197 000 for hele arealet.

Dette er ikke tilstrekkelig ut fra en bedriftsøkonomisk tankegang til å etablere skog på disse arealene, da det vil være lavere enn forventede etableringskostnader. Etablering av skog vil imidlertid ha økonomiske ringvirkninger utover grunneiers økonomi. I studien til Søgaard mfl. (2019b) indikeres en multiplikatoreffekt på 20 om en ser på hva virkesomsetningen genererer av produksjonsverdier, og 7 om en ser på hva virkesomsetningen genererer av verdiskaping.

Kostnaden ved å etablere skog kan også sees opp mot den forventede effekten på CO₂-opptak. Det er estimert et økt opptak på om lag 77 tonn CO₂-ekvivalenter per dekar sammenliknet med å la arealene gro igjen. Det gir en relativt lav pris per tonn CO₂.

7.2.2.3 Betraktninger knyttet til biologisk mangfold

Det fulldyrka arealet er i dag dominert av kulturplanter som må fornyes jevnlig for å overleve. På beitearealene kan det være større artsrikdom av beiteplanter, med arter som fornyer seg selv så lenge arealene blir brukt som beite. Arealene ligger i et område som allerede er dominert av granskog (kulturskog). Ved naturlig gjengroing vil arealene de første ca 10-20 årene gjerne domineres av ugrasarter (Sølvbunke), senere vil pioner-treslag (lauvtrearter) etablere seg, før granskogen på lengre sikt vil etablere seg. Ved etablering av skog vil arealene i løpet av 20-30 år fremstå som ung granskog. Det er liten grunn til å tro at noen av alternativene (gjengroing og planting) vil bidra til større biologisk mangfold på kort eller mellomlang sikt (200 år).

7.2.2.4 Betraktninger knyttet til jordvern

Jordvernhensyn kan potensielt komme i konflikt med dette tiltaket. Vi har i vurderingene ovenfor ikke vurdert betydning, konsekvenser og kostnader ved overgang fra fulldyrka og overflatedyrka jord til skog, med hensyn til jordvern.

Kommunene har hovedansvaret for arealforvaltningen lokalt, og dermed også for jordvern (Nasjonal jordvernstrategi, Prop. 127 S (2014–2015)). Kommunenes forvaltning av jordbruksarealene reguleres gjennom jordloven og plan- og bygningsloven. Fylkestinget i Trøndelag og Trøndelag fylkeskommune har satt i gang arbeidet med en Regional plan for arealbruk, og utarbeider en regional jordvernstrategi som en del av denne planen. Tiltaket må sees i lys av dette.

7.2.3 Avskoging

Avskoging er en annen aktivitet hvor Norge rapporterer utslipp under Kyotoprotokollen. Permanent endring fra skog til annen arealbruk - avskoging - utgjorde i 2018 alene et utslipp på 2,4 mill. tonn CO₂-ekvivalenter (Miljødirektoratet mfl. 2020a). Det er betydelig mer enn for eksempel innenriks luftfart, som i 2018 hadde et utslipp på 1,3 mill. tonn CO₂-ekvivalenter (Statistisk sentralbyrå, 2020).

Nasjonale analyser basert på Landsskogtakseringen tyder på at en stor andel av avskogingen skjer i form av mindre arealer, slik som små, gradvise utvidelser av eksisterende infrastruktur (Breidenbach mfl. 2017). I sum utgjør disse endringene et betydelig areal, selv om det lokalt kan virke uvesentlig og udramatisk. Det gir et betydelig utslipp av klimagasser, men reduserer også arealet tilgjengelig for skogbruk.

Avskoging er beskrevet nærmere i [kapittel 8.3 Avskoging](#).

7.3 Klimarisiko skogbruk

Et endret klima vil påvirke skogens dynamikk og vekst, samt risikoen for ulike typer skader, og bør dermed påvirke valg av skogbehandling (Søgaard mfl. 2017). Optimalisert skogbehandling er sentralt. De valgene som treffes om planting eller naturlig foryngelse, markberedning, ungsogpleie, tynning eller andre skogbehandlingstiltak får både betydning for de valgmuligheter skogeier vil ha i resten av bestandets omløpstid, for tømmerverdi (virkesproduksjon og kvalitet) og for driftskostnadene.

De fremtidige klimaendringer vil avhenge av hvilket utslippsscenario man legger til grunn. Rapporten «Klima i Norge 2100» (Hanssen- Bauer mfl 2015) gir et overblikk over historiske endringer i klima og mulig utvikling av klimaet under ulike utslippsscenarioer. Selv de mest moderate scenarioene innebærer klimaendringer som vil ha store effekter på skogens vekst og dynamikk.

Utviklingen i klimaet de siste år i Norge bør i sum føre til økt vekst i skogen. Det tas imidlertid noen forbehold om utfordringer relatert til tørke i slutten av århundret. Et endret klima kan dessuten lede til et sterkt endret skadebilde. Det mest drastiske utslippsscenarioet som beskrives i rapporten fra Norsk klimaservicesenter representerer i tillegg så store endringer i klima at det potensielt kan ha veldig store og uforutsette endringer på skogens dynamikk og utvikling.

En forståelse av konsekvensene av klimaendringer på skogens tilvekst og totalproduksjon er kritisk for å forutsi fremtidig biomasse- og volumutvikling, samt å forstå hvordan skogen vil påvirke det globale karbonkretsløpet.

Antón-Fernández mfl. (2016) modellerte skogens produksjonsevne i Norge, og en forventer økning i bonitet for både gran-, furu- og lauvdominert skog basert på klimaprognoser frem til år 2100. Utenom dette er det lite informasjon tilgjengelig om antatte endringer i skogens tilvekst og produksjon på grunn av et endret klima i Norge.

Skogskader kan deles inn i abiotiske og biotiske skader:

- Abiotiske skader – frost, tørke, storm- og snøskader
- Biotiske skader – insekter og sopp

Klimaendringene gir først og fremst muligheter for økt produksjon og dermed økt CO₂-opptak, gitt at potensialet ivaretas på en god måte gjennom skogbehandlingen. Men det utfordrer også den kunnskapen vi har om skogbehandling, som ofte er basert på eldre data for skogens vekst og utvikling – fra en tid da skogen vokste annerledes enn den gjør i dag. Samtidig vil risikobildet endres i et endret klima. Økonomisk maksimal verdiproduksjon i skogen og potensialet for karbonbinding må i noen tilfeller veies opp mot risiko for skader.

Klimatiltak i skogbruket vil derfor innebære maksimering av CO₂-opptak under et endret risikobilde, hvor en ser tiltak som reduserer risiko i sammenheng med klassiske skogtiltak for å øke produksjon, og gjør en avveining mellom disse.

Klimatilpasning som klimatiltak er beskrevet for noen risikobilder, som skogbrann, stomskader, rotråte og barkbiller i rapporten Klimakur 2030 – beskrivelse av utvalgte klimatiltak knyttet til skog (Søgaard mfl. 2020). I Trondheim har det vært to kraftige stormer/uvær i nyere tid som har gitt store vindfellinger. Julia 2011 kom "Dagmar", og i desember 2013 kom "Ivar". I kapittel [7.4.2.8 om tiltak for å motvirke råte](#) er det beskrevet relativt høy forekomst av råte på noen utvalgte felter i Trondheim, med om lag 30 % av trærne registrert med råte. Men samtlige risikobilder er relevante for Trondheim.

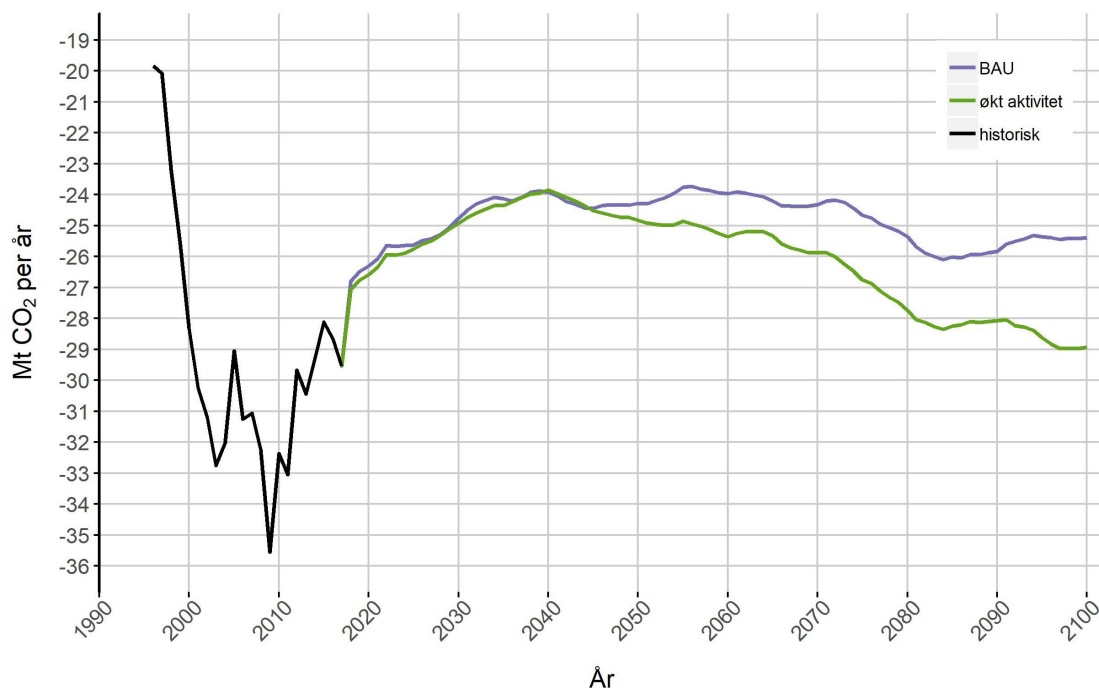
Selv om klimaendringene kan bringe med seg bedre vekstforhold for mange trær, med høyere temperaturer og mer nedbør, så bringer de også en økt risiko. Og her vil tiltak som reduserer risiko for skader også ha potensial til å redusere fremtidige utslipp. Det er derfor viktig at klimatiltak i skogbruket tilpasses et endret klima. Det innebærer at det for eksempel kan være relevant å ha lavere plantetetthet på steder med høyere vindrisiko enn det som i utgangspunktet maksimerer markas produksjonsevne, det kan være å satse på lauv på arealer med stor råterisiko selv om totalproduksjonen i utgangspunktet er lavere enn granas.

7.4 Tiltak for å øke CO₂-opptaket i skogen i Trondheim

Vi beskriver her noen utvalgte tiltak. Tiltakene er vurdert enkeltvis, men det er viktig å være klar over at effekten av enkelttiltak vil kunne påvirkes av gjennomføring av andre tiltak. Et eksempel er betydningen av forsterket oppfylling av foryngelsesplikten om det gir mer areal som plantes, og en samtidig har samtidig høyere grad av foredlet plantemateriale og tettere planting på de arealene som plantes. Da vil de ulike tiltakene kunne forsterke hverandre.

7.4.1 Tiltakpotensialet i skogbruket

Ulike tiltak en gjør i skogbehandlingen kan ha stor betydning for skogens potensial for CO₂-opptak. Tiltak som kan øke netto CO₂-opptak i skogen er blant annet bruk av foredlet plantemateriale, økt plantetetthet, gjødsling av skog, treslagsskifte på egnede arealer, optimal omløpstid, mv. Til Klimakur2030 ble det laget en framskrivning av utvikling i netto CO₂-opptak ved ulikt nivå av aktivitet på – økt plantetetthet, økt planteforedling og økt gjødsling (Søgaard mfl. 2020). Den viser at økt aktivitet gir om lag 3,5 mill. tonn høyere årlig netto opptak på nasjonalt nivå mot slutten av framskrivingsperioden (2100) enn ved det aktivitetsnivået som er i dag (Figur 7.1). Implementering av nye klimatiltak i tillegg, som ungskogpleie, økt stormstabilitet og bekjempelse av råte og ulike skader vil kunne øke det årlige nettoopptaket i norsk skog ytterligere.



Figur 7.1. Utvikling i netto CO₂-opptak med dagens praksis (BAU) i lilla farge, og økt aktivitet i grønn farge. Økt aktivitet innebærer at alt granareal som hogges plantes med gran og med økt tilskudd (100% av foryngelsesareal), og det er økt bruk av foredlet plantemateriale og økt areal med nitrogengjødsling. Historiske tall er som rapportert i Norges National Inventory Report 2019 (Miljødirektoratet mfl. 2019). Fremskrevne scenarier viser et 10-årig løpende gjennomsnitt. Figur og figurtekst fra Søgaard mfl. 2020.

Virke fra skogen kan brukes til å erstatte produkter som er basert på fossile råstoffer, og tiltakene nevnt over kan øke biomassetilgangen. Noen av tiltakene har også potensial for å øke kvaliteten på virket, og dermed kunne øke substitusjonsverdien gjennom at en større andel kan brukes i langlevde produkter. Høsting av virke fra skogen gir også restprodukter gjennom verdikjeden, fra hogstavfall i skogen og videre, som kan benyttes til bioenergi og erstatte fossil energi. I denne rapporten er imidlertid fokus på effekter i skogen (arealbrukssektoren), og ikke effekter lenger ut i verdikjeden (andre sektorer i det nasjonale klimagassregnskapet).

7.4.2 Beskrivelse av utvalgte tiltak

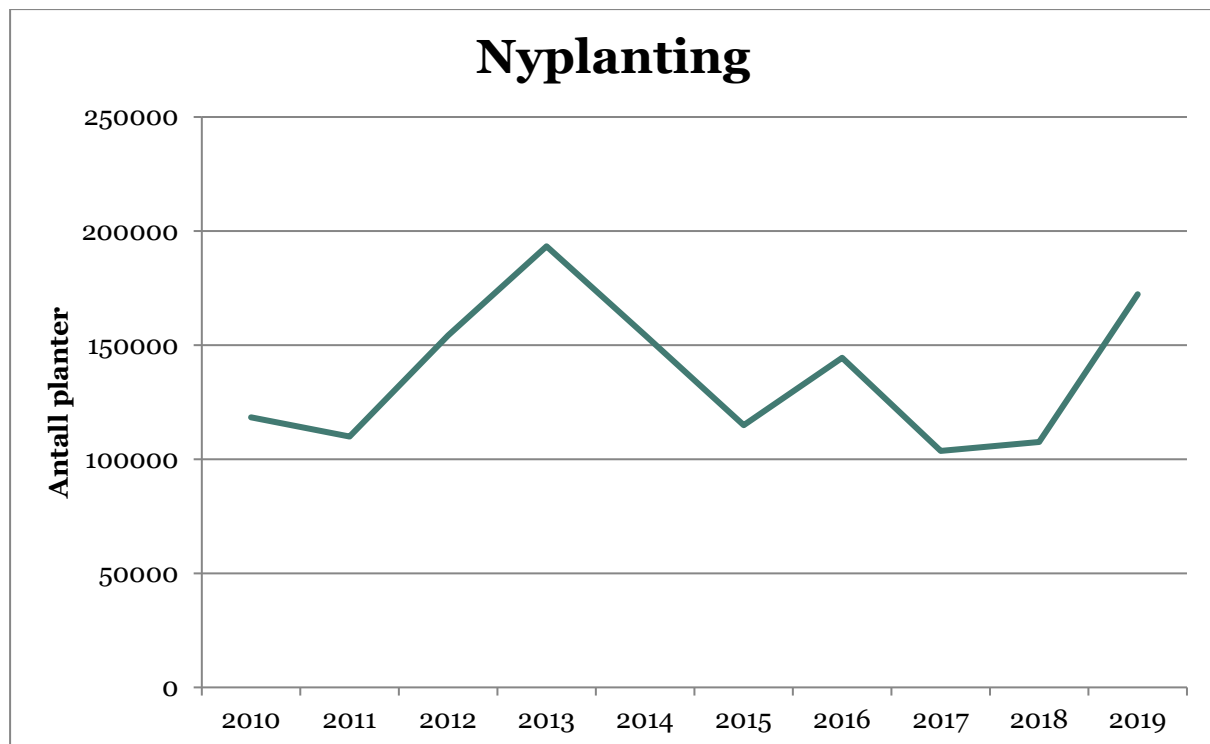
Nedenfor beskrives ulike konkrete klimatiltak som vil være relevante for Trondheim kommune. Utvalget er basert på kommunens innspill.

7.4.2.1 Økt oppfyllelse av foryngelsesplikten

I henhold til lov om skogbruk § 6 og forskrift om bærekraftig skogbruk kap. 3 (§§ 6-8), plikter skogeier å gjennomføre nødvendige tiltak for å sikre tilfredsstillende foryngelse innen tre år etter hogst. Dette er den såkalte foryngelsesplikten. Forskriften beskriver både et minste anbefalte og et minste tillatte plantetall per dekar. Planting er den vanligste foryngelsesformen i Norge, og arealandelen som plantes har økt fra 53 % i 2011 til nærmere 63 % i 2018. Det er stort sett gran som plantes, mens furu gjerne forynges med frørestilling. Arealandelen med frørestilling eller annen form for naturlig foryngelse har avtatt noe i samme periode, fra nærmere 28 % i 2011 til snaut 20 % i 2018 (Landbruksdirektoratet 2019).

Plantetallene i Norge avtok på 1990-tallet, fra å ha ligget på mellom 60 og 70 millioner planter årlig, til kun rundt 20 millioner planter på begynnelsen av 2000-tallet. «Økt plantetetthet» ble utredet i Klimakur 2020 (Klima- og forurensningsdirektoratet 2010). Det ble konkludert med at plantetallet burde heves for å motvirke fallet i framtidig karbonopptak i skogen. Økt innsats på kontroll og håndhevelse av foryngelsesbestemmelsene i forskrift om bærekraftig skogbruk – foryngelsesplikten skogeier har etter hogst – har vært et virkemiddel for å oppnå høyere plantetall (Brekke 2010). Det samme har høyere plantetetthet (se [neste kapittel](#))

Planteaktivitetet (nyplanting) i Trondheim kommune har i perioden 2010-2019 variert fra i overkant av 100 000 planter til nesten 200 000 planter (Figur 7.2).



Figur 7.2 Antall planter som har blitt satt ut årlig ved nyplanting i Trondheim kommune (Trondheim + Klæbu) i perioden 2010-2019. Kilde: Trondheim kommune.

I Trondheim kommunes retningslinjer for Tilskudd til nærings- og miljøtiltak i skogbruket heter det: «Formålet med tilskudd til nærings- og miljøtiltak i skogbruket (NMSK) er at det ut fra regionale og

lokale prioriteringer blir stimulert til økt verdiskaping i skogbruket, samtidig som miljøverdier knyttet til biologisk mangfold, landskap, friluftsliv og kulturminner blir ivarettatt og videreutviklet.» (Trondheim kommune 2020). Gjennom NMSK gis det tilskudd blant annet til nyplanting. Tabell 7.2 viser total aktivitet innen denne tilskuddsordningen i årene 2010-2019. Her er også blant annet markberedning og suppleringsplanting inkludert.

Tabell 7.2 Statistikk for skogkultur i Trondheim i årene 2010-2019, basert på utbetalinger av Tilskudd til nærings- og miljøtiltak i skogbruket. Kilde: Trondheim kommune

År	Markberedning (daa)	Nyplanting (ant. planter)	Supplering (ant. planter)	Ungskogpleie (daa)	Kjemisk etterarb. (daa)
2010	23	118 400	1 525	204	18
2011	32	109 919	0	811	40
2012	0	154 280	850	178	44
2013	0	193 325	0	820	0
2014	11	154 385	500	888	8
2015	0	114 950	12 350	1 215	0
2016	38	144 470	27 610	532	0
2017	83	103 650	700	1 187	0
2018	32	107 550	0	466	0
2019	107	172 300	12 450	721	0

En registrering av om foryngelsesplikten er oppfylt tre år etter hogst i 2019 viste at foryngelsesplikten var oppfylt på om lag 80 % av foryngelsesarealet i Trøndelag (Landbruksdirektoratet 2020c). Trondheim kommune har om lag én sak i året der foryngelsesplikten ikke er fulgt opp. Ofte er dette bynære områder der skogeier ønsker å endre arealbruken (Kilde: Trondheim kommune). Disse vil da kanskje gro igjen med lauv, og kunne få betydelig lavere produksjon (se eksempel i [kapitlet om gjengroing og planting av gran rundt Jonsvatnet](#)).

7.4.2.2 Tettere planting & suppleringsplanting

Plantetettheten i bestandet betyr mye for valgmulighetene en har senere i omløpet, og må sees i sammenheng med blant annet ungskogpleie og utgangstetthet etter denne (Søgaard mfl. 2017). Plantetettheten påvirker flere egenskaper både hos det enkelte tre og i bestandet som helhet. Det generelle bildet er at totalproduksjonen øker flere planter per dekar, men avgangen øker også, og volumet av det enkelte tre minker. Å finne fram til riktig plantetetthet vil være avhengig av ulike faktorer. NIBIO har hatt, og har, flere forsøk med ulik plantetetthet, som kan si noe om hva som bør være yttergrensene for plantetall under våre forhold. Forsøkene har noe varierende design, og noen har få gjentak slik at resultatene blir usikre.

Under de fleste forhold vil en få et godt resultat når en planter i samsvar med kravene for å få statstilskudd til tettere planting (Tabell 7.3). Det er tilstrekkelig tett til å få høy produksjon og mange trær med høy kvalitet, og gir nær maksimal nåverdi av tiltaket. Samtidig er det ikke så tett at faren for skader av snø- og vindbrekk øker mye.

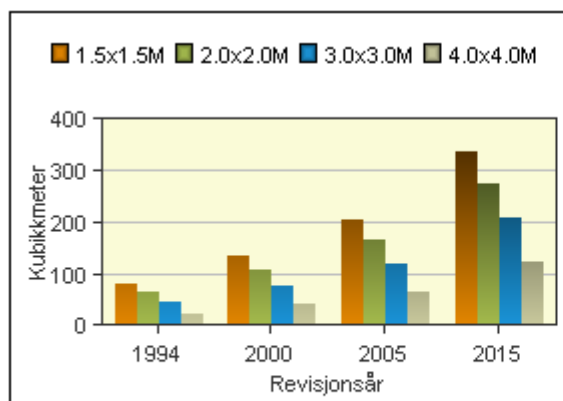
Tabell 7.3. Krav til minimum utplantingsstall for tilskudd ved nyplanting (gjelder alle treslag) hentet fra <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/eiendom-og-skog/skog-og-klima/tettere-planting/tettere-planting#tilskudd-ved-nyplanting> (oppdatert 29.1.2020). Kravene til minimum utplantingsstall for tilskudd til tettere planting er redusert med 10 prosent på markberedte felt sammenliknet med tallene i tabellen.

Bonitet	Minimum plantetall pr. dekar	Intervall for plantetall som utløser tilskudd (inntil 50 planter/dekar etter oppfylt minimumskrav)
26	220	220- 270
23	220	220- 270
20	200	200- 250
17	180	180- 230
14	160	160- 210
11	130	130- 180
8	100	00-150

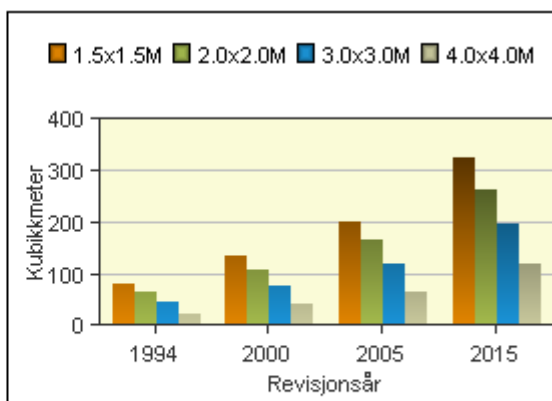
En rekke planteavstandsforsøk med gran viser at tettere planting gir høyere volumproduksjon tidlig i bestandens liv (se referanser i Søgaard mfl. 2020). NIBIO har et langsiktig feltforsøk (forsøk 936) i Namdalseid, Nord-Trøndelag (140 moh). Bestandets etableringsår er 1965, og hovedtreslag er gran. Forsøksaktiviteter har blant annet vært knyttet til produksjon og diametertilvekst ved ulik plantetetthet. Forsøket viser at dess tettere forband, dess høyere tilvekst, større totalproduksjon og mer stående volum i bestanden. Når det gjelder fordeling av diameterklasser fordelt på forsøkene, er det lavere diametertilvekst i de tettere forbandene, mens det er grovere dimensjoner i de mer åpne bestandene (Figur 7.3, Tabell 7.4).

Som omtalt i [kapittel 2.5.2](#), er det nasjonalt etablert støtteordninger til tettere nyplanting og suppleringsplanting etter hogst på eksisterende skogarealer. Tilskudd til nyplanting ble innført i 2016. Det gis tilskudd i henhold til minimum utplantingsstall. I 2019 ble det gitt et økt tilskudd til suppleringsplanting. Dette er videreført i 2020. Det gis 20 prosent tilskudd til suppleringsplanting, uavhengig av hvor mange planter som suppleres inn. Det er likevel en forutsetning at plantetettheten etter suppleringsplanting tilfredsstiller det fastsatte minimumsantallet per dekar ved tettere nyplanting (bonitetsavhengig, men uavhengig av treslag).

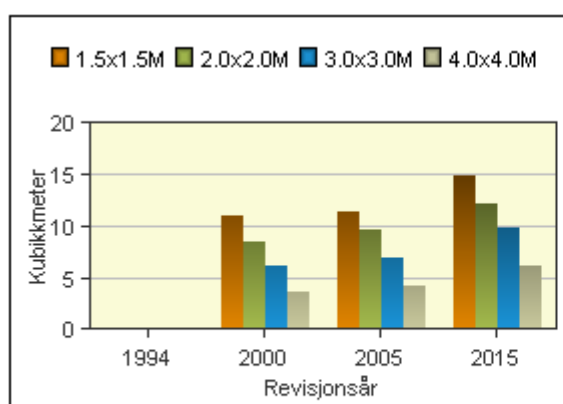
Til Klimakur 2030 laget NIBIO framskrivninger med ulike scenarier for både økt oppfyllelse av foryngelsesplikten med planting av gran på alle arealer med gran som avvirkes, og tettere planting med klimatilskudd på et større del av arealet, og kombinasjoner av disse. Samtlige alternativer ga høyere netto opptak i norsk skogbruk på lang sikt. Størst effekt ga en kombinasjon hvor en planter gran på alt foryngelsesareal med granbonitet, og med ekstra tetthet over alt. Årlig netto opptak økte med om lag 2 mill. tonn mot slutten av perioden (2100) sammenliknet med opprettholdelse av dagens praksis (Søgaard mfl. 2020).



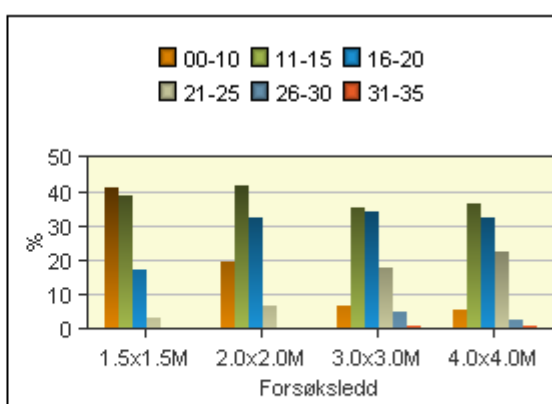
Figur 1. Totalproduksjon i m³/ha fordelt på forsøksledd og revisjonsår.



Figur 2. Stående volum i m³/ha fordelt på forsøksledd og revisjonsår.



Figur 3. Årlig løpende tilvekst i m³/ha fordelt på forsøksledd og perioden fra et revisjonsår til det neste.



Figur 4. Diagrammet viser prosentvis fordeling i diameterklasser (cm), regnet ut fra det totale treantallet pr forsøksledd ved siste revisjon.

Figur 7.3 Foreløpige resultater for plantetetthet i langsiktig feltforsøk i Namdalseid, Nord-Trøndelag. Kilde: NIBIO

Tabell 7.4 Langsiktige feltforsøk i Namdalseid, Nord-Trøndelag. Nøkkeltall fra den siste revisjonen (2015).

Nøkkeltall 2015	Ledd			
	1.5x1.5M	2.0x2.0M	3.0x3.0M	4.0x4.0M
Treantall/ha	3456	1940	1024	661
Overhøyde HO (m)	18.1	18.6	18.6	17.3
Middelhøyde HL (m)	14.4	15.2	15.8	15.0
Bonitet H40	18.1	18.8	18.8	17.9
Middeldiameter Dg (cm)	12.5	14.8	17.7	17.8
Grunnflate (m ² /ha)	42.5	33.3	25.3	16.3
Volum (m ³ /ha m. bark)	325.7	263.0	197.2	120.3
Diameter 100 grøvste/ha (cm)	21.5	23.0	26.5	24.4
Diameter 500 grøvste/ha (cm)	18.7	19.5	21.2	18.9

7.4.2.3 Markberedning

For å bedre spire- og etableringsbetingelsene til småplanter kan det være lurt å gjøre tiltak. Ved naturlig foryngelse (fra frøtrær) vil det kunne være aktuelt å legge til side humus i striper eller flekker, slik at frøene kan lande på mineraljord. Før planting kan hauglegging eller omvendt torv være bra. Denne bearbeidingen av humuslaget kalles markberedning.

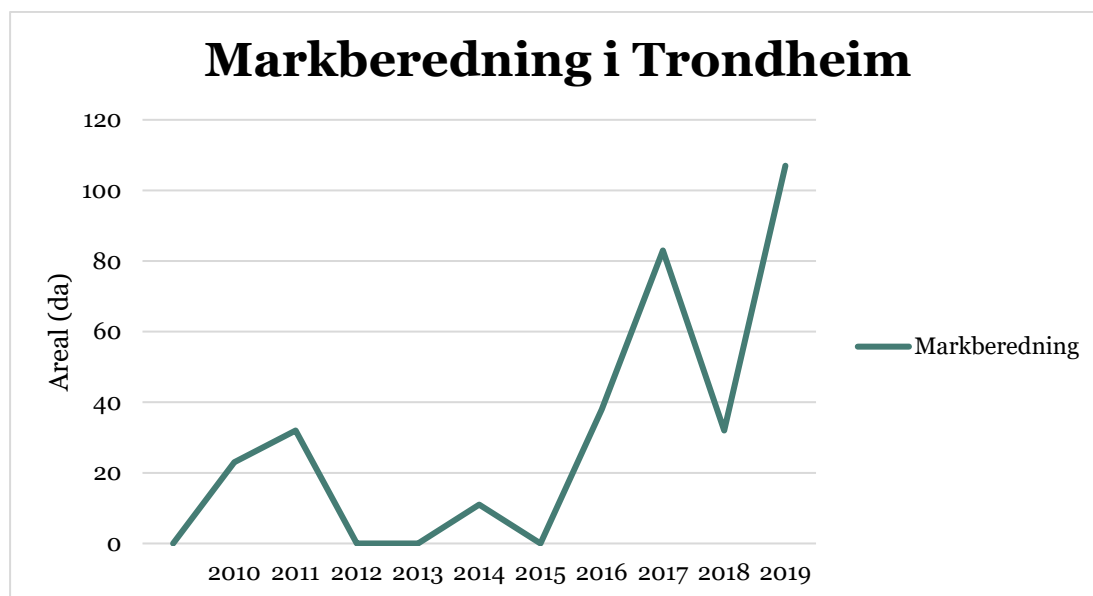
Markberedning gir mange fordeler ved foryngelse av skog (Søgaard mfl. 2017):

- minsker konkurransen fra annen vegetasjon
- gir jevnere fuktighet
- øker jordtemperaturen, slik at rotveksten går fortere
- minsker frostfaren
- øker nedbrytingen av humus slik at næringstilgangen blir bedre
- gir et opphøyd plantepunkt på fuktig mark
- begrenser snutebilleskader

I sum skaper markberedning et bedre spiresubstrat ved naturlig foryngelse og såing, gir raskere etablering ved planting, bedrer overlevelsen og øker tilveksten. I tillegg går plantearbeidet lettere.

Etter forskrift om tilskudd til nærings- og miljøtiltak i skogbruket (NMSK) § 4 kan det gis tilskudd for å stimulere til utvikling av kvalitetsskog, herunder foryngelsestiltak som markberedning.

Retningslinjene og prioritering av tilskudd utarbeides av kommunene i dialog med Fylkesmannen og de lokale næringsorganisasjonene i skogbruket (Landbruksdirektoratet 2014). Figur 7.4 viser markberedning i Trondheim kommune i årene 2010-2019. Figuren viser en økende tendens til å markberede arealer i kommunen.



Figur 7.4 Markberedning i Trondheim kommune (Trondheim + Klæbu, 2010-2019). Kilde: Trondheim kommune

En nordisk studie viste at overlevelsen i snitt øker med 15-20 % etter markberedning (Sikström mfl. 2020). Særlig der snutebilletrykket er høyt kan man forvente god økning i overlevelsen etter markberedning. Den samme studien viste at trærne på markberedte flater var 10-25 % høyere etter 10-15 år. Denne effekten var størst i kjølig klima.

Med de forventede klimaendringene blir det enda viktigere å legge til rette for rask og god planteetablering, slik at skogplantene motstår konkurransen fra annen vegetasjon og angrep fra snutebiller (Søgaard mfl. 2017). Der forholdene er egnet for det, er markberedning et viktig tiltak for å oppnå dette, både ved naturlig foryngelse og planting. Markberedning for naturlig foryngelse bør særlig benyttes der råhumuslaget er tjukt og seigt, slik som i røsslyng-blokkebærskog og en del utforminger av blåbær- og bærlyngskog. For å øke spireprosenten ved naturlig foryngelse er det nok med en grunn markberedning som fjerner humuslaget. Ved markberedning før planting bør metoden tilpasses stedet. Hauglegging og andre metoder som skaper et forhøyet plantepunkt er bra på fuktig mark. Der man forventer snutebilleangrep er det et mål å lage flest mulig planteplasser med rein mineraljord på toppen, og å sikre at plantemannskapet utnytter disse planteplassene. Markberedning kan gi økt oppslag av lauvtrær, særlig på fuktig mark. Av hensyn til dette, og også på grunn av faren for avrenning og hensynet til rekreasjon/estetikk, er det en fordel å benytte metoder som påvirker en mindre del av overflaten.

Gransnutebiller (*Hyllobius abietis*) kan gjøre stor skade i plantefelt, ved at de gnager barken av småplantene slik at de skades eller dør. Høsten 2017 ble 200 ett- til toårige granplantefelt i Sør-Norge, fra Trøndelag og sørover, undersøkt for skader og avgang på grunn av snutebiller og andre årsaker (Hanssen og Fløistad 2017). Resultatene viser at snutebillene er til stede i hele Sør-Norge, og i alle høydelag opp til 800 m o.h. I kun 10 % av feltene ble det ikke funnet granplanter med snutebillegnag. I gjennomsnitt var det en avgang på grunn av snutebiller på minst 7 %, og en total avgang på minst 10 %. Fordi det er vanskelig å finne igjen plantene såpass lenge etter planting, særlig de som er døde, må dette ses på som et minimumsestimat. Snutebillene vil være til stede på hogstflatene inntil 3-5 år etter hogst, slik at avgangen må forventes å øke ytterligere.

Rapporten fra Hanssen og Fløistad (2017) peker på at lengre ventetid mellom hogst og planting ga mindre avgang på grunn av snutebiller. Av hensyn til klimaeffekt og økonomi er det imidlertid bra å plante raskt etter hogst. Plantetype spilte også en rolle for avgangen, ved at de mindre M95 1-årige plantene hadde større avgang enn 2-årige M95-planter. Bruk av markberedning virket positivt inn på overlevelsen, og ga også mindre gnagskader på plantene. Tre plantefelt i Trondheim er med i undersøkelsen. Alle de tre undersøkte feltene i Trondheim har registrerte snutebillegnag (opp mot 15 % av plantene hadde gnag), men de kommer relativt godt ut med hensyn til avgang.

Markberedning kan gi tap av jordkarbon, og jo mer forstyrrelse desto mer tap (Mayer mfl. 2020). Tapet vil imidlertid ofte veies opp gjennom den økte veksten en får i skogbestandet (Mayer mfl. 2020, Søgaard mfl. 2020), og utført skånsomt kan markberedning kan derfor være et godt klimatiltak.

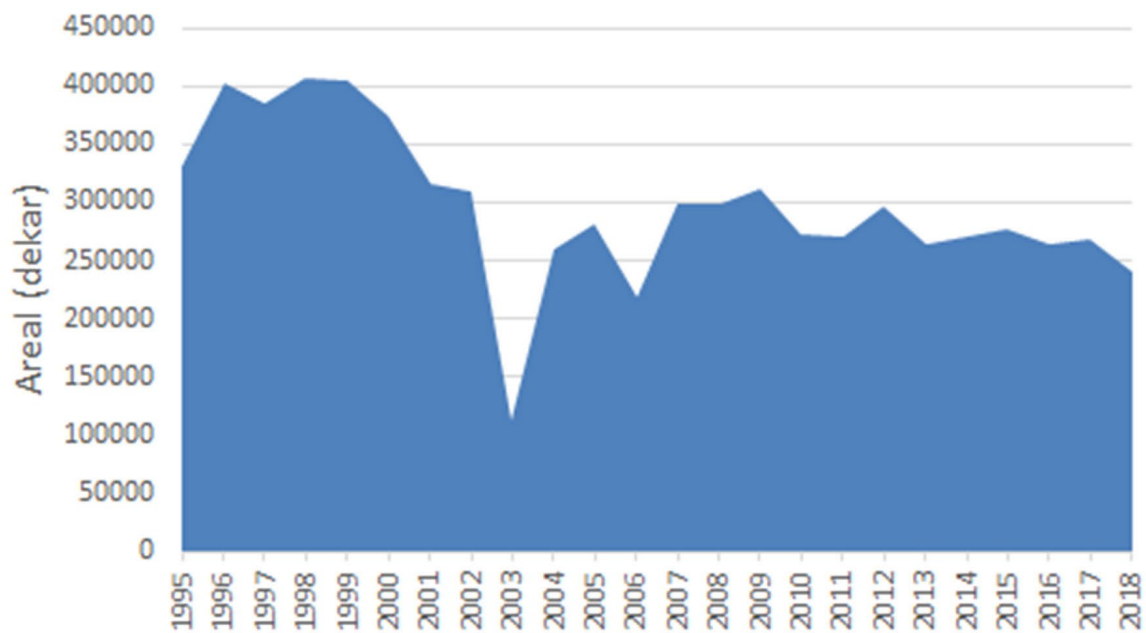
7.4.2.4 Ungskogpleie

Ungskogpleie er et samlebegrep for tiltak som gjøres i etablert skog, men før trærne har vokst seg store nok til å gi nyttbart virke. Hensikten er å påvirke den videre utviklingen til skogbestandet i ønsket retning (vanligvis med henblikk på optimal verdiproduksjon). Dette skjer ved å regulere treslagssammensetningen og tretettheten slik at en gir best mulig utviklingsmuligheter for de trærne som kan gi best kvalitet og høyest produksjon (Søgaard mfl. 2020). Ofte vil inngrepet innebære en kombinasjon av avstandsregulering av bestandstreslaget og fjerning av uønskede konkurrerende treslag.

Utført ungsogpleie vil være gunstig med tanke på stabiliteten til trærne, siden deres motstandskraft mot vind- og snøbrekkskader i stor grad formes mens de fortsatt er unge. Det er viktig at man gjennom ungsogpleien legger til rette for at trærne utvikler et stort rotsystem, en symmetrisk krone og et høyt diameter-høyde forhold. Utføring av ungsogpleie vil dermed også redusere sannsynligheten for klimabetingede skader senere i omløpet (Søgaard mfl. 2020).

Ungskogpleie kan altså ha positiv effekt som klimatiltak både gjennom å gi økt volumproduksjon, fremme kvalitetsproduksjon og gi økt stabilitet, og dermed mindre skader i fremtidsskogen.

Utført ungskogpleie 1995-2018



Figur 7.5 Omfanget av utført ungskogpleie har variert på nasjonalt nivå i perioden 1995 - 2018. Statistikken omfatter ungskogpleie der deler av kostnadene er dekket med skogfondsmidler og/eller offentlige tilskudd. En kan merke seg den betydelige reduksjonen rundt årtusenskiftet og det lave omfanget i 2003, da tilskuddet til ungskogpleie ble fjernet. Etter gjeninnføring av tilskuddsordningen har aktiviteten igjen tatt seg opp, men har siden ligget på et betydelig lavere nivå enn i perioden før 2003. Kilde: Statistisk Sentralbyrå.

Rapporten *Klimakur 2030 – beskrivelse av utvalgte klimatiltak knyttet til skog* fra Sjøgaard mfl. (2020) har kvantifisert hvor store arealer som er aktuelle for ungskogpleie de nærmeste årene. Resultatene tyder på at bestand med *klart behov* og *usikkert behov* for ungskogpleie er i størrelsesorden 3-4 og 19 ganger større enn det årlige arealet som ungskogpleies i dag. I granskog er behovet størst på de beste bonitetene, mens det ikke er en tilsvarende trend i furuskog. Resultatene fra Sjøgaard mfl. (2020) indikerer et betydelig etterslep. Innsatsen bør derfor økes til et nivå som er høyere enn det årlige tilfanget av nye arealer i en periode.

Klimaeffekten av ungskogpleie er estimert i *Klimakur 2030* (Sjøgaard mfl. 2020). Sjøgaard mfl. legger til grunn at en ønsker å komme ajour med etterslepet nevnt ovenfor i løpet av fem år og samtidig løpende behandle nye arealer etter behov. Med forutsetning om en gjennomsnittlig omløpstid (med ungskogpleie) på 80 år for de aktuelle arealene, blir da samlet meropptak frem til år 2100 på 1,57 millioner tonn dersom en forutsetter at omløpstiden øker med 10 prosent uten ungskogpleie, og 3,99 millioner tonn hvis en forutsetter 30 prosent økning uten nødvendig ungskogpleie.

Uavhengig av treslagssammensetning kan en forvente en positiv effekt på størrelsen (diameter) på de trærne som høstes ved sluttavvirkning når konkurransen mellom trærne reduseres. Dette vil føre til at en større andel av biomassen som høstes forventes å ha dimensjoner for sagtømmer. Klimaeffekten av økt volum sagtømmer og en generell kvalitetsforbedring gjennom potensielt økt substitusjonseffekt er imidlertid ikke vurdert nærmere her.

Ungskogpleie kan utføres en til tre ganger, normalt når trærne er mellom 1 og 4 meter høye (Landbruksdirektoratet 2020). Antall inngrep er avhengig av hvor fort konkurrerende vegetasjon vokser. Kostnadene ved ungskogpleie bestemmes i stor grad av treantall og trehøyde. Det kan derfor ofte være rimeligere å gjøre to inngrep, enn ett sent inngrep. Skogbrukets kursinstitutt (Skogkurs) har laget en veileder om ungskogpleie for skogeiere. Skogbruksplanen vil videre være et godt verktøy for å

identifisere arealer med behov for ungskogpleie. Bestand i hogstklasse 2 (klassifisering av ungskog) vil være mest aktuelle.

Søgaard mfl. (2020) peker på at det har vært relativt stort fokus fra skogeierorganisasjonenes side på å få opp aktiviteten i ungskogpleie i Norge. Allikevel er det altså et betydelig etterslep/potensial. Forhold som lang investeringshorisont, manglende kunnskap om positive effekter, mangelfull oversikt over behovet på den enkelte eiendom og begrenset kapasitet til gjennomføring kan antas å være begrensende for aktiviteten. Dette gjelder nok også lokalt i Trondheim. Ungskogpleie har vært et satsningsområde for kommunen, og Trondheim kommune har de siste 10 åra hatt et samarbeid i Nidaros skogforum, som er et skogfaglig samarbeid mellom kommunene Selbu, Tydal, Stjørdal, Meråker, Malvik og Trondheim, der det er ansatt en skogpårdriver. Pådriveren gir råd og driver oppsøkende virksomhet, særlig mot skogeiere som har behov for ungskogpleie. Statistikk over aktivitet viser, i følge kommunen, tydelig at det ikke var noen pådriver i 2010 og 2012. En antar at behovet for ungskogpleie iallefall ligger på det doble av det som utføres (Kilde: Trondheim kommune).

7.4.2.5 Blandingsbestand og lavskjerm av bjørk

Søgaard mfl. (2015) viser til tidligere studier som indikerer at generelt er totalproduksjonen i et blandingsbestand med to treslag ofte høyere eller likt et gjennomsnitt av forventet produksjon for begge treslagene dyrket hver for seg i rene bestand. Det relative forholdet mellom produksjonsnivåene er imidlertid avhengig av blandingsforhold og skogbehandling, treslagenes vekstrytme og i hvilken grad de er i stand til å nyttiggjøre seg ulike nisjer med hensyn til vekstform og ressurstilgang. Kombinasjonen bartrær/lauvtrær er ofte ikke en god kombinasjon gjennom hele bestandsomløpet på grunn av ulik vekstforløp og behov for skjøtsel. For å maksimere produksjonen, kan imidlertid en blanding av bjørk og gran tidlig i omløpet være gunstig. Dette kan eksempelvis legges opp som en lavskjerm av bjørk.

En lavskjerm av bjørk beskrives i Søgaard mfl. (2015). Lavskjermen består av yngre bjørketrær. Disse fjernes gjerne ved en sen ungskogpleie eller ved en tidlig tynning, i motsetning til en tradisjonell skjermstilling hvor skjermen består av hogstmodne trær som fjernes når foryngelsen under er tilfredsstillende. En lavskjerm med bjørk kan gi økt totalproduksjon i bestandet, forutsatt at bjørka reguleres til riktig antall og at hele bjørkeskjermen tas ut på et tidlig tidspunkt. Ved å utnytte bjørkas høye tilvekst i tidlig fase, kan en gjennom ungskogpleie utvikle en lavskjerm over granforyngelsen og dermed oppnå høyere biomasseproduksjon sett over et helt bestandsomløp. Volumproduksjonen i bjørkeskjermen vil ofte overstige produksjonstapet i grana. Generelt kan skjermen bidra til bedre overlevelse og mindre skader på granforyngelsen. Det er imidlertid avgjørende å sikre at treantallet i bjørkeskjermen reguleres til et nivå som gir granforyngelsen tilfredsstillende utviklingsmuligheter, samtidig som en tilrettelegger for biomasseproduksjon i bjørka. Riktig skjøtsel av skjermen er avgjørende for resultatet.

En kan merke seg at feltforsøk med lavskjerm bjørk over granforyngelse stort sett bare er utført på høye boniteter, hvor slike bestand forekommer naturlig.

7.4.2.6 Nitrogengjødsling

Nitrogengjødsling er beskrevet i rapporten Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030 (Miljødirektoratet 2015) som et tiltak for å opprettholde eller øke opptaket av klimagasser på eksisterende skogarealer. Både i retningslinjer for tilskudd (Landbruksdirektoratet 2020a) og i et eget kravpunkt i Norsk PEFC Skogstandard (PEFC Norge, 2015) er det regler for ivaretagelse av miljøhensyn ved gjødsling.

Tilveksten i de fleste barskoger i Norge begrenses av tilgjengelig nitrogen i skogsjorda (Hanssen & Bergsaker 2017). Ved å tilføre nitrogen gjennom skoggjødsling, vil vi øke tilveksten i en periode på 6-10 år. Gjødsling med 15 kg nitrogen per dekar, som er standard skoggjødslingsdose, gir en økt tilvekst på rundt 1,5 m³ per dekar. Dersom man tar hensyn til den totale økningen i biomasse i treet, vil en tilvekstøkning som gir 1 m³ tømmer ekstra binde omtrent 1,5 tonn CO₂.

Aktuelle bestand for gjødsling er middels og gode boniteter av gran og furu, nærmere bestemt G11 - G20 og F11 - F17. Også gjødsling av bonitet F/G8 kan gi et godt resultat dersom det ikke er andre faktorer som klima eller vanntilgang som begrenser veksten. Tilveksteffekten i lauvskog er kort og usikker, og man bør derfor ikke gjødsle bestand som har mer enn 20 % innblanding av løvtrær. Gjødslingen foretas som oftest én gang, ca. 10 år før sluttavvirkning.

Siden 2016 er det gitt støtte (inntil 40 % av kostnadene) til gjødsling av skog som et klimatiltak¹⁰. Det ble i den forbindelse utarbeidet et infoark fra Skogkurs (Skogkurs 2016), som oppsummerer de faglige konklusjonene for tiltaket, og der tilskuddet er tatt med i de økonomiske beregningene. Det er satt egne miljøkrav for dette tilskuddet.

Gjødslingen kan foretas ved hjelp av helikopter, traktor eller manuelt. Gjødsling fra helikopter stiller små krav til vei- og terrengforhold, men er avhengig av at arealet er av en viss størrelse. Traktorgjødsling kan være aktuelt når det er små arealer som skal gjødsles, og de ligger nær vei og har gode kjøreforhold.

Tabell 7.5 Gjødslingsstatistikk for Trøndelag, inkludert tall for hele fylket (2016-2019), samt Sør- og Nord-Trøndelag enkeltvis (2005-2017). Tallene gjelder arbeid som er utført med skogavgiftsmidler og/eller som har fått statstilskudd. Kilde: Statistisk sentralbyrå (SSB) og Landbruksdirektoratet

Gjødsling av skog i Trøndelag	Areal (da)														
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Trøndelag (totalt)												221	12320	10587	5247
Sør-Trøndelag (-2017)	2983	18	3	17	0	0	..	106	0	3991		
Nord-Trøndelag (-2017)	128	205	74	93	244	52	..	0	..	0	0	..	8338		

Tabell 7.5 viser statistikk for gjødsling i Trøndelag i årene 2005-2018 (Statistisk sentralbyrå, 2020). Tallene viser at gjødslingsnivået i hovedsak lå på et beskjedent nivå utover 2000-tallet, men økte kraftig da tilskuddet til gjødsling av skog som et klimatiltak ble innført i 2016.

I 2019 ble det gjødslet et areal på 5 247 da (Kilde: Landbruksdirektoratet). Dette er i underkant av halvparten av det som ble gjødslet i fylket i toppårene 2018 og 2017 (henholdsvis 10 587 da og 12 320 da). Det er ikke registrert gjødsling i skog i Trondheim kommune i 2019 (Per Olav Rustad/Landbruksdirektoratet, pers.medd.).

I 2018 ble det publisert en artikkel om gjentatt gjødsling i yngre granskog i Trøndelag (Hanssen & Kvaalen 2018). Selv om engangs gjødsling av eldre skog er mest aktuelt av hensyn til både økonomi og potensielle effekter på f.eks. vegetasjon og avrenning, viste studien at gjentatt gjødsling av yngre skog kan gi en god effekt på skogproduksjonen og dermed også på CO₂-opptak. Feltene ble etablert som et samarbeidsprosjekt med fylket/kommunene.

NIBIO har flere eldre forsøk i eldre skog fra Trøndelag. Figur 7.6 illustrerer gjødselresponsen for to av disse forsøkene. Figuren viser det årlige ekstra volumtillegget av å gjødsle, inntil 10 år etter gjødslinga ble gjennomført. Etter 10 år har gjødslingen gitt 2,1 m³ ekstra tømmer per dekar på feltet i Snåsa, og 1,5 m³/daa i Overhalla.

Tallene ovenfor gjelder den levende biomassen – trærne. I en nylig publisert litteraturstudie (Mayer mfl. 2020) konkluderes det med at nitrogengjødsling også kan være positivt for karbonlagring i skogsjorda.

¹⁰ <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/eiendom-og-skog/skog-og-klima/gjodsling-som-klimatiltak>



Figur 7.6 Gjødselrespons (m³/daa og år) i to forsøksruter i granskog på G11-bonitet, Snåsa og Overhalla. Kilde: NIBIO

7.4.2.7 Optimal hogstalder

Vurderinger om hogsttidspunkt for ulike skogbestand bør bygge på kjennskap til aktuell skogtilstand og forventninger om framtidig vekst og utvikling for skogen (bonitet, treantall, diameter og høyde) og framtidige forhold som gjelder skogens verdiutvikling (Bergseng mfl. 2018). I tillegg kommer vurderinger av hva som er best klimatiltak med hensyn til karbonopptak og -lagring. Et relevant tema på lang sikt er dessuten hvordan klimaendringer påvirker produksjon av trevirke og bruken av trevirke.

Dersom et høyt karbonlager i skog prioriteres, og en samtidig ønsker å kombinere dette med høsting av virke, viser en litteraturgjennomgang (Dalsgaard mfl. 2015) at dette best kombineres ved å drive skogbruk med flatehogst der en øker omløpstiden noe utover normal hogstmodenhetsalder. Dette er i tråd med klassisk produksjonsteori, hvor hogst ved den alder hvor kurven for årlig middeltilvekst og kurven for årlig løpende tilvekst krysses er der hvor en maksimerer volumproduksjon. Alder for hogstklasse V, som vanligvis betraktes som hogstmodenhetsalder, er normalt noe tidligere.

Ved vurdering av hogstmodenhet vil det være naturlig å legge vekt på skogens vitalitet (råteutvikling, alder, tetthet, stormfelling, brann mm) og markedsmessige forhold (tømmerprisutvikling og avsetningsmuligheter), i tillegg til et forlenget omløp med tanke på klima.

Forventet volumutvikling i skogbestand kan anslås eller beregnes med relativt god presisjon ved hjelp av tilvekstmodeller. Det mest utfordrende forholdet er knyttet til vitalitet og dynamikk i eldre skog som dels er gjenstand for en gradvis avgang (f.eks. råte, tørke av enkeltrær) og dels utsatt for en viss risiko for sammenbrudd forårsaket av stormfelling, brann eller insektangrep (f.eks. barkbille).

Hogstklasse som begrep nyttes for å beskrive skogens relative alder. Hogstklasse V regnes som hogstmoden skog. Sertifiseringssystemet PEFC benytter en absolutt aldersgrense for hver bonitet, uavhengig av hogstklasse. Nedre hogstalder etter PEFC ligger noe lavere enn vurderinger av hogstklasse per bonitet.

Tabell 7.6 Nedre aldersgrenser (husholdningsalder) for hogstklasse III - V (Kilde: Norsk Skoghåndbok).

Bonitet (H40)	Hogstklasse		
	III	IV	V
23	20	40	60
20	20	45	70
17	25	55	80
14	30	60	90
11	35	70	100
8	45	75	110
6	55	85	120

I Resultatkontrollen for foryngelse (<https://www.landbruksdirektoratet.no/no/eiendom-ogskog/miljohensyn-i-skog/resultatkontroll>) registreres hogstklasse før avvirkning. Dette gir mulighet til å analysere omfanget av hogst i ung skog.

Bergseng mfl. (2018) finner at økonomisk hogst alder med realistiske forutsetninger er høyere enn eksisterende nedre aldersgrense for hogst satt i PEFC-kriteriene. Dette er anslått til 5-30 år (10-35 %) høyere for furu og 5-20 år (10-25 %) høyere for gran. For enkelte skogeiere, kan det likevel ikke utelukkes at aldersgrenser ned mot PEFC-grensene vil oppleves som begrensende for rasjonell atferd.

Videre konkluderer NIBIO-rapporten med at nedre aldersgrense for hogst på nivå med hogstklasse V (75 % av alder for årlig middeltilveksts kulminasjon) er for de fleste boniteter og avkastningskrav over økonomisk optimal hogst alder og gir således et økonomisk tap for skogeier. Samtidig vil årlig karbonopptak øke med omtrent 1 Mt CO₂/år.

Noen trender trekker i retning av kortere omløpstider. Redusert dimensjonspremiering for skurtømmer siste 10-20 år er en av disse. Videre vil risiko knyttet til for eksempel vind og stormfelling også kunne trekke i retning av kortere omløpstider. Generelt vil endringer i a) skogens vitalitet og helsetilstand og b) forventinger om framtidig tømmerpris kunne gi kraftig utslag på hogstmodenhetsvurderingen framover.

En litteraturstudie fra NIBIO (Dalsgaard mfl. 2015) har sett på karbondynamikk ved bruk av ulike hogstformer og avvirkningsstrategier. Det fremgår av litteraturen at når hogstinngrepet er av en betydelig størrelse, som ved flatehogst, kan det forventes et tap av totalt jordkarbon i tiden etter hogst i størrelsesorden 7 til 22 prosent. I en nyere litteraturstudie konkluderes det med at totalt tap av jordkarbon er under 10 % etter flatehogst. Det vil tapes karbon fra jorda i en periode på opptil et par tiår etter hogst. Gjennom det påfølgende bestandsforløpet vil jordkarbon igjen akkumuleres. En kan se for seg at lenger omløpstid vil gi færre hogstinngrep sett over en lang tidshorisonst/stort areal, og dermed kunne gi noe større akkumulering av jordkarbon.

7.4.2.8 Tiltak for å motvirke råte

I en undersøkelse av Huse mfl. (1994), ble råtefrekvens i gran skog vurdert basert på registreringer av antall friske granstubber, samt antall stubber med rotkjuke, honningsopp og kombiråte (rotkjuke+honningsopp) rett etter hogst. I granas naturlige utbredelsesområde (Aust-Agder, Østlandet og Midt-Norge opp til Saltfjellet) var i gjennomsnitt nesten hvert fjerde tre råteinfisert. Undersøkelsen omfattet også 14 bestand i Trondheim kommune (8 i Trondheim og 6 i Klæbu): om lag 30 % av trær hugget i disse bestandene hadde råte. Råtefrekvens er avhengig av jordsmonn, bonitet, bestandshistorikk og alder på trær, og det er vanskelig å si hvorvidt disse dataene fra Trondheim er representative, siden de kommer fra kun 14 bestand. Tatt i betraktning relativt ung alder på

bestandene som er undersøkt i Trondheim, 60-80 år, tyder resultatene på at det er nokså høy råteprosent i granskog i kommunen. Det er mange bestand som sannsynligvis vil være meget råteutsatte hvis man fortsetter med gran i neste generasjon, siden råtefrekvensen kan øke per tregenerasjon.

Råtedannelse gjør at sagvirket ikke kan realiseres, og dermed uteligger blant annet substitusjonseffekter i klimasammenheng (det vil si effekt i form av reduserte klimagassutslipp ved å erstatte et produkt med trevirke). Ved skogproduksjon i råteutsatte bestand vil vi få et skifte i andel sagvirke og virke som oppfyller dimensjonskravene til sagvirke. På grunn av råte vil en større andel nedklassifiseres til masseved eller energived.

Over 80% av råte i granskog er forårsaket av rotkjuke. Det som gjør rotkjuke spesielt skadelig er at stammeråte i gran stiger ofte opp til 10-12 m over bakken. Fjerning av rotkjuke fra infiserte bestand er vanskelig siden soppen kan overleve i stubber i mange tiår, og sprer da til neste tregenerasjon etter at det har blitt dannet rotkontakter mellom infiserte stubber og nye trær. Underlagsrapporten om skogtiltak til Klimakur 2030 (Søgaard mfl. 2020) peker på at skifte av treslag (det vil si et omløp med treslag som er motstandsdyktig mot rotkjuke) er det mest effektive tiltaket mot rotkjuke. Men det er lite praktisert på grunn av mangel på alternative treslag med høy produktionsverdi. Ønsker man derfor fortsatt bruk av gran, burde man heller satse på forebyggende tiltak: herunder nevnes vinterhogst i perioder med snø og frost i bakken, eller bruk av stubbebehandling (urea, Rotstop) ved sommerhogst og hogst i milde vinterperioder. Riktig påført stubbebehandling reduserer smitten med over 90 %. Urea og Rotstop er vurdert som like effektive, men klimafotavtrykket ved bruk av urea er mye (900 ganger) høyere enn for Rotstop. Høyt klimafotavtrykk hos urea skyldes at den degraderes i naturen til CO₂ og nitrogenoksider og i tillegg har urea 900 ganger høyere utslipp fra transport enn Rotstop.

Når det gjelder effekten av stubbebehandling som klimatiltak, er det viktig å huske at vi fremdeles har lite kunnskap om langsiktige effekter (Søgaard mfl. 2020). Simuleringer tyder på at hvis tynninger blir gjort vinterstid eller om man bruker stubbebehandling ved sommertynninger, vil resultatet bli best.

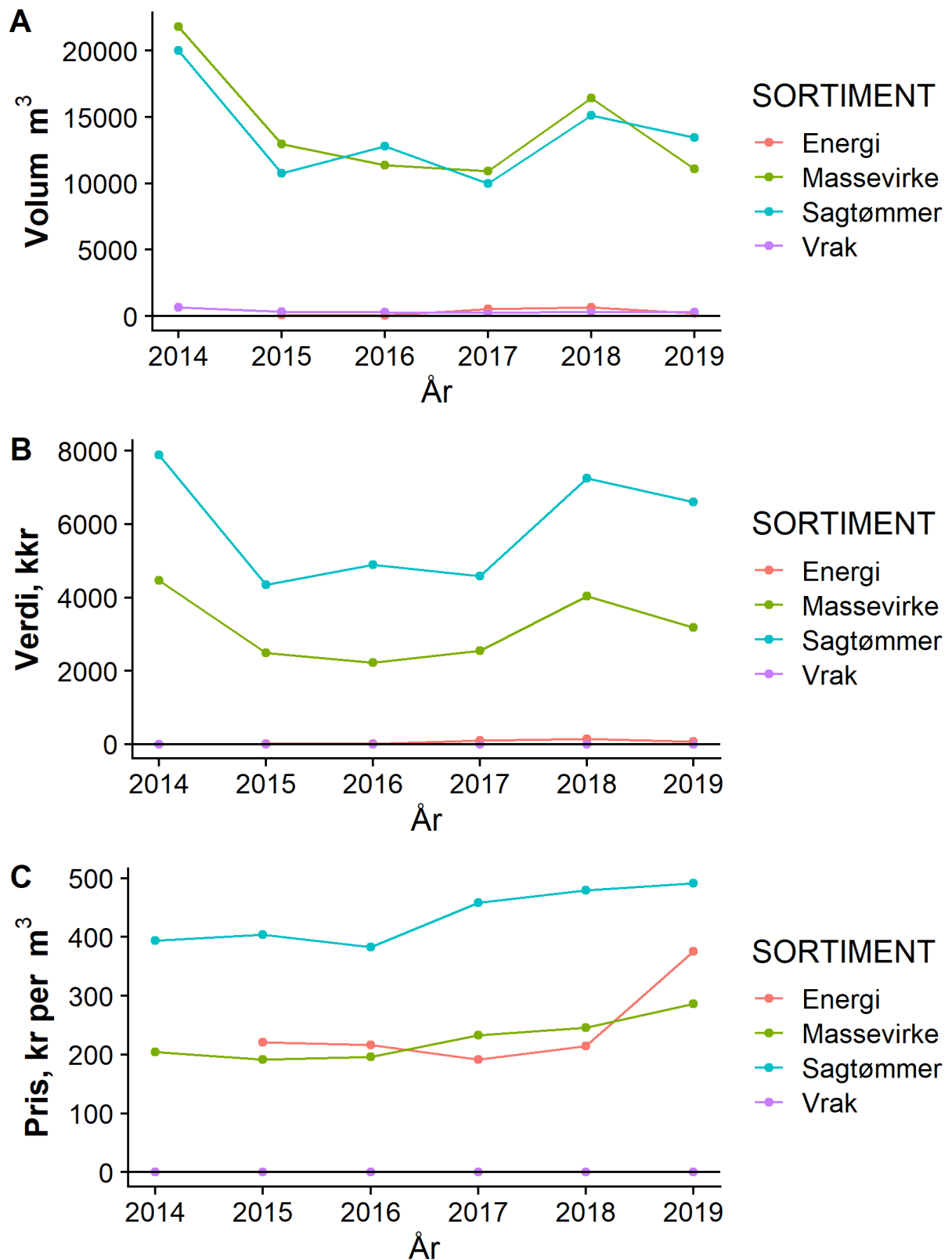
Forkortet omløpstid, med bare ungskogpleie (ikke tynning), kan være gunstig på råteutsatte granbestand. En bør unngå tynning i slike bestand, da dette kan akselerere råtespredningen.

Basert på biologien til rotkjuke og industriens behov for virkestilgang hele året, har vi gode grunner til å forvente at omfanget til rotkjukeråten i Trondheim og Norge generelt kommer til å øke på grunn av videre økning av hogst om sommeren og milde vintre på grunn av klimaendring.

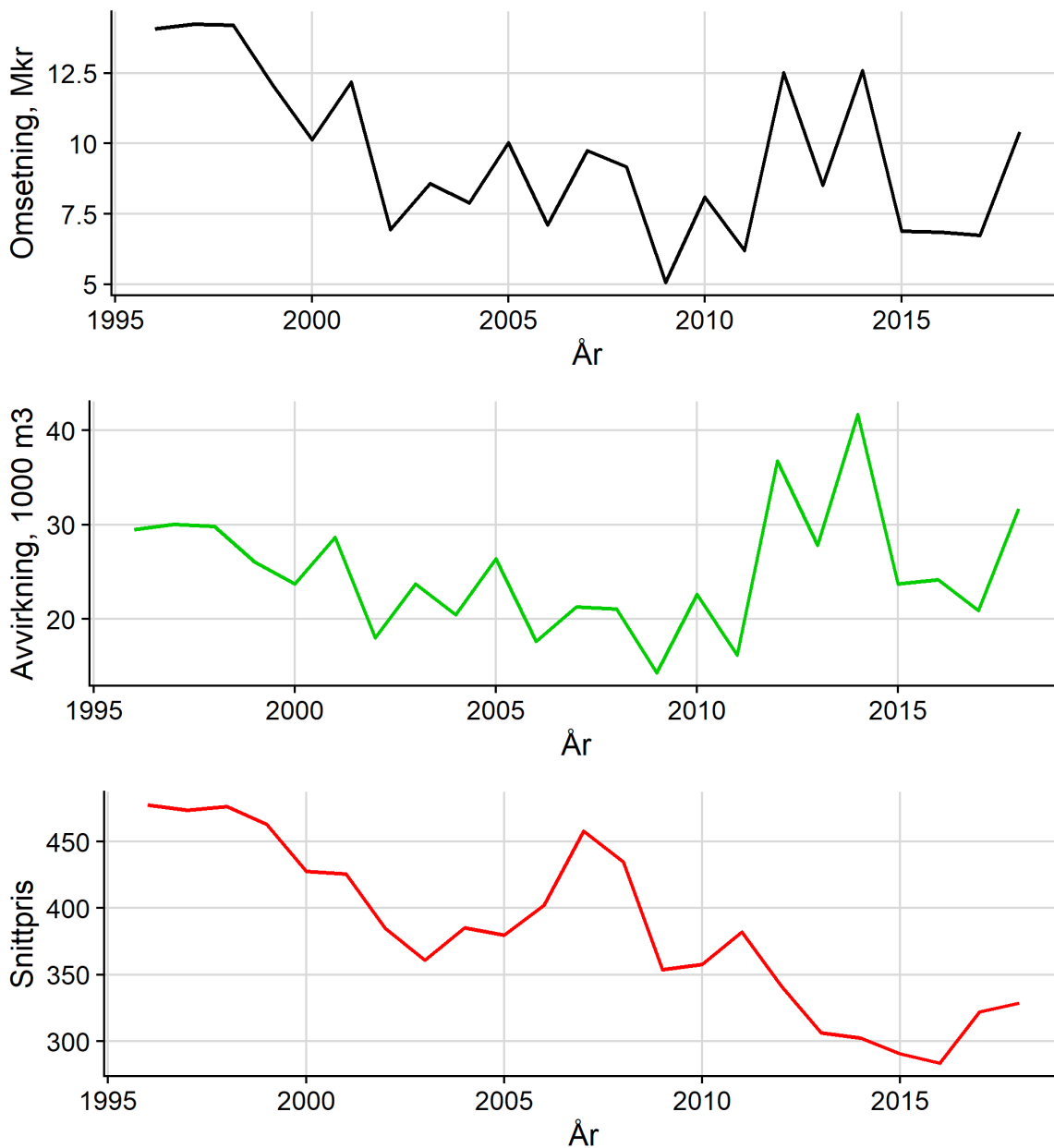
Nedbrytningsaktiviteten til rotkjuke er høyest under varme sommermånedene, og det har blitt estimert at soppens mineralisering av ved til CO₂ kommer til å øke mer enn tilveksten hos gran som følge av temperaturøkning. Råte i stående skog fanges opp indirekte i det nasjonale klimagassregnskapet under FNs klimakonvensjon gjennom redusert tilvekst og økt dødelighet og vindfelling av trær angrepet av råte, og videre indirekte gjennom redusert andel av avvirket volum som kan gå inn i karbonbeholdningen i langlevde treprodukter.

7.4.3 Verdiskapingspotensiale

Klimatiltak kan gi grunnlag for høyere volumproduksjon og mer verdiskaping, og dermed ha en effekt utover økt CO₂-opptak. Ulike klimatiltak vil kunne påvirke hele verdikjeden, fra planteproduksjon i den ene enden til industri og påfølgende næringsaktivitet i den andre. I denne rapporten, og dette kapitlet, er fokus imidlertid utelukkende på primærleddet – skogeieren.



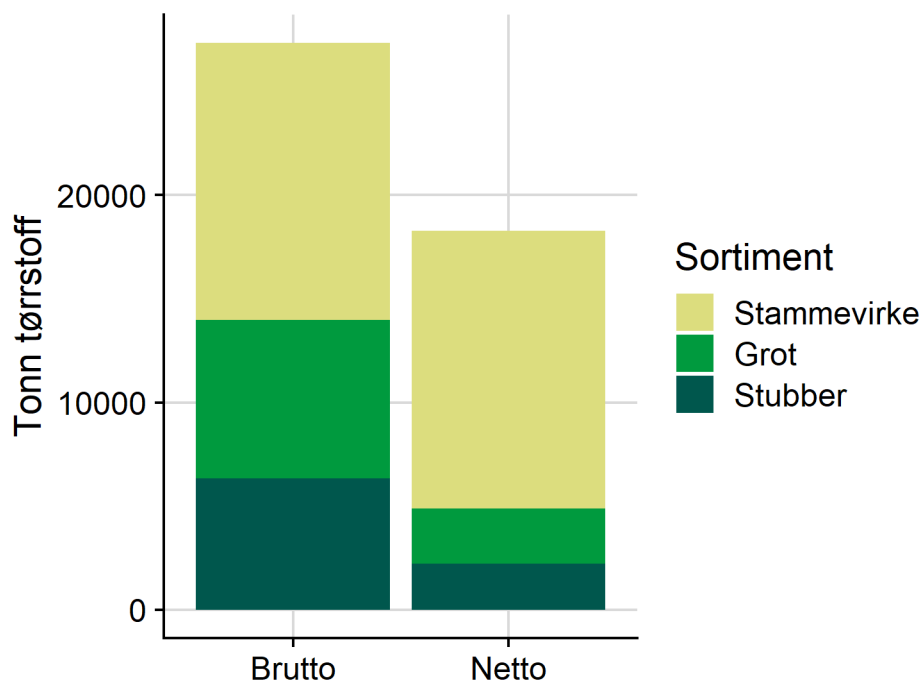
Figur 7.7 Årlig avvirking i Trondheim 2014 - 2019. Kilde: Skogfondsdatatabasen hos Landbruksdirektoratet.



Skogsavvirkning for salg, Trondheim og Klæbu. Kpi-justerte verdier.
 Datakilder: SSB tabell 03895 og 3794, samt kpi fra tabell 03014 (totalindeks)

Figur 7.8. Årlig avvirkning for salg i Trondheim.

Avvirkning av skog har de senere år vært i intervallet 20 – 30 000 kubikkmeter og har gitt en omsetning på 7 – 10 mill. kr årlig. Det framtidige avvirkningspotensialet kan kun vurderes gjennom lokale skogbruksplaner for området, sammen med vurderinger rundt arealbruksendringer og evt andre rammefaktorer. Dagens skogbruksplaner er for Klæbu fra 2010 og for gamle Trondheim fra 2011, og har en dekningsgrad på hhv 75 og 90% av «sine» skogarealer (Arnekleiv & Rannem 2018). Med tanke på alderen på skogbruksplanene, kan man forvente at et nytt planprosjekt vil initieres i 2024.



Figur 7.9 Biomassepotensiale fra skogbruket i Trondheim / Klæbu

Om skognæringa i Trondheim / Malvik følger samme mønster som resten av fylket (Fylkesmannen i Trøndelag 2019) kan man anta at

1. 10 % av årlig avvirket areal går ut av skogproduksjon (til fordel for annen arealbruk)
2. En andel (25 – 30 %) av hogsten foregår i ung skog (hogstklasse III og IV), mens rundt 70-75 % hogges når den er i hogstklasse V. Noe av dette skyldes omdisponering av areal, men noe skog hogges såpass tidlig selv om arealet ikke skal omdisponeres.
3. 60 % av hogd areal har tilfredsstillende foryngelse, mens 40 % ikke har det.
4. Ungskogpleieaktiviteten ligger på ca 50% av antatt behov.
5. Klimatiltak: tettere planting forekommer, mens gjødsling av skog ikke forekommer.

Det innebærer at både verdiskapning og karbonbinding kan økes på både kort og lang sikt om adferden endres mot mer innsats i ungslogen og «riktigere» hogsttidspunkt i produksjonsskog. I en tidligere rapport ble forskjellen i karbonbinding mellom uskjøtta «krattskog» og vel-skjøtta produksjonsskog beregnet til 0.18 – 0.25 tonn C-ekvivalenter (0.66 – 0.92 tonn CO₂-ekvivalenter) per dekar og år (Søgaard mfl. 2019b).

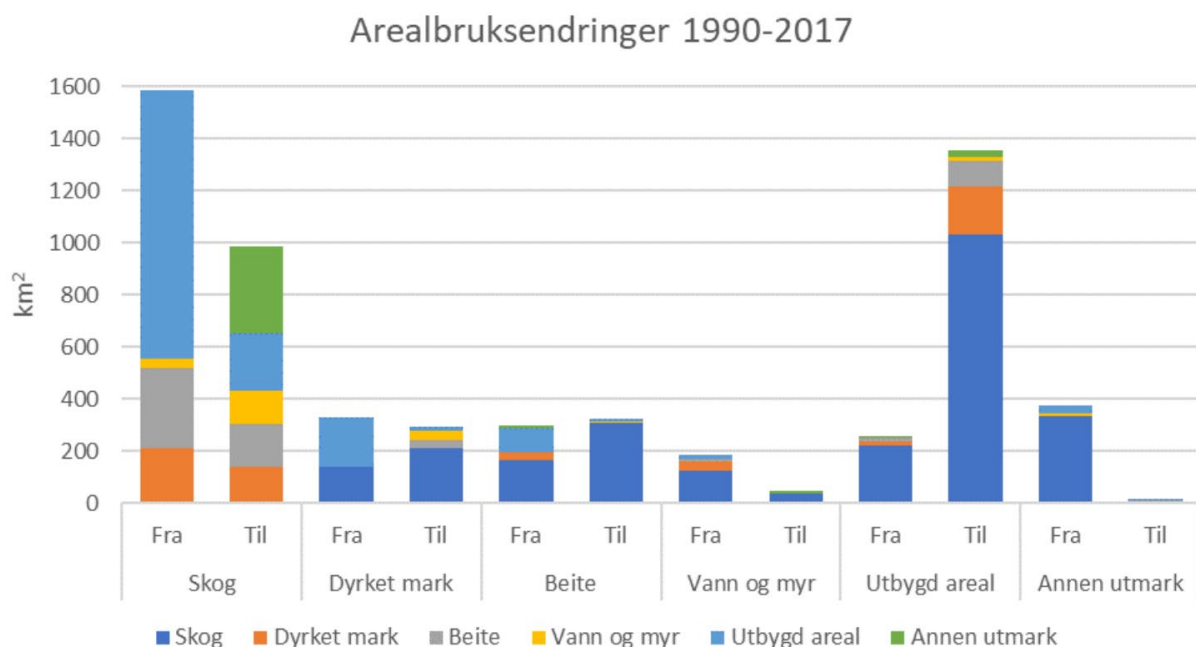
Klimatiltak i skog (tettere planting, gjødsling) har erfaringsmessig en kostnad på 50 - 100 kr per tonn bundet CO₂ før man regner inn gevinstene ved økt virkesproduksjon.

I forbindelse med hogst er det også betydelige mengder biomasse som per i dag ikke blir benyttet. Hogstavfall og stubber utgjør nesten 50% av biomassen i et tre (Figur 7.9). Denne biomassen kan utgjøre en ressurs egnet for bruk til biobrensel eller biokull. Ved en hogst på 25000 m³ rundvirke vil det være om lag 7 tusen tonn tørrstoff stubber og 8 tusen tonn grener og topper (grot) igjen på hogstfeltet. Mye av dette bør forbli i skogen som barmatte for terrengtransport, og mye av det vil neppe lønne seg å hente ut på grunn av beskaffenhet eller beliggenhet. Men et uttak på ca 30% av denne mengden vil utgjøre en ressurs på om lag 5000 tonn ts, noe som tilsvarer en energimengde på om lag 25 GWh.

8 Andre arealbruksendringer

Beslutninger om utbygging og arealbruksendringer for øvrig handler svært ofte om å avveie flere og til dels motstridende interesser for hvordan de ulike arealene skal benyttes og hvilke goder og ressurser vi skal høste fra dem (Miljødirektoratet mfl. 2020b). Utbygging og annen omdisponering av ubebygde arealer kan generere utslipp av klimagasser. Avgjørelser om bruken av arealer tas i ulike sektorer, og i kommunal og annen arealplanlegging.

På grunn av høy økonomisk vekst og vekst i befolkningen har det i Norge vært et press på bruken av arealer til ulike formål, og når en ser på arealbruksendringer siden 1990 så er det én kategori som har hatt en tydelig økning i areal, og det er utbygd areal. De øvrige har enten hatt en liten nedgang eller ingen netto endring (Figur 8.1). Arealkategoriene er de samme som benyttes i det nasjonale klimagassregnskapet som årlig rapporteres til FNs klimakonvensjon.



Figur 8.1 Arealbruksendringer i Norge fra 1990 til 2017 i kvadratkilometer (km²). Kun arealbruksendringer er med i figuren. Arealer som ikke har endret bruk, er utelatt. Disse er vesentlig større enn endringene for den enkelte kategori. Figur gjengitt fra Miljødirektoratet mfl. (2020b) Klimakur 2030.

Som i det nasjonale klimagassregnskapet er det én arealbrukskategori som øker i Trondheim, og det er utbygd areal (Tabell 8.1). Alle andre arealbrukskategorier har en svak nedgang, og alle avgir areal til utbygging. Skog avgir arealer til både jordbruksformål (dyrket mark og beite) og bygges ned (se mer i [kapitlet om avskoging](#)). Nydyrking skjer på alle arealbrukskategorier, også myr. Og det bygges også ned på myr.

Tabell 8.1. Arealbruksoverganger i Trondheim kommune 2010 – 2015 oppgitt i dekar.

Arealbrukskategori fra/til	Skog	Dyrket mark	Beite	Vann og myr	Utbygd areal	Annen utmark	Sum 2010
Skog	277 030	166	100	0	538	0	277 834
Dyrket mark	403	66 402	122	0	641	674	68 242
Beite	204	358	6 811	0	18	37	7 428
Vann og myr	0	45	2	78 672	111	0	78 830
Utbygd areal	89	10	2	0	66 662	220	66 983
Annen utmark	0	312	0	0	1 120	26 809	28 241
Sum 2015	277 726	67 293	7 037	78 672	69 090	27 740	0

Kilde: <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimagassutslipp-arealbruk-kommuner>

Mengden klimagasser som tas opp og slippes ut til/fra et gitt areal, er avhengig av arealbruk og prosessene som skjer på arealet (Miljødirektoratet mfl. 2020a). Opptak av klimagasser fra atmosfæren skjer når biomasse i vekst tar opp og lagrer karbon i jord, røtter, stamme og bladverk gjennom fotosyntesen. Et utslipp av klimagasser skjer når biomassen forbrennes eller brytes ned naturlig. I tillegg kan bearbeiding av jorda øke nedbrytingen av det organiske materialet i jordsmonnet og gi økt utslipp av CO₂. Arealbruksendringer vil påvirke hvor mye karbon som lagres på arealet, i jorda og i vegetasjonen.

Innenfor en arealkategori vil det også være variasjon i arealets evne til å ta opp og lagre karbon. Skog klassifiseres blant annet etter bonitet (jordas produksjonsevne), treslag og grunnforhold (jordtype; mineraljord eller organisk jord). Generelt er det slik at jo høyere produksjonsevne skogen har (bedre/høyere bonitet), desto større evne har skogen til å lagre karbon. Eksempelvis kan det forventes at granskog med høy bonitet (høy produksjonsevne, mer enn 4 tonn CO₂/hektar/år) kan ta opp og lagre mer CO₂ per år og hektar enn skog på lavere boniteter (< 2 tonn CO₂/hektar/år). Arealer med organisk jord vil ha større karbonlager (2,4 - 8,8 tonn C/hektar) per arealenhet enn arealer med mineraljord (< 2 tonn C per hektar). Avskoging av høyproduktiv skog på organisk jord vil derfor gi størst utslipp av CO₂.

Tabell 8.2 Eksempler på mulige arealbruksendringer og deres tilhørende utslippsfaktorer som benyttes i tiltaksberegningssmalen for arealbruksendringer. Det er spesielt arealer med organisk jord og mye levende biomasse som har høye utslippsfaktorer.

Fra	Jordtype	Til	Utslippsfaktorer (t CO ₂ -ekv/ha)
Skog - høybonitet barskog	Organisk jord	Utbygd areal	623
		Utbygd areal	327
	Mineraljord	Dyrket mark	192
		Beite	129
Dyrket mark	Mineraljord	Utbygd areal	61
Beite	Mineraljord	Utbygd areal	77
Vann og myr	Organisk jord	Utbygd areal	579
		Dyrket mark	579

Sammen med klimagassregnskapet for kommuner, publiserte Miljødirektoratet også en tiltaksberegning som gjør at man kan beregne omtrentlig utslipp av klimagasser knyttet til arealbruksendringer (Miljødirektoratet 2019). Beregningene er foreløpig basert på nasjonale utslippsfaktorer. Tabell 8.2 viser eksempler på mulige arealbruksendringer med tilhørende utslippsfaktorer. Merk at dette er basert på gjennomsnittsverdier, og er egnet til å gi en indikasjon, men ikke til en analyse av utslipp for eksempel ved en konkret utbyggingssak.

I det følgende omtales arealbruksendringer knyttet til nedbygging av organisk jord og avskoging. Arealbruksendringer knyttet til nydyrking og påskoging er omtalt tidligere. Selv om det også finnes andre arealbruksendringer i Trondheim, så er det disse fire som vurderes som mest sentrale fra et klimaperspektiv; nedbygging, avskoging, nydyrking og påskoging.

8.1 Nedbygging organisk jord

Urørt myr er over tid i balanse, eller har en liten akkumulering av karbon. Når myra dreneres vil en få karbonutslipp i form av både CO₂ og metan (CH₄), samt lystgass (N₂O) knyttet til mineralisering. Dersom torva fjernes vil det medføre et stort umiddelbart utslipp.

Når organisk jord (myrjord) graves opp og deponeres andre steder, inkludert omplassering på samme sted, legges det til grunn at det organiske innholdet blir eksponert for rask nedbrytning som følge av oksygentilgang. Dette betegnes momentan nedbrytning, og hele klimagassutslippet tilskrives det året arealinngrepet finner sted. Det gir et relativt stort umiddelbart utslipp, avhengig av myras dybde. En kan legge til grunn en karbontetthet på 45,9 kg C per m² per meter. Det vil si at dersom en for eksempel etablerer et boligfelt på ei myr på 10 dekar, og i gjennomsnitt fjerner 2 m med torv, så gir det et utslipp på nærmere 3 400 tonn CO₂ fra dette relativt begrensede arealet.

Når et myrareal blir grøftet skjer det i stedet en langsommere nedbrytning som følge av gradvis reduksjon av vanninnhold i torvjorda. For drenerte myrarealer regnes i det nasjonale klimagassregnskapet under FNs klimakonvensjon et årlig utslipp av CO₂, CH₄ og N₂O. Det er ulike faktorer avhengig av arealbruk og klimasone (IPCC 2014a). Standard metodikk er å bruke faktoren for dyrket mark ved nedbygging hvor torva ikke fjernes. Dersom en i stedet for å fjerne torva, drenerer arealet på 10 dekar som i eksemplet ovenfor vil det gi et årlig utslipp på 22 tonn CO₂-ekvivalenter (Tabell 8.3). Så lenge myra er drenert vil omdanningen fortsette.

Tabell 8.3. Beregning av årlig utslipp fra det drenerte arealet basert på utslippsfaktorer fra IPCC sitt regelverk for nasjonale klimagassregnskap (IPCC 2014a), omregnet til CO₂-ekvivalenter med GWP100 verdier fra IPCC sin femte hovedrapport (IPCC 2014b). Ved drenering av et område på 10 dekar vil det gi et årlig utslipp på 33 tonn CO₂-ekvivalenter.

Gass	kg/daa	GWP100	daa	tonn CO ₂ -ekv. per år
CO ₂	2 567	1	10	26
CH ₄	5,83	28	10	2
N ₂ O	2,04	265	10	5
				33

8.2 Avskoging

Avskoging, det vil si en permanent endring av arealer fra skog til andre formål er på nasjonalt nivå en betydelig utslippskilde (Breidenbach mfl. 2017). Vi har tidligere omtalt redusert avskoging som et tiltak for å opprettholde skogareal og produksjonsevne. Det er imidlertid ikke primært skogbruket som styrer avskogingen, men gjerne andre interesser. I denne problemstillingen sitter kommunen i en nøkkelposisjon med sine arealplaner. En ser at det generelt er små arealenheter som avskoges, men som i sum utgjør et betydelig utslipp (Breidenbach mfl. 2017). Det er viktig å ha bevissthet omkring når arealplaner utarbeides og bestemmelser om ulik arealbruk vedtas.

Ut fra Landskogtakseringens vanlige registreringer i Norge har vi delt inn årsakene til avskoging i følgende grupper:

- Bebyggelse;
- Hyttefelt;
- Veier, bane eller flyplasser;
- Skogsbilveier og traktorveier;
- Kraftlinjer;
- Vann (menneskeskapte, f.eks. oppdemming);
- Beite;
- Dyrket mark;
- Annet teknisk impediment (f.eks. grustak eller søppelfylling)

I det nasjonale klimagassregnskapet legges det til grunn en overgangsperiode på 20 år før karbonlageret i mineraljorda har stabilisert seg på nytt nivå etter en arealbruksendring. Et areal som har fått endret bruk, for eksempel fra skog til utbygd areal, vil derfor bli værende i en overgangskategori i 20 år, før det går over til den nye arealbrukskategorien (Miljødirektoratet mfl. 2020a). I praksis vil imidlertid ikke endringer alltid ta nøyaktig 20 år, og i noen tilfeller kan det ta betydelig lenger tid (for eksempel ved planting av skog på nye arealer).

Som tidligere nevnt vil avskoging av skog med høy bonitet fører til et større tap av opptaksevne av CO₂ og allerede bundet karbon enn avskoging av skog med lav bonitet.

Intervjuer av ansatte i 17 utvalgte kommuner i Norge tyder på at klimagassutslipp ikke spiller noen stor rolle i beslutninger om lokalisering av nye utbyggingsarealer, og at bevisstheten om skogens rolle i klimasammenheng ikke er særlig utpreget i enkelte kommuner (Breidenbach mfl. 2017). I sum blir imidlertid utslippet fra avskoging betydelig, og det er i kommunene det skjer. I 2018 var utslippet fra avskoging 2,4 mill. tonn CO₂-ekvivalenter (Miljødirektoratet mfl. 2020a).

I Trondheim var det i perioden 2010 – 2015 et samlet tap av skogareal på 804 dekar, hvorav 67 % nedbygging (overgang til utbygd areal), 21 % nydyrking og 12 % overgang til beite (Miljødirektoratet 2019). Andelen nedbygging i Trondheim sammenfaller omtrent med landsgjennomsnittet, mens nydyrking og beite avviker noe med litt høyere andel nydyrking. Nasjonalt gjennomsnitt ligger på om lag 68 % nedbygging, 13 % nydyrking og 18 % overgang til beite i perioden (Breidenbach mfl. 2017).

I en liten studie av arealbruksendringer i Oslo kommune var det indikasjoner på at fortetting også gir tap av skog (Søgaard & Bjørkelo 2018). Det kan være viktig å være bevisst også for Trondheim, at også fortetting kan innebære betydelig tap av karbon.

8.3 Nasjonale virkemidler

Det foreligger enkelte virkemidler i dag rettet inn mot å ivareta klimagassutslipp fra arealbruksendringer i beslutninger, og flere virkemidler er under utvikling (Miljødirektoratet mfl. 2020b).

Klimakur 2030 har sett på enkelte virkemidler som styrer arealbruken – plan- og bygningsloven, landbrukssektorens regelverk og energiloven, hvordan de kan benyttes og eventuelt endres for å unngå omdisponering av karbonrike arealer, og hvilke konsekvenser det vil kunne ha.

8.3.1 Forbud mot nydyrking av myr

Med nydyrking menes fulldyrking og overflatedyrking av jord. Også gjenoppdyrking av jordbruksareal som har ligget unytta i over 30 år, regnes som nydyrking jmf forskrift om nydyrking. Søknader om nydyrking behandles etter forskrift om nydyrking. Stortinget har vedtatt endringer i [jordloven](#) som gir hjemmel for å inkludere hensynet til å redusere utslippet av klimagasser som en del av lovhjemmelen for forskrift om nydyrking. Og forskrift om nydyrking er endret, og et forbud mot nydyrking av myr er inkludert. Den reviderte [forskriften](#) ble fastsatt og trådte i kraft 2. juni 2020. Forskriften inneholder imidlertid bestemmelser om at kommunen i særlige tilfelle og ut fra angitte kriterier, kan gi dispensasjon fra forbudet mot nydyrking av myr.

8.3.2 Tiltak mot avskoging

Avskoging i Norge er ofte et resultat av en offentlig regulert planprosess, der arealbruken som fører til avskogingen ansees som viktigere enn opprettholdelse av skogarealet (Breidenbach mfl. 2017). Omdisponering av skogarealer til andre formål, som for eksempel boliger eller dyrket mark, gir ikke bare tap (og dermed utslipp) av det karbonet som er lagret der, men også tap av fremtidig opptak av CO₂ og mulighet til å høste tømmer som kan brukes til erstatning av fossilbaserte produkter. Den potensielle klimaeffekten kan altså være betydelig. Mulige tiltak for å redusere avskoging vil imidlertid påvirke annen arealbruk.

Generelt ser vi fire muligheter for å redusere avskoging og klimagassutslipp relatert til dette (Breidenbach mfl. 2017):

- Tiltak som øker verdsettingen av skogareal mot andre arealkategorier
- Tiltak for å øke kompetanse og bevissthet om betydningen og omfang av avskoging
- Helhetlige planprosesser som sikrer at alle arealbruksendringer fanges opp
- Aktiv utforming, bruk og håndhevelse av lovverket relatert til arealbruksendringer

Økt kunnskap og kompetanse om sammenhengene mellom arealbruksendringer og klimagassutslipp vil bidra til å styrke saksbehandling og påvirke politiske prioriteringer i reguleringsaker. Det er viktig at kompetansen er tilstrekkelig både hos dem som utformer lovverket og de som skal anvende lovverket på de konkrete sakene.

Økt fokus på effektene av avskoging vil kunne gi mer bevissthet også hos utbyggere. For eksempel har Statens vegvesen utviklet en ny utgave av konsekvensutredningshåndboken V712 (Vegdirektoratet 2018) som inkluderer CO₂-utslippene som følge av arealbruksendringer i de prissatte konsekvensene.

8.3.3 Andre nasjonale reguleringer eller tiltak som påvirker arealbruksendringer

Det er fastsatt nasjonale miljømål som, i tillegg til klima, dekker blant annet områdene naturmangfold, kulturminner og kulturmiljø, friluftsliv og forurensning. De nasjonale miljømålene er fastsatt av

Klima- og miljødepartementet, og forteller hva Norge ønsker å oppnå på hvert område og hva som er ønsket tilstand for miljøet i Norge (Miljøstatus 2020).

Våren 2020 ble en veileder som skal vise hvordan kommunene i medhold av plan- og bygningsloven kan styre spredt bolig-, fritids- eller næringsbebyggelse og annen spredt bebyggelse innenfor områder avsatt til landbruks-, natur- og friluftsmål samt reindrift (LNFR) i kommunale arealplaner publisert (Kommunal- og Moderniseringsdepartementet 2020). Kapittel 2.5 i veilederen viser aktuelle utredningstema, og her er både klimatilpasning og klimagassutslipp nevnt, på linje med naturmangfold, landskap, landbruk, reindrift m.m. Det er altså mange hensyn å ivareta i arealforvaltningen. Tiltak for å redusere omdisponeringen av karbonrike arealer må derfor sees i sammenheng med andre samfunnsbehov og mål for arealene.

Arealer som er viktige for karbonlagring, har ofte verdi også for andre miljøinteresser, ressursbruk og økosystemtjenester. Eksempler er jordbruksproduksjon, skogbruk, vannhusholdning og naturmangfold. En utbyggingsstrategi som legger vekt på kompakt utbygging og økonomisering med arealer, vil derfor vanligvis slå positivt ut for klima, andre miljøverdier og naturressurser samlet sett.

Klimahensyn tilsier at man forsøker å lokalisere utbygging til arealer som er mindre viktige for karbonlagring. Om mulig bør man bruke arealer som allerede er berørt av tidligere utbygging. Det er også viktig å minimere inngrepet i størrelse og utføre det så skånsomt som mulig. Gjenstående trær og annen vegetasjon gjør at karbontapet blir noe mindre.

Arealbruksendringer til utbygd areal står for hoveddelen av de totale utslippene forbundet med arealbruksendringer. Kommunene beslutter mesteparten av arealdisponeringene gjennom planlegging etter plan- og bygningsloven.

9 Relevante initiativ i Norge og internasjonalt

Vi har søkt etter eksempler på prosjekter, initiativ og løsninger både i Norge og i noen andre land som kan gi informasjon eller inspirasjon for oppfølging av klimaarbeidet i landbruket i Trondheim kommune. Utredningens økonomiske ramme har ikke gjort det mulig å gjøre omfattende søk etter slik informasjon.

9.1 Klimaavtalen mellom Regjeringen og jordbruksorganisasjonene

I juli 2019 ble det inngått en intensjonsavtale mellom jordbruket og Regjeringen om reduserte klimagassutslipp og økt opptak av karbon fra jordbruket for perioden 2021-2030 (juli 2019). Avtalen setter mål om en akkumulert utslippsreduksjon på 5 mill. tonn CO₂-ekvivalenter i perioden.

Avtalens del A omfatter jordbrukets bidrag til reduksjoner i klimagassutslipp og opptak i perioden. Jordbruket skal arbeide med intensjon om å oppnå økte karbonopptak og reduserte klimagassutslipp i perioden 2021 -2030. Denne delen av avtalen omfatter kun tiltak jordbruket selv kan styre og gjennomføre. Del B omfatter Regjeringens arbeid med forbruksendringer som indirekte kan medføre reduksjoner i klimagassutslipp fra jordbrukssektoren (matsvinn, kosthold). Del C omtaler oppfølging av avtalen.

Tiltak på gårdsnivå utenfor sektorregnskap jordbruk regnes med, inkl. opptak av karbon (Anneks I – "skyggeregnskap"), men unntatt skog. Utslippsreduksjoner rapporteres også separat for de ulike klimagassene. Kunnskap om og virkning av klimatiltak i jordbruket er under utvikling, og det legges til grunn at ny kunnskap om tiltak, effekter, metodeutvikling mm. løpende kan tas inn som en del av avtalen. Tiltak som per nå ikke godskrives i utslippsregnskapet synliggjøres (Anneks II).

9.2 Landbrukets klimaplan

Landbrukets klimaplan er en plan for hvordan jordbruksnæringa skal innfri sin forpliktelse i klimaavtalen med Regjeringa. Planen ble vedtatt av representantskapet i Bondelaget 3.4.2020. Planen beskriver hvilke klimatiltak som prioriteres og hvor stor effekt man ventet at disse vil ha gjennom avtaleperioden. Planen peker også på nødvendige rammevilkår for at tiltakene skal kunne realiseres, og beskriver bidrag fra nøkkelaktører i landbruksnæringa. Planen vil derfor være et svært viktig verktøy for den praktiske gjennomføringa av de klimatiltakene jordbruksnæringa selv har ansvar for. Viktige deler av grunnlaget for både klimaavtalen og i neste omgang Landbrukets klimaplan er utarbeidet av NIBIO. Trondheim kommunes oppfølging av utslippsreduserende tiltak i jordbruket, og bruk av denne rapporten bør sees i sammenheng med og koordineres godt med Landbrukets egen klimaplan.

9.3 Klimasmart landbruk

Prosjektet Klimasmart Landbruk eies av Landbrukets Klimaselskap SA. Dette er et samvirke som i dag er eid av Norges Bondelag, Norsk Landbruksrådgiving, TINE, Nortura, Felleskjøpet Agri, Gartnerhallen, GENO, Kjøtt- og fjørfebransjens Landsforbund (KLF), Norsk Bonde- og Småbrukarlag, HOFF, Norsk Sau og Geit, Q-meieriene, TYR, Norgesfôr, Felleskjøpet Rogaland Agder og Fiskå Mølle.

Gjennom prosjektet «Klimasmart landbruk» vil en samlet næring tilrettelegge for mer klimateffektiv norsk matproduksjon. Dette arbeidet vil først og fremst skje gjennom utvikling av bedre systemer for dokumentasjon og beregning av potensialet for redusert klimaavtrykk på hvert enkelt gårdsbruk, samt bedre tilrettelegging for deling av kunnskap i næringen.

Klimasmart Landbruk har som formål å utvikle et nytt system og verktøy for å beregne klimaavtrykk og registrere klimakutt tilpasset hvert enkelt gårdsbruk, både med hensyn til produksjon og størrelse.

Verktøyet skal være grunnlaget for effektiv og målrettet beslutningsstøtte for å ta gode klimavalg tilpasset det enkelte gårdsbruk.

9.4 Klimasmart landbruk og 100 klimaløsninger

Prosjektet Klimasmart landbruk startet i 2017 «Jakten på 100 klimaløsninger» i landbruket. Dette var en kampanje med formål å samle inn og dele kunnskap om klimaløsninger i landbruket. Jakten har engasjert både bønder, rådgivere, forskere, miljøvernere og politikere. Løsningene er presentert på Klimasmart landbruks hjemmeside og er nyttig informasjon om mangfoldet i klimatiltak som er aktuelle for landbruket (<https://klimasmartlandbruk.no/>).

9.5 Klimasmart landbruk Østfold

Dette er et prosjekt som ble startet i 2012 som et forpliktende samarbeid og nettverk for og mellom Østfolds kommuner, fylkeskommune og Fylkesmannen, der målet er å kutte klimagassutslipp. Landbruket i Østfold har lenge hatt fokus på tiltak som kan redusere klimagassutslippene og prosjektet jobber for å legge til rette for redusert klimagassutslipp og økt lønnsomhet i landbruket. Prosjektene har omfattet ulike aktiviteter for å bidra til et mer klimasmart landbruk ved å fokusere på kunnskapsformidling og erfaringsdeling, innen tema som (<https://klimaostfold.no/tiltaksomrader/landbruk/>):

- Økonomi for bonden – lønnsomme tiltak på gården
- Fornybar energi til erstatning av fossil energi
- Energieffektivisering i bygg og maskinkjøring
- God agronomi – bedre tilpasset jordbearbeiding, drenering og gjødsling
- Utnyttelse av skog til bioenergi og byggematerialer
- Karbonbinding i jord og skog
- Samspill med andre miljøhensyn, vannmiljø og klimatilpassing

9.6 Greppa Näringen Sverige

Greppa Näringen er et prosjekt som er etablert for å bidra til svensk jordbruks mål om reduserte klimagassutslipp, redusert overgjødsling og sikker bruk av plantevernmidler. Prosjektet arbeider med løsninger som er i forkant på miljø- og klimaområdet, og er en pådriver for lønnsom vekst i den svenske landbruksnæringen.

Greppa Näringen drives i et samarbeid mellom det svenske Jordbruksverket, LRF, länsstyrelsene, og et stort antall selskaper i landbruksnæringen. I løpet av de siste årene er det investert rundt 40 millioner i året i prosjektet, hvorav de fleste er brukt til individuell rådgivning rundt om i fylkene.

Den viktigste arbeidsmåten i Greppa Näringen er å spre kunnskap gjennom individuell rådgivning. Omtrent 50 000 gårdsbesøk er blitt gjennomført i prosjektet siden oppstarten i 2001. En viktig suksessfaktor er å ha god oppfølging ved å at rådgiveren besøker bonden over flere år og følger opp tiltakene som iverksettes og prøves ut.

Ved hjelp av ulike nøkkeltall får bonden en god idé om hvordan forskjellige tiltak kan føre til økt utnyttelse av gårdsressurser og dermed bidra til både lavere kostnader, økt lønnsomhet og mindre negativ påvirkning på miljøet. På husdyrgårder jobber fôrings- og planteavlslrådgivere sammen med fokus på helhetlig tilnærming.

Referanser

- Aamlid, D., Krokene, P., Nordskog, B., Brodal, G., Ficke, A., Magnusson, C., Blystad, D-R., Perminov, J.I. S., Meadow, R., Schøll, A. F., Johansen, N.S., Johansen, T. J., Hatteland, B.A., Netland, J., Spetz, C., Solheim, H. & Brurberg, M. B. 2016. Plantehelse og skoghelse. Fagnotat til arbeidsgruppens hovedrapport om Landbruk og klimaendringer. 19 februar 2016.
- Antón-Fernández C., Mola-Yudego, B., Dalsgaard, L. & Astrup, R. 2016. Climate-Sensitive Site Index Models for Norway. *Canadian Journal of Forest Research* 46 (6): 794–803.
<https://doi.org/10.1139/cjfr-2015-0155>
- Arnekleiv, G. & Rannem, A. 2018. Hovedplan for skogbruksplanlegging med miljøregistreringer i Trøndelag 2018 – 2027.
<https://www.fylkesmannen.no/contentassets/6b30afd6f0124a7ea120b36238818455/hovedplan-for-skogbruksplanlegging-med-mis-2018-2027.pdf>
- Bakken, A.K. 2018. Klimagassutslipp fra jordbruket i Steinkjer og Verran- ut fra en LCA-tilnærming. Notat til Steinkjer kommune fra NIBIO 10.juli 2018. 13 s.
- Bardalen, A. 2018. Klimarisiko og norsk matproduksjon. NIBIO Rapport Vol 5 (115) 2018. 84s.
<http://hdl.handle.net/11250/2567268>
- Bechmann, M. & Øygarden, L. 2019. Klima, jordarbeiding, erosjon og fosfortap. NIBIO POP Vol 5 (30) 2019. 6s. <http://hdl.handle.net/11250/2621288>
- Bergseng, E., Eriksen, R., Granhus, A., Hoen, H.F. & Bolkesjø, T. 2018. Utredning om hogst av ungskog. NIBIO Rapport Vol 4 (39) 2018. 36 s. <http://hdl.handle.net/11250/2574616>
- Bloomberg, M. 2017. Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures. Final Report. 74 pp. <https://www.fsb-tcfd.org/wp-content/uploads/2017/06/FINAL-2017-TCFD-Report-11052018.pdf>
- Breidenbach, J., Eiter, S., Eriksen, R., Bjørkelo, K., Taff, G., Sjøgaard, G., Tomter, S., M., Dalsgaard, L., Granhus, A. & Astrup, R.A. 2017. Analyse av størrelse, årsaker til og reduksjonsmuligheter for avskoging i Norge. NIBIO Rapport 3(152) 2017. 55 s. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2477867>
- Brekke, L. P. 2010. Økt innsats på kontroll og håndhevelse av foryngelsesbestemmelsene i forskrift om bærekraftig skogbruk. Brev fra statsråd Lars Peder Brekke til fylkesmennene datert 05.07.2010.
- Budai, A., Rasse, D. P., Lagomarsino, A., Lerch, T. Z., & Paruch, L. 2016. Biochar persistence, priming and microbial responses to pyrolysis temperature series. *Biology and Fertility of Soils*.
<https://doi.org/10.1007/s00374-016-1116-6>
- Bøe, F., Bechmann, M., Øgaard, A. F., Sturite, I., & Brandsæter, O. 2019. Fangvekstenes økosystemtjenester. Kunnskapsstatus om effekten av fangvekster, NIBIO rapport Vol 5 (9) 2019. 56s. <http://hdl.handle.net/11250/2582027>
- Bøe, F., Sturite, I., Lågbu, R., Hegrenes, A., & Ring, P.H. 2020. Fangvekst som klimatiltak i Norge: Eget dyrkingsareal, potensiale for klimabesparelse, kostnader, barrierer og virkemiddel. NIBIO Rapport Vol 6 (4) 2018. 52 s. <http://hdl.handle.net/11250/2638984>
- Crombie, K., Masek, O., Sohi, S. P., Brownsort, P., & Cross, A. 2013. The effect of pyrolysis conditions biochar stability as determined by three methods. *GCB Bioenergy*, (5), 122–131.
<https://doi.org/10.1111/gcbb.12030>
- Dalsgaard, L., Granhus, A., Sjøgaard, G., Andreassen, K., Børja, I., Clarke, N., Kjønås, O. J. & Stokland, J. 2015. Karbondynamikk ved ulike hogstformer og avvirkningsstrategier. En

- litteraturstudie med fokus på Oslo kommuneskog. Oppdragsrapport fra Skog og Landskap 04/2015. 83 s. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2436847>
- Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), 2015. Klimahjelperen. En veileder i hvordan ivareta samfunnsikkerhet og klimatilpasning i planlegging etter plan og bygningsloven. 66s. <https://www.dsb.no/veiledere-handboker-og-informasjonsmaterieell/klimahjelperen/>
- Fylkesmannen i Trøndelag. 2019. «Regionalt skog- og klimaprogram 2019 - 2021» <https://www.fylkesmannen.no/contentassets/5da39730b72b4611a4fefdf1f9ba1dc6b/regionalt-skog--og-klimaprogram-trondelag-2019-2021.pdf>
- Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G. & Zech, W. 2001. The 'Terra Preta' phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften* 88, 37-41.
- Grønlund, A. 2015. Kalkulator for klimagassutslipp fra jordbruket. Dokumentasjon til et beregningsprogram. Versjon 2. NIBIO rapport Vol 1 (14,) 2015. ISBN 978-82-17-01468-3/ISSN 2464-1162. 26 s.
- Grønlund, A. & Bakken, A.K. 2018. Klimagassutslipp fra jordbruket i Steinkjer og Verran. Notat til Steinkjer kommune. 25.04. 2018. 11s.
- Gundersen, G.I. & Heldal, J. 2015. Bruk av gjødselressurser i jordbruket i 2013. Statistisk Sentralbyrå.
- Gundersen, G., Steinnes, M. & Frydenlund, J. 2017. Nedbygging av jordbruksareal. En kartbasert undersøkelse av nedbygging og bruksendringer av jordbruksareal. SSB-rapport 2017/14. <http://www.kore.no/wp-content/uploads/2018/05/Nedbygging-av-jordbruksareal.pdf>
- Hanssen, K.H. & Bergsaker, E. 2017. Gjødsling av skog. NIBIO BOK; 3(11) 2017
- Hanssen, K.H. & Kvaalen, H. 2018. Effects of repeated fertilization in young Norway spruce forests. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 33:7, 633-640, DOI: 10.1080/02827581.2018.1468477
- Hauge, A., Haukås, T., Rivedal, S. & Deelstra, J. 2020. Drenering og klimagassutslipp. Virkning av drenering på klimagassutslipp, arealomfang og tiltaksanalyse. NIBIO Rapport Vol 6 (6) 2020. 35 s. <http://hdl.handle.net/11250/2638981>
- Hauge, A. & Knapp Haraldsen, T. 2017. Planering og jordflytting– Utførelse og vedlikehold. NIBIO Bok 3(4) 2017. 42 s. <http://hdl.handle.net/11250/2454793>
- Hauge, A. & Deelstra, J. 2016. Drenering og hydroteknikk- konsekvenser av klimaendringer. Fagnotat til arbeidgruppas rapport om landbruk og klimaendringer. Fagnotat til arbeidsgruppens hovedrapport om Landbruk og klimaendringer. 19 februar 2016.
- Höglind, M., Persson, T., Østrem, L. & Jørgensen, M. 2015. Effekter av endret klima og behov for tilpasninger. Norsk grovfôrproduksjon. Fagnotat til arbeidgruppas hovedrapport om Landbruk og klimaendringer. 19 februar 2016.
- 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.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A. & Ådlandsvik, B. (eds.) 2015. Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert 2015. Norsk klimaservicesenter, NCCS report no 2/2015. 186 s. <https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/klima-i-norge-2100/attachment/10990?ts=159d5ffcfd>
- Hanssen, K.H. & Kvaalen, H. 2018. Effects of repeated fertilization in young Norway spruce forests, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 33:7, 633-640, DOI: 10.1080/02827581.2018.1468477

- Hanssen, K. H. & Fløistad, E. 2017. Snutebilleskader i Sør-Norge 2017. NIBIO Rapport;4(167). 31 s.
- Hertwich, E.G. & Wood, R. 2018. The growing importance of scope 3 greenhouse gas emissions from industry. *Environmental Research Letters*. 13 (2018) 104013.
- Huse, K.J., Solheim, H. & Venn, K. 1994. Råte i gran registrert på stubber etter hogst vinteren 1992. *Rapp. Skogforsk* 23/94, 1–26.
- IPCC 2019. *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.
- IPCC 2014a. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraiishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. & Troxler, T.G. (eds). Published: IPCC, Switzerland.
- IPCC 2014b. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri & L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp
- Jeffery, S., Abalos, D., Prodana, M., Bastos, A. C., van Groenigen, J. W., Hungate, B. A., & Verheijen, F. (2017). Biochar boosts tropical but not temperate crop yields. *Environmental Research Letters*, 12(5), 053001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa67bd>
- Kammann, C. I., Schmidt, H.-P., Messerschmidt, N., Linsel, S., Steffens, D., Müller, C., Koyro, H.-W., Pellegrino, C. & Stephen, J. 2015. Plant growth improvement mediated by nitrate capture in co-composted biochar. *Scientific Reports*, 5, 11080. <https://doi.org/10.1038/srep11080>
- Klima- og forurensningsdirektoratet. 2010. Klimakur 2020. Tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020. <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/publikasjoner-fra-klif/2010/mars/klimakur-2020.-tiltak-og-virkemidler-for-a-na-norske-klimamal-mot-2020/>
- Klimaservicesenteret. Klimaprofil for Sør Trøndelag. Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning. Januar 2016, oppdatert 2017. 8s. <https://klimaservicesenter.no/faces/mobile/article.xhtml?uri=klimaservicesenteret/klimaprofiler/klimaprofil-sor-trondelag>
- Knutsen, H., Sand, R. & Kårstad, S. 2017. Kunnskapsgrunnlag for trøndersk landbruk. NIBIO Rapport Vol 3 (154) 2017. 95 s. <http://hdl.handle.net/11250/2473269>
- Kolle, S.O. & Oguz-Alper, M. 2020. Bruk av gjødselressurser i jordbruket 2018. Metodebeskrivelse og resultater fra en utvalgsbasert undersøkelse. Statistisk sentralbyrå. Rapporter 2020/09. 978-82-587-1079-7. 123 s
- Kommunal- og Moderniseringsdepartementet. 2020. Planlegging for spredt bolig-, fritids og næringsbebyggelse i landbruks-, natur-, friluft- og reindriftsområder. Veileder mai 2020.
- Korsæth, A., Lindgaard, H.J. Veidal, A. & Asheim, L. J. 2019. Utbredelse og potensiell økonomisk og miljømessig nytteverdi av presisjonsjordbruk i Norge. NIBIO rapport, 5 (41), 54p. ISBN: 978-82-17-02303-6. 54 s. <http://hdl.handle.net/11250/2591261>
- Landbruk og klima – utredning fra arbeidsgruppe, 2016. Landbruk og klimaendringer. Rapport fra arbeidsgruppe, avgitt 19. februar 2016. [Landbruk og klimaendringer-Rapport fra arbeidsgruppe](#)
- Landbruk og klima- utredning fra arbeidsgruppe 2016. Utredning om landbrukets utfordringer i møte med klimaendringene. Fagnotater som underlag for arbeidsgruppens hovedrapport.

landbrukets utfordringer i møte med klimaendringene- Fagnotater som underlag for arbeidsgruppens hovedrapport. 19 februar 2016.

Landbruksdirektoratet. 2014. Nærings- og miljøtiltak i skogbruket.

<https://www.landbruksdirektoratet.no/no/565/n%C3%A6rings-og-milj%C3%B8tiltak-i-skogbruket#forvaltning-og-tilskuddsomraader> Nettside oppdatert 8.8.2014 (lest 25.6.2020)

Landbruksdirektoratet. 2020a. Skog - CO₂ opptak og klimatilpasning. Nettside med undersider for de ulike tilskuddordningene til klimatiltak i skogbruket oppdatert 2020. Lest 2020.

<https://www.landbruksdirektoratet.no/no/eiendom-og-skog/skog-og-klima/om-skog-og-klima>

Landbruksdirektoratet. 2020b. Nasjonalt program for jordhelse. Faggrunnlag og forslag til utvikling av tiltak og virkemidler for økt satsing på jordhelse. Rapport 13/2020. 49 s.

Landbruksdirektoratet. 2020c. Kartlegging av foryngelse og miljøhensyn ved hogst. Rapport 2019. Rapport nr. 23/2020.

Lehmann, J., Gaunt, J., & Rondon, M. 2006. Bio-char Sequestration in Terrestrial Ecosystems – A Review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11(2), 395–419.

<https://doi.org/10.1007/s11027-005-9006-5>

Mayer, M., Prescott, C., Abaker, W., Cécillon, L., Ferreira, G., James, J., Jandl, R., Katzensteiner, K., Laclau, J.-P., Laganière, J., Nouvellon, Y., Paré, D., Stanturf, J., Vanguelova, E. & Vesterdal, L. 2020. Influence of forest management activities on soil organic carbon stocks: A knowledge synthesis. *Forest Ecology and Management*. 466. 118127. 10.1016/j.foreco.2020.118127.

Mao, J.D., Johnson, R.L., Lehmann, J., Olk, D.C., Neves, E.G., Thompson, M.L. & Schmidt- Rohr, K. 2012. Abundant and Stable Char Residues in Soils: Implications of Soil Fertility and Carbon Sequestration. *Environmental Science & Technology* 46: 9571- 9576.

Mathiesen, H.F. 2019. På sporet av foret. Hvordan identifisere jordbruksareal som ikke er i drift.

NIBIO rapport Vol 5 (5) 2019. 36 s. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmloi/handle/11250/2600823>

Meland, M. & Vangdal, E. 2015. Endra klima - verknader av endra klima og behov for tilpassingar, frukt og bær. Fagnotat til arbeidsgruppas hovedrapport om Landbruk og klimaendringer. 19 februar 2016.

Meld. St. 11 (2016 –2017). Melding til Stortinget. Endring og utvikling - En fremtidsrettet jordbruksproduksjon.

Meld. St. 6 (2016 –2017). Melding til Stortinget. Verdier i vekst - Konkurransedyktig skog- og trenæring.

Meld. St. 13 (2014–2015). Melding til Stortinget. Ny utslippsforpliktelse for 2030 – en felles løsning med EU.

Meld. St. 21 (2011- 2012). Melding til Stortinget. Norsk Klimapolitikk.

Miljødirektoratet og Landbruksdirektoratet. 2019. Pilotfasen for «Planting av skog på nye areal som klimatiltak». Sluttrapport og evaluering. M-1161/2019. 58 s.

<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1161/m1161.pdf>

Miljødirektoratet. 2019. Utslipp og opptak fra skog og arealbruk: For kommuner. Data hentet i 2020.

<https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimagassutslipp-kommuner/beregne-effekt-av-ulike-klimatiltak/>

Miljødirektoratet, Statens landbruksforvaltning & Norsk institutt for skog og landskap. 2014. Målrettet gjødsling av skog som klimatiltak – egnede arealer og miljøkriterier. M- 174/2014. 143 s.

<https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2014/mai-2014/malrettet-gjodsling-av-skog-som-klimatiltak---egnede-arealer-og-miljokriterier/>

- Miljødirektoratet, Landbruksdirektoratet & Norsk institutt for bioøkonomi. 2016. Vern eller bruk av skog som klimatiltak. Rapport M-519. 21 s.
- Miljødirektoratet, Statistisk sentralbyrå & NIBIO. 2019. Greenhouse Gas Emissions 1990-2017, National Inventory Report. Report M-1271. 538 s
<https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2019/april-2019/greenhouse-gas-emissions-1990-2017-national-inventory-report/>
- Miljødirektoratet, Statistisk sentralbyrå & NIBIO. 2020a. Greenhouse Gas Emissions 1990-2018, National Inventory Report. Report M-1643. 567 s.
<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m519/m519.pdf>
- Miljødirektoratet, Statens Vegvesen, Kystverket, Landbruksdirektoratet, Norges vassdrags og energidirektorat & Enova. 2020b. Klimakur 2030 – tiltak og virkemidler mot 2030. M-1625/2020. 1196 s. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625.pdf>
- Miljødirektoratet & Kommunenes Sentralforbund, 2019. Klimagasstatistikk for kommuner og fylker. Dokumentasjon av metode – versjon 2. M-989/2019. 76s.
<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m989/m989.pdf>
- Miljøstatus 2020. Norges miljømål <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/miljomal/> (lest 25.6.2020)
- Molteberg, E. & Vågen, I. 2015. Endret klima- effekter av endret klima og behov for tilpasninger. Potet og grønnsaksproduksjon. Fagnotat til arbeidgruppas hovedrapport om Landbruk og klimaendringer. 19 februar 2016.
- Narmo, L.E. 1996. Kokekameratene på Leikvin. Kult og kokegroper. Viking. Norsk Arkeologisk Årbok, Vol LIX. Norsk Arkeologisk Selskap, Oslo, s 79- 100.
- 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.
- Prop 127 S (2014- 2015). Jordbruksoppkjøret 2015- endringer i statsbudsjettet 2015 mm. Innstilling til Stortinget om Nasjonal Jordvernstrategi.
- NOU 2010:10 Tilpasning til eit klima i endring. Samfunnet si sårbarheit og behov for tilpassing til konsekvensar av klimaendringane. Miljøverndepartementet. 236 s.
<https://www.regjeringen.no/contentassets/01c4638b3f3e4573929f3b375f4731e0/nn-no/pdfs/nou201020100010000dddpdfs.pdf>
- NOU 2015:16 Overvann i byer og tettsteder. Som problem og ressurs. Klima og miljødepartementet. 266s.<https://www.regjeringen.no/contentassets/e6db8ef3623e4b41bcb81fb23393092b/no/pdfs/nou201520150016000dddpdfs.pdf>
- O'Toole, A., Moni, C., Schols, A., Carnol, M., Bosman, B. & Rasse, D. 2018. Mischantus biochar effects on small grain yield and soil physical properties in a 4-year field experiment in Norway. Agriculture, 8 (171). <https://doi.org/10-3390/agriculture8110171>
- PEFC Norge, 2015.
<https://www.pefc.no/system/resources/W1siZiIsIjIwMTgvMDYvMjkwbnRoaDdmaHpkX1BFRkNfTl8wMl9Ob3Jza19QRUZDX1Nrb2dzdGFuZGFyZGF9KdW5pXzIwMTZfLnBkZiJdXQ/PEFC%20N%2002%20Norsk%20PEFC%20Skogstandard%20Juni%202016%20.pdf>
- Pettersen, I., Grønlund, A., Stensgård, A. E. & Walland, F. 2017. Klimatiltak i jordbruk og matsektoren. Kostnadsanalyse av fire tiltak. NIBIO Rapport Vol. 3 (85) 2017. 86 s.

- Prop. 127 S (2014–2015). Jordbruksoppjøret 2015 – endringer i statsbudsjettet 2015 m.m. Kap. 4 Nasjonal jordvernstrategi. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/prop.-127-s-20142015/id2413930/?ch=14>
- Rasse, D., Økland, I., Bárcena, T. G., Riley, H., Martinsen, V., Sturite, I., Joner, E., O´Toole, A., Øpstad, S., Cottis, T. & Budai, A., 2019. Muligheter og utfordringer for økt karbonbinding i jordbruksjord. NIBIO RAPPORT, Vol. 5, Nr. 36, 2019. 92 s. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2591077>
- Riley, H. & Bakkegård, M. 2006. Declines of soil organic matter content under arable cropping in southeast Norway. *Acta Agricultura Scandinavica Section B- Soil and Plant Science*. 56: 217–223.
- Riley, H. 2014. Grain yields and soil properties on loam soil after three decades with conservation tillage in southeast Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, 64(3), 185–202. <https://doi.org/10.1080/09064710.2014.901406>
- Riley, H. C. F., Bleken, M. A., Abrahamsen, S., Bergjord, A.K., & Bakken, A. K. 2005. Effects of alternative tillage systems on soil quality and yield of spring cereals on silty clay loam and sandy loam soils in the cool, wet climate of central Norway. *Soil and Tillage Research*, 80: 79–93. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.03.005>
- Riley, H., Åsveen, M., Todnem, J. & Eltun R. 2012. Halm som biobrensel - Tilgjengelige halmmengder, halmbehov til dyrefôr og strø/talle, samt konsekvenser av halmfjerning for jordas bæreevne og kvalitet. *Bioforsk Rapport 2012*, side 58. http://www.bioforsk.no/ikbViewer/page/tjenester/publikasjoner/publikasjon?p_document_id=100889.
- Rivedal, S., Prestvik, A., Aune, A., Hansen, S. & Morken, J. 2019. Tiltak for å redusere ammoniakktusslepp fra jordbruket. NIBIO Rapport Vol 5 (160) 2019. 77 s. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2634684>
- Seehusen, T., Waalen, W., Hoel, B., Uhlen, A., Persson, T. & Strand, E. 2015. Endret klima- effekter av endret klima og behov for tilpasninger- norsk kornproduksjon. Fagnotat til arbeidsgruppas hovedrapport om Landbruk og klimaendringer. 19 februar 2016.
- Sikström, U., Hjelm, K., Hanssen, K.H., Saksa, T. & Wallertz, K. 2020. Influence of mechanical site preparation on regeneration success of planted conifers in clearcuts in Fennoscandia – a review. *Silva Fennica* (Accepted).
- Skogkurs, 2016. Gjødsling i skog – et klimatiltak med 40 % tilskudd! Skogkurs info. Februar 2016. https://www.skogkurs.no/info/gjodsling_i_skog.pdf
- Smith, P. 2016. Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies. *Global Change Biology*, 22: 1315- 1324.
- Statistisk sentralbyrå, 2020. <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/klimagassn/aar>
- Søgaard, G., Alfredssen, G., Antón Fernández, C., Astrup, R., Blom, H., Clarke, N., Eriksen, R., Granhus, A., Hanssen, K.H., Hietala, A., Krokene, P., Mohr, C.W., Nygaard, P.H., Solberg, S. & Steffenrem, A. 2020. Klimakur 2030 – beskrivelse av utvalgte klimatiltak knyttet til skog. NIBIO Rapport Vol 6(9). 84 s.
- Søgaard, G., Mohr, C.W., Antón-Fernández, C., Alfredsen, G., Astrup, R.A., Breidenbach, J., Eriksen, R., Granhus, A. & Smith, A. 2019a. Framskrivninger for arealbrukssektoren – under FNs klimakonvensjon, Kyotoprotokollen og EUs rammeverk. NIBIO Rapport;5(114). 70 s. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2633736>

- Søgaard, G., Allen, M., Astrup, R., Belbo, H., Bergseng, E., Blom, H.H., Bright, R., Dalsgaard, L., Antón-Fernández, C., Gjerde, I., Granhus, A., Hanssen, K.H., Kjønås, O.J., Nygaard, P.H., Stokland, J. & Sætersdal, M. 2019b. Effekter av planting av skog på nye arealer. Betydning for klima, miljø og næring. NIBIO rapport 5(3). 86 s. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2585217>
- Søgaard G., Astrup R., Allen M., Andreassen K., Bergseng E., Fløistad I.S., Granhus A., Hanssen K.H., Hietala A., Kvaalen H., Solberg S., Solheim H., Steffenrem A., Stokland J. & Økland B., 2017. Skogbehandling for verdiproduksjon i et klima i endring. NIBIO Rapport, Vol. 3 (99). 86 s. https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2451870/NIBIO_RAPPORT_2017_3_99.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Søgaard, G. & Bjørkelo, K. 2018. Klimagassregnskap for arealbrukssektoren i Oslo: aktuelle arealbruksoverganger, klimagassutslipp og tiltak. NIBIO Rapport Vol. 4 (155). 51 s. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2576380>
- Søgaard, G., Granhus, A., Gizachew, B., Clarke, N., Andreassen, K. & Eriksen, R. 2015. En vurdering av utvalgte skogtiltak - innspill på veien mot Lavutslippssamfunnet 2050. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 02/2105 <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2436809>
- Teknisk berekningsutval for klimagassutslipp i jordbruket 2019. Jordbruksrelaterte klimagassutslipp - Gjennomgang av klimagassregnskapet og vurdering av forbedringer. Rapport fra partssammensatt arbeidsgruppe 1.7.2019.
- Trondheim kommune 2020. Skogfond og tilskudd. Nærings- og miljøtiltak i skogbruket. <https://www.trondheim.kommune.no/skogfond/> Sist oppdatert: 24.06.2020 (lest 25.6.2020).
- Vegdirektoratet 2018. <https://www.vegvesen.no/attachment/704540/>
- Verheijen, F.G.A., Graber, E.R., Ameloot, N., Bastos, A.C., Sohi, S. & Knicker, H. 2014. Biochars in soils: new insight and emerging research needs Introduction. European Journal of Soil Science 65: 22- 27.
- Partssammensatt arbeidsgruppe til jordbruksoppgjøret 2015. Helhetlig gjennomgang av miljøvirkemidler i jordbrukspolitikken. Rapport fra partssammensatt arbeidsgruppe til jordbruksoppgjøret 2015. 23 februar 2015. <https://www.regjeringen.no/contentassets/a15b7e5e87ee4c4a930e31427d17653f/rapport-gjennomgang-av-miljovirkemidler-i-jordbrukspolitikken.pdf>
- Woolf, D., Amonette, J.E., Street-Perrott, F.A., Lehmann, J. & Joseph, S. 2010. Sustainable biochar to mitigate global climate change. Nature Communications 1.
- Øverland, M., Mydland, L.T. & Skrede, A. 2015. Industriell bioraffinering av tremasse og makroalger. Innspill til forskningsagenda: Utnyttelse av biomasse til produksjon av proteinrike forråvarer. Institutt for husdyr - og akvakulturvitenskap, NMBU.
- Øygarden, L. & Bechmann, M. 2017. Synergier av miljøtiltak i jordbruket. Klimagassutslipp, klimatilpasning, vannforvaltning og luftforurensninger i norsk jordbruk. NIBIO Rapport Vol 3 (51) 2017. 39s.
- Aass, L. & Åby, B. A. 2018. Mulige tiltak for reduksjon av klimagassutslipp fra husdyrsektoren. NMBU rapport 2018. ISBN: 978-82-575- 1574-4. 56 s.

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

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

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

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