



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Framskrivninger, tiltaks- og virkemiddelanalyser for arealbrukssektoren:

Beskrivelse og evaluering av dagens metodikk

NIBIO RAPPORT | VOL. 9 | NR. 43 | 2023



Gunnhild Sjøgaard, Gry Alfredsen, Helmer Belbo, Clara Antòn-Fernàndez, Katharina Hobrak, Christian Wilhelm Mohr, Ignacio Sevillano, Knut Øistad.
Divisjon skog og utmark

TITTEL/TITLE

Framskrivninger, tiltaks- og virkemiddelanalyser for arealbrukssektoren: Beskrivelse og evaluering av dagens metodikk

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Gunnhild Sjøgaard, Gry Alfredsen, Helmer Belbo, Clara Antòn-Fernàndez, Katharina Hobrak, Christian Wilhelm Mohr, Ignacio Sevillano, Knut Øistad

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
09.03.2023	9/43/2023	Åpen	52662.1	21/01642
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-03261-8	2464-1162	72		

OPPDRA GSGIVER/EMPLOYER:

Miljødirektoratet

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Hanna Elisabeth Thorsen

STIKKORD/KEYWORDS:

Klimagassregnskap, arealbrukssektoren, skog

GHG accounting, Land use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Klimagassregnskap

Greenhouse gas accounting

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Denne rapporten er skrevet på oppdrag fra Teknisk beregningsutvalg for klima (TBU klima). TBU klima skal ifølge mandatet gi råd om forbedringer i metoder for tiltaks- og virkemiddelanalyser på klimaområdet. I årsrapporten for 2021 har utvalget redegjort for hvilke metoder som er vurdert hittil og hvilke temaer som gjenstår. Et tema som foreløpig ikke har vært dekket av utvalget, er metoder som brukes til framskrivninger og til analyser av tiltak og virkemidler som påvirker utslipp og opptak av klimagasser fra skog, arealbruk og arealbruksendringer. Disse opptakene og utslippene rapporteres i det nasjonale klimagassregnskapet under arealbrukssektoren (*eng.* Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF).

Formålet med denne rapporten er å gi et kunnskapsgrunnlag for utvalgets videre arbeid med vurdering av metodeapparatet som brukes til utslippsframskrivninger og analyser av tiltak og virkemidler rettet mot arealbrukssektoren, samt metode for å beregne klimaeffekt av poster på statsbudsjettet som påvirker arealbrukssektoren.

LAND/COUNTRY:

Norge

FYLKE/COUNTY:

Viken

KOMMUNE/MUNICIPALITY:

Ås

STED/LOKALITET:

Ås

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

GODKJENT /APPROVED

Bjørn Håvard Evjen

BJØRN HÅVARD EVJEN

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Gunnhild Sjøgaard

GUNNHILD SØGAARD



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

Denne rapporten er skrevet på oppdrag fra Teknisk beregningsutvalg for klima (TBU klima). I 2020 ble et konsortium bestående av Menon Economics, CICERO senter for klimaforskning, NIBIO (Norsk institutt for bioøkonomi) og Ruralis (Institutt for rural- og regionalforskning) tildelt en rammeavtale med TBU klima. Formålet med rammeavtalen er å gi utvalget mulighet til å hente inn kapasitet og kompetanse til å løse de arbeidsoppgavene som er beskrevet i mandatet fastsatt 23. juni 2020.

Et oppdrag gitt høsten 2021 hadde som formål å gi et kunnskapsgrunnlag for utvalgets videre arbeid med vurdering av metodeapparatet som brukes til utslippsframskrivninger og analyser av tiltak og virkemidler rettet mot arealbrukssektoren, samt metode for å beregne klimaeffekt av poster på statsbudsjettet som påvirker arealbrukssektoren.

Arbeidet med dette oppdraget har vært ledet av NIBIO, og i hovedsak utført av NIBIO, og med bidrag fra øvrige i konsortiet (Menon, CICERO og Ruralis). Menon ved Annegrete Bruvoll har særlig vært viktig bidragsyter i kapitlet om virkemiddelanalyser.

Takk til Atle Harby, SINTEF, for innspill relatert til tiltaks- og virkemiddelanalyser knyttet til vannkraft der de landbaserte utslippene inngår.

Ås, 09.03.23

Gunnhild Søgaard

Innhold

1	Innledning.....	7
2	Det nasjonale klimagassregnskapet for arealbrukssektoren	8
2.1	Om arealbrukssektoren	8
2.2	Arealbrukskategoriene	9
2.2.1	Skog.....	9
2.2.2	Dyrket mark.....	9
2.2.3	Beite	10
2.2.4	Vann og myr	10
2.2.5	Utbygd areal.....	10
2.2.6	Annen utmark	10
2.3	Utslipp og opptak fordelt på arealbrukskategoriene	11
2.4	Metodikk: Tier og Approach, og dokumentasjonskrav.....	11
2.5	Transparens: Format internasjonal rapportering, NIR og CRF.....	13
2.6	Datagrunnlag: Landsskogtakseringen.....	13
2.7	Datagrunnlag: Supplerende datakilder.....	14
2.8	Metodeforbedring og rekalkulering	14
3	Framskrivninger for arealbrukssektoren	16
3.1	Innledning.....	16
3.2	Beskrivelse av metoder som brukes til å framskrive utslipp og opptak i arealbrukssektoren	16
3.2.1	Framskrivning av arealutvikling.....	17
3.2.2	Framskrivning av utslipp (utenom skog og treprodukter)	17
3.2.3	Framskrivninger av utviklingen i skog	18
3.2.4	Framskrivning treprodukter	21
3.2.5	Koblinger med framskrivninger for øvrige sektorer	22
3.3	Noen betraktninger rundt usikkerhet.....	23
3.3.1	Usikkerhet i metodikk for framskrivning av arealer	23
3.3.2	Usikkerhet knyttet til beregning av utslipp og opptak.....	24
3.3.3	Usikkerheter knyttet til fremtidig klima og risiko	24
3.3.4	Usikkerhet knyttet til forutsetninger for vedtatt og planlagt politikk.....	25
3.4	Internasjonale rammebetingelser	25
3.4.1	UNFCCC Biennial Report og National Communications	26
3.4.2	Avtale med EU om felles oppfyllelse av målet under Parisavtalen	28
3.5	Metoder for utslippsframskrivninger i andre land	30
3.5.1	Arealer og utslipp/opptak	30
3.5.2	Framskrivninger i skog i andre Nordiske land	31
3.5.3	Karbonlager i treprodukter	32
3.6	Vurdering av metoden som brukes til framskrivninger i Norge	33
3.7	Muligheter for videreutvikling av metodikk for framskrivninger	35
3.7.1	Georeferert arealframskrivning – Approach 3	35
3.7.2	Karbonlager i treprodukter	36
3.7.3	Videre utvikling av beregningsmetodikk i samsvar med jordbrukssektoren	36
4	Tiltaksanalyser	37

4.1	Innledning.....	37
4.2	Tiltaksanalyser skog.....	38
4.2.1	Beskrivelse av metoder	38
4.2.2	Tiltakskostnader	41
4.2.3	Andre økosystemtjenester	42
4.2.4	Beskrivelse av metoder som brukes i våre naboland (Sverige og Finland).....	42
4.2.5	Vurdering av metodene for tiltaksanalyser skog	44
4.2.6	Muligheter for videreutvikling	45
4.3	Tiltaksanalyser treprodukter	46
4.3.1	Beskrivelse av metoder	46
4.3.2	Beskrivelse av metoder som brukes i våre naboland (Sverige, Danmark og Finland)	46
4.3.3	Vurdering av metoden for tiltaksanalyser treprodukter.....	47
4.3.4	Muligheter for videreutvikling av metodikk for treprodukter	48
4.4	Tiltaksanalyser andre arealbrukskategorier	49
4.4.1	Utbygging av areal.....	49
4.4.2	Avskoging	50
4.4.3	Torvuttak.....	50
4.4.4	Restaurering av myr	51
4.4.5	Vannkraft.....	52
4.4.6	Nydyrking av myr	52
4.4.7	Øke karbonlagring i dyrket mineraljord	53
4.4.8	Vurdering av metoder benyttet i andre arealbrukskategorier enn skog	55
5	Virkemiddelanalyser	56
5.1	Virkemiddelanalyser skog.....	56
5.2	Virkemiddelanalyser treprodukter	57
5.3	Virkemiddelanalyser jordbruk	58
5.4	Virkemidler mot utslipp fra utbygging.....	59
5.5	Virkemiddelanalyser torvproduksjon	59
5.6	European Green Deal og norske virkemidler.....	60
5.7	Samlet oppsummering og vurdering virkemiddelanalyser	60
	Ordliste	61
	Litteraturreferanser.....	64

1 Innledning

Denne rapporten er skrevet på oppdrag fra Teknisk beregningsutvalg for klima (TBU klima). TBU klima skal ifølge mandatet gi råd om forbedringer i metoder for tiltaks- og virkemiddelanalyser på klimaområdet. I årsrapporten for 2021 redegjorde utvalget for hvilke metoder som var vurdert, og hvilke temaer som gjensto. Av gjenstående tema var metoder til framskrivninger og til analyser av tiltak og virkemidler som påvirker utslipp og opptak av klimagasser fra skog, arealbruk og arealbruksendringer. Disse opptakene og utslippene rapporteres i det nasjonale klimagassregnskapet under arealbrukssektoren (*eng.* Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF).

Denne rapporten gir et kunnskapsgrunnlag for utvalgets videre arbeid med vurdering av metodeapparatet som brukes til utslippsframskrivninger og analyser av tiltak og virkemidler rettet mot arealbrukssektoren, samt metode for å beregne klimaeffekt av poster på statsbudsjettet som påvirker arealbrukssektoren.

Følgende momenter er beskrevet at ønskes besvart i oppdraget fra oppdragsgiver:

- Beskrivelse av metoder som brukes til å framskrive utslipp og opptak i arealbrukssektoren
- Beskrivelse av metoder som brukes til analyser av tiltak og virkemidler rettet mot utslipp og opptak fra arealbrukssektoren
- Vurdering av metoden som brukes til framskrivninger i Norge
- Vurdering av metoder for tiltaks- og virkemiddelanalyser i Norge
- Muligheter for videreutvikling

Definisjoner og avgrensninger som benyttes i det nasjonale klimagassregnskapet under FNs klimakonvensjon danner grunnlag for både framskrivninger for utvikling i sektoren, og for mange av tiltaksanalysene som gjøres (men her i noe mer varierende grad). Vi har derfor valgt å innlede med et kapittel som redegjør i korte trekk for arealbrukssektoren i det nasjonale klimagassregnskapet. Videre beskrives datagrunnlag og beregningsmetodikk i den grad det er vurdert som relevant. Her vises generelt til klimagassregnskapet for 2022 (National Inventory Report 2022), hvor det i kapittel 6 er utfyllende beskrivelse av datagrunnlag og metodikk (Miljødirektoratet mfl. 2022).

NIBIO har i 2015, 2019, og i 2022 levert nasjonale framskrivninger for arealbrukssektoren. Metodene er under stadig utvikling og forbedring. Her gis en kortfattet beskrivelse av metoder benyttet til de offisielle, nasjonale framskrivningene for sektoren publisert i september 2022, en vurdering av disse, og en kortfattet beskrivelse av muligheter for videreutvikling.

Analyser av tiltak og virkemidler rettet mot utslipp og opptak fra arealbrukssektoren er gjennomført og publisert på ulike måter og med ulike metodikker. Generelt har det vært en tilnærming mot metodikker som tilsvare eller samsvarer med beregningsmetoder som benyttes for de offisielle, nasjonale framskrivningene. Noe som gjør at potensielle effekter på utslippsregnskapet kan beskrives. Rapporten har fokus på nasjonalt nivå, og vi går ikke inn på lokale, kommunale eller regionale tiltaksanalyser, eller metodikk for dette.

I den grad det er vurdert som relevant er forhold i sammenliknbare land inkludert, både for framskrivninger og tiltaksanalyser.

2 Det nasjonale klimagassregnskapet for arealbrukssektoren

Den norske rapporteringen av utslipp og opptak av klimagasser til FNs klimakonvensjon og under Kyotoprotokollen utarbeides årlig i samarbeid mellom Miljødirektoratet, Statistisk sentralbyrå (SSB) og Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO).

Klimagassregnskapet følger internasjonale retningslinjer (guidelines) som er utarbeidet av FNs Klimapanel; IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Disse forteller hva som skal rapporteres og hvordan utslippene skal beregnes. Metodene klassifiseres etter såkalt Tier nivå, hvor Tier 1 metoder ikke har nasjonal tilpasning (standard faktorer), mens Tier 3 metoder generelt har stor grad av mulighet for nasjonal tilpasning (se [kapittel 2.4](#)).

De nasjonale klimagassregnskapene gjennomgår årlig en revisjon av eksperter fra andre land (Expert Review Team, ERT). Revisjonen skal sikre at alle land rapporterer sammenlignbart og ved bruk av samme retningslinjer. Nesten hvert år gransker fageksperter fra ERT regnskapet mer i dybden, og går igjennom metodene og beregningene for å sikre at arbeidet som gjøres er i tråd med retningslinjene. Gjennom dette arbeidet får landene innspill til hva som må og bør forbedres.

Det nasjonale klimagassregnskapet under FNs klimakonvensjon er inndelt i sektorene energi, industriprosesser og bruk av produkter, jordbruk, arealbruk og avfall. Denne rapporten fokuserer utelukkende på arealbrukssektoren (*eng.* Land Use, Land Use Change and Forestry, LULUCF).

2.1 Om arealbrukssektoren

Arealbrukssektoren omfatter arealbruk og arealbruksendringer, med tilhørende opptak og utslipp av karbondioksid (CO₂), og utslipp av metan (CH₄) og lystgass (N₂O). I tillegg inkluderes karbonlagring i treprodukter (*eng.* Harvested Wood Products, HWP). Landarealet er inndelt i seks arealbrukskategorier: skog, dyrket mark, beite, utbygd areal, vann og myr, og annen utmark.

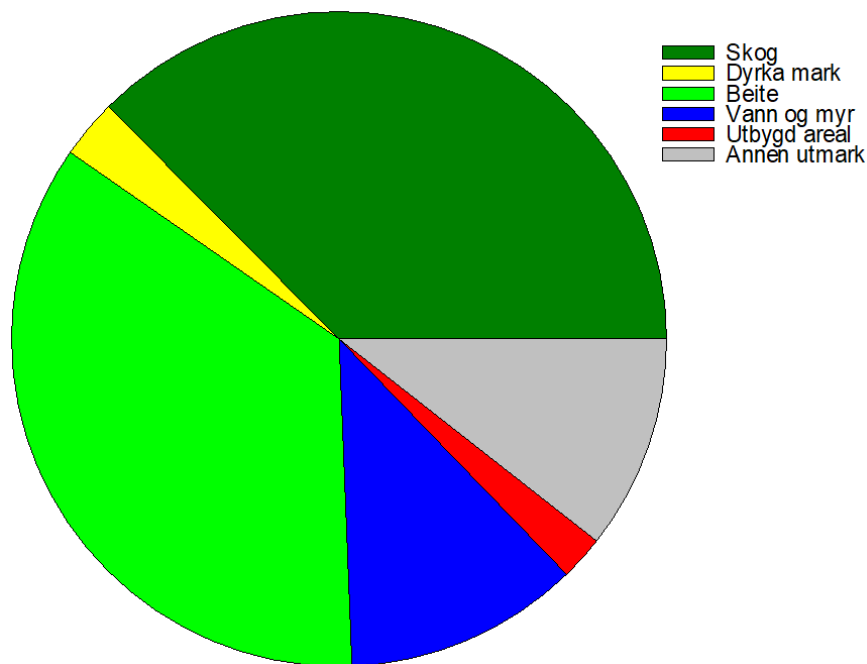
I utslippsregnskapet for arealbrukssektoren skilles det mellom arealer som har vært i samme arealbrukskategori i over 20 år (gjenværende) og arealer som er blitt omgjort fra annen arealbruk for mindre enn 20 år siden (i overgang), for eksempel fra skog eller myr til dyrket mark. Dette gjøres fordi det er en annen karbondynamikk på arealer som nylig er endret, sammenlignet med arealer som har vært i samme arealbrukskategori over lengre tid. I prinsippet er kun utslipp og opptak forårsaket av menneskelig aktivitet en del av regnskapet. For forvaltede arealer, som skog, dyrket mark og beite, regnes alle utslipp og opptak som resultat av menneskelig aktivitet.

I arealbrukssektoren rapporteres endringer i karbonbeholdninger som netto utslipp/opptak av CO₂. Det rapporteres eller beregnes ikke total størrelse på karbonlager, kun endringer. I tillegg beregnes utslipp av CH₄ og N₂O. Ofte oppgis derfor netto utslipp/opptak i CO₂-ekvivalenter¹, som inkluderer netto endring i karbonlager i alle karbonbeholdninger og utslipp av CH₄ og N₂O.

¹ Globale oppvarmingspotensialer (*eng.* Global Warming Potential, GWP) er et sett med verdier som brukes for å omgjøre masse av en ikke-CO₂ drivhusgass til masse av CO₂ (CO₂-ekvivalenter) som tilsvarer samme oppvarmingsevne for et gitt antall år (f.eks. 10 år, 50 år, 100 år, 200 år).

2.2 Arealbrukskategoriene

Norges landareal deles inn i arealbrukskategoriene skog, dyrket mark, beite, utbygd areal, vann og myr, samt annen utmark (Figur 1). Definisjonene av disse er sentrale for forståelse og bruk av tall fra klimagassregnskapet, ikke minst når en ønsker å sammenlikne med andre typer sammenlikninger der areal typer har andre definisjoner. For eksempel vil nydyrking i det nasjonale klimagassregnskapet omfatte kun nydyrking til fulldyrket, mens det i andre sammenhenger vil inkludere nydyrking til både fulldyrket og overflatedyrket. Her følger en beskrivelse av arealbrukskategoriene slik de er definert i det nasjonale klimagassregnskapet.



Figur 1. Fordeling av Norges landareal på arealbrukskategoriene i det nasjonale klimagassregnskapet i 2020 (Kilde: Miljødirektoratet mfl. 2022)

2.2.1 Skog

Skog er i det internasjonale klassifikasjonssystemet 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 generasjon av trær, og at arealet ikke har fått 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.

2.2.2 Dyrket mark

Dyrket mark er jordbruksareal som klassifiseres som fulldyrket jord etter Økonomisk Kartverks (AR5) definisjon. Det vil si at det er jordbruksareal som er dyrket til vanlig pløvedybd, og kan benyttes til åkervekster eller til eng, og som kan fornyes ved pløying. Fulldyrket jord som benyttes til beite regnes som dyrket mark. Ved gjengroing av dyrket mark går arealet over til skog når antallet trær tilsvarer hogstklasse II, eller kronedekningsprosenten er på 10 % eller mer.

2.2.3 Beite

Beite er fra og med klimagassregnskapet 2021 (Miljødirektoratet mfl. 2021) definert i to underkategorier: Aktivt beita innmarksarealer og åpne og tresatte utmarksarealer med vegetasjonsdekke og mineraljord.

2.2.3.1 Aktivt beita innmarksarealer

Dette er innmarksarealer som er aktivt i bruk til beiting, og som ikke kan pløyes (fulldyrket areal som beites klassifiseres som dyrket mark). Arealet samsvarer i stor grad med definisjonene i AR5 av innmarksbeite og overflatedyrket jord. 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 noen beiteområder kan det være nok trær til at de møter skogdefinisjonen (trær over 5 meter og >10 % kronedekning). På disse områdene er det tydelig preg av gressarter og forvaltningspraksis som vil klassifisere arealene som beite og ikke skog.

2.2.3.2 Åpne og glissent tresatte utmarksarealer på mineraljord

Dette er åpne og glissent tresatte (men ikke skogkledde) utmarksarealer på mineraljord som har minimum 50 % vegetasjonsdekke og/eller er tresatt. Hvis arealet når skogdefinisjonen blir det skog, hvis det er organisk jord blir det myr (kategorien vann og myr), og er det uten vegetasjonsdekke (bar jord, steinur, bart fjell og isbreer) så er det annen utmark. Dette er den delen av utmarka som ikke inngår i de tre forutgående kategoriene. Implisitt følger at dette er arealer med stor variasjon i naturtyper, fra rike høgstaudeenger til fattige lavheier, over og under skoggrensa. Det er ikke noe krav om at det skal beites, så beitetrykk vil variere fra ingen beiting til svært høyt beitetrykk.

Det bemerkes at kategorien ikke dekker skog og myr, og dermed bare dekker en del av den utmarka som er tilgjengelig for og egnet til utmarksbeite.

2.2.4 Vann og myr

Vann og myr omfatter ferskvann og myrer. Åpen og tresatt myr inngår, men dersom de når skogdefinisjonen tilhører de kategorien skog. Neddemt areal og areal som benyttes til torvproduksjon inkluderes i denne arealbrukskategorien. Den inneholder også myr som er grøftet, men som ikke har endret arealbruk.

2.2.5 Utbygd areal

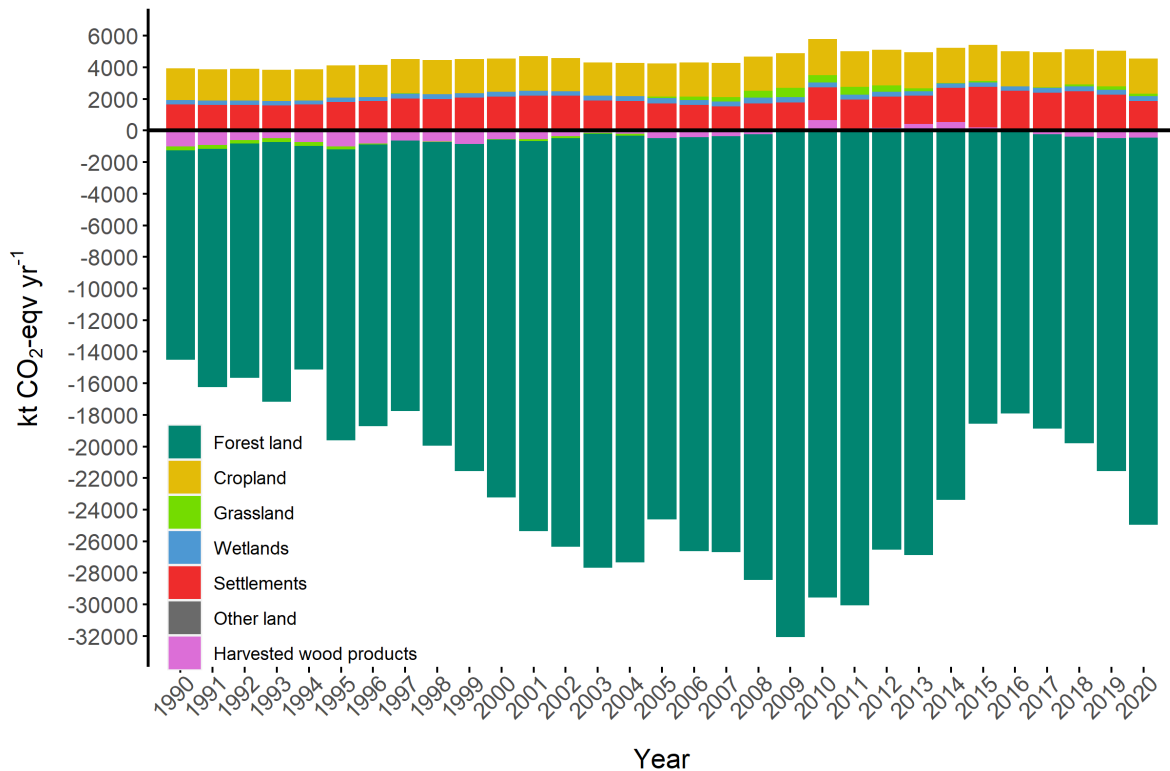
Utbygd areal omfatter bygninger og arealer som kan klassifiseres som teknisk impediment og omkringliggende opparbeidet areal. Dette gjelder bl.a. bebyggelse, hager, veier, velteplasser, lagerplass, parkeringsplasser og grustak. Alle veier må være av varig karakter med minst 4 m bredde for å skilles ut som egne enheter. Eventuelle grøfter eller sidestriper som regelmessig holdes fri for trær 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.

2.2.6 Annen utmark

Annen utmark inkluderer bar jord, steinur, bart fjell og isbreer (arealer uten signifikant karbonbeholdning).

2.3 Utslipp og opptak fordelt på arealbrukskategoriene

Det beregnes endringer i karbonbeholdning i levende biomasse, død ved, strø, mineraljord og organisk jord. I tillegg beregnes utslipp av metan (CH₄) og lystgass (N₂O). Skog er den klart største arealbrukskategorien regnet i netto opptak/utslipp (Figur 2). De fleste arealbrukskategoriene har netto utslipp, selv om det også kan være kilder med opptak i disse.



Figur 2. Utslipp og opptak i arealbrukssektoren fordelt på arealbrukskategoriene. Figur fra klimagassregnskapet for 2022 (Miljødirektoratet mfl. 2022).

2.4 Metodikk: Tier og Approach, og dokumentasjonskrav

Metodene benyttet i det nasjonale klimagassregnskapet følger retningslinjer fra IPCC, tilpasset de data og den kunnskap som er tilgjengelig (IPCC 2006, 2014a og b, 2019).

Metodetilnærmingen brukt til beregninger klassifiseres etter nivå på Tier og Approach jamfør IPCC sine retningslinjer. Det følger høye krav til dokumentasjon for å implementere nasjonale faktorer (Tier 2) og metodikker (Tier 3).

Tier beskriver den metodiske kompleksiteten for utslippsberegningen. Tier 1 er den mest grunnleggende tilnærmingen, med standard faktorer fra IPCC sine retningslinjer som ganges med aktivitetsdata (areal endret, tonn gjødsel tilført, osv.). Tier 2 er mer avansert, da en her har utslippsfaktorer basert på nasjonale data. Mens Tier 3 stiller høyere krav til data, og innebærer gjerne både modellering og nasjonale målinger. Generelt vil høyere Tier nivå ha høyere presisjon, men forutsetter at egnede data er tilgjengelige for å utvikle, evaluere og bruke en slik metodikk. Generelt åpner Tier 3 inkludering av flere faktorer i beregningene og stor grad av nasjonal tilpasning. Dette stiller høye krav til dokumentasjon av metoden. Det ligger altså et mulighetsrom for å utvikle nasjonalt tilpassede metoder, forutsatt tilstrekkelig dokumentasjon.

Approach beskriver tilnærmingen og den metodiske kompleksiteten for arealrepresentasjon av arealbrukskategoriene (IPCC 2006; Vol. 4, kapittel 3.3 Representing Land-Use areas). I en Approach 1

identifiseres det totale arealet for hver arealbrukskategori innen et land, men det er ingen detaljert informasjon om overganger mellom ulike arealbruk. I Approach 2 introduseres sporing av endringer mellom arealbrukskategorier. I Approach 3 utvides dette til at endringen spores georeferert. I det norske klimagassregnskapet benyttes Landsskogtakseringen permanente prøveflater, og vi kan derfor benytte den mest avanserte tilnærmingen (Approach 3) hvor vi følger endringer i arealbruk over tid for hver prøveflate. I Norges klimagassregnskap er også mange av utslippsberegningene basert på data for hver flate, og følger dermed en Approach 3.

Estimering av endring i karbonlager i levende trebiomasse i skog er et eksempel på en metodikk som følger både Tier 3 (basert på målinger av trær) og Approach 3 (endringene er georeferert på Landsskogflatene).

Estimering av utslipp av CO₂, CH₄ og N₂O fra drenert organisk jord i skog og myr er eksempler på Tier 1 metodikk (standard faktorer fra IPCC retningslinjene), kombinert med Approach 3 (grøfter registreres, og utslipp beregnes for hver Landsskogflate).

Utslipp av N₂O fra nitrogen gjødsling i skog (indirekte og direkte utslipp) er et eksempel på en Tier 1 (standard faktorer fra IPCC retningslinjene) og Approach 1 (vi vet hvor mye det gjødsles, men ikke hvor).

For treprodukter er det litt annerledes, da det ikke er arealbasert. For treprodukter er følgende gjeldene for Tier, Approach, og dokumentasjonskrav.

Tier beskriver også her den metodiske kompleksiteten for utslippsberegningen. Jamfør IPCC sine retningslinjer (2006, 2014a og b) kan de beskrives slik:

- Tier 1: antar at årlig tilførsel = årlig tap, og brukes når man ikke har aktivitetsdata tilgjengelig for de tre spesifiserte kategoriene for treprodukter,
- Tier 2: brukes når nasjonale aktivitetsdata og/eller utslippsfaktorer er tilgjengelig,
- Tier 3: brukes når man har en nasjonal metode tilgjengelig for å estimere bidraget fra treprodukter.

Norge bruker per i dag en Tier 2 for treprodukter (IPCC 2006, 2014a).

Approach i denne konteksten definerer hva som skal estimeres og rapporteres av CO₂-opptak og -utslipp fra treprodukter (systemgrensene), mens en metode definerer hvordan man kalkulerer opptak og tap. Tilnærmingene deles opp i:

- *Stock-change approach* - karbonlager innen de nasjonale grensene, rapporteres der produktet brukes.
- *Production approach* - karbonlager av produkter produsert fra tømmer høstet i landet, både produksjon ekskl. eksport og eksport rapporteres.
- *Atmospheric-flow approach* - fluks av CO₂, rapporteres av landet som bruker produktet,
- *Simple-decay approach* - fluks av CO₂, rapporteres av landet som produserte produktet.

Metodene man kan bruke deles opp i direkte lagerbaserte (*eng.* direct inventory-based), fluks-data baserte (*eng.* flux data-based) eller en kombinasjon av begge metoder. Direkte lagerbaserte metoder bruker direkte evaluering av karbonlager for treprodukter ved to eller flere tidspunkt, og estimerer endring i karbonlager mellom punktene. Fluks-data baserte metoder kan enten: 1) måle fluksene av CO₂ mellom atmosfæren og karbonlageret i høstet biomasse, eller 2) følge fluksene av karbon i trebiomasse som er høstet fra skog og andre landkategorier med trær gjennom trinnene av treprosesseringskjeden med mål om å estimere omfanget av karbonlageret i treprodukter og endringer

i dette lageret over tid. I praksis involverer de fleste fluks-data baserte metodene beskrevet i vitenskapelig litteratur modeller heller enn direkte målinger (IPCC 2019).

I Norge bruker vi produksjonstilnærmingen (*eng.* production approach), Tier 2, for rapporteringen for treprodukter i klimagassregnskapet. Dette er en direkte lagerbaserte metode. Her krediteres man for produksjon ekskl. eksport og eksport i regnskapet, men ikke for import (IPCC 2006, IPCC 2014a, IPCC 2019). Denne tilnærmingen sammenfaller med reglene fra EU (EU 2018) om hvordan opptak og utslipp av drivhusgasser fra LULUCF skal inkluderes i klima- og energirammeverket for 2030.

Aktivitetsdataene for treprodukter hentes fra FAOSTAT sin database for skogproduksjon og handel. Det er SSB som leverer de norske dataene til FAOSTAT. Aktivitetsdata for trelast og trebaserte plater presenteres av FAOSTAT i enheten fastkubikkmeter, mens papir- og kartongprodukter i enheten tonn.

2.5 Transparens: Format internasjonal rapportering, NIR og CRF

Norge sender hvert år inn sitt nasjonale klimagassregnskap til FNs klimakonvensjon, og frem til og med 2022 inkluderer dette rapportering under Kyotoprotokollen. Den internasjonale rapporteringen skjer i det som kalles "Common Reporting Format" (CRF). Det er her alle tallene legges inn. Videre beskrives datagrunnlag og metodikken som er benyttet for utslippsberegningene i National Inventory Report (NIR). Det presenteres også noen hovedtall i NIR, i form av tabeller, figurer og tall i teksten.

Både CRF og NIR ligger åpent tilgjengelig på [FNs klimakonvensjon sine hjemmesider](#). Både dokumentasjon (NIR) og tall (CRF) er altså åpent tilgjengelig informasjon.

2.6 Datagrunnlag: Landsskogtakseringen

Det totale arealet i de ulike arealbrukskategoriene, og overgangene mellom disse, er basert på data fra Landsskogtakseringen. Landsskogtakseringen er et omfattende og landsdekkende overvåkingssystem basert på utvalgskartlegging (Breidenbach mfl. 2020).

Landsskogtakseringen er en såkalt stikkprøvebasert utvalgskartlegging, og består av et nettverk av permanente prøveflater over hele Norges areal, og som dekker alle arealbrukskategorier og naturtyper. Nettverket med prøveflater har ulike tettheter, med 3x3 km under barskoggrensen, 3x9 km over barskoggrensen og 9x9 km utenfor barskogen i Finnmark. Hver prøveflate er sirkulær med et areal på 250 m² (Figur 3). Flatene er ulikt arealvektet i de ulike rutenettene, slik at alle arealer blir korrekt representert i klimagassregnskapet.

Takseringen omfatter en klassifisering av det totale fastlandsarealet, med hensyn på arealtype og arealanvendelse. Klassifiseringen skjer ved hjelp av kart og flyfoto. Areal i ulike arealbrukskategorier, og endringer mellom disse er estimater basert på Landsskogtakseringen.

Alle tresatte flater (med noen få unntak) oppsøkes i tillegg i felt. Om lag en femtedel av flatene oppsøkes hvert år, og på en 250 m² stor prøveflate måles alle trærne. I tillegg registreres en rekke andre skogvariabler, som markas produksjonsevne (bonitet), skogstruktur, skogskader, vegetasjonstype, og terrenghelning, samt variabler som driftsforhold og avstand til bilvei. Disse detaljerte dataene danner grunnlaget for beregninger av endring i karbonbeholdninger i skog i det nasjonale klimagassregnskapet, samt for framskrivninger av utviklingen i norsk skog med verktøyet SiTree.



Figur 3. Landsskognet i NIBIO er et landsdekkende overvåkingssystem basert på utvalgskartlegging, og består av et nett av prøveflater på 3x3 km under barskoggrensene, 3x9 km over barskoggrensene og 9x9 km over barskoggrensene i Finnmark. Hver prøveflate utgjør 250 m², og prøveflater i skog, myr og beite oppsøkes i felt dersom de har minst et tre (over 5 cm dbh) (Kilde: NIBIO).

2.7 Datagrunnlag: Supplerende datakilder

Arealinformasjon fra Landsskognet suppleres blant annet med informasjon fra Jordsmonnkartlegging og AR5 for å klassifisere jordtype (mineraljord/organisk jord) for arealer med jordbruksjord. I tillegg innhentes flere ulike statistikker, blant annet for skogbrann og nitrogen gjødsling i skog, og for frukttrær, fordeling av dyrkingsvekster, mv. for dyrket mark. Dette er beskrevet i klimagassregnskapet 2022 (Miljødirektoratet mfl. 2022) under de ulike kildekapitlene.

2.8 Metodeforbedring og rekalkulering

Metodene benyttet i det nasjonale klimagassregnskapet er under stadig forbedring, og det implementeres hvert år forbedringer i større eller mindre omfang. Med det følger rekalkulering av hele tidsserien fra 1990 og frem til siste rapporteringsår som var felles med fjorårets rapportering.

Det er i hovedsak fire ulike prosesser som fører til metodeforbedringer:

Det norske klimagassregnskapet er, i likhet med andre lands regnskap, gjenstand for regelmessig revisjon fra FNs revisjonsteam (Expert Review Team, ERT). Fra disse revisjonene kommer det revisjonsmerknader som implementeres for å forbedre regnskapet.

I tillegg utvikles og forbedres retningslinjene fra FNs klimapanel (IPCC). Det er nå åpnet for å ta i bruk nye retningslinjer, som er en oppdatering og forbedring av de eksisterende fra 2006 (IPCC 2019), og det pågår prosess med å implementere dette i Norges nasjonale klimagassregnskap.

Hvert år kalkuleres hvilke utslippskilder som er nøkkelkategorier. En nøkkelkategori er en kategori/kilde som er prioritert for metodeforbedring siden den har signifikant betydning for landets totale klimagassregnskap i form av absolutt størrelse, trend eller usikkerhet (IPCC 2006). Det legges altså vekt på å utvikle og forbedre metodikker for disse kildene.

Den fjerde prosessen er knyttet til at det stadig skjer forbedringer i datagrunnlag og kunnskapsgrunnlag som gjør at beregninger og metodikker kan forbedres. Det stilles generelt høye krav til dokumentasjon før slike forbedringer implementeres. Generelt bygger både metodeutvikling gjennom IPCC og nasjonalt på forskning og vitenskapelige, fagfelleverderte publikasjoner. I den grad det er mulig søkes det å publisere nye metoder i vitenskapelige, fagfelleverderte tidsskrifter, eller basere ny metodikk på allerede publiserte metoder. Det er for eksempel god dokumentasjon av bruk av Yasso07-modellen internasjonalt (for eksempel fra Finland; Rantakari mfl. 2012, og fra Sverige; Ortiz mfl. 2013), og også publisert norske studier som illustrerer egenskaper ved modellen ved bruk i Norge (Dalsgaard mfl. 2016a og b, de Wit mfl. 2006). Ved utvikling av Tier 2 metodikken for dyrket mark, ble deler av grunnlaget publisert vitenskapelig (Borgen mfl. 2012). Ulike forskningsprosjekt har fokus på utvikling som kan forbedre metodikker, med publisering av studier som kan lede til fremtidige forbedringer av metoder (for eksempel Breidenbach mfl. 2021, fra det NIBIO ledede [INVENT](#) prosjektet).

Generelt gir Tier 1 metodikk et konservativt utgangspunkt i betydningen at en skal være sikker på å ikke underestimere utslipp. Det vil derfor kunne ligge en implisitt motivasjon for landene i å utvikle nasjonale metoder, men samtidig store krav til dokumentasjon for at de nasjonale utslippene faktisk er lavere enn det som indikeres gjennom standard metodikk og faktorer.

Ikke all metodeutvikling eller dokumentasjon er egnet for vitenskapelig, fagfelleverdert publisering. I slike tilfeller publiseres det gjerne som NIBIO rapporter. Her kan for eksempel vises til Bárcena mfl. (2021) som dokumenterer Tier 1 metodikken implementert i klimagassregnskapet 2021 for mineraljord ved arealbruksoverganger, og Søgaard mfl. (2017) som dokumenterer datagrunnlaget for utslippsberegning av utslipp fra torvproduksjon.

3 Framskrivninger for arealbrukssektoren

3.1 Innledning

NIBIO har levert nasjonale framskrivninger for arealbrukssektoren i 2015 (Søgaard mfl. 2015b), i 2019 (Søgaard mfl. 2019b) og i 2022 (Mohr mfl. 2022). Det har vært betydelige endringer på flere områder gjennom disse årene, ikke minst har det vært betydelige forbedringer i metodikk. Det nasjonale klimagassregnskapet er under kontinuerlig forbedring, blant annet gjennom oppfølging av punkter i revisjoner fra FNs revisjonsteam, implementering av nye, oppdaterte regelverk fra IPCC og forbedret nasjonalt kunnskapsgrunnlag (se [kapittel 2.8](#)). Hvilket gjør at utslippsberegningene som ligger som grunnlag stadig forbedres, og hvilke kilder som er inkludert utvides. Samtidig forbedres og utvikles simuleringsverktøy og modeller brukt i framskrivning. Hvilke metodeendringer som er gjort, og betydning av disse beskrives og drøftes i rapportene (Søgaard mfl. 2019b, Mohr mfl. 2022). Vi vil i denne rapporten fokusere på det som er dagens metodikk, benyttet i framskrivningen publisert i 2022 (Mohr mfl. 2022), og utviklingsbehov og potensialer i denne. For skog er det laget en framoverskuende referansebane i tråd med bokføringsregelverket til EU (Klima- og miljødepartementet 2020). Dette omtales i et underkapittel om internasjonale rammebetingelser. Det er også laget framskrivninger til ulike tiltaksanalyser, disse omtales i [kapittel 4](#) om tiltaksanalyser. Dette kapitlet fokuserer på de nasjonale framskrivningene for sektoren, som benyttes blant annet til rapportering til Stortinget etter klimaloven².

3.2 Beskrivelse av metoder som brukes til å framskrive utslipp og opptak i arealbrukssektoren

Datagrunnlag brukt i årets framskrivninger er basert på Norges klimagassregnskap (National Inventory Report, NIR) levert til FN 8. april 2022 (Miljødirektoratet mfl. 2022). I [kapittel 2](#) er det gitt en kort introduksjon til noen grunnleggende definisjoner og konsepter, samt overordnet beskrivelse av det meste sentrale datagrunnlaget (Landsskogtakseringen). Mer detaljert beskrivelse kan leses i National Inventory Report 2022, heretter referert til som klimagassregnskapet 2022 (Miljødirektoratet mfl. 2022). Metodene som benyttes i det nasjonale klimagassregnskapet er under kontinuerlig forbedring, og det benyttes til enhver tid metodikker fra det nyeste publiserte klimagassregnskapet som grunnlag for nasjonale framskrivninger for sektoren.

Metodikk for utslippsberegninger er som beskrevet basert på metodikk benyttet i klimagassregnskapet 2022, men med noen tilpasninger for å kunne lage framskrivninger. Hvordan arealene er framskrevet og utslippene beregnet er beskrevet i detalj i Mohr mfl. (2022), og gjengis kortfattet her. En kort oversikt for arealframskrivning er gitt i [kapittel 3.2.1](#) og metodikk for utslippsberegninger utenom skog er beskrevet kort i [kapittel 3.2.2](#). I [kapittel 3.2.3](#) beskrives metodikk for framskrivning for skog og i [3.2.4](#) treprodukter.

De nasjonale framskrivningene for arealbrukssektoren bygger på tilsvarende metodikk som benyttet i den framoverskuende referansebanen for skog (Forest Reference Level, FRL), som beskrevet i Norges

² Klimaloven stiller krav om at regjeringen hvert år skal redegjøre for status og fremgang mot klimamålene til Stortinget. Siden klimaloven ble vedtatt har redegjørelsen etter klimalovens § 6 vært i Klima- og miljødepartementets budsjettproposisjon som blir lagt frem i oktober hvert år.

plan for telling av opptak og utslipp fra forvaltet skog i 2021-2025 levert til EU i november 2020 (Klima- og miljødepartementet 2020), men med noen forskjeller. Den mest sentrale forskjellen er at de nasjonale framskrivningene er laget for best mulig å representere den fremtidige utviklingen, mens den framoverskuende referansebanen for skog skal representere utviklingen basert på referanseperioden 2000 – 2009. Blant annet er det i de nasjonale framskrivningene lagt til grunn nyeste tilgjengelige data (Miljødirektoratet mfl. 2022), og dagens virkemiddelbruk inkludert støtteordninger innført etter 2009. I Mohr mfl. (2022) er det en detaljert beskrivelse av de metodiske forskjellene.

3.2.1 Framskrivning av arealutvikling

Framskrivningen av arealutviklingen er basert på historiske data i en definert referanseperiode, og hvor trender framskrives basert på historisk utvikling (se neste avsnitt for en teknisk metodebeskrivelse). Det var endringer i lover og tilskudd i forkant av referanseperioden (for eksempel forbud mot drenering av myr for skogproduksjon, innført i 2006), og som dermed reflekteres i referanseperioden. Det har ikke vært vesentlige endringer i politikk som påvirker utvikling av arealbrukskategoriene direkte i eller etter referanseperioden.

Vedtatte lovendringer og tilskudd som påvirker arealbruksendringer fremover i tid direkte, men som ikke reflekteres i referanseperioden, kan implementeres i framskrivningene gjennom å justere trendene for arealutvikling. Dette kunne være for eksempel et forbud mot utbygging på myr, som ville påvirke arealoverganger fra myr til utbygd areal, og en kan også analysere ulike scenarier som for eksempel økt eller redusert avskoging. Det legges ikke inn indirekte effekter, men forutsettes at påvirkning fra økonomien for øvrig fanges opp av den historiske utviklingen i referanseperioden.

Arealene ble framskrevet basert på observerte data for de siste 11 års periode i Landsskogstaksering feltregistrering. Landsskogstakseringen er bygget opp med 5-årige omdrev: 1/5 av flatene registreres hvert år, hvert år representerer et panel, og etter fem år begynner en med ny registrering av den første. Basert på dette systemet benyttes det 5 referanseperioder for å framskrive arealene. I framskrivningen utført i 2022 (Mohr mfl. 2022) beregnes trenden i arealendring fra periodene 2009-2019, 2010-2020, 2006-2016, 2007-2017, og 2008-2018, henholdsvis for panel (takstpulje) 1, 2, 3, 4 og 5 i Landsskogstakseringen. Vi skriver derfor at referanseperioden er fra 2006-2020 (15 år), selv om den for hvert panel/hvert Landsskogflate er for en kortere periode (11 år). Ved senere framskrivninger med nyere data tilgjengelig vil referanseperioden endres. Framskrivningen er følgelig basert på et historisk referansepunkt og to målinger etter henholdsvis 5 og 10 år som gir trenden. Men i motsetning til i det nasjonale klimagassregnskapet, der rapportering av arealer og arealoverganger er basert på de historiske målingene for hver Landsskogflate, og utslippsberegning skjer for hver flate (geografiske punktmålinger), er framskrivningene for arealene basert på aggregerte nasjonale stratifiserte arealendringer.

3.2.2 Framskrivning av utslipp (utenom skog og treprodukter)

Metodikken i klimagassregnskapet er basert på retningslinjer fra FNs klimapanel (IPCC). Alle land er forpliktet til å følge 2006-retningslinjene (IPCC 2006). Samtidig kan land velge å ta i bruk oppdatert regelverk for noen utslippskategorier. For arealbrukssektoren har Norge valgt å ta i bruk et tillegg med oppdatert metodikk blant annet for drenert organisk jord; 2013 Wetland Supplement (IPCC 2014b), og utslippsfaktorer for mineraljord, strø, og død ved for arealendringer; 2019 Refinements (IPCC 2019).

3.2.2.1 Karbonbeholdninger

Det rapporteres endringer i karbonlager for karbonbeholdninger i levende biomasse, strø og død ved (dødt organisk materiale, DOM), mineraljord og drenert organisk jord. Det er ulike metodikker for hvordan endringer i karbonbeholdningene beregnes for de ulike arealbrukskategoriene (se kildekapitler i klimagassregnskapet 2022 for nærmere beskrivelse). I framskrivningene er det benyttet

implisitte utslippsfaktorer (*eng.* implied emission factors), som er gjennomsnittslippsfaktorer beregnet fra den aggregert utslipps- og arealestimer, se eksempler i rapporteringstabellene (Common Reporting Format, CRF). Dette gjøres for alle arealbrukskategorier foruten gjenværende skog under klimakonvensjonen, og forvaltet skog under EUs rammeverk.

For karbonbeholdningen i drenert organisk jord er det samme metodikk (Tier 1) for alle arealbrukskategorier.

3.2.2.2 Drenert organisk jord

For drenert organisk jord er det benyttet utslippsfaktor fra 2013 Wetland Supplement (IPCC 2014b) for CO₂, lystgass (N₂O) og metan (CH₄). For dyrket mark og beite rapporteres lystgassutslipp fra drenert organisk jord under jordbrukssektoren, og er ikke inkludert her. Utslippsfaktoren skilles ikke mellom areal i overgang og gjenværende areal.

3.2.2.3 Utslipp av lystgass og metan for andre kilder

Det er ulike kilder til utslipp av lystgass og metan. Utslipp knyttet til drenert organisk jord er beskrevet i foregående kapittel. I tillegg til drenert organisk jord, så rapporteres det utslipp av lystgass og metan knyttet til brann, og av lystgass knyttet til gjødsling og mineralisering. I framskrivningene er beregningen av utslippene av lystgass og metan for de ikke arealbaserte kildene noe forenklet sammenliknet med øvrige utslippsberegninger i sektoren, da det er beregnet et fast utslipp. Lystgass fra N-mineralisering i mineraljord er basert på tap av organisk karbon, som er arealbasert, og bruker estimert karbontap fra mineraljord i framskrivningene til beregningene av lystgass.

Utslippsfaktorene er i hovedsak basert på utslippstall i referanseperioden 2006 – 2020, men for indirekte lystgassutslipp så er dette direkte beregnet av estimatene fra fremskrevet nitrogen gjødsling i skog, nitrogen gjødsling på utbygd areal, og N-mineralisering fra karbontap i mineraljord. Nitrogen gjødsling i skog har vi estimert utslippene basert på gjennomsnittet av utslippene i perioden 2016 – 2020. Dette med bakgrunn i den betydelige økningen en fikk i areal med skoggjødsling etter innføring av tilskudd til gjødsling av skog som klimatilak i 2016. Nitrogen gjødsling på grøntareal i arealbrukskategorien utbygd areal er korrelert med totalt utbygd areal. Det er derfor forventet at nitrogen gjødsling på utbygd areal vil øke med økende forekomst av utbygd areal. Utslipp av nitrogen gjødsling på utbygd areal er derfor estimert som funksjon av arealet av utbygd areal der den implisitte utslippsfaktoren er lagd basert på referanseperioden 2006-2020.

Som i klimagassregnskapet, og i tråd med IPCCs retningslinjer fra 2006 er det benyttet en GWP100-faktor på 25 for metan, og 298 for lystgass, for å regne om utslippsmassen av disse gassene til CO₂-ekvivalenter. Disse tallene er basert på den fjerde hovedrapporten fra IPCC (IPCC 2007). Det har senere kommet nye omregningsfaktorer, og i 2018 bestemte landene under klimakonvensjonen at verdier fra femte hovedrapport skal tas i bruk for rapportering av alle klimagasser fra senest 2024. Det er imidlertid enda ikke tatt i bruk, slik at i framskrivningene publisert benyttes GWP100-verdier fra FNs fjerde hovedrapport (IPCC 2007).

3.2.3 Framskrivninger av utviklingen i skog

Framskrivninger for gjenværende skog (*eng.* forest remaining forest) er utført med simuleringverktøyet SiTree (Antón-Fernández og Astrup, 2022) og basert på data fra Landsskogtakseringen. I 2022-framskrivningen (Mohr mfl. 2022) er utgangspunktet perioden 2016 – 2020. Det vil si at det er situasjonen på flatene slik som registrert i felt i denne perioden (1/5 av flatene registreres hvert år) som danner utgangspunkt for simuleringene. Framskrivningen for skog fra SiTree blir korrigert for arealbruksendring i etterkant.

3.2.3.1 Om simuleringsverktøyet SiTree

SiTree er en fleksibel enkelt-tre «åpen-kilde» simulator med kode skrevet i R (Antón-Fernández og Astrup, 2022). SiTree er velegnet til å simulere utviklingen av Landsskogflater med utgangspunkt i framskrivinger på enkelttreenivå, og med mulighet for å inkludere effekten av ulik skogbehandling og endrede vekstforhold (for eksempel effekten av endret klima). SiTree inkluderer de best tilgjengelige enkeltmodeller utviklet i forskningsprosjektene ClimPol og Ecoservice. SiTree er koblet til jordmodellen Yasso07 i beregningene slik at endringer i jordkarbon inkluderes. SiTree fungerer slik at den legger eksisterende, målte trær på Landskogtakseringens prøveflater til grunn (i 2022-framskrivningen trær målt i perioden 2016 – 2020), og modellerer bestandets videre utvikling med naturlig mortalitet og etablering av nye trær. Tilveksten modelleres på enkelttreenivå for de til enhver tid eksisterende trær på flata. Videre er det rutiner i SiTree for å fjerne trær etter spesifiserte regler, som følge av ulike typer hogst (sluttavvirking, tynning og annen hogst).

Vi brukte en tilskrivningsbasert metode (*eng.* imputation) for å estimere tilveksten (treenivå), mortalitet (treenivå) og innvoksing (flatenivå). Nærmeste nabo tilskrivningsbasealgoritmer (1 - NN) er metoder for å estimere en eller flere variabler for hvert tre eller flate ved å bruke verdier hentet fra relaterte tilfeller i referansedatabasen. Tilskrivningsbase er basert på en referansedatabase med historiske data fra Landsskogtakseringen (i nasjonale framskrivingene publisert 2022 er referanseperioden 2006 - 2020). Denne databasen består av et sett med variabler som beskriver utgangssituasjonen i bestandet, og innvoksingen etter fem år av nye trær på flata. For å finne nærmeste nabo for hvert tre (tre av interesse) i hver femårsperiode har vi beregnet avstanden mellom treet av interesse og trær i referansedatabasen for samme treslagsgruppe (gran, furu, lauv). For tilveksten og mortalitet ble avstanden beregnet basert på følgende variabler: bonitet, opprinnelig diameter i brysthøyde, breddegrad, grunnflate av større trær og bestandets grunnflatesum. Når det nærmeste nabotreet ble funnet, ble dets vekst (tilvekst av grunnflate og volumtilvekst) og status (levende/dødt/høstet) tilskrevet treet av interesse. For å beregne innvoksing på flatenivå avstanden ble beregnet basert på bonitet, breddegrad, bestandets grunnflatesum, antall trær per dekar, andel gran og andel lauv, og når nærmeste nabo flaten var identifisert ble innvoksingen av nye trær tilskrevet til den flata vi var interessert i.

SiTree starter sine simuleringer av veksten til det enkelte tre ved en diameter i brysthøyde (dbh) på 5 cm (det vil si at for eksempel ved foryngelse starter simuleringene når det er etablert foryngelse som er 5 cm dbh og større, eller ved innvoksing av nye trær i bestandet så er disse 5 cm dbh eller større når de inkluderes i simuleringene). For å kunne simulere utviklingen etter hogst av eksisterende skog angis en ventetid mellom hogst og etablering av det nye bestandet avhengig av foryngelsesmetode (planting eventuell naturlig foryngelse), bonitet og treslag. Videre må det etableres en fordeling (gjennomsnitt og standardavvik) med hensyn på treantall i den etablerte foryngelsen, samt tid (antall år fra) til trærne når en brysthøydiameter på 5 cm.

3.2.3.2 Om jordmodellen Yasso07

For skog beregnes endringen i karbonlageret i mineraljord, død ved og strø samlet med modellen Yasso07. Så når vi i rapporten omtaler jordkarbon generelt, så inkluderer det alle disse tre karbonbeholdningene.

Endringer i jordas karbonlager oppstår ved at det ikke er balanse mellom nedbrytning av organisk materiale og tilførsel av organisk materiale. Yasso beregner nedbrytningen, og estimerer endring i jordkarbon. Det gjør den basert på matematiske funksjoner kalibrert på et stort datamateriale. Det er ikke norske data for endring i jordkarbon for å verifisere resultatene for norske forhold, men det er finansiert å sette i gang et program for nasjonal jordkarbonovervåking som på sikt vil gi slike tall.

Beregningene gjøres på hver enkelt Landsskogflate i skog, basert på klimadata for den enkelte flate (viktig for nedbrytningshastighet) og tilførsel av organisk materiale estimert basert på tremålingene (treslag, alder, bonitet, biomasse, osv.) på flaten.

3.2.3.3 Klimaendringer – RCP4.5 scenario

I både framskrivningen av levende biomasse (SiTree), og jordkarbon (Yasso07) er det lagt til grunn fremtidige klimaendringer tilsvarende RCP4.5. Jamfør «Klima i Norge 2100» (Norsk klimaservicesenter 2015) krever dette scenariet en kraftig reduksjon i klimagassutslipp (kan øke de første årene, men må avta fra 2040). De betegner det som et scenarium som «kan nås i en energieffektiv verden med ambisiøs klimapolitikk i de fleste land». RCP4.5 tilsvarer en temperaturøkning på rundt 2,5 °C på global skala mot slutten av århundret, relativt til perioden 1850-1900. Fremtidige effekter av klimaendringer på utvikling i levende biomasse er inkludert i beregningene som en bonitetsendring estimert på grunnlag av Antón-Fernández mfl. (2016). Prinsipielt bidrar varmere klima med den optimale jordfuktighetsbalansen til økende bonitet. Jordfuktighet, balansen mellom nedbør og evapotranspirasjon, er styrt av temperatur. Under RCP4.5 scenariet vil temperatur, nedbør og evapotranspirasjon øke. Resultatet er at vekstforholdene generelt for alle treslag vil øke under RCP4.5. Økende vekst bidrar til økende strøtilførsel til jordkarbonmodellen (Yasso07), som da fører til økende karbonlagring i jord. Samtidig er det slik at økende temperatur og fuktighet fører til økt respirasjon i jord og øker nedbrytningen. Derfor vil det ikke være en betydelig økning i karbonlagring i jord til tross for stadig økende strøtilførsel under RCP4.5. Mer detaljert teknisk beskrivelse av hvordan klimamodellene er anvendt er i Mohr mfl. (2022).

3.2.3.4 Vern

Stortinget har vedtatt et mål om 10 % vern av norsk skog³. Det er imidlertid ikke vedtatt hvilke områder som skal vernes fremover i tid. Dagens vernede skogareal ligger inne i datasettet som ligger til grunn for framskrivningen. For å ta høyde for den politiske målsetningen om å øke skogvernet fra dagens nivå til 10 %, er de siste års takt for vern av nye arealer lagt inn som videre fremdrift for fremtidige restriksjoner inntil et nivå på 10 % nås. Det er lagt vekt på arealrepresentasjon⁴, og lagt til grunn at det skal oppnås 10 % vern i både produktiv og uproduktiv skog, samt i alle regioner. Arealene er valgt ut med bakgrunn i miljøverdier (MiS) registrert på flatene.

3.2.3.5 Miljøhensyn

Det aller meste av norsk skog er underlagt det norske PEFC skogsertifiseringssystemet. Her stilles blant annet krav om at det skal settes igjen livsløpstrær og kantsoner ved hogst.

Fratrekk for miljøhensyn er kun gjort indirekte ved at andel av volum som fjernes er basert på observasjoner i referanseperioden (historiske data). Det vil si at fratrekk på grunn av livsløpstrær og annet som påvirker andel av volumet som høstes på det avvirkede arealet indirekte fanges opp.

Sertifiseringssystemet ble revidert sist i 2015, og undergår nå ny revisjon (frist for høringsinnspill var 10. juni 2022). Det er altså ikke implementert endringer i sertifiseringsordningen siden forrige framskrivning. Fratrekk for miljøhensyn er derfor det samme i både bokføringsplanen 2020, og i framskrivningene publisert i 2019 (Søgaard mfl. 2019b) og 2022 (Mohr mfl. 2022), og det er ikke lagt inn endringer i trenden fremover siden nye retningslinjer ikke er vedtatt.

³ Formulering i Innst. 294 S (2015-2016): "Komiteens flertall, alle medlemmer unntatt Senterpartiet, foreslår: "Stortinget ber regjeringen sette et mål om vern av både offentlig eid skog og frivillig vern av privateid skog til 10 pst. av skogarealet." "

⁴ "Komiteen vil understreke at en økning i skogvernet er viktig for å sikre norsk naturmangfold, og for å gjøre vernet av natur på land representativt i tråd med Aichi-mål 11."

3.2.3.6 Naturlige forstyrrelser – skogskader

I framskrivningene er det lagt til grunn at nivået på skogskader på grunn av barkbiller, vindfellinger, skogbrann, osv. vil være som i referanseperioden. Dette følger implisitt når en bruker en tilskrivningsbasert tilnærming («nærmeste nabo») for tilvekst og avgang. En eventuell økning i skader vil følgelig ikke fanges opp gjennom disse framskrivningene. Dette er identisk med hvordan det er gjort i referansebanen (FRL).

3.2.3.7 Dagens virkemiddelbruk for skogtiltak

Fremtidig CO₂-opptak i skogen påvirkes av den skogkulturinnsats som utøves, noe som er belyst blant annet i Klimakur2030 (Miljødirektoratet mfl. 2020) og Klimameldingen (Meld St. 13). som kom året etter. Det er ulike virkemidler som påvirker aktiviteten. Dette inkluderer lovreguleringer (som for eksempel foryngelsesplikt etter hogst), skatteordninger for investeringer ([Skogfond](https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/skogbruk/om-skogfond/)<https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/skogbruk/om-skogfond/>) og tilskudd (som for eksempel tilskudd til tettere planting og gjødsling som klimatiltak). I framskrivningene er det lagt inn forutsetningene for å best mulig reflektere dagens aktivitetsnivå. Disse er basert på ulike datakilder som Resultatkartlegging⁵, Skogfondstatistikk og tilskuddsstatistikker. Det ble i 2016 innført tilskudd til tettere planting og skoggjødsling som klimatiltak. Her er det i framskrivningene lagt til grunn at dette videreføres, og med samme aktivitetsnivå som de senere årene estimert basert på tilgjengelig statistikk fra tilskuddsordningen (tilrettelagt for oss av Landbruksdirektoratet). Effekter av bruk av foredlet plantemateriale er basert på ekspertvurderinger fra Skogfrøverket.

Framskrivningene baseres på dagens aktivitetsnivå med dagens virkemidler, det vil si videreføring av historisk aktivitet. Dersom det er vedtatt (endring i) virkemidler som vil påvirke aktiviteten direkte (for eksempel en lovendring eller et tilskudd), så kan dette implementeres. Dersom for eksempel tilskudd til tettere planting eller nitrogengjødsling fjernes, kan nivået på disse aktivitetene settes til aktivitetsnivå uten tilskudd⁶.

Det arbeides kontinuerlig med å forbedre forutsetningene i SiTree. For eksempel er det nå mer realistiske forutsetninger for ungskogpleie enn i framskrivningene i 2019. NIBIO har utviklet og eier verktøyet SiTree, som benyttes i en lang rekke ulike analyser, og arbeider kontinuerlig med å forbedre verktøyet og forutsetninger som legges inn i ulike simuleringer slik at disse kommer så nære virkeligheten som mulig.

3.2.4 Framskrivning treprodukter

Framskrivningene for treprodukter (*eng.* Harvested Wood Products, HWP) for 2021-2100 er basert på en modifikasjon av den eksisterende modellen som benyttes i klimagassregnskapet (NIR) for beregning av treprodukter (produksjonstilnærmingen, Tier 2). Hogstdata brukes ikke for rapporteringen av treprodukter i klimagassregnskapet, der brukes data fra FAOSTAT for de tre treprodukter kategoriene trelast, trebaserte plater og papir- og kartongprodukter. I framskrivningene bruker vi hogstdata fra som grunnlagt for allokering til de tre produktkategoriene. Allokeringene er basert på historiske tall fra klimagassregnskapet 2022 for referanseperioden 2017 – 2020.

⁵ Skogbruksmyndighetene siden 1994 gjennomført en årlig resultatkartlegging blant et tilfeldig utvalg skogeiere. Målet for kartleggingen er å undersøke om bærekraftforskriften er fulgt. Bærekraftforskriften stiller blant annet krav til å ta miljöhensyn under hogsten og sikre foryngelse etter hogst.

⁶ Se underlagsrapport til Klimakur2030 (Søgaard mfl. 2020) hvor det for tiltakene tettere planting, foredling og nitrogengjødsling i skog er laget ulike scenarier for aktivitetsnivå, inkludert et scenario uten tilskudd.

Hogstdataene brukt i framskrivningene for treprodukter er rundvirke (*eng.* roundwood) fra FAOSTAT for perioden 1990-2020 og hogstsimuleringsdata fra SiTree modellkjøringen for perioden 2021 – 2100. Historiske data brukes altså til å lage faktor for allokering av fremtidig hogst (SiTree) til de tre produktkategoriene (trelast, trebaserte plater, papir- og kartongprodukter). Nivået (omfanget) på treprodukter i framskrivningene er basert på hogstvolum i fra simuleringene i SiTree. Produktfordelingen er basert utelukkende på historiske trender (referanseperioden), og er ikke påvirket av for eksempel framskrivninger for konjunkturutvikling, industribygging, eller andre samfunnsøkonomiske trender.

3.2.5 Koblinger med framskrivninger for øvrige sektorer

Felles for framskrivningene for alle sektorer i Nasjonalbudsjettet er at de er basert på metodikken i det nasjonale klimagassregnskapet, og en viktig og grunnleggende felles forutsetning for framskrivningene er at de dermed samsvarer så langt det er mulig med metodikk i retningslinjene fra FN's klimapanel. Felles for framskrivningene er også at de viderefører dagens innretning av klimapolitikken både i Norge og internasjonalt. Tilnærmingen er dog ulik.

For sektorene utenom arealbrukssektoren benyttes Statistisk sentralbyrås økonomiske modell SNOW. SSB beskriver modellen slik: «SNOW er en modell som er utviklet for langsiktige studier av klimapolitikk og utslippsutvikling. Derfor er det i modelleringen lagt vekt på egenskaper som er viktige for klimapolitikk og utslipp, slik som sektorinndeling, spesifisering av skatter og avgifter, substitusjonsmuligheter osv.» (SSB 2019). SNOW inkluderer ikke skog og arealbruk. Modellen er en av flere makromodeller beskrevet i en rapport om makroøkonomiske modeller fra Teknisk beregningsutvalg for klima (TBU klima 2021).

For arealbrukssektoren brukes ulike modeller, men de har til felles at de søker å ha best mulig tilnærming til de komplekse biologiske prosessene som ligger til grunn for utslippsutviklingen, og det er lagt vekt på egenskaper som er viktige for dette og da særlig utvikling i klima.

I det nasjonale klimagassregnskapet er det for noen kilder en direkte kobling mellom arealbrukssektoren og jordbrukssektoren. Direkte koblinger er for eksempel som nevnt at det rapporteres utslipp av lystgass fra drenert organisk jordbruksjord i jordbrukssektoren, mens utslippet av CO₂ fra de samme arealene rapporteres i arealbrukssektoren. Her må det sikres konsistens mellom aktivitetsdata og beregningsmetodikker benyttet i de to sektorene.

For eksempel leverer NIBIO hvert år tallgrunnlag for arealer for drenert, organisk jordbruksjord til SSB som underlag for beregning av utslipp i jordbrukssektoren knyttet til utslipp av lystgass (N₂O) fra disse arealene. Tilsvarende leverer NIBIO framskrivninger for disse arealene til bruk i framskrivning av jordbrukssektoren.

I 2022 ble NIBIO gitt oppdrag å levere framskrivning også for enkelte andre aktivitetsdata til bruk i framskrivning for jordbrukssektoren. Det er et pågående arbeid for å vurdere om disse framskrivningene kan benyttes for å tilpasse framskrivningen av jordbruksrelaterte utslipp og opptak i arealbrukssektoren (for eksempel karbonlagring i mineraljord).

Direkte koblinger mellom jordbruks- og arealbrukssektoren er ivaretatt med dagens modell, med samarbeid mellom NIBIO, SSB og Miljødirektoratet. Utover jordbrukssektoren, så er det per i dag ikke direkte koblinger mellom arealbrukssektoren og øvrige sektorer verken i det nasjonale klimagassregnskapet eller i utvikling av framskrivninger.

Det vil imidlertid være flere indirekte koblinger mellom utslipp i andre sektorer og arealbrukssektoren. For eksempel vil utbygging av mer fornybar energi (vannkraft, vindkraft og solparker) alle kreve areal, som i sin tur kan påvirke utslipp i arealbrukssektoren. Tilsvarende vil utbygging av veier, jernbane, boligområder, mv. påvirke arealbruk, og utslipp i arealbrukssektoren. Men den konkrete koblingen til utslipp i arealbrukssektoren er mer kompleks, og vil påvirkes av valg av areal typer for nedbygging, valg

av tekniske løsninger for utbygging, osv. Solparker lagt på tak versus å avskoge produktiv skog, utbygging av boliger i høyden fremfor nye boligfelt i skog og på myr, kan være eksempler som illustrerer betydningen av det, og kompleksiteten i å koble framskrivninger på andre områder.

En mulig utfordring med at det ikke er direkte koblinger her kan være at arealbaserte utslipp kan bli underkommunisert ved ulike tiltak. Dette kan imidlertid synliggjøres både ved at arealbaserte utslipp inkluderes i beregninger på plannivå, samt at en i de nasjonale framskrivningene kan gjøre scenarier som viser utslippbaner ved mer og ved mindre intensiv fremtidig utbygging av arealer.

En annen mulig utfordring er at framskrivninger i andre sektorer kan være basert på tilgang til naturressurser (biomasse og/eller areal) som det kanskje ikke er grunnlag for.

3.3 Noen betraktninger rundt usikkerhet

Det vil alltid hefte usikkerhet med framskrivninger. Denne usikkerheten er knyttet til flere ulike faktorer, hvorav noen er kvantifiserbare og andre ikke.

3.3.1 Usikkerhet i metodikk for framskrivning av arealer

Det vil være usikkerhet knyttet til metodikken som er brukt for framskrivninger av arealer, for eksempel knyttet til valg av referanseperiode.

Endring over siste 10 år er lagt til grunn som referanseperiode (2006 – 2020 basert på panel). Dette i hovedsak fordi en i denne perioden har kartlegging av Landsskogtakseringens prøveflater over hele landet og alle arealbrukskategorier. Frem til 2005 ble det kun gjennomført målinger av trær i skog, og heller ikke hele landet var dekket (Finnmark var ikke inkludert). Fra og med 2007 har målinger av trær blitt gjennomført på Landsskogflater i alle arealbrukskategorier utenom dyrket mark og utbygd areal (delvis også i utbygd areal), og over hele landet. Dette innebærer at datagrunnlaget før 2007 ikke er ideelt for å fange reelle trender i arealbruksendring.

Klimagassregnskapet dekker en tidsserie på 31 år. Ved å velge den siste del av tidsperioden det er rapportert for i det nasjonale klimagassregnskapet som referanseperiode oppnår en samtidig å bedre representere dagens situasjon enn om en legger hele tidsserien (1990 – 2020) til grunn. Et eksempel er grøfting av myr for skogproduksjonsformål, som ble forbudt i 2006. Dette tiltaket hadde noe omfang i første del av tidsserien, men ikke etter forbudet inntrådte, og trend for hele tidsserien ville ikke vært representativ.

Samtidig kan et mindre datagrunnlag gi rom for mer tilfeldig variasjon. Referanseperioden er relativt kort (11 år per panel), med kun to gjentatte registreringer etter henholdsvis 5 og 10 år fra første observasjon. Statistiske analyse av trenden for arealbruksendringer blir brukt for å vurdere usikkerhetene i framskrevet arealer og utslipp.

Datasettet er derfor per i dag ikke egnet til å kunne brukes til å identifisere og vektlegge prosessene som ligger bak trendene som observeres. Men noen av de observerte trendene kan sannsynligvis i noen grad forklares basert på andre observasjoner. Økning utbygd areal kommer hovedsakelig som resultat av økende befolkningsvekst (Leknes mfl. 2018). Den store overgangen fra åpent utmarksbeite til skog er noe mer usikker. Klimaendring kan forklare en del av den økende vekst i vegetasjon i det nordlige hemisfære (>25°) (Nemani mfl. 2003, Piao mfl. 2006). Til tross for det er det en rekke andre regionale arealbruksendringer i Norge, der skog har kommet tilbake som resultat av at mennesker har sluttet å bruke områdene (Bryn og Hemsing 2012).

Etter hvert som tidsserien fra Landsskogtakseringen øker, øker også mulighetsrom for å utvikle bedre metoder for framskrivning og for å gjøre flere typer studier. Det kan også være aktuelt å se nærmere på de studier som er publisert, og vurdere mulighet for å utvikle metodikken for framskrivninger videre. Det største potensialet ligger potensielt i en framskrivning basert på hver enkelt Landsskogflate i stedet for dagens aggregerte tilnærming Dette vil la oss kunne stedfeste arealbruksendringene, og

dermed ta hensyn til karbonbeholdning og klima spesifikt for hver flate. Videre vil en slik metodikk være bedre egnet for å analysere klimatiltak for konkrete områder/strata. En slik stedsspesifikk (Approach 3) framskrivning vil kreve betydelig metodeutvikling.

3.3.2 Usikkerhet knyttet til beregning av utslipp og opptak

Det benyttes så langt som det er mulig samme metodikk som i det nasjonale klimagassregnskapet. Usikkerhet knyttet til aktivitetsdata og metodikk i det nasjonale klimagassregnskapet er beskrevet i National Inventory Report (NIR) som følger med regnskapet hvert år. For Tier 1 faktorer så er det oppgitt 95 % usikkerhetsintervall for utslippsfaktorene i retningslinjene. For nasjonale faktorer (Tier 2) og metodikker (Tier 3) er usikkerhet estimert ved hjelp av Monte Carlo eller andre statistiske metoder der det er mulig/relevant. I noen tilfeller er det lagt til grunn en ekspertvurdering. Det vil også være måleusikkerhet. Denne er ikke estimert.

Det beregnes hvert år nøkkelkategorier for det nasjonale klimagassregnskapet, hvor størrelsen på usikkerheten er en av faktorene. En nøkkelkategori er en kategori/kilde som er prioritert for metodeforbedring siden den har signifikant betydning for landets totale klimagassregnskap i form av absolutt størrelse, trend eller usikkerhet (IPCC 2006). Det legges altså vekt på å utvikle og forbedre datagrunnlag og metodikker for disse kildene, med vekt på å redusere usikkerheten i estimatene.

Det vil også være usikkerheter knyttet til modell-beregningene fremover i tid. Dette kan kvantifiseres for eksempel med en Monte Carlo tilnærming, og også med følsomhetsanalyser.

En viktig faktor for netto opptak i skog er hogst. Hvilke forutsetninger som legges til grunn for hogst vil påvirke nivået. Sannsynlighet for hogst (Antón-Fernández og Astrup 2012) benyttes for å velge prøveflater som vil bli avvirket, men det er implementert stokastisk (ved tilfeldig utvalg) i de nasjonale framskrivningene. Det vil si at hver flate er tildelt en sannsynlighet for hogst basert på metodikken beskrevet i Antón-Fernández og Astrup (2012), og et tilfeldig unikt nummer. Flatene blir rangert i henhold til forskjellen mellom sannsynligheten for hogst og det tilfeldig genererte nummeret (flater med stor differanse avvirket først). Flere simuleringer vil utjevne tilfeldigheter i utvalget.

3.3.3 Usikkerheter knyttet til fremtidig klima og risiko

Framskrivningene for skog kjøres med klimascenariet RCP4.5. Her finnes det flere klimamodeller for å produsere denne scenariet, slik at ulike tilnærminger kan velges. I framskrivningene er det benyttet en tilnærming basert på gjennomsnitt av de ulike klimamodellene. Men ved å kjøre for eksempel Yasso07 med hver enkelt av de ulike klimamodellene illustreres noe av usikkerheten. Dette er beskrevet som en del av metodebeskrivelsen i Mohr mfl. 2022.

Foruten den kvantifiserbare usikkerheten er det en betydelig usikkerhet knyttet til hvordan skogen som økosystem vil respondere på klimaendringer, blant annet belyst i en i en kunnskapsoppsummering som Vitenskapskomiteen for mat og miljø (VKM) har gjort for Miljødirektoratet (VKM 2022).

Generelt sett kan en forvente at skogen vokser bedre fremover (Søgaard mfl. 2017), i alle fall på kort sikt (frem til 2050) (VKM 2022). Dette fanges opp i framskrivningene. Samtidig peker både Søgaard mfl. (2017) og VKM (2022), som begge er litteratursammenstillinger, på økt risiko for skader på skogen i et fremtidig klima.

I framskrivningene er det lagt til grunn at nivået på skogskader på grunn av barkbiller, vindfelling, skogbrann, osv. vil være som i referanseperioden. En eventuell økning i skader vil følgelig ikke fanges opp gjennom disse framskrivningene, og representerer en betydelig usikkerhet.

Både Søgaard mfl. (2017, 2020a) og VKM (2022) peker på mulige tilpasninger i skogbehandlingen for å gjøre skogene mer robuste. Slike tilpasninger er heller ikke lagt inn i framskrivningene, da disse er basert på dagens praksis.

Det er svært stor usikkerhet knyttet til hvordan klimaendringene vil påvirke skogøkosystemet på lang sikt (VKM 2022), og det hefter følgelig en betydelig usikkerhet knyttet til den utviklingen som er framskrevet knyttet til dette.

Det er per i dag ikke tilstrekkelig kunnskap til å inkludere økt risiko for større skogskader i framskrivningene. Men det vil være naturlig å vurdere når mer kunnskap er på plass, da det som VKM (2022) peker på kan ha stor betydning for skogens evne til å ta opp og lagre karbon.

3.3.4 Usikkerhet knyttet til forutsetninger for vedtatt og planlagt politikk

Framskrivningene er basert på dagens, vedtatte politikk (se [kapittel 3.2.3](#)). Særlig for skogområdet har det skjedd betydelige endringer de senere årene, og hvor det kan være vanskelig å estimere fremtidig aktivitetsnivå for relativt nylig innførte tilskudd (for eksempel nitrogengjødsling) eller hvordan vedtatt politikk vil bli implementert (for eksempel 10 % skogvern). For nitrogengjødsling ser vi innværende år at eksterne forhold som tilgang på nitrogengjødsel og priser påvirker aktivitet.

Hva som vil bli vedtatt politikk fremover er vanskelig å forutsi, og det skjer mye på dette området også internasjonalt som påvirker utviklingen i Norge. Politikk signalisert gjennom for eksempel klimameldinger og regjeringsplattformer vil påvirkes av den politiske prosessen. I tillegg vil eksterne forhold, slik som vi ser nå med tilgang på nitrogengjødsel, eller tilgang på tømmer i andre land og andre markedsmekanismer, påvirke utviklingen. Det er også slik at politiske vedtak på andre områder enn klimaområdet, for eksempel standarder og planer for vei- og boligbygging, indirekte vil kunne påvirke utviklingen i sektoren.

Det skjer også en utvikling på klimaområdet utenfor Norge, særlig i EU, som potensielt kan få stor betydning for norsk politikk på området.

3.4 Internasjonale rammebetingelser

De nasjonale framskrivningene for arealbrukssektoren følger metodikken i det nasjonale utslippsregnskapet så langt det er mulig. Det vil si at utslippsberegningene følger internasjonalt anerkjent retningslinjer utarbeidet av FNs klimapanel.

De nasjonale framskrivningene skal tjene flere formål enn den nasjonale rapporteringen til Stortinget etter klimaloven. Norge har rapporteringsforpliktelser på klimaområdet både til FN under Klimakonvensjonen og Parisavtalen, og til ESA i henhold til klimaavtalen med EU. Klimaloven stiller krav om at regjeringen hvert år til Stortinget skal redegjøre for status og fremgang mot klimamålene. Disse bygger alle på at utslippsberegningene er i tråd med metodikken i det nasjonale utslippsregnskapet.

De fleste av disse rapporteringene skal inneholde noenlunde samme informasjon, men med noen nyanser og med ulike formkrav. Alle Norges klimarapporteringer skal inneholde en status for hvordan vi ligger an til å nå klimamålene og hvilken politikk som er på plass for å nå målene. Som underlag for å rapportere på status for oppfyllelse av klimamål ligger klimagassregnskapet, informasjon om nasjonal klimapolitikk og virkemidler, framskrivninger av utslipp og opptak av klimagasser med eksisterende politikk og effektberegninger av planlagt politikk.

Utviklingen i EU er særlig dynamisk i oppfølgingen av “European Green Deal”, EUs grønne giv og “Fit for 55”, Europakommisjonens forslag til endringer i klimaregelverket og regelverket for fornybar energi. De nasjonale framskrivningene vil være et verktøy for å analysere virkninger av endringer i regelverket for arealbrukssektoren som følger direkte av Norges bilaterale avtale med EU på klimaområdet, men også for vurdering av effekter av andre regelverk og politikkenninger blant annet som følge av Lov om offentliggjøring av bærekraftsinformasjon i finanssektoren og et rammeverk for bærekraftige investeringer (Finansdepartementet 2021).

Europakommisjonen la i november 2022 fram et forslag til regelverk for sertifisering av opptak av karbon (European Commission 2022). Formålet med regelverket er å etablere et enhetlig rammeverk for uavhengig verifisering av opptak av karbon og for godkjenning av sertifiseringssystemer. Forslaget til regelverk er ment å bidra til å etablere varige og dokumenterbare løsninger for opptak av karbon, stimulere jordbruk, skogbruk og industrien til å etablere effektive løsninger for dette og å bidra til å bygge tillit til disse løsningene. Kommisjonen ser videre for seg at regelverket for sertifisering av opptak av karbon kan stimulere til utviklingen av nye forretningsmodeller der en ser for seg resultatbasert betaling for opptak og binding av karbon.

3.4.1 UNFCCC Biennial Report og National Communications

I februar 2020 meldte Norge inn et forsterket klimamål for 2030 under Parisavtalen. Det forsterkede målet for 2030 er at utslippene skal reduseres med minst 50 prosent og opp mot 55 prosent sammenliknet med referanseåret 1990. Dette er beskrevet i Norges nasjonalt fastsatte bidrag under Parisavtalen, oftest forkortet NDC (som står for Nationally Determined Contribution). I Norges reviderte NDC står det at «*The reference indicator will be quantified based on national total greenhouse gas (GHG) emissions, except LULUCF in the base year 1990 reported in Norway's National Inventory Report (NIR).*» Dette betyr at utslipp og opptak fra arealbrukssektoren ikke regnes med i referanseåret 1990, og i utgangspunktet regnes som null i 2030. Et potensielt meropptak (utover dagens vedtatte politikk) i 2030 kan imidlertid indirekte rapporteres under måloppnåelse i Parisavtalen med dagens NDC gjennom avtalen vår med EU, dersom vi skulle nå det.

Gjennom FNs klimakonvensjon og Parisavtalen er Norge forpliktet til å rapportere på klimapolitikk og fremgang mot målene underveis. I 2022 skal det leveres to rapporter til FN, Biennial Report og National Communication. Disse henger sammen.

Norge, og de andre Anneks I landene, skal hvert andre år levere inn en Biennial Report til FNs klimasekretariat (Decision 2/CP.17). Den femte Biennial Report skal leveres senest 31. desember 2022 basert på data fra klimagassregnskapet for 2022 (decision 6/CP.25, para. 3). Det er egne retningslinjer for hvordan rapporteringen av både Biennial Report og National Communications skal gjøres, og hvilket format de skal leveres i (<https://unfccc.int/preparation-of-ncs-and-brs>). Rapporteringen skal blant annet inkludere framskrivninger til 2035⁷.

National Communication rapporteres hvert fjerde år og dekker norsk klimapolitikk bredt. Den dekker blant annet utslipp og opptak, klimamål, politikk og virkemidler, framskrivninger og finansiering. Men den dekker også tilpasning, forskning og overvåking samt utdanning og informasjon. I Biennial Report rapporterer Norge på vårt mål for 2020. Det er mye overlapp mellom Biennial Report og National Communications på utslipp og opptak, klimamål, politikk og virkemidler, framskrivninger og finansiering. Årets Biennial Report blir siste, mens elementer fra National Communication trolig vil inngå i rapporteringen under Parisavtalen. I Glasgow ble det bestemt hvordan man skal rapportere framskrivninger under Parisavtalen (se beslutning 5/CMA.3). Tabellformatet vil være relativt likt dagens (Figur 4), men med «Most recent year in the Party's national inventory report» i stedet for hvert femte år siden 1990 som i dag.

Formålet med Biennial Report er beskrevet slik ([Decision 2/CP.17, Annex 1](#)):

⁷ Decision 6/CP.25: Parties should include projections on a quantitative basis, starting from the most recent inventory year and for subsequent years that end in either a zero or a five, extending at least 15 years from the most recent inventory year (e.g. 2020, 2025, 2030 and 2035).

To assist Parties included in Annex I to the Convention (Annex I Parties) in meeting their commitments for reporting under Articles 4 and 12 of the Convention enhanced by decision 1/CP.16;

To ensure the provision of consistent, transparent, comparable, accurate and complete information by developed country Parties;

To ensure that the biennial reports include information on the progress made by Annex I Parties in achieving their quantified economy-wide emission reduction targets, projected emissions, and the provision of financial, technological and capacity-building support to Parties not included in Annex I to the Convention (non-Annex I Parties);

To facilitate the international assessment of emissions and removals related to progress towards the achievement of the quantified economy-wide emission reduction targets;

To facilitate reporting by Annex I Parties of information on any economic and social consequences of response measures.

Anneks I landene må levere et såkalt «with measures» scenario. Dette tilsvarer grunnscenariet også for klimalovrapportering, og er definert slik: *“include all policies and measures currently in place, irrespective of whether their primary objective was the mitigation of GHG emissions or not.”*⁸

Det åpnes for å rapportere også for både «without measures» og «with additional measures», men Norge har foreløpig ikke valgt å levere det for arealbrukssektoren.

Formatet er relativt enkelt, med en enkel tabell med sumtall for hver gass og totalt for alle gasser for hver sektor, for hvert rapporteringsår (Figur 4), og tallene kan hentes rett fra den nasjonale rapporteringen. Til UNFCCC må Norge i år (2022) rapportere framskrivinger for 2025, 2030 og 2035.

⁸ Report on the workshop on emission projections from Parties included in Annex I to the Convention (adopted by SBSTA 21).

Information on updated greenhouse gas projections under a 'with measures' scenario^a

	GHG emissions and removals ^{b, c}							GHG emission projections ^{c, d}				
	Base year	1990	1995	2000	2005	2010	...	20XX ^e	20YY ^f
Sector^{g, h}												
Energy												
Transport												
Industry/industrial processes and product use												
Agriculture												
Forestry/LULUCF												
Waste management/waste												
Other (specify)												
Gas												
CO ₂ emissions including net CO ₂ from LULUCF												
CO ₂ emissions excluding net CO ₂ from LULUCF												
CH ₄ emissions including CH ₄ from LULUCF												
CH ₄ emissions excluding CH ₄ from LULUCF												
N ₂ O emissions including N ₂ O from LULUCF												
N ₂ O emissions excluding N ₂ O from LULUCF												
HFCs												
PFCs												
SF ₆												
Other (specify, e.g. NF ₃)												
Total with LULUCFⁱ												
Total without LULUCF												

Figur 4. Illustrasjon av mal for rapportering av framskrivninger til FNs klimapanel (Biennial Report og National Communications).

3.4.2 Avtale med EU om felles oppfyllelse av målet under Parisavtalen

Både EU og Norge meldte opprinnelig inn et mål om å kutte utslippene i 2030 med minst 40 prosent, sammenlignet med 1990. Stortinget har vedtatt at Norge slutter seg til en avtale med EU om felles oppfyllelse av dette målet. Avtalen med EU innebærer at Norge vil ta del i EUs klimaregelverk fra 2021 til 2030. EUs klimaregelverk sier noe om hvordan klimamålet under Parisavtalen er tenkt oppnådd. I denne avtalen er arealbrukssektoren inkludert, noe som gjør at Norge skal rapportere måloppnåelse for arealbrukssektoren til EU.

EUs klimarammeverk slik det er i dag deler utslippene inn i tre pilarer; kvotepliktige utslipp, ikke-kvotepliktige utslipp (Innsatsfordelingen), og opptak og utslipp fra arealbrukssektoren (LULUCF). For LULUCF-pilaren er det en netto-null forpliktelse, og for å måle dette ligger regnemåtene i EUs LULUCF forordning til grunn. Forordningen tar utgangspunkt i arealbrukskategoriene i klimagassregnskapet som rapporteres til FNs klimakonvensjon, men setter disse sammen til egne bokføringskategorier. Og i sum skal ikke utslippene fra bokføringskategoriene i forordningen være høyere enn opptaket.

Bokføringskategoriene er forvaltet skog, avskoging, påskoging, forvaltet dyrket mark, forvaltet beite, og fra 2026 forvaltet våtmark.

For forvaltet skog sammenliknes opptaket som rapporteres i klimagassregnskapet for forpliktelsesperiodene (2021-2025 og 2026-2030) med en referansebane basert på perioden 2000-2009. En referansebane er en prediksjon av hva man vil forvente opptaket i skog vil være hvis man gjennomfører samme forvaltning som i referanseperioden. Gjennomføres det politikk etter 2009 som øker netto opptak i norsk skog til 2025 og 2030 sammenliknet med referansebanen, så vil Norge kunne regne med denne økningen i oppnåelsen av netto null-forpliktelsen. Norge leverte framoverskuende referansebane og bokføringsplan (National Forest Accounting plan, NFAP) i 2020 (Klima- og miljødepartementet 2020). Referansebanen er basert på egne retningslinjer fra EU for hvordan disse skal utarbeides og rapporteres (European Commission 2018)

For avskoging (omdisponering av skog til annen arealbruk) og påskoging (etablering av skog på nye arealer) regnes det ikke mot en referansebane, men hele utslippet eller opptaket fra arealene bokføres direkte. Da Norge har ganske store utslipp fra avskoging, og disse kraftig overgår opptak på påskogingsarealer, vil det kunne forventes et stort utslipp fra disse bokføringskategoriene med mindre avskogingen reduseres kraftig sammenliknet med dagens nivå.

For dyrket mark, beite og våtmark bokføres differansen mot en referanseverdi basert på utslippet/opptaket i referanseperioden 2005-2009.

I sum skal det være netto-null utslipp for alle bokføringskategoriene samlet. Men per i dag er Norge ganske langt fra dette, primært på grunn av store utslipp fra avskoging.

EU er en enhet, men fordeler forpliktelsene mellom medlemsland. Det innebærer at alle land skal nå forpliktelsen om netto-null for arealbrukssektoren på linje med Norge.

Som en del av «Klar for 55» la Europakommisjonen i juli 2021 fram et forslag til nytt regelverk for bokføring av utslipp og opptak i arealbrukssektoren. Bakgrunnen for forslaget, og mulige implikasjoner, er beskrevet i Farstad mfl. (2021). Vi gjengir her et sammendrag av relevante deler i *kapittel 4 Arealbrukssektoren* fra Farstad mfl. (2021):

Forslaget skisserer ulike faser for endringer i regelverket: I Parisavtalens første forpliktelsesperiode, 2021-2025, vil regelverket bli tilnærmet som i dag med bruk av bokføringskategorier og referansebane for forvaltet skog. Målet om netto-null i sektoren beholdes.

Etter en nærmest uendret situasjon i den første femårsperioden foreslår Kommisjonen at EU i den andre femårsperioden (2026 – 2030) går bort fra bokføringskategoriene i dagens regelverk og går over til arealbrukskategoriene slik de brukes i det nasjonale klimagassregnskapet. Denne endringen er blant annet begrunnet i ambisjonen om å forenkle. Forslaget innebærer at målet for nettoopptaket økes til 310 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i 2030. Faktisk nettoopptak i dag er nær 268 millioner tonn CO₂-ekvivalenter. Det skal også fastsettes et utslipps- og opptaksbudsjett for hvert enkelt land som har utgangspunkt i situasjonen i 2022 (gjennomsnitt 2021-2023) og som ender i målet i 2030. Reduksjonsmålene for medlemslandene blir bindende.

Etter 2030 legger Kommisjonens forslag opp til at jord-, skog og annen arealbruk samles i en felles kategori i regelverket med et eget mål om karbonnøytralitet i 2035. Dette forslaget oppfattes i utgangspunktet som en logisk utvikling for å se jord- og skogbruk mer i sammenheng. Konsekvensene vil avhenge av hvordan dette gjennomføres, og om kravet om karbonnøytralitet blir fastsatt på EU-nivå eller på nasjonalt nivå.

Utover disse endringene legger forslaget opp til at nettoopptaket vil fortsette å øke i jord, skog og arealbruk for å nå det langsiktige målet om klimanøytralitet i 2050. Det sies eksplisitt i forslaget at arealbrukssektoren forutsettes å kompensere for utslipp i andre sektorer.

Forslaget fra Europakommisjonen har vært til behandling i Rådet og Europaparlamentet. I november 2022 ble det politisk enighet mellom rådet og Europaparlamentet om hovedlinjene i forslaget. Det overordnede målet et netto opptak på 310 mill. tonn CO₂ i EU er akseptert. Dagens regelverk (“no-debit rule”) videreføres til 2025. Enigheten innebærer at medlemslandene må oppnå en sum av netto opptak

i perioden 2026-2029. Enigheten etablerer en styringsmekanisme som bl.a. skal vurdere tiltak hvis medlemsland ikke møter de nasjonale målene i perioden 2025-2026. Europakommisjonen vil legge fram en rapport seks måneder etter den globale vurderingen av Parisavtalen (“first global stocktake under the Paris agreement”). I denne rapporten skal det gjøres en vurdering av om andre klimagasser enn CO₂ fra jordbruket skal inkluderes etter 2030. Videre skal rapporten foreslå mål for arealbrukssektoren etter 2030.

3.5 Metoder for utslippsframskrivninger i andre land

3.5.1 Arealer og utslipp/opptak

Data for arealrepresentasjon kommer i forskjellige formater avhengig av hvordan dataene er hentet inn. Dette beskrives som *Approaches* (se [kapittel 2.4](#)). *Approach 3* data er det aller beste formatet (det Norge bruker i klimagassregnskapet) da arealbruksendringer kan følges som arealpakker (flate av gitt areal størrelse) i tid og rom, da de er georeferert. For observasjoner er georefererte data veldig nyttig, da det gir størst mulighet til å stratifisere utslippsberegninger basert på andre faktorer som kan endre seg i tid og/eller rom som klima, jordtype, forvaltningspraksis, osv. Men å framskrive arealene georeferert er svært krevende. Det krever at man beregner sannsynligheten for at enhver flate endres til enhver tid, og bestemmer hvor mange flater som skal endres til enhver tid. Slike framskrivninger er i forskningsfronten av studier relatert til arealbruksendring der det brukes avanserte teknikker innenfor *machine-* og *deep learning* (van Duynhoven og Dragičević 2021, Cao mfl. 2019).

Når slike avanserte teknikker ikke er mulig, er det mest vanlig å aggregere datasettene til en tidsserie uten rom-dimensjonen, og framskrive arealbruksendringene basert på trenden for en gitt periode. Slik er det gjort i Norge, og noe tilsvarende i de andre nordiske landene. Men metodikkene varierer litt mellom landene.

I Sverige gjennomføres nasjonale framskrivninger for arealbrukssektoren av [Sveriges lantbruksuniversitet](#) (SLU). Her framskrives utslippene fra arealer noe mer direkte enn i Norges tilnærming. Unntaket er gjenværende skog hvor de bruker noe mer avansert modelleringsmetodikk (se [kapittel 3.5.2](#) om framskrivninger av skog i andre nordiske land). I stedet for å framskrive størrelsen på arealbruksendringene, og så multiplisere arealene med en utslippsfaktor eller implisitt utslippsfaktor for å beregne utslipp/opptak (slik vi gjør), blir selve utslippene fremskrevet direkte basert på gjennomsnittsutslipp/ -opptak for de siste 10 årene. Dette vil mest sannsynlig gi veldig stabile trender fra og med første år med framskrivninger. Men fordi det ikke sporer arealbruksendringene i tid vil det ikke fange dynamikken i de første 20 årene av framskrivningen som kommer av historiske arealbruksendringer (jamfør 20 års overgangsperiode).

I Danmark er de nasjonale framskrivningene for arealbrukssektoren rapportert av [Aarhus Universitet](#), med unntak av skog. Skog er rapportert av Institut for geovidenskab og naturforvaltning, Københavns Universitet (se [kapittel 3.5.2](#) om framskrivninger av skog i andre nordiske land).

Arealframskrivningene og de nasjonale utslippsfaktorene er basert på de beste tilgjengelige data for arealutvikling i Danmark og forventninger i fremtiden.

Islands nasjonale framskrivninger for arealbrukssektoren er noe likt som Sverige. Her brukes estimatene rapportert i CRF-tabellene. Og trenden på utslippet er så beregnet basert på hele tidsserien (1990 til siste rapporteringsår). Men ikke for alle arealbrukskategorier. Arealer med bjørk er delt

mellom skog og beitearealer med trær. Hvis skogen er kulturskog⁹ er det rapportert under arealbrukskategorien skog. For naturlig tresatte arealer må trærne kunne nå en høyde på minst 2 m for at arealet skal bli rapportert under skog, mens resten vil falle under arealbrukskategorien beite. Arealutviklingen av disse arealbrukskategoriene er basert på observert utvikling fra flyfoto fra perioden 1987-1991 til den siste tilgjengelige periode 2010-2014. Avskoging er sjeldent og er basert på trenden for de siste 5 årene. De generelle areal- og utslippsberegninger for arealbrukssektoren utføres av Landgræðslan (*eng.* Soil Conservation Service of Iceland), mens areal og utslippsberegninger for skog og beitearealene med trær utføres av Skógrætarinnar (*eng.* Icelandic Forest Research).

Finlands nasjonale framskrivninger for arealbrukssektoren er hovedsakelig utført av Luke – Luonnonvarakeskuksen (*eng.* Natural Resources Institute Finland), men det er flere andre institutter som er involvert. Metodikkene er noe mer sofistikert enn de andre nordiske landene, da den bruker i større grad eksterne datakilder fra andre sektorer. Utvikling av utbygd areal er utført av Syke – Suomen ympäristökeskus Finlands miljöcentral (*eng.* Finnish Environmental institute), der arealbruksendringer hentet fra CORINE datasett (basert på satellittobservasjoner, <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>), befolkningsvekst, og befolkningsvekst scenarier for forskjellige regioner. Andre arealbruksendringer er basert på ekstrapolering basert på trenden i arealbruksendringer stratifisert etter jordtype (mineral / organisk) og region. Vanligvis brukes en 10 års periode, men det brukes også ekspertevaluering for å avgjøre om lengre perioder skal brukes (fra 1990), eller om det ikke er forventet endring for en gitt arealbrukskategori (Haakana 2015). I samarbeid med andre institutter som [VTT Technical Research Centre of Finland](#) er koblinger mellom framskrivninger fra energisektorer, for eksempel vindkraft, brukt for å estimere arealendringer ved å konvertere terawatt til hektar (Maanavilja 2021).

3.5.2 Framskrivninger i skog i andre Nordiske land

Metodikken brukt for framskrivning av utviklingen i skog i andre land er varierende:

I Sverige gjennomføres nasjonale framskrivninger for skog av Sveriges lantbruksuniversitet (SLU). Her brukes Heureka modellen for å simulere utvikling i levende biomasse på [Riksskogstaxeringens](#) prøveflater (den svenske Landsskogtakseringen). Modellen har eksistert siden 2009, og blitt brukt i mange publikasjoner. Den kan kobles til Q modellen, en organisk karbonnedbrytningsmodell brukt for å estimere karbonendring i jord basert på strø og død ved input. Heureka modellen er relativt avansert. Den kan ta hensyn til en rekke avgjørelser i forbindelse med skogforvaltning og kan ta for seg endring av træs vekst som resultat av klimaendring. Ulempen er at den er noe mer rigid enn SiTree, der det er mange parameterer for å simulere trevekst og forvaltningsavgjørelser. Den er også relativt CPU intensiv i forhold til dataprosessering, og det kreves en del ekspertise for å kjøre modellen.

I Finland gjennomføres nasjonale framskrivninger for skog av [Naturresursinstitutet](#) (Luke). Her brukes MELA modellen for å simulere utvikling i levende biomasse utvikling på flater i [den finske landsskogtakseringen](#). Softwaren har kommet i flere versjoner, først i 1992, og siste versjon i 2014. Den er godt testet og brukt i mange publikasjoner. Den kan kobles til Yasso-modellen for å estimere karbonendring i jord basert på strø og død ved inndata. Den har noen likheter med Heureka-modellen da den kan ta hensyn til en rekke avgjørelser i forbindelse med skogforvaltning. Ulempen er at den er mindre fleksibel enn SiTree, og er relativt CPU intensiv.

⁹ Cultivated forest are mostly plantations of introduced species and the native birch.

I Danmark gjennomføres nasjonale framskrivinger for skog av [Institut for geovidenskab og naturforvaltning](#), Københavns Universitet. Metodikken er noe mer enkel enn de andre Skandinaviske land, da utvikling av skogens karbonbeholdninger er basert på rapporterte karbonendringer, der endringsraten for de forskjellige karbonbeholdninger blir brukt til framskrivingen. Fordelen med en slik metodikk er at den er gjennomskuelig og lett å forstå. Den er også veldig robust og lite CPU intensiv. Ulempen er at den er lite fleksibel, og begrenset når det gjelder å ta hensyn til klimaendring og tiltak i skogforvaltning.

3.5.3 Karbonlager i treprodukter

Norge bruker per i dag produksjonstilnærmingen (*eng.* production approach) for klimagassrapportering av treprodukter (*eng.* Harvested Wood Products, HWP) og for framskrivinger. Alle EU-landene, samt Norge og Island, laget framskrivinger for treprodukter som en del av den framoverskuende referansebanen for skog (*eng.* Forest Reference Level, FRL) 2021-2025. Metodikken for referansebanen inkludert treprodukter ble oppsummert for alle 27 medlemslandene i rapporten «Forest reference levels under Regulation (EU) 2018/841 for the period 2021–2025. Overview and main findings of the technical assessment» (European Commission 2021). Metodikken for treprodukter var i henhold til vedlegg V i forordning (EU) 2018/841 og den sammenfaller med produksjonstilnæringsmetodikken. De eneste forskjellene mellom metodikken brukt for treprodukter under referansebanen og i nasjonale framskrivinger i senere rapporter er: 1) referanseperioden brukt for allokering av hogst til tre produktkategorier, 2) at framskrivingene basert på klimakonvensjonen inkluderer all skog mens EU inkluderer hogst fra aktivitetene gjenværende skog og påskoging, ikke bare gjenværende skog som i referansebanen. Sato og Nojiri (2019) vurderte bidraget fra treprodukter under klimagassestimering med hensyn til regnskap under Paris-avtalen og potensialet for dobbelttelling ved valg av ulike tilnærming. De konkluderte blant annet med at kombinasjonen av umiddelbart utslipp (*eng.* instantaneous oxidation¹⁰) med produksjonstilnærming, lagerendringstilnærming (*eng.* stock change approach) for treprodukter av nasjonal opprinnelse eller 'simple-decay'-tilnærminger kan være en praktisk løsning for å realisere en global regnskapstilnærming for treprodukter som eliminerer dobbelttelling.

2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory

There are complementary similarities and distinctions between the four HWP approaches in terms of their reference to conceptual frameworks and system boundaries:

- The 'stock-change' and 'production' approaches work with carbon stock changes in HWP pools, whereas the 'atmospheric-flow' and 'simple-decay' approaches work with CO₂ fluxes.
- The 'stock-change' and 'atmospheric-flow' approaches cover stock changes or CO₂ fluxes associated within a consuming country, whereas the 'production' and 'simple-decay' approaches cover those associated with a producing country.

¹⁰ an accounting method that assumes that the release into the atmosphere of the entire quantity of carbon stored in harvested wood products occurs at the time of harvest

3.6 Vurdering av metoden som brukes til framskrivninger i Norge

Her gis noen betraktninger rundt i hvilken grad metoden fanger opp overordnede utviklingstrekk og drivkrefter knyttet til utslipp og opptak.

Generelt bygger metoden på at historiske trender basert på aktuelle referanseperioder videreføres. Det legges kun inn justeringer der dette er relevant på bakgrunn av implementert politikk som ikke reflekteres i referanseperioden. Dette gjelder for eksempel økning til 10 % skogvern, og aktivitetsnivå på nylig innførte tilskudd (for eksempel tilskudd til tettere planting). Dette revideres ved hver framskrivning, og utviklingen på området følges. For eksempel vil det være aktuelt å vurdere endring i hvordan miljøsensyn i skogbruket er implementert når ny, revidert PEFC skogstandard er publisert.

Det er kun politikk som vil ha direkte innvirkning som legges inn. I praksis vil utviklingen i sektoren være styrt av en lang rekke forhold som ikke er direkte knyttet til arealbruk eller arealbruksendring, men påvirker dette indirekte. Det gjør det krevende å vurdere samlet effekt av ulik politikk. For eksempel kan befolkningsutvikling gi behov for flere boliger, men det kan også komme politikk (for eksempel arealavgift, mål om arealnøytralitet eller forbud mot bygging på myr som på ulikt vis kan påvirke arealbruksendring) og kunnskap og teknologiutvikling som kan påvirke løsningsvalg slik at påvirkningen på arealbaserte utslipp blir mindre.

Det er krevende å implementere uten å gjøre forutsetninger om forventet politikk. Dagens tilnærming bygger på vedtatt politikk, uten skjønnsmessige antakelser om fremtidig politikk. I følsomhetsanalyser kan en imidlertid benytte dagens metodikk til å analysere effekten for eksempel av en høyere nedbyggingstakt eller en lavere nedbyggingstakt, effekter av et totalforbud mot bygging på myr, etc. på de arealbaserte utslippene.

En framskrivning basert på forutsetningen om å vise utviklingen gitt at vi fortsetter «som i dag» vil måtte bruke historiske data til kalibrering. Mens analyser av effekter av fremtidige politiske vedtak vil mest sannsynlig basere seg på en ekspertvurdering av påvirkningen på aktivitetsdataene. Om befolkningsvekst brukes i kalibrering, kan man for eksempel vurdere å lage flere scenarier med forskjellige befolkningsvekstrater, for å så framskrive arealbruksendring. Men til sist må man gjøre en ekspertvurdering av hvor mye politisk valg vil påvirke aktivitetsdataene.

For utviklingen i skog forutsettes også fortsettelse av historisk aktivitetsnivå i en referanseperiode, men klimaendring basert på RCP4.5 legges inn både i framskrivning av levende biomasse (SiTree) og jordkarbon inkludert strø og død ved (Yasso07). Sannsynlighet for hogst er basert blant annet på driftskostnader og stående volum. For hogst er det benyttet en stokastisk tilnærming, som enkelt forklart innebærer at i de fleste tilfeller avvirkes flater med høy sannsynlighet for hogst, men en andel er tilfeldig valgt. Det kjøres 100 simuleringer. Tilnærmingen vurderes som den mest realistiske (ikke alle skogeiere opptrer økonomisk rasjonelt i alle avgjørelser om hogst).

Generelt er det svært godt samsvar mellom metodikken benyttet i de nasjonale framskrivningene levert av NIBIO og i det nasjonale klimagassregnskapet. Det er noen nødvendige metodiske forenklinger, men alle relevante kilder for utslipp og opptak er inkludert i framskrivningene.

Det er de samme fagpersonene som utvikler det nasjonale klimagassregnskapet, og som har utviklet metodikken bak Norges referansebane for forvaltet skog til EU, som står bak de nasjonale framskrivningene for sektoren. Dette sikrer godt samsvar, samt at framskrivningene til enhver tid kan leveres er oppdatert med siste implementerte metodikk fra det nasjonale klimagassregnskapet. Dette siste er viktig, da det nasjonale klimagassregnskapet hvert år gjennomgår større eller mindre forbedringer.

Metodikken som benyttes er godt egnet til å beskrive utviklingen ved ulike tidshorisonter, og kan benyttes for både kort (2025, 2030), mellomlang (2050) og lang sikt (2100). Dog vil usikkerheten øke med lenger tidshorisonter.

Generelt er kunnskap om de biologiske prosessene, og hvordan klimaendringer vil påvirke disse en stor usikkerhet. Det er svært begrenset med norske data både for størrelsen på karbonlagre under ulike forhold og for endringer i karbonlager i jord. Dette gjelder alle karbonbeholdningene (mineraljord, strø, død ved og organisk jord), arealbrukskategoriene, og overganger mellom arealbrukskategoriene. Dette er ikke knyttet til metodikken for framskrivninger, men mangel på data for validering av utslippsberegningene i det nasjonale klimagassregnskapet (for eksempel fra Yasso07-modellen som brukes for mineraljord, strø og død ved i skog) eller for å utvikle nasjonale faktorer (for eksempel for karbonlager i død ved, hvor det benyttes en standard faktor fra IPCC sine retningslinjer som synes svært høy for norske forhold).

For alle arealbrukskategoriene er fremskrevet areal basert på trender i nasjonal arealbruksendring basert på en referanseperiode. Netto utslipp / opptak er da beregnet for arealbrukskategoriene basert implisitte utslippsfaktorer spesifikk for kilden, arealbruksklassene (gjenværende eller under overgang). Unntaket er for gjenværende skog, som bruker mer avansert modeller (SiTree, inkludert Yasso07) og utføres på flatenivå. Framskrivningen for skog er basert på et fast areal, og korrigeres for arealbruksendring etterpå. Dette er en svakhet, da vi vet at for eksempel avskoging ikke er jevnt fordelt, men har en høyere andel skog med høy bonitet (høy produksjonsevne) enn gjennomsnittet for all norsk skog (Breidenbach mfl. 2017). Det vil være mulig, og er ønske om, å videreutvikle metoden for framskrivning slik at en kan reflektere påvirkning av avskoging og påskoging bedre enn i dag.

For estimering av endring i karbonlager i treprodukter anses hovedutfordringen å være referanseperioden som brukes. I perioden 2009-2016 var det netto utslipp fra karbonlageret i treprodukter. Dette skyldes resesjon og nedlegging av papirfabrikker. Når referanseperioden inkluderer data som ikke representerer nåsituasjonen forplanter dette seg til framskrivningen. Utfordringen for treprodukter er at referanseperiodene som har blitt brukt inkluderer år fra perioden 2006-2016 da det var store endringer i produksjonen (nasjonalt forbruk og eksport) av treprodukter. I en rapport fra Alfredsen mfl. (2022) kvantifiseres hvor stor andel av årlig hogst som rapporteres inn i treprodukter i Norges klimagassregnskap fra 1961-2019. For å bedre forstå årsakene til variasjonene i rapporterte treprodukter, beskrives også den årlige materialflyten av alle typer treprodukter (råmaterialer, halvfabrikata og bioenergi) etter hogst basert på de årlige produksjonsvolumene. Denne rapporten viser hvor store og raske variasjoner man kan få, og at samme allokering mellom de tre produktkategoriene er en grov forenkling. I de nasjonale framskrivningene publisert i 2022 (Mohr mfl. 2022) er det derfor benyttet en kortere referanseperiode for treprodukter enn for øvrige beregninger. Basert på ekspertvurdering er perioden satt til 2017 – 2020. Denne referanseperioden anses til å best representere dagens situasjon («business as usual»).

Metoden som benyttes for framskrivninger av arealbrukssektoren (antakelser, modellinnretning og parametere) er godt dokumentert gjennom en åpent publisert rapport (Mohr mfl. 2022).

Generelt forbedres metodikken og data benyttet i den nasjonale framskrivningen i tråd med oppdateringer og forbedringer i det nasjonale klimagassregnskapet, da det legges til grunn at siste rapport (NIR) legges til grunn. Dette er en forutsetning for eksempel også for biennial report til FN.

Det vil si at metoden vedlikeholdes og oppdateres for hver gang en framskrivning utarbeides, og for flere områder kan dette gjøres på en overkommelig måte. Hvor arbeidskrevende det er vil imidlertid avhenge av behovet for oppdatering. For eksempel ved nye utslippsfaktorer i det nasjonale klimagassregnskapet eller oppdateringer av aktivitetsnivå for tilskudd så er dette enkle oppdateringer. Dersom det er gjort større metodiske forbedringer i det nasjonale klimagassregnskapet (som endring av arealbruksdefinisjoner eller implementering av klimadata på en ny måte) så vil det kreve mer.

Utvikling av SiTree og hvordan Yasso anvendes er kontinuerlig forskningsbasert arbeid, og her vil metodikken i framskrivningene oppdateres når disse metodene er forbedret. Videre utvikling av

modeller (for eksempel for arealframskrivning) og simuleringsverktøy (SiTree) skjer gjennom forskningsprosjekt og andre større satsninger, og tas så i bruk i framskrivningene.

Metodene vil imøtekomme krav jf. EUs Klar for 55 (rapportering til EU følger IPCC sitt regelverk for beregninger).

Eksisterende metodikk er kun delvis fagfelle-vurdert (SiTree). Men generelt søkes ny metodikk publisert vitenskapelig med fagfellevurdering så langt det er hensiktsmessig. Tilsvarende arbeides det med å dokumentere nasjonale metoder i det nasjonale klimagassregnskapet (som framskrivningene bygger på) vitenskapelig med fagfellevurdering så langt det er hensiktsmessig (eksempler).

3.7 Muligheter for videreutvikling av metodikk for framskrivninger

Det er sentralt at de nasjonale framskrivningene oppdateres og er i tråd med nyeste metodikk i det nasjonale klimagassregnskapet. Det nasjonale klimagassregnskapet er gjenstand for årlige metodeforbedringer av større eller mindre karakter, og som vil påvirke utslippsberegningene også i en framskriving. Dette ivaretas naturlig slik det er organisert nå, hvor framskrivninger bygges på sist publiserte klimagassregnskap, og utføres av de som arbeider med det nasjonale klimagassregnskapet og dermed kjenner det godt.

Generelt er det betydelige usikkerheter knyttet til forståelse av de biologiske prosessene, og klimaendringers påvirkning på disse. Sånt sett vil den viktigste metodeutviklingen være forskning og utvikling av kunnskap som kan gi grunnlag for forbedringer i de metodene som benyttes. Det vil særlig være viktig å fremskaffe ny kunnskap om norske forhold, både for parametrisering og validering av modeller for norske forhold og for bruk i det nasjonale klimagassregnskapet, og for å kunne utvikle nasjonale utslippsfaktorer der vi har enklere metodisk tilnærming. For framskrivninger kommer nye problemstillinger. Det er flere forskningsområder som vil være viktige, men vi kan særlig trekke frem forståelse av hvordan skogøkosystemet vil fungere i et endret klima, både knyttet til skogens vekst og risikobilde for skogskader (økt risiko for tørkestress, skadegjørere, mv.). Dette er to betydelige usikkerheter knyttet til framskrivninger i skog. Bedre kunnskap vil kunne gi bedre framskrivninger, gjennom bedre forutsetninger i modeller og simuleringsverktøy, og eventuelt grunnlag for å bruke andre modeller. Vi går ikke videre inn på dette her, da det er egne forskningsfelt, men fokuserer i det følgende på noen muligheter for videreutvikling av metodikken benyttet i nasjonale framskrivninger for arealbrukssektoren, utover den stadige oppdatering av metoder i tråd med metodeutvikling i det nasjonale klimagassregnskapet. Det er ikke en uttømmende oversikt, men noen behov og muligheter som har blitt identifisert.

3.7.1 Georeferert arealframskrivning – Approach 3

I det nasjonale klimagassregnskapet benyttes for de aller fleste utslippsberegninger en metodikk hvor det beregnes basert på data for hver enkelt Landsskogflate (en såkalt [Approach 3](#)). I de nasjonale framskrivningene benyttes per i dag stratumvise framskrivninger (Approach 2) for arealene. Utvikling av en metodikk som kan beskrive utviklingen georeferert, enten ved hjelp av kart eller framskrivning av utviklingen på hver Landsskogflate, vil kunne både gi mulighet for en enda tettere tilnærming mellom metodikkene, samt at utviklingen av arealbruken kan kobles mot naturgitte forhold (for eksempel hvor det er mulig med gjengroing med skog, eller naturlige begrensninger for ekspansjon av bebyggelse).

For utviklingen i skogressursen er det per i dag framskrivning på flatenivå, hvor data for hver Landsskogflate med skog (informasjon om hvert enkelt tre, samt lokale vokseforhold, mv.) kobles sammen med framskrivninger for utvikling i klima og modell for hogstsannsynlighet. En kan se for seg utviklingen av et simuleringsverktøy som bruker ulike datakilder til å framskrive utvikling i arealbruk for hver Landsskogflate, slik at en kan framskrive hvilke flater som vil ha sannsynlighet for å avskoges, eller hvor det er sannsynlig med nye skogflater gjennom gjengroing eller påskoging.

3.7.2 Karbonlager i treprodukter

Det kan være aktuelt å se nærmere på Nordic Forest Sector Model (NFSM), som er en partiell likevektsmodell som fokuserer på marked: “*The aim of NFSM is to maximize consumer plus producer surplus (i.e. welfare) for each time step*” (Jåstad mfl. 2021). Den kan kanskje si noe om utvikling i treprodukter (eng. Harvested Wood Products, HWP) som kan benyttes i metodeutvikling av framskrivninger. NFSM-modellen inkluderer imidlertid også produkter som ikke kan rapporteres under treprodukter i klimagassregnskapet. Vi har foreløpig ikke vurdert samsvar mellom produkter i NFSM og produktkategorier under treprodukter i detalj, og dermed egnethet for bruk i de nasjonale framskrivningene.

I henhold til IPCC 2019 Refinement (som foreløpig ikke er implementert i det nasjonale klimagassregnskapet) vil dagens metodikk for treprodukter tilsvare en Tier 1. NIBIO vil i samarbeid med Miljødirektoratet utrede om det skal utvikles en Tier 3 metodikk. En Tier 2 metodikk under 2019 Refinement anses ikke å være realistisk blant annet grunnet manglende datagrunnlag for underkategorier samt krav om nasjonale half-life (basert på estimert levetid i henhold til faktormetoden) for alle de ulike underkategoriene. For mer detaljer om Tier 3 se avsnittet «Muligheter for videreutvikling av treprodukter (HWP)» i kapitlet om tiltaksanalyser.

Norge har valgt en metodikk for framskrivning av treprodukter som er basert på rammene til klimagassregnskapet. Dette følger et omfattende og rigid regelverk fra IPCC, og det skal rapporteres for de tre standardkategoriene trelast, trebaserte plater og papir- og kartongprodukter (eng. semi finished products) og i en potensiell ny metode for framskrivning av endringer i karbonlager i treprodukter er et alternativ å rapportere på underkategorier (sluttprodukter). Et annet alternativ er å kombinere en direkte lagerbasert metode basert på tre i bygninger med en fluks databasert metode for å fange opp det resterende av karbonlageret i treprodukter. Det er viktig å unngå dobbelrapportering og det er viktig at dataene kommer fra åpent tilgjengelige kilder, samt at dataene er transparente og verifiserbare også for framskrivningene.

3.7.3 Videre utvikling av beregningsmetodikk i samsvar med jordbrukssektoren

Utslipp av lystgass (N₂O) utslipp fra drenert organisk jord på dyrket mark og innmarksbeite er rapportert under jordbrukssektoren, mens CO₂ og metan (CH₄) fra de samme arealene rapporteres under arealbrukssektoren, i det nasjonale klimagassregnskapet. NIBIO leverer hvert år arealstatistikk som grunnlagsdata til SSB for beregning av utslippsdata i jordbrukssektoren. Tilsvarende er det nødvendig at de fremskrevne arealene for jordbruksarealer i arealbrukssektoren brukes også av de som utarbeider framskrivninger for jordbrukssektoren dersom det skal være konsistens. NIBIO har derfor også levert framskrivning av jordbruksarealer til framskrivningene for jordbrukssektoren. På tilsvarende måte kan andre fremskrevne aktivitetsdata fra jordbrukssektoren være relevante for estimering av utslipp og opptak fra dyrket mark, for eksempel karbonlagring i mineraljord. Det vil derfor være aktuelt å se nærmere på muligheten for metodeutvikling som kan gi enda større samsvar mellom de to sektorene.

4 Tiltaksanalyser

4.1 Innledning

Dette kapitlet beskriver metoder som brukes i tiltaksanalyser knyttet til arealbrukssektoren i Norge.

Med tiltak menes her fysiske tiltak, teknologiløsninger eller andre definerte handlinger som skogeiere, bedrifter, husholdninger, eller statlig og kommunal forvaltning, mv. kan gjennomføre for å øke opptak eller redusere klimagassutslipp.

Arealbrukssektoren skiller seg fra de øvrige sektorene på flere områder. Spesielt for arealbrukssektoren er at den har mulighet for opptak, og hvor økt netto opptak av CO₂ i skog er et sentralt område. Det er også tiltaksanalyser knyttet til utslippsreduksjon, og dette kan være redusert produksjon av torv til vekstmedier og stans i nydyrking av myr. Sektoren skiller seg også fra de øvrige sektorene i klimagassregnskapet ved at det er knyttet til komplekse biologiske samspill, og det er til dels betydelig usikkerhet for eksempel knyttet til hvordan klimaendringer vil påvirke responsen i økosystemene og risiko for store utslipp knyttet til naturhendelser som flom og skred, brann, storm, mv.

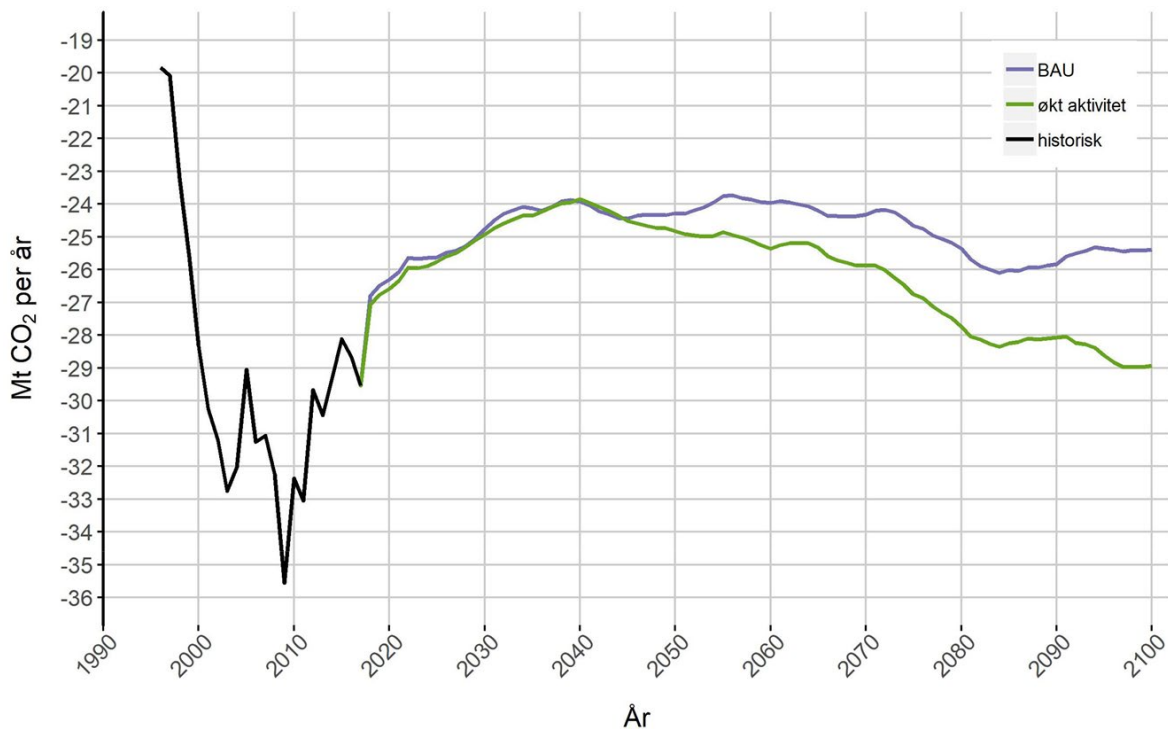
Et annet viktig aspekt er at mange tiltak er knyttet til langvarige prosesser, slik at resultat av en aktivitet nå vil påvirke sektorens utslipp og opptak i svært lang tid fremover (og i noen tilfeller først ha effekt flere tiår frem i tid). Dette kan illustreres for eksempel ved at tiltak som sikrer god foryngelse etter hogst er sentrale for skogens langsiktige evne til å ta opp CO₂ og kan gi betydelige effekter på lang sikt, men gir svært begrenset effekt på kort sikt (Figur 5). Et annet eksempel er dyrking av myr. Ved drenering av et myrsystem tilføres oksygen og det startes nedbryting av torva som fører til utslipp av CO₂. Denne prosessen kan pågå over flere tiår (i prinsippet til alt karbonet er omdannet, eller til arealet restaureres eller vannmetningen øker av andre årsaker).

Tiltak kan også ha både direkte og indirekte effekter. For eksempel vil tiltak som reduserer avskoging vil ha en umiddelbar, *direkte* effekt i form av reduserte utslipp. De senere årene er det hvert år avskoget mer areal enn det som er kommet til med nye skogarealer (Miljødirektoratet mfl. 2022), og det er generelt høyere bonitet (og dermed potensial for CO₂-opptak) i den skogen som avskoges enn i den norske skogen generelt (Breidenbach mfl. 2017). Tiltak som reduserer avskoging vil derfor også ha en mer langsiktig, *indirekte* effekt gjennom å opprettholde et større skogareal, og dermed høyere potensial for CO₂-opptak.

Tiltaksanalyser gir anslag på økning i opptak eller reduksjon i utslipp ved mulige fysiske tiltak aktørene i økonomien kan gjennomføre for å redusere utslipp eller øke opptak av klimagasser. Effekt på opptak eller utslipp beregnes som en fysisk størrelse (tonn CO₂-ekvivalenter). Analysene gir detaljert informasjon om de fysiske handlingene og anslag på konsekvenser for utslipp og opptak målt i CO₂-ekvivalenter. I Norge er det i hovedsak NIBIO som har gjennomført tiltaksanalyser for sektoren på nasjonalt nivå, brukt inn i prosesser som Klimakur2020 (Klima- og forurensningsdirektoratet 2010), Lavutslippsutredningene fra 2014 og 2015 (Miljødirektoratet 2014, 2015) og Klimakur2030 (Miljødirektoratet mfl. 2020). Disse er i all hovedsak basert på samme metodikk som i det nasjonale klimagassregnskapet for arealbrukssektoren, med noen tilpasninger, og de kan derfor i stor grad sammenlignes med framskrivningene.

Men også andre aktører leverer tiltaksanalyser relatert til sektoren. Disse er i ulik grad sammenliknbare.

I noen av tiltaksanalysene for skog, men ikke alle, er det beregnet tiltakskostnader, målt i kroner per tonn reduserte CO₂-ekvivalenter. Samfunnsøkonomiske kostnader er sjelden inkludert. Hva som inngår av analyser i ulike utredninger er styrt av oppdragsgivers bestilling.



Figur 5. For de fleste tiltak i skogforvaltningen vil effekten være begrenset på kort sikt, men potensielt betydelig på lang sikt. Utvikling i netto CO₂-opptak med dagens praksis (BAU, lilla linje), og økt aktivitet i noen utvalgte tiltak (grønn linje), viser ikke signifikant forskjell i opptak på nasjonalt nivå de første tiårene, men økende forskjell etter det. Økt aktivitet gjelder implementerte tiltak knyttet til foryngelse og nitrogen gjødsling, det vil si et utvalg av tiltak og ikke en samlet effekt av mulige tiltak. Historiske tall (svart linje) er som rapportert i Norges klimagassregnskap 2019 (Miljødirektoratet mfl. 2019). Fremskrevne scenarier viser et 10-årig løpende gjennomsnitt. Figur fra Sjøgaard mfl. 2020a.

4.2 Tiltaksanalyser skog

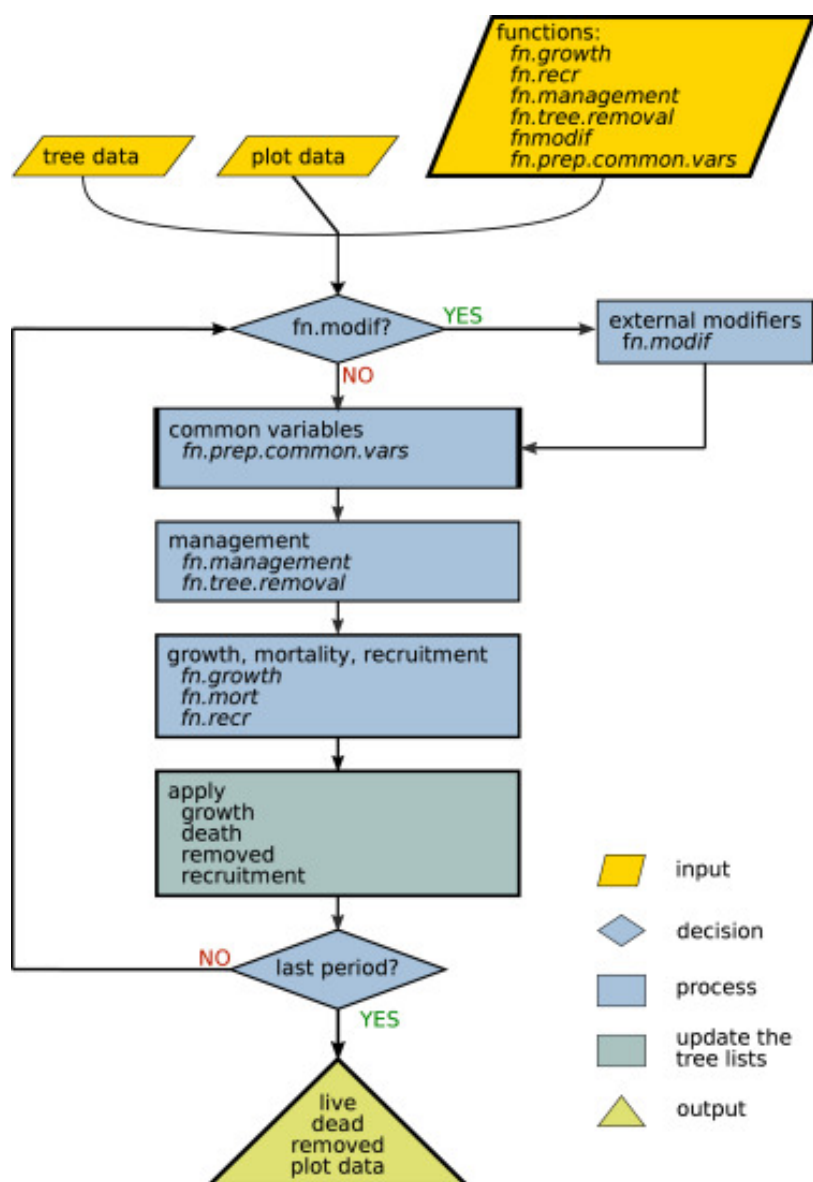
4.2.1 Beskrivelse av metoder

Skogen i Norge har et årlig netto opptak på om lag av 25 mill. tonn CO₂ (Miljødirektoratet mfl. 2022). Størrelsen på opptaket påvirkes av flere forhold, både naturgitte og forvaltningen av skogarealene, herunder både gjennom endringer i totalarealet (avskoging og påskoging), og forvaltningen av de eksisterende skogarealene. I analyser av tiltakseffekter på utslipp og opptak i skog har det generelt vært en tilnærming i retning av å i stadig større grad benytte metodikker i tråd med det nasjonale klimagassregnskapet. Det har vært stor utvikling i metoder på dette området de senere årene, og tiltaksanalysene er for effekter på opptak og utslipp i skog nå i stadig større grad basert på bruk av SiTree kombinert med Yasso07. SiTree kan gi framskrevne data for skogutviklingen på samme format som det som benyttes som underlag i det nasjonale klimagassregnskapet, og Yasso07 kan anvendes på disse på samme måte som i det nasjonale klimagassregnskapet. Beregninger av utslipp og opptak kan dermed gjøres med samme metodikk som benyttes i det nasjonale klimagassregnskapet for alle karbonbeholdninger (levende biomasse, død ved, strø og jord). For tiltak hvor det er relevant, kan utslipp av lystgass (direkte og indirekte N₂O) og metan (CH₄) beregnes ved hjelp av metodikk fra det nasjonale klimagassregnskapet. Dette gjør at tiltaksanalysene kan sammenliknes med de nasjonale framskrivningene for sektoren.

Dog er det i tiltaksanalysene gjort noen tilpasninger, sammenliknet med de nasjonale framskrivningene. For eksempel i tiltaksanalysen til Klimakur2030 (Sjøgaard mfl. 2020a) ble hogstnivået fastlagt for hvert år, slik at det var samme volumet som ble blitt framskrevet i den nasjonale framskrivningen (Sjøgaard mfl. 2019b). Det gjør at hogstvolum vil være stabilt i alle

scenarier, og tilveksteffekten kommer frem. Dersom dette ikke blir gjort vil hogstnivå påvirkes av tiltakene, og det blir vanskelig å sammenlikne effekten av ulike tiltak på CO₂-opptaket i skogen. For eksempel kan arealer med implementert tiltak få høyere volum trebiomasse og ha raskere utvikling, og dermed bli prioritert høyere eller tidligere for hogst sammenliknet med om de sto uten tiltak. Dette vil påvirke totalt hogstnivå, men også utviklingen på det konkrete arealet. En forutsetter derfor i simuleringene at de samme arealene vil avvirkes, uavhengig av tiltak.CO₂

SiTree med tilhørende modeller er et egnet verktøy for analyse av tiltakseffekter på både kort og (2025, 2030) og lang sikt (2100). Men det er naturlig nok økende usikkerhet med et lenger tidsperspektiv. Figur 6 (fra Antón-Fernández og Astrup 2022) gir en skjematisk oversikt over arbeidsflyten i SiTree.

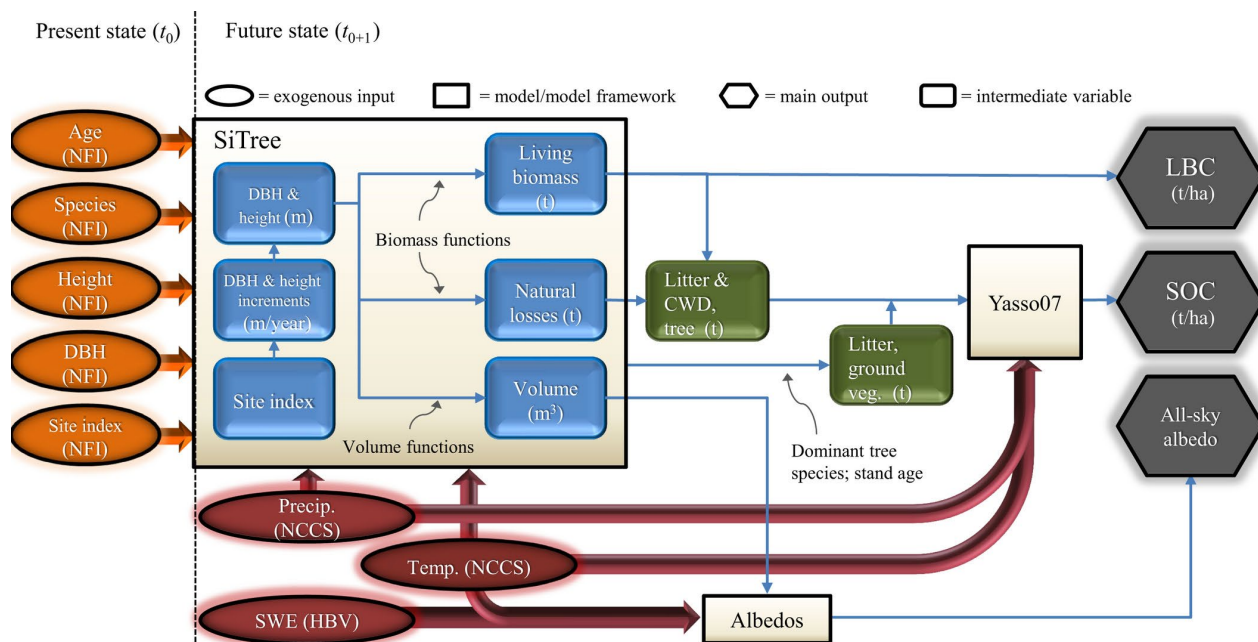


Figur 6. Flytskjema som viser arbeidsflyten i SiTree. Inndata er indikert i gult, prosesser og betingede operasjoner (beslutninger, forutsetninger) i blått, prosesser som modifierer treet viser levende, døde og fjernede trær i mørkegrønt, og utdata i lysegrønt. Figur fra Antón-Fernández og Astrup (2022).

En annen fordel med å benytte SiTree som verktøy i tiltaksanalyser er at verktøyet gjør det mulig å kombinere ulike tiltak, slik at samspillseffekter kan komme til uttrykk. Dette kan for eksempel være en kombinasjon av sterkere oppfølging av foryngelsesplikten med det som resultat at et større område

plantas og bruk av tilskudd til tettere planting som gjør at det arealet som plantes, plantes tettere (flere planter per arealenhet). Dette vil gi en synergieffekt som fanges opp i simuleringene.

I noen tilfeller kombineres SiTree med modeller slik at effekter på albedo og transpirasjon kan inkluderes, og *en kan få en samlet klimapåvirkning fra både biogeokjemiske og biogeofysiske effekter*. Dette kan være særlig relevant for eksempel for påskoging, som potensielt kan ha stor effekt også på biogeofysiske faktorer som albedo (for eksempel Bright mfl. 2020). Figur 7 (fra Bright mfl. 2020) gir en skjematisk oversikt over de viktigste modeller og verktøy som brukes i tiltaksanalyser for skog, og deres koblinger, samt inn- og utdata fra modellene.



Figur 7. Skjematisk oversikt over de viktigste modeller og verktøy som brukes i tiltaksanalyser for skog, og deres koblinger, samt inn- og utdata. CWD er grove trerester (eng. coarse woody debris); DBH står for diameter brysthøyde; HBV er en svensk modell: Hydrologiska Byråns Vattenbalansavdelning; LBC er karbon (C) i levende biomasse; NCCS er Norsk klimaservicesenter; NFI er Landsskogtakseringen; SOC er organisk karbon i jord (eng. soil organic carbon). Figur fra Bright mfl. (2020).

Metodene er generelt godt dokumentert, både gjennom dokumentasjon av modeller, simuleringsverktøy og datagrunnlag (se beskrivelse i kapittel 3), og gjennom beskrivelse av forutsetninger lagt til grunn i de ulike tiltaksanalysene (se for eksempel Søgaard mfl. 2015a, 2019a, 2020a og b).

Vi har fokus på nasjonalt nivå i denne rapporten, og går ikke inn på lokale, kommunale eller regionale tiltaksanalyser, eller metodikk for dette. Metodikkene som benyttes på nasjonalt nivå for skog er i noen grad egnet til regionale analyser, men i hovedsak ikke til lokale eller kommunale tiltaksanalyser. På lokalt nivå vil det i mange tilfeller være nødvendig med registreringer i felt for å kunne gi gode nok beregninger. Dette kan være registreringer av stående biomasse, jordsmonn, mv. i det aktuelle området, og i noen tilfeller også tiltaket mulige effekt på omkringliggende arealer. For eksempel kan utbygging påvirke grunnvannsforhold, og dermed ha dreneringseffekt på nærliggende myrer med tilhørende utslipp av CO₂. Vi går ikke inn i metodikk for feltregistreringer, mv. for lokale tiltakseffekter.

4.2.1.1 Datagrunnlaget

Datagrunnlaget er primært Landsskogtakseringen (se [kapittel 2.6](#)), supplert med for eksempel tilskuddsstatistikk for klimatiltak (tilrettelagt av Landbruksdirektoratet) og annen informasjon for utforming av forutsetninger primært basert på publiserte studier. Det benyttes også data fra [langsiktige feltforsøk i skog](#), til kvalitetssikring/verifisering av resultater fra simuleringer og som

grunnlag for utforming av forutsetninger. Vitenskapelig litteratur benyttes også som kunnskapsgrunnlag, både for utforming av analyser (forutsetninger, mm.), og som grunnlag for selve analysen der det er begrenset empiri for en kvantitativ analyse (for eksempel Dalsgaard mfl. 2015).

Data fra Landsskogtakseringen gir et svært godt utgangspunkt, med en lang tidsserie, detaljerte målinger, tett rutenett (mange observasjoner) og god dokumentasjon. Samarbeidet mellom miljøet i NIBIO som arbeider med tiltaksanalyser og Landsskogtakseringen er også svært godt. Norsk skogforskning har en over 100-årig historie, og med svært omfattende datamateriale fra en lang rekke feltforsøk. Dette gir god kunnskap om effekter av ulike tiltak på trærnes vekst. Men det er begrenset med kunnskap om effekter på bunnvegetasjon og jordkarbon. Klimatiltak i skog vil ikke bare påvirke CO₂-opptak og karbonlagring i trærne, men også karbonlagring i bunnvegetasjon, død ved og i jord. Her har en noe kunnskap for eksempel fra internasjonal litteratur (Mayer mfl. 2020), men lite om norske forhold. Og overføringsverdien til norske forhold kan være begrenset, da vi både har særegne klimaforhold og også andre tradisjoner og praksiser i skogbehandlingen (for eksempel er det mer vanlig med markberedning og tynning i svensk skogbruk).

4.2.2 Tiltakskostnader

Tiltakskostnader for klimatiltak i skog er en del av del av underlaget for Klimaplan for 2021–2030 (Meld. St. 13). Beskrivelsen her er basert på tilnærmingen som ble lagt til grunn da (Søgaard mfl. 2020b), og samsvarer også med tilnærmingen i Klimakur2030 (Miljødirektoratet mfl. 2020).

Tiltakskostnadene inkluderer de direkte kostnadene ved gjennomføring av tiltak. Dette er imidlertid partielle kostnader i den forstand at de ikke dekker øvrige kostnader samfunnet har ved gjennomføring av tiltaket. For eksempel er kostnader knyttet til utforming og administrasjon av virkemidler for å utløse tiltakene ikke med i tiltakskostnadene. Heller ikke potensielle ringvirkninger og samspillseffekter i økonomien utover skogeier inngår. Eksterne effekter eller kostnader knyttet til for eksempel biologisk mangfold har heller ikke vært inkludert i beregningene.

Generelt har skogtiltak en merkostnad for skogeier, med en forventning om merinntekt langt fram i tid. Lønnsomheten av tiltakene beregnes ved en nåverdikalkyle, hvor kostnaden sammenlignes med nåverdien av den fremtidige merinntekten. Lang tidshorisont før effektene kan realiseres gjør at disse analysene er følsomme for rentenivået. Mange tiltak er derfor ikke lønnsomme, selv om den fremtidige merinntekten overgår tiltakskostnaden.

Generelt er det gjerne slik at klimatiltakene kjennetegnes av handlinger som utføres ved et tidspunkt, men hvor effekten i økt CO₂-opptak ikke blir målbar før etter et visst antall år. Tiltakskostnaden for de ulike skjøtselstiltakene er beregnet som at de utføres i dag. Det kommer ikke noen andre kostnader etter tiltaket er gjennomført, og en nåverdiberegning tilbake til basisåret bør kunne anses som unødvendig. Tiltakene bidrar til økt tilvekst eller økt virkeskvalitet, noe som øker verdien av arealet ved fremtidig hogst. En nåverdiberegning av denne fremtidige verdiøkningen innebærer en rekke forutsetninger om virkesverdi, renter og inflasjon i en horisont på 30 – 100 år. Forutsettes det en lav realrente og høy fremtidig tømmerverdi vil mange av tiltakene lønne seg allerede med dagens rammevilkår. Forutsettes det derimot en høy rente og lav fremtidig tømmerverdi vil færre eller ingen av tiltakene lønne seg for skogeier.

Tiltakskostnadene er beregnet etter følgende metode:

$$\text{Tiltakskostnad per tonn CO}_2 = \frac{\text{Tiltakskostnad (NOK per dekar)}}{\text{Beregnet akkumulert effekt (tonn CO}_2 \text{ per dekar)}}$$

Tiltakskostnadene (i kr per dekar) for de ulike tiltakene er nokså sikre estimater. Det er større usikkerhet knyttet til estimatene for potensiell klimaeffekt per dekar. Det ansees derfor hensiktsmessig å gruppere tiltakskostnadene i kostnadskategorier tilsvarende de benyttet for tiltak i øvrige sektorer i direktoratens Klimakur2030-rapport (Miljødirektoratet mfl. 2020). Kostnadskategori 1 er tiltak med

tiltakskostnad under 500 kr/tonn, kostnadskategori 2 mellom 500 og 1500 kr/tonn og tiltak i kostnadskategori 3 over 1500 kr/tonn.

4.2.3 Andre økosystemtjenester

Klimatiltak i skog vil påvirke også andre økosystemtjenester. I St.meld. nr. 39 (2008–2009) *Klimautfordringene – landbruket en del av løsningen* ble det understreket at skogrelaterte klimatiltak, herunder bioenergi, må utformes slik at man prioriterer tiltak med positiv klimaeffekt og positiv eller akseptabel effekt for naturmangfoldet og andre viktige miljøverdier. I oppdragsbrevet fra Miljøverndepartementet og Landbruks- og matdepartementet om utredning av planting av skog på nye arealer som klimatiltak (brev datert 22.11.2012) ble det formulert slik: «Før skogtiltakene i klimameldingen kan implementeres, vil det i noen tilfeller være behov for ytterligere faglig vurdering av hva som kan være den riktige avveiningen mellom klima, naturmangfold og næring.»

Hva som inngår av analyser i ulike utredninger er styrt av oppdragsgivers bestilling, og om det er bestilt kun effekt på utslipp og opptak (klima), eller eventuelt også andre effekter. Generelt har det i utvalg av skogtiltak i bestillinger direkte eller implisitt vært lagt til grunn en målsetning om at tiltakene skal være positive for klima, positive for skognæring og ha positive eller akseptable effekter for naturmangfold. For eksempel i utredning av planting av skog på nye arealer som klimatiltak, ble det gjort en «vurdering av hvilke arealer som bør prioriteres for tilplanting gitt klima-, miljø- og nærings hensyn.» (Miljødirektoratet mfl. 2013). Og i beskrivelsen av utredning av gjødsling i skog som klimatiltak står det at «Den gir en omforent, faglig anbefaling av hvilke arealer som egner seg for målrettet gjødsling av skog etter en avveining mellom hensynet til klima, naturmangfold, vannmiljø og andre miljøverdier, og næring.» (Miljødirektoratet mfl. 2014).

I flere studier er effekter på naturmangfold beskrevet, i noen tilfeller også effekter på vannmiljø. Effekter på for eksempel friluftsliv er sjelden inkludert.

Det er i begrenset grad gjort analyser av økonomiske ringvirkninger utover om det kan være lønnsomt for skogeier. Etablering av skog på nye arealer og klimatiltak som øker skogproduksjonen og muligheten for å høste tømmer vil imidlertid ha økonomiske ringvirkninger utover grunneiers økonomi. En verdiskapningsanalyse for Kystskogbruket, basert på nasjonalregnskapet, viser for eksempel at skognæringen med ringvirkninger i 2018 har en verdiskapning på 28 mrd. og en produksjon på 71,4 mrd. (Sand og Naper 2021). Avvirkning for salg dette året var på 10 836 m³ (SSB tabell 08979), med en brutto omsetning hos skogeier på 4,4 mrd. (SSB tabell 03794). Verdiskapningen og de endelige produksjonsverdiene i skognæring med ringvirkninger var sånn sett 6,4 og 16,2 ganger virkesverdien hos den enkelte skogeier.

4.2.4 Beskrivelse av metoder som brukes i våre naboland (Sverige og Finland)

I noen grad brukes også i våre naboland de samme metoder som for framskrivning (se [kapittel 3.5.2](#)). Men for tiltaksanalyser kan flere ulike verktøy tas i bruk, og det er flere aktører og flere tilnærminger. Ikke alle følger og er kompatible med metodikk i det nasjonale klimagassregnskapet.

Tabell 1 gir litt informasjon om de mest brukte simulatorene i Sverige og Finland. Utenom forskningsformål ble Heureka- og MELA-simulatorer også brukt i beregningene for bokføringsplanene i henholdsvis Sverige og Finland. GAYA er utviklet av SLU, men ble overført til norske forhold rundt 1990 av NMBU, og brukt til flere prosjekter under norske forhold tidligere (Bergseng mfl. 2013) og i dag (f.eks. [MARCSMAN](#)). Nyere forskning (Eriksson og Bergh 2022) sammenlignet ytelsen til GAYA med Heureka-systemet for et stort sett Landsskogflater i Sverige, og rapporterte høyere vekstrateforutsigelser for Heureka i det meste av projeksjonsperioden og jordkarbonbasseng øker med økt stående volum for GAYA (mens jordframskrivninger for Heureka opprettholder samme mengde over framskrivingsperioden).

Tabell 1. Sammenheng av skogvekstsimulatorer som er mest brukt i Sverige og Finland. Mer detaljert informasjon om hver simulator finner du ved å klikke på hyperlenken på simulatornavnet.

Land	Skogsimulator rammeverk	Hovedutvikler	Litteraturreferanser
Sverige	Heureka	SLU	Petersson mfl. 2022 Fahlvik mfl. 2018 Swedish Ministry of Environment 2019
	GAYA	SLU	Eriksson og Bergh 2022 Eriksson mfl. 2011
Finland	MELA	LUKE	Finnish Ministry of Agriculture and Forestry 2019 Anttila mfl. 2018
	MOTTI	LUKE	Haikarainen mfl. 2021 Huuskonen mfl. 2020
	SIMO	University of Helsinki	Kangas mfl. 2014 Härkönen mfl. 2010
	MONSU	Timo Pukkala	Heinonen mfl. 2017 Pukkala 2004

Her beskriver vi noen metodikker og forutsetninger brukt for å analysere noen klimatiltak i skog, som nitrogengjødsling, ungsogpleie eller plantetetthet, i flere simuleringsverktøy brukt i Sverige og Finland nevnt ovenfor.

Heureka-systemet skiller i simuleringene mellom konvensjonell gjødsling og intensiv gjødsling. Konvensjonell gjødsling tilføres vanligvis 10 år før hogst eller med et spesifisert tidsintervall og kan simuleres både i flatehogst og selektive hogstformer. Gjødslingseffekten er estimert basert på funksjoner fra Skogforsk (Pettersson 1994a, 1994b), som i hovedsak gjelder bartredominerte, mesiske¹¹ og middels gode boniteter. Mens gjødslingsfunksjonene estimerer økningen i volumvekst for bestandet, beregner Heureka veksten av enkeltrær. For å sortere ut denne ulikheten, beregner Heureka tilstanden til bestandet så lenge det tar å nå gjødslingseffekten, og flytter deretter denne tilstanden til tidspunktet når gjødslingseffekten opphører (satt til 10 år). Interpolering brukes for å gjøre rede for det faktum at disse tidspunktene ikke nødvendigvis sammenfaller med et femårsvindu. På den annen side er intensiv gjødsling foreløpig kun aktuelt for granskog på mesisk og fuktig jord. Intensiv gjødsling innebærer at et bestand gjødsles fra ung alder (2-4 m høyde) annethvert år, og deretter hvert femte år ved flere anledninger frem til slutthogst¹². Metodikk er basert på DT-modellen (Nilsson og Fahlvik 2006) hvor tilvekst i ungsog (grunnareal < 25 m²/ha) beregnes med tidsgevinst (raskere omløp), og i etablert skog ved hjelp av økt bonitet.

I Heureka kan du simulere foryngelse etter hogst som planting, såing eller naturlig foryngelse. Heureka simulerer «fullføring» av etableringen ved en gjennomsnittlig høyde på ca. 2 m. Tidspunktet da dette skjer kalles aktiveringstiden. Interpolering brukes for å få trærnes tilstand mellom regenereringsbehandling og aktiveringstiden. Når en foryngelse gjennomføres, beregnes en trehøydefordeling, som tre objekter lages fra (det lages egne fordelinger for en rekke av artene). Hovedtreslaget er arten du velger som "foryngelsestreslag". I tillegg opprettes en rekke «sekundære

¹¹ Moderat eller velbalansert vanntilgang

¹² Dette er ikke praktisert i Norge, hvor vanlig praksis er å gjødsle én gang i løpet av bestandets levetid, vanligvis om lag 10 år før hogst

arter». I et bartrebestand er sekundærartene bjørk, og gran eller furu, avhengig av hovedtreslag. Så for simulerte granplantinger vil det også være mye naturlig forekommende bjørketrær.

I Heureka kan to typer ungskogpleie-algoritmer brukes: "HeurekaCleaning" og "HuginCleaning". I det første alternativet beregner Heureka en ønsket høydefordeling etter ungskogpleie og beregner sannsynligheten for at trær fjernes som funksjon av fordelingen før og etter ungskogpleie. I det andre alternativet (gamle Hugin-systemet) beregner Heureka sannsynligheten for at et tre er et framtidstre.

I MOTTI kan ungskogpleie utføres i bestand med dominerende høyde mellom 2-8 meter, hvor småplanter uten utviklingspotensial fjernes først. Deretter fjernes om nødvendig småplanter med utviklingspotensial inntil forhåndsdefinert tetthet (trær/ha) er oppfylt.

4.2.5 Vurdering av metodene for tiltaksanalyser skog

Simuleringsverktøyet SiTree med tilhørende jordmodell (Yasso07) og oppsett kan vedlikeholdes og oppdateres på en overkommelig måte. I noen grad vil dette være sammenfallende med framskrivningsmetodikk for nasjonale framskrivninger, og oppdatering i tråd med metodeforbedringer i det nasjonale klimagassregnskapet vil skje kontinuerlig. Denne metoden vil derfor kunne brukes i tråd med krav til internasjonal rapportering til UNFCCC og EU.

Metodene er relevante for analyser av utslipps- og opptakseffekter av poster på statsbudsjettet. De kan brukes til å analysere effekter av klimatiltak i skogbruket, av andre poster knyttet til aktivitet i skogbruket (for eksempel veibygging og kaianlegg, der det påvirker skogforvaltning), innretning og omfang på skogvern, med mer.

En utfordring knyttet til tiltaksanalyser for skogtiltak når den begrenses til arealbrukssektoren er at mulig nytteverdi i klimasammenheng av økt tømmer volum eller økt kvalitet på tømmeret (høyere sagtømmerandel) gjennom eventuell substitusjon vanligvis ikke inkluderes. Det er krevende å estimere substitusjonseffekter knyttet til erstatning av fossil intensive materialer da effekten er avhengig av de spesifikke materialene som erstattes, effekten de har på andre forhold og effektiviteten i hele verdikjeden. I Søgaard mfl. (2020b) ble det gjort noen svært enkle beregninger av en potensiell substitusjonseffekt basert på økt volumproduksjon og/eller høyere sagtømmerandel for noen tiltak. I Klima- og forurensningsdirektoratet (2011) ble det gjort noen beregninger og betraktninger rundt substitusjonseffekt blant annet knyttet til bioenergi.

Metodene beskrevet her har en annen tilnærming enn LCA-analyser, da rapporten fokuserer på tiltak rettet mot en sektor i det nasjonale klimagassregnskapet. Men i noen sammenhenger vil for eksempel en LCA analyse være en bedre tilnærming, for eksempel for å sammenlikne produkter.

En annen utfordring ved fokus på arealbrukssektoren alene er at utslippsreduksjoner i andre sektorer ikke inkluderes. Høsting av hogstrestre (GROT) og bruk av rester gjennom resten av verdikjeden (sagbruk, mv.) vil bioenergi og biokull kan gi utslippsreduksjoner i energisektoren dersom det erstatter andre energikilder. Likeledes vil bruk av tre i bygninger mv. kunne gi utslippsreduksjoner i andre sektorer, både dersom det reduserer produksjon av materialer med høyere klimaavtrykk som stål og betong, og dersom det gjennom sin lette vekt kan gi lavere utslipp fra transport. Nær sagt alt treavfall gjenvinnes i dag (ca. 90 %), og det er flere pågående prosjekter i både forskning og næring som fokuserer på gjenbruk (f.eks. [SirkTre](#) og [Forestias sirkulærsatsing](#)). Det er heller ikke tillatt å deponere biologisk nedbrytbart avfall som trevirke (Avfallsforskriften § 9-4). Noe som kanskje kan gjøre at bruk av tre medfører et lavere utslippsnivå i avfallssektoren i klimagassregnskapet.

4.2.5.1 Hvem har ansvar for utvikling og hvem bruker metodene

NIBIO er den mest sentrale aktøren for utvikling av metodikk knyttet til tiltaksanalyser for skog, og har utviklet og eier simuleringsverktøyet SiTree ([se kapittel 3.2.3](#)). Men også andre simuleringsverktøy, for eksempel GAYA utviklet av NMBU, er relevante. Men disse er ikke i samme grad koblet opp mot metodikken i det nasjonale klimagassregnskapet.

Det er NIBIO som har utført de fleste tiltaksanalysene for klimatilstand i skogbruket på nasjonalt nivå, primært på oppdrag fra Miljødirektoratet (Søgaard mfl. 2015a, Søgaard mfl. 2019a, Søgaard mfl. 2020a), men også på oppdrag fra KLD og LMD (for eksempel Søgaard mfl. 2020b).

Det har også vært gjennomført tiltaksanalyser som et samarbeid mellom Miljødirektoratet, Landbruksdirektoratet og NIBIO knyttet til planting av skog på nye arealer (Miljødirektoratet mfl. 2013), gjødsling (Miljødirektoratet mfl. 2014, Landbruksdirektoratet mfl. 2021) og vern (Miljødirektoratet mfl. 2016).

4.2.5.2 Forutsetninger

Et sentralt særtrekk ved sektoren, og i særdeleshet skog, er det lange tidsperspektivet. Tiltak som iverksettes nå, vil i de fleste tilfeller først ha signifikant effekt på lang sikt. Det har derfor vært vanlig å lage framskrivninger frem til 2100. Effekter kan hentes ut for alle tidspunkt i framskrivningen, slik at effekten kan kvantifiseres for eksempel både til 2030, 2050 og 2100. Det er større usikkerhet knyttet til estimatene jo lenger ut i framskrivningen en kommer.

Som beskrevet i kapitlet om framskrivninger er en sentral utfordring knyttet til kunnskap om de biologiske prosessene (for eksempel om effekter på jordkarbon av ulike tiltak) og effekter av klimaendringer på de komplekse økologiske sammenhengene. Det har vært sentralt i utviklingen av verktøy og metoder å stadig bedre kunne estimere disse effektene.

I hovedsak så legger ikke internasjonale regelverk rammer for metodene som brukes for nasjonale tiltaksanalyser. Unntaket kan være der Norge skal beskrive effekter av et økt tiltaksnivå til ESA eller FN (se [kapittel 3.4](#)). De metodene som benyttes er imidlertid i samsvar med rammene og kan tilpasses dette formatet.

4.2.6 Muligheter for videreutvikling

SiTree er et svært anvendelig verktøy, som kan kobles på ulike modeller og brukes for de fleste skogskjøstiltak, hogstscenarier, mv. Det er publisert en lang rekke studier for ulike formål (ikke bare klima), hvor verktøyet er brukt i analyser av ulike tiltak/skjøtsel-/hogstscenarier. Verktøyet er foreløpig ikke satt opp for å kombinere arealbruksendringer (til/fra skog) med analyser av skogbehandling i eksisterende skog. Det er en svakhet per i dag, da både avskoging og påskoging vil påvirke hvilke arealer som er tilgjengelig for skogtiltak fremover. En utvikling av metodikk for flatevis framskrivning av arealutvikling, som beskrevet i [kapittel 3.7.2](#), vil kunne løse dette.

En annen svakhet er at endret risiko for skogskader ikke er inkludert per i dag. Økt kunnskap, gjennom pågående og nye forskningsprosjekter, kan gi muligheter for å implementere dette i SiTree.

Som beskrevet for framskrivninger er det betydelige usikkerheter knyttet til forståelse av de biologiske prosessene, og klimaendringers påvirkning på disse. Sånt sett vil den viktigste metodeutviklingen være forskning og utvikling for å bedre kunnskapsgrunnlaget og forståelsen av effekter av ulike tiltak generelt. Dette vil da kunne implementeres i metodikkene. Det vil også være viktig å fremskaffe ny kunnskap om norske forhold. Her er det flere forskningsområder som vi bør være særlig viktige, men vi kan særlig trekke frem forståelse av hvordan skogøkosystemet vil fungere (for eksempel får vi økt vekst i trær, og inntil hvilke grenser?) og risikobilde for skogskader (økt risiko for tørkestress, skadegjørere, mv.).

En annen videreutvikling kan være å se nærmere på hvilke effekter tiltak i skog kan ha i de andre sektorene i klimagassregnskapet (ref. [kapittel 4.2.5](#)).

4.3 Tiltaksanalyser treprodukter

4.3.1 Beskrivelse av metoder

I det nasjonale klimagassregnskapet under FNs klimakonvensjon inkluderes i arealbrukssektoren også karbonbeholdning i treprodukter (*eng.* Harvested Wood Products, HWP) Analysene utføres av NIBIO. Rammene for metodikk er gitt av IPCC og Norge bruker produksjonstilnærmingen (Tier 2). Karbon i treprodukter fordeles på følgende tre kategorier i det nasjonale klimagassregnskapet: trelast, trebaserte plater samt papir- og kartongprodukter. Klimagassregnskapet for treprodukter inkluderer all nasjonal produksjon (til innenlands forbruk og eksport), mens importerte treprodukter ikke er inkludert. Datagrunnlaget hentes fra FAOSTAT for foregående år. Hogstvolum som eksporteres som tømmer eller som går inn i andre produktkategorier (for eksempel energi) inkluderes ikke. Tiltaksanalyser for treprodukter kan gjennomføre med samme metodikk som i de nasjonale framskrivningene.

Ulike skjøtselstiltak i skogbruket vil kunne påvirke ikke bare volumproduksjon, men også kvaliteten på virket. For eksempel vil stubbebehandling mot råte vil kunne gi lavere råteandel, og dermed mindre som nedklassifiseres (potensielt større andel til trelast). Både i ungskogpleien og i tynning kan det være mulig å ta ut trær med skader (toppbrekk, gankvist, krok, mv.), og dermed få færre trær som nedklassifiseres på grunn av slike skader i sluttavvirkningen. Mens tynning og gjødsling begge kan øke dimensjonene, og dermed øke andelen som når tilstrekkelige dimensjoner for trelast. Det er imidlertid ikke nok empiri til å kunne estimere virkningen av ulike enkelttiltak på en mulig fremtidig trelastandel. Det er også andre utenforliggende faktorer som kan påvirke dette, som hvilke krav som stilles til sagtømmer. Men effekter på treprodukter kan framskrives som en del av tiltaksanalysen, med samme tilnærming som i de nasjonale framskrivningene (historisk produktfordeling).

En kan også gjøre mer prinsipielle tilnærminger til hvordan økt andel trelast kan påvirke lagringen i treprodukter slik som de er definert i det nasjonale klimagassregnskapet. For eksempel i Søgaard mfl. (2020b) hvor det ble lagt til grunn to ulike tilnærminger:

1. hogstvolumet ligger fast slik det er i business-as-usual scenariet, men fordelingen mellom de ulike produktkategoriene endres. I dette eksemplet økte volumet med trelast med 10 eller 50 prosent hvert år i framskrivingsperioden, og volumet som gikk til papir- og kartingprodukter ble redusert tilsvarende
2. kun økt volumet med trelast med 10 prosent, 20 prosent eller 30 prosent og vise effekten versus business-as-usual for kategorien trelast.

Det er – slik vi vurderer det – usannsynlig med en økning på 50 prosent. Det er også lite sannsynlig at andelen av hogstvolumet som omsettes nasjonalt, samt volum som eksporteres og importeres, vil være uendret frem til 2100. Det er altså ikke et realistisk scenario, men for å illustrere hva som i prinsippet vil skje med karbonbeholdningen i treprodukter dersom andelen trelast økes.

I 2019 gikk 40 prosent av det nasjonale hogstvolumet inn i treprodukter i klimagassregnskapet (Alfredsen mfl. 2022). Denne andelen kan økes gjennom ulike virkemidler. Andelen er en faktor som lett kan justeres på som en tiltaksanalyse.

4.3.2 Beskrivelse av metoder som brukes i våre naboland (Sverige, Danmark og Finland)

I Högberg mfl. (2021), en rapport om bærekraftig boreal skogforvaltning – utfordringer og muligheter for å redusere klimaendringer fra International Boreal Forest Research Association (IBFRA) omtales treprodukter kun kort. Det poengteres at substitusjonsfordelene må bli lagt til skogøkosystemet og sporing av treprodukter for å vurdere de overordnede netto klimagassutslippene. Det er en

substansiell variasjon og usikkerhet i substitusjons fordelene (som noen hevder er overestimert, for eksempel Harmon mfl. 2019, Leturcq 2020), med et sterkt fokus på langlevde konstruksjonsprodukter og begrenset informasjon om andre produkter (for eksempel papir, tekstiler og biokjemikalier).

I Sverige brukte Petersson mfl. (2022) samme metodikk som i klimagassregnskapet for å framskrive treprodukter. Sverige bruker i klimagassregnskapet en Tier 3 basert på produksjonstilnærmingen og IPCC sine half-lives (Naturvårdsverket 2022). Fordi substitusjons faktorer er forbundet med usikkerhet modellerer de i framskrivningen scenarier med tre nivå av substitusjon, hvor 1 m³ avvirket stammevolum antas å resultere i 0,5, 1 og 1,5 tonn av sparte CO₂ utslipp.

I Finland (Kalliokoski mfl. 2020) var målet å analysere implikasjonene på strålingspådriv (*eng.* radiative forcing) av en økning eller reduksjon av avvirkning fra en gitt grunnlinje (baseline), i stedet for å sammenligne skogforvaltning med ingen forvaltning. For treprodukter estimerte de opprinnelig (initial) karbonlagring i treprodukter ved å simulere dynamikken av treprodukter med opprinnelig skogstruktur, tremasse (pulp)-stamme ratio og grunnlinje avvirkning fram til likevekt i lagring i treprodukter var nådd. Deretter simulerte de effektene av faktiske avvirknings scenarier på dynamikken av treprodukter ved å bruke likevekt av lagring i treprodukter som opprinnelig verdi. I realiteten er lagrene av treprodukter lang fra likevekt og ved å tilføre treprodukter med lang levetid til disse lagrene vil gi en høyere lagringseffekt enn antatt i denne modellen fordi det globale lageret av treprodukter fortsatt øker.

4.3.3 Vurdering av metoden for tiltaksanalyser treprodukter

Det er mange ulike mulige tiltak/virkemidler knyttet til økt opptak ved økt trebruk. Det er imidlertid vanskelig å vurdere effekten av disse på treprodukter med dagens metodikk. Hovedproblemene er: 1) at allokeringen mellom de tre produktkategoriene ikke gjenspeiler dagens, og fremtidens, forbruksmønster av treprodukter (men nasjonal produksjon i referanseperioden). 2) ref. scenarier i Søgaard mfl. (2020b) beskrevet over så vil effekten av skogforvaltningstiltak av ungskog ikke slå ut før mange tiår etter at praksisen er endret grunnet lang rotasjonstid på bestand.

Framskrivningene for treprodukter er basert på ulike hogstsimuleringer. Metoden for framskrivningene fanger per i dag ikke direkte opp eventuelle interaksjoner med resten av økonomien. De historiske dataene er en direkte respons på økonomiske trender, for eksempel utslaget av nedleggelse av papirfabrikker og resesjonen.

Metoden for framskrivning av treprodukter analyserer ikke direkte tiltak og virkemidler, men kan belyse effekter på mer overordnet nivå. For eksempel om politiske målsetninger om lavere eksportandel, høyere andel til trelast, etc. Styrken med metoden er at den er basert på metodikk i det nasjonale klimagassregnskapet til FN og brukt i referansebanen for skog under EUs regelverk (Klima- og miljødepartementet 2020).

I 2020 utgjorde årlig lagring i treprodukter 449 kt CO₂, noe som tilsvarer om lag 2% av netto opptaket i skog. For å sette dette i perspektiv, tilsvarer denne årlige lagringen fra treprodukter i 2020 ca. 1/4 av utslipp fra bensindrevne personbiler (Norskeutslipp.no, 2015), eller ca. 1/3 av utslipp til luft fra Mongstad raffineriet (Norskeutslipp.no, 2019). Lagringen av karbon i treprodukter er nevnt som et av tiltakene i IPCC sin sjette hovedrapport (IPCC, 2022), det står blant annet: «*The improved and expanded use of wood products sourced from sustainably managed forests also has potential through the allocation of harvested wood to longer-lived products, increasing recycling or material substitution*» og kapittel 7.4.5.3. i samme rapport tar for seg «Improved and enhanced use of wood products». Rapporten har fokus på allokering av treprodukter til langlevde produkter (øke produkters levetid), material substitusjon og økt gjenbruk.

Det historiske datagrunnlaget anses som godt fordi det er basert på det nasjonale klimagassregnskapet. Framskrivningene per i dag er basert på hogstdata fra SiTree modellen og det henvises derfor til beskrivelsen av SiTree i [kapittel 3.2.3](#) for mer detaljer om datagrunnlaget.

Alle tiltaksanalyser fra NIBIO knyttet til arealbrukssektoren er publiserte i åpne rapporter hvor metode er grundig beskrevet. Metodikken for tiltaksanalyser bygger på det nasjonale klimagassregnskapet som både er godt dokumentert og som jevnlig gjennomgår revisjonsprosesser fra FN. Metodikken som brukes i framskrivingene for treprodukter er i prinsippet den samme som for den framoverskuende referansebanen (Klima- og miljødepartementet 2020) og denne prosessen hadde en grundig revisjonsprosess fra EU.

Siden metoden for framskrivinger er basert på metodikken i det nasjonale klimagassregnskapet oppdateres det historiske tallgrunnlaget årlig. Om man beholder tilnærmingen vi så langt har brukt for framskrivinger er det relativt enkelt å justere med ulike modeller for referanseperioder og ulike framtidige hogstsenarioer. Om rammene for framskrivningen tillater det er det også mulig å endre allokeringen av hogst mellom produktkategoriene for bedre tilpasninger til det man forventer av endringer i forbruksmønster.

Metoden vil, ut fra den kunnskapen vi har per i dag om regelverket, kunne imøtekomme krav som kan følge av regelverksutviklingen i EU.

4.3.4 Muligheter for videreutvikling av metodikk for treprodukter

Dersom en Tier 3 metodikk utvikles for Norge basert på 2019 guidelines fra IPCC så er målet at den i større grad kunne fange opp tiltakseffekter på mer konkrete produkttyper, og ikke kun de mer overordnede tre kategoriene som i dag. Dagens metodikk vil i all hovedsak tilsvare Tier 1 i henhold til IPCC 2019 refinement mens en Tier 3 forutsetter at man har utviklet en nasjonal metodikk. Metodikken man eventuelt utvikler for en Tier 3 er avhengig av å ha mer detaljerte data for underkategoriene. Det finner man ikke i FAOSTAT. For å etablere en Tier 3 må derfor, blant annet, finne andre sikre datakilder hvis mulig. Det er verdt å merke seg at IPCC 2019 refinement sier: «*However, it should be noted that, as stated in the 2006 IPCC Guidelines, depending on the selected approach, it is “more difficult to develop Tier 3 methods”, especially in the case where the ‘production’ approach is selected “which requires data on the lifecycle of exported HWP for countries where most of its products are exported” (IPCC 2006)*». Mulige tilnærminger til en Tier 3 listet i IPCC 2019 refinement er gitt under, nærmere forklaring av Tier nivåer, approach og metoder er gitt i [kapittel 2.4](#).

Fluks data metoder for Tier 3 (eng. Flux data-based): I teorien kan andre funksjoner enn de beskrevet for Tier 1 i IPCC 2019 refinement bli brukt for fluks data metoder. Generelt kan aktivitetsdata bli etablert og kombinert med egnede levetidsdata for ulike vareklasser. Dette kan inkludere for eksempel statistikk for sluttprodukter. Men det må bemerkes at i mange tilfeller er slik informasjon kun tilgjengelig i en form som gjør det vanskelig å konvertere til karbon. Hvis landsspesifikke vareklasser som representerer karbon fluksen til karbonlageret av treprodukter ikke dekker alle relevante treproduktelelementer som reflekterer materialbruken av treprodukter er det god praksis å kombinere landsspesifikke metoder med andre egnede metoder. Vareklassene må være brede nok til å fange signifikante volum til lageret av treprodukter, som guide minst 5 % av totalt volum av treprodukter. For nasjonale utslippsfaktorer er det god praksis å sikre at nasjonal levetids og half-life informasjon sammenfaller med klassene brukt for aktivitetsdata. Det er viktig å merke seg at levetid og half-life data kan variere signifikant mellom og innen land, avhengig av faktorer som byggeskikk, kultur, trender og klima. Der man bruker landsspesifikk informasjon er det oppfordret til å etablere et nasjonalt kvalitetssikrings system for å sikre transparente og verifiserbare data. Potensielle kilder som kan brukes for å etablere landsspesifikke levetidsdata, for eksempel for kombinasjon med data for sluttprodukt, inkluderer for eksempel nasjonale undersøkelser om endelig markedsbruk av tre.

Direkte lagerbaserte metoder for Tier 3 (eng. Direct inventory-based): Denne type metoder bruker lageret av treprodukter for to, eller fortrinnsvis flere, separate punkter i tid for å estimere

endringer i lageret. I praksis er denne applikasjonen bare enkel å iverksette for estimering av karbonlager i rapporteringslandet. Den kan brukes til å estimere årlige endringer i karbonlager for noen spesifikke elementer av treproduktlageret slik som sluttprodukter og bruksområder (for eksempel trehus). Lageret av produkter brukt i bygningsstrukturer er ofte en stor del av det totale karbonlageret i treprodukter. Mengden av karbon i treprodukter kan estimeres, for eksempel ved å multiplisere gjennomsnittlig treprodukt innhold per kvadratmeter av gulvplass med det totale gulvarealet for den relevante bygningstypen i tre. Man må ta inn i beregningen når bygningen ble konstruert og endringer i trebruk per kvadratmeter over tid. For denne metodikken trenger man ikke å addere opp historiske trebruk data for å estimere eksisterende lager eller årlig endring i lager, noe som er en fordel sammenlignet med fluks metoder (IPCC 2006). Avhengig av hvilken tilnærming (*eng. approach*) man velger og tilgjengeligheten av aktivitetsdata (som er mer detaljert enn det man finner i FAOSTAT og Harmonized Commodity Description and Coding System (HS) of tariff nomenclature provided by the World Customs Organization (WCO)), vil det kunne være behov for å kombinere direkte lagerbasert informasjon med estimerer avledet fra fluks data metoder. Hvis estimatene følger produksjonstilnærmingen tillater ikke bruken av direkte lagerbaserte metoder identifisering av andelen av treproduktlageret som har opphav fra nasjonal hogst. Det er heller ikke mulig å estimere karbonlageret i eksportandelen av nasjonalt produserte treprodukter kun fra ved hjelp av denne undersøkelsen. Bruk av denne tilnærmingen krever videre at man ekskluderer import av treprodukter og dermed vil man øke usikkerheten. Siden det i praksis ikke er tilgjengelig data for alle sluttproduktene av treprodukter for det nasjonale markedet og eksportmarkedet som dekker de tre standardkategoriene trelast, trebaserte plater og papir- og kartongprodukter er det 'good practice' å bruke direkte lagerbasert metoder i kombinasjon med fluks data metoder. Man bruker altså en direkte lagerbasert metode for hus og fanger opp de resterende fraksjonene fra de tre standardkategoriene som representerer materialbruk av tre i kombinasjon med en fluks data metode. Eksempler på slike kombinerte 'direct inventory' og fluks data metoder er rapportert i Gjesdal mfl. (1996) for Norge, i Pingoud mfl. (2001) og i Statistics Finland (2010) for Finland, and National Institute for Environmental Studies (2018) for Japan.

Om Norge velger å bytte ut dagens metode (Tier 2, produksjonstilnærmingen, med standardverdier for half-life) med en form for Tier 3 i henhold til IPCC 2019 refinement så vil det trolig ikke gi store endringer i totalregnskapet, men det vil mest sannsynlig innebære en mer detaljert rapportering enn i dag. Det vil igjen gjøre at det man kan følge årlige endringer på et mer detaljert nivå enn per i dag.

4.4 Tiltaksanalyser andre arealbrukskategorier

Vi går her gjennom tiltaksanalyser knyttet til ulike typer arealbruk og arealbruksendringer i de øvrige arealbrukskategoriene. Generelt er disse mindre kilder enn skog (ref. [kapittel 2.3](#)), men det kan være betydelige utslipp dersom en allokere utslipp for eksempel fra alt areal som avskoges uavhengig av formål (og dermed arealbrukskategori) eller alt areal med drenert organisk jord (dyrket mark, beite, skog, myr og utbygde areal). Dette er ikke nødvendigvis en fullstendig oversikt og komplett analyse av tiltaksanalyser relevante for arealbrukssektoren, men det som har vært mulig innen rammen av oppdraget.

4.4.1 Utbygging av areal

Utbygging av grønne arealer gir et årlig utslipp på omtrent 2 millioner tonn CO₂ årlig (Meld St. 13 *Klimaplan for 2021–2030*). Samtidig gir nedbygging tap av naturmangfold og økosystemtjenester. For å kunne kutte arealbaserte utslipp fra utbygging må en redusere utbygging, slik at mindre nytt areal bygges ut. Dette kan skje gjennom redusert utbyggingstakt, eller mer smart og effektiv arealutbygging. I Meld St. 13 *Klimaplan for 2021–2030* foreslås blant annet å utnytte utbrukne industritomter og bygge utenfor karbonrike arealer som myr og skog.

Utslippene knyttet til arealbaserte utslipp fra utbygging er analysert i Søgaard mfl. (2021), basert på data og metodikk i det nasjonale klimagassregnskapet. Men det er ikke en tiltaksanalyse. Det har ikke vært mulig å finne særlig med tiltaksanalyser rundt å redusere klimaeffekter ved utbygging av areal. SSB har estimert hvordan utbyggingen i Norge vil være mellom 2019 og 2030, basert på utbyggingen som var mellom 2008 og 2019 (SSB 2020). Her ble det benyttet kartløsninger for å estimere utbyggingen. De har også beregnet klimaeffekten av nedbyggingen, og viser til et beregningsverktøy utviklet av Miljødirektoratet.

NINA har gjort en studie på oppdrag fra Kommunal- og distriktsdepartementet over hvor store arealer som er avsatt til fritidsbebyggelse i gjeldende arealplaner etter plan- og bygningsloven, men som ikke enda er bygget ut, dvs. «tomtereserven» (Blumentrath mfl. 2022). De estimerte den totale tomtereserven til å være 1 479 km² (et areal tilsvarende arealet av om lag 200 000 fotballbaner). De vurderte hvor tomtereserven er lokalisert i forhold til utvalgte miljø- og samfunnstema, men gjorde ingen analyse av mulig klimaeffekt.

4.4.2 Avskoging

Utslipp fra avskoging rapporteres som en egen aktivitet under Kyotoprotokollen, og utslippene har ligget på 2,6 – 3,1 mill. tonn CO₂-ekvivalenter årlig i årene 2013 – 2020 (tilsvarer om lag 6 % av utslippene i alle de andre sektorene i utslippsregnskapet til sammen). Arealet har i samme periode ligget på om lag 60 km² skog som hvert år har blitt omgjort til andre formål som boligareal, veier, mv., men også til dyrket mark og beite (Miljødirektoratet mfl. 2022).

NIBIO gjorde i 2017 en analyse av størrelse, årsaker til og reduksjonsmuligheter for avskoging i Norge (Breidenbach mfl. 2017). De peker på fire tiltak for å redusere avskoging og klimagassutslipp relatert til dette.

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

De peker på at analysen ikke fullstendig eller utfyllende, og at konsekvensene av konkrete tiltak må kartlegges i utdypende analyser. De peker også på at det er viktig å unngå karbonlekkasje (dvs. at mulige tiltak i Norge ikke fører til økt avskoging i utlandet).

I 2018 publiserte Miljødirektoratet en rapport hvor de peker på mulige tiltak og virkemidler for å redusere utslipp fra avskoging og hvordan disse kan påvirke andre interesser (Miljødirektoratet 2018a).

4.4.3 Torvuttak

Utslipp knyttet til høsting av torv rapporteres direkte i klimagassregnskapet, og er fordelt på arealbaserte utslipp (utslipp fra den drenerte myra der det er åpnet torvuttak) og utslipp knyttet til utslipp av CO₂ fra det volumet med torv som høstes årlig. Metodikken for dette er beskrevet detaljert i Søgaard mfl. (2017).

Et tiltak beskrevet i Klimakur2030 for å redusere utslipp kan være reduksjon eller stans i høsting av torv (Miljødirektoratet mfl. 2020). Utslipp fra torvproduksjonen rapporteres årlig i det nasjonale klimagassregnskapet, og metoden benyttet her kan benyttes som underlag for analyser av utslippsreduksjon ved en reduksjon eller stans i nasjonal produksjon av torv. Effekt av redusert uttak av torv til vekstmedier kan analyseres ved å beregne utslipp ved ulike nivå på produksjon/uttak. En svakhet er at det ikke er en god, offisiell statistikk for nasjonal produksjon av torv til vekstmedier. Tidsserien av aktivitetsdata tilbake til 2008 er basert på spørreundersøkelser sendt til produsenter i

næringen. Selv med relativt høy svarprosent (Søgaard mfl. 2017, Hobrak og Søgaard upublisert), så er data beheftet med en viss usikkerhet (drøftet i Søgaard mfl. 2017). Dette gir usikkerhet knyttet til å bruke eksisterende statistikk til å måle endringer.

En mulig utfordring ved denne tilnærmingen i en tiltaksanalyse er at den kun gir effekten i det norske utslippsregnskapet. Dersom redusert norsk produksjon fører til en høyere importandel av torv i produktene som selges, vil en kun ha forflyttet utslippene («karbonlekkasje»), samt potensielt kunne ha høyere utslipp knyttet til transport da det blir lenger avstand mellom produksjonssted og marked.

Dersom redusert nasjonal produksjon kommer som følge av at erstatningsprodukter kommer på markedet, vil utslipp fra produksjon av disse måtte tas inn i en tiltaksanalyse for å få et bedre bilde av utslippsreduksjonen. Det er gjort vurderinger av mulige erstatninger og konsekvenser av reduksjon i nasjonal produksjon. Brod og Haraldsen (2017) har sett på mulighetene for erstatningsprodukter i dyrkingsmedier og jordblandinger, og både sett på klima og miljøpåvirkningen og hvordan disse produktene egner seg som erstatningsprodukter.

Miljødirektoratet har vurdert konsekvensene av utfasing av torv i M-951 (Miljødirektoratet 2018b). De har gjort tiltaksanalyser av konsekvensene av en utfasing av torvuttak (de spesifiserer at de ikke har gjort noen virkemiddelanalyse, men heller trukket frem virkemidler der det er relevant). Her har de både sett på reduksjonen i utslipp, hva det vil ha å si for miljøet, men også hvilke økonomiske konsekvenser dette har for torvbransjen. De har i stor grad vist til andre rapporter som også er omtalt i denne rapporten. Konsekvenser for klimagassutslipp ved en utfasing har blitt vurdert ved å bruke retningslinjene fra IPCC (IPCC 2014b), sammen med informasjon om historisk utvikling av arealer til torvproduksjon og årlig høstevolum, dette er informasjon de har vedlagt i sin rapport.

4.4.4 Restaurering av myr

Både Klimakur 2030 og Klimameldingen (Meld St. 13. 2020-2021) nevner restaurering av myr som et tiltak.

Utslipp fra drenert organisk jord, det være seg skog, torvuttak, dyrket mark, beite, utbygd areal eller grøftet myr som ikke har endret arealbruk, rapporteres i det nasjonale klimagassregnskapet. Metodikken som benyttes er en Tier 1 metodikk, der arealet ganges med egne utslippsfaktorer for henholdsvis CO₂, CH₄ og N₂O. Det innebærer at alt drenert areal med organisk jord rapporteres for, og at det er relativt gode arealtall for dette på nasjonalt nivå. Med Tier 1 benyttes standardutslippsfaktorer fra retningslinjene (IPCC 2014b). Det er per i dag ikke datagrunnlag som er tilstrekkelig for nasjonale faktorer. Det er derfor betydelig usikkerhet knyttet til de faktiske utslippene fra de ulike arealene. Norge har foreløpig ikke implementert metodikk for restaurering i det nasjonale klimagassregnskapet, men det kan utredes om det er tilstrekkelig datagrunnlag og kunnskap basert på retningslinjene fra IPCC (kapittel 3 Rewetted Organic Soils i 2013 Wetland Supplement). En kan basert på dette gjøre nasjonale tiltaksanalyser av effekt på utslippsnivå av restaurering.

NIBIO har gjort en kunnskapssammenstilling om karbondynamikk i restaurerte myrer (Weldon mfl. 2016). Der framgår det at restaurering ved å plugge dreneringsgrøfter hever grunnvannstanden og at slike tiltak bidrar til en gunstig klimaeffekt. Likevel har vi lite kunnskap om kvantitative effekter på karbonbinding etter restaurering. Rapporten anbefaler at restaureringsprosjekter følges opp med langtidsovervåking av klimagassflukser og karbonbalanse, inkludert laterale flukser (DOC), for å vurdere resultatet av restaureringen. I mangel på studier fra boreale områder (her definert som regioner over 60°N) ble det også sett på studier fra tempererte soner.

I to rapporter har NIBIO (og tidligere Bioforsk) beskrevet restaureringen av en myr på Smøla. (Grønlund og Weldon 2013, Weldon og Grønlund 2016). Myra var drenert og tidligere brukt til dyrking, men har vært ute av drift i 35 år. De fulgte den restaurerte myra over flere år. De beskrev både utfordringene med å restaurere og hvordan CO₂ og CH₄-dynamikken ble. Ved en økt grunnvannstand påviste de en reduksjon i CO₂-utslipp.

For torvuttak er det særskilt beskrevet i jordlova §10 hva som skal skje etter at arealer brukt til torvuttak blir tatt ut av produksjon: *Når nokon tek ut myr til torvprodukt eller anna teknisk føremål, skal det alltid liggja att eit forsvarleg torv- eller jordlag. Myrarealet skal setjast i stand att ut frå omsynet til etterbruken av arealet til landbruksføremål og naturvern. Dersom ein bruksrettshavar til torvuttak meiner føresegnene fører med seg at retten hans vert minka urimeleg mykje, kan han leggje spørsmålet om endring i brukstilhøva fram for jordskifteretten, jf. Jordskiftelova § 3-8.* Øien mfl. (2017) sammenstilte en rapport basert på studier som undersøkte ulike etterbehandlinger av drenerte myrer etter torvproduksjon ble avsluttet, blant annet restaurere til myr, la den være slik den er eller bruke den til dyrking. På grunn av begrenset kunnskap fra norske studier, er det supplert med studier fra Europa og boreale deler av Nord-Amerika. De bedømte effekten på en rekke faktorer slik som naturmangfold, næringsomsetning og klimaregulering. En restaurering ga den mest positive effekten, mens både å la den være slik den er og dyrke den hadde en rekke negative konsekvenser, og begge hadde negative konsekvenser for klimareguleringen.

4.4.5 Vannkraft

Produksjon av vannkraft innebærer arealbasert utslipp. Dette kan rapporteres i det nasjonale klimagassregnskapet under arealbrukssektoren, men er ikke obligatorisk og ikke inkludert i det nasjonale klimagassregnskapet for Norge per i dag. Det er foreslått ny metodikk i 2019 Refinement (IPCC 2019), og det er pågående prosess med å se nærmere på dette. Ved utvikling av en slik nasjonal metodikk kan den benyttes i tiltaksanalyser også.

Arealbaserte utslipp inngår ikke som en «standard» del av verken konsekvensutredning (KU) for ny vannkraft eller ved revisjon av konsesjonsvilkår. I og med at det er arealbaserte utslipp knyttet til slike tiltak, så kan det være naturlig å se nærmere på om det burde inkluderes, og med hvilken metode.

Internasjonalt er det banker og låneinstitusjoner som krever analyser av klimagassutslipp inkludert arealutslipp. Standardverdier har blitt benyttet, men også G-res tool. En del energiselskap ønsker også å dokumentere sine utslipp og bruker da G-res tool selv, eller ved hjelp av konsulenter. Verktøyet er relativt enkelt å bruke, men det viktige er å ha gode inngangsdata (som i alle andre modeller). Dette er en begrensning for bruk på nasjonalt nivå i Norge i dag. G-res tool er en empirisk modell som brukes til å estimere karbonutslippet av vannmagasiner over en 100 års periode, den er nærmere beskrevet i Prairie mfl. (2021). SINTEF Energi har på oppdrag fra Miljødirektoratet skrevet et notat hvor de beskriver hvor stort areal i Norge er oversvømt og foreslått en tilnærming for hvordan klimagassutslipp fra dette arealet kan beregnes (Harby og Carolli 2022). Samtidig har de gjort en tentativ beregning av klimagassutslipp på et utvalg av magasiner i Norge. De har fulgt IPCC sine retningslinjer, og benyttet seg av G-res tool for å gjøre beregninger. De har beregnet et første overslag, men erkjenner at dette er noe som jobbes videre med. De peker på at det viktigste som kan gjøres for å få bedre og sikrere data er å utføre flere målinger fra magasiner, for å få et helhetlig bilde av Norge, og kunne verifisere beregningene fra G-res tool. De har også foreslått en metode ved bruk av bilder fra norgebilder.no og satellitter, for å kartlegge det oversvømte landet i Norge.

Det er utfordringer knyttet både til gode aktivitetsdata og nasjonale utslippstall, og det må også arbeides med forutsetninger som skal legges til grunn. Det arbeides med dette innenfor det nasjonale systemet for klimagassregnskapet (*eng.* National Inventory System), ledet av Miljødirektoratet. Dette vil sikre en metodikk som er gjenstand for ekstern revisjon (av FNs revisjonsteam), og som er i tråd med internasjonalt regelverk.

4.4.6 Nydyrking av myr

Nydyrking fører til et umiddelbart utslipp som er særlig høyt når det dyrkes opp skog (tap av karbon lagret i levende biomasse, død ved og strø), uavhengig av om det er på mineraljord eller organisk jord. Er det i tillegg organisk jord (åpen, tresatt eller skogkledd myr) som dyrkes opp vil drenering av jorda

gi årlige utslipp. I det nasjonale klimagassregnskapet rapporteres årlig utslipp av CO₂, lystgass (N₂O) og metan (CH₄) fra drenert organisk jord (N₂O i jordbrukssektoren). Utslipp herfra er ikke bare umiddelbare utslipp ved dreneringen, men pågående utslipp i år etter år. Stans i nydyrking av myr vil derfor hindre en økning i utslipp fra drenert organisk jord.

I Bárcena mfl. (2016) ble alternative dyrkningsmetoder for å redusere utslippene fra dyrket organisk jord beskrevet. I tillegg vurderte de behovet for nydyrking på organisk jord frem mot 2030, og så på ulike scenarier som kan påvirke behovet for nydyrking. Disse går ut på forskjellige scenarier ved endring i produksjon av melkekyr, med og uten økt melkeytelse, med ev. kompensasjon fra økt produksjon av svin og fjærfe. Det legges også til grunn framskrivninger fra SSB for befolkningsvekst. Selvforsyningsgrad, forbruk av kjøtt og import av kraftfor blant annet er antatt uendret. Ved bruk av DMK og AR5 estimerte de den potensielle dyrkbare organiske jorda, og hvor mye av denne som befinner seg i vernede områder.

4.4.7 Øke karbonlagring i dyrket mineraljord

I Meld St. 13 *Klimaplan for 2021–2030* nevnes det at øking av karbonlagring i skog, landbruksarealer og andre grønne arealer er viktige tiltak for å nå klimamålene frem mot 2030 og de langsiktige klimamålene.

I rapporten fra Teknisk beregningsutval for klimagassutslipp i jordbruket (TBU jordbruk 2019) blir det nevnt at det er identifisert flere tiltak som kan øke karbonlagringen. Det anerkjennes at det er et behov for å øke kunnskapsgrunnlaget og utvikle nye metodikker til klimagassregnskapet og at dette må anses som et langsiktig arbeid.

I Stortingets behandling av Meld St. 13 (2020–2021) trekkes det frem at «*Det bør stimuleres til økt bruk av fangvekster, kompost og biokull til karbonlagring i matjord og bedre utnyttelse av beiteressurser. Det er gode naturbaserte klimatiltak.*». Det påpekes også at biokull er langt dyrere enn det som kom frem i Klimakur 2030.

Rasse mfl. 2019 har kartlagt og analysert en rekke tiltak som kan benyttes til å øke karbonlagringen i jord. Hvert tiltak er omtalt i et eget kapittel skrevet av ulike forfattere, som har kompetanse på det aktuelle fagfeltet. Den er en sammenstilling av litteratur av studier om de forskjellige tiltakene, med en oppsummering av forskningsbehov i slutten av kapitlene. Her har de sett på hvor stort potensialet for tiltakene er, hvor sikre dataene som finnes for tiltakene er, hvor moden teknologien for å innføre tiltakene er og hvor anvendelig det er å ta i bruk for bonden. Oversikt over aktuelle tiltak, og oppsummering av analyse av potensial, sannsynlighet/risiko, modenhetsgrad teknologi og gjennomførbarhet fra rapporten er vist i Figur 8.

Oppsummering av tiltakene (Tabell 01)

Metode	Karbonbindingspotensial (hvor mye hvis implementert)	Sikkerhet for effekt (sannsynlighet)	Modenhetsgrad (teknologi tilgjengelig)	Gjennomførbarhet for bønder (aksept)
Bruk av organiske ressurser	Middels (mesteparten brukes i dag på en fornuftig måte)	Middels (avhengig av bl.a. jordegenskaper og alternativ bruk)	Høy	Middels (avhengig av tilgjengelighet og økonomi)
Endret jordarbeidingspraksis	Lavt (norske forsøk uten pløying viser ingen økning i C-lagring etter 20-40 år)	Middels (ganske sikkert at effekten er begrenset)	Høy	Høy
Forvaltning av utmarksbeite	Høyt (pga stort areal)	Lav (ikke nok data)	Lav (metoder er ikke på plass og ikke kvantifisert)	Middels
Forbedret drift av eng	Middels	Lav (effekt ikke påvist i Norge)	Høy	Høy
Dekkvekster (fangvekster)	Høyt (0,21 Mt CO ₂ per år hvis brukt på 60 % av kornarealet)	Middels-Høy (trenger bedre tall for Norge)	Høy	Høy
Sopparter og meitemark	Middels (viktige aktører i karbonsyklus, C bindes av andre input)	Lav	Lav	Middels (ukjent, avhengig av fremtidige metoder)
Større rotsystemer	Høyt	Lav (nesten ingen data internasjonalt / i Norge)	Lav	Høy (lett å prøve nye arter/sorter)
Biokull	Høyt (0,90 Mt CO ₂ -ekv per år)	Middels (høy for karbonlagring, men effekt av alternativ bruk av råstoff er vanskelig å beregne)	Middels (en krevende satsing, men teknologi finnes)	Middels (høy hvis det brukes som granulert biokullgjødsel)
Omgraving av dyrket myrjord	Lavt (gjelder et begrenset areal, kan være aktuelt i flere landsdeler)	Middels-Lav (ingen pålitelige data ennå)	Høy (metode finnes)	Middels (hvis kostnad ikke blir en begrensning)
Regenerativt Landbruk	Middels (effekten allerede beregnet i fangvekster, biokull, ... men kunne være høy for helhetlig beitplanlegging)	Lav (ingen pålitelige data ennå)	Middels (praktiseres allerede av noen motiverte bønder)	Middels-Lav (krever nye driftsformer)

Figur 8. Oversikt over aktuelle tiltak, og oppsummering av analyse av potensial, sannsynlighet/risiko, modenhetsgrad teknologi og gjennomførbarhet (fra Rasse mfl. 2019).

4.4.8 Vurdering av metoder benyttet i andre arealbrukskategorier enn skog

Rapportene vi har funnet benytter seg i stor grad av en sammenstilling av litteratur, og ikke egne undersøkelser eller kvantitative analyser. Det er usikkert i hvor stor grad relevante tiltak og virkemidler fanges opp. Eventuelle interaksjoner med resten av økonomien er stort sett ikke fanget opp.

Metodene være relevante for analyser av utslipps- og opptakseffekter av poster på statsbudsjettet, og benyttes for eksempel inn i grunnlag for jordbruksforhandlingene.

Datagrunnlag er generelt en betydelig svakhet. For eksempel lite kunnskap knyttet til landbasert utslipp fra vannkraft. Det er også begrenset empiri bak effekter av flere tiltak for å øke karbonlagringen i jordbruksjord (mineraljord). Og for organisk jord (torvproduksjon, nydyrking) er det stort sett basert på Tier 1, det vil si at det ikke er nasjonale tall for utslippsberegning.

Metodene som ligger til grunn er i ulik grad dokumentert, og det er ikke alltid like enkelt å få oversikt over antakelser, modellinnretning og parametere. Det er også ulike tilnærminger. Det er generelt behov for metodeutvikling for mange av områdene (mer enn et spørsmål om vedlikeholdelse og oppdatering).

Ikke alle metoder følger metoder benyttet i det nasjonale klimagassregnskapet, og det vil således kunne være vanskelig å bruke dem for tiltaksanalyse knyttet opp mot EUs LULUCF regelverk og andre virkemidler, eller sammenlikne med de nasjonale framskrivningene.

Som for alle tiltak som påvirker arealbruk, så vil de ha effekter på andre økosystemtjenester enn klima. Tiltakene vil enten påvirke funksjonen i økosystemet (for eksempel gjennom å påvirke karbondynamikken i jordbruksjord), endre funksjonen gjennom arealbruksendring (for eksempel anleggelse av nye torvuttak), eller ved at økosystemet fjernes når skog eller andre grønne arealer nedbygges. Dette vil påvirke naturtjenester som naturmangfold, vannmiljø, samfunnssikkerhet, mv. Samtidig vil tiltakene også ha næringsøkonomisk og samfunnsøkonomisk betydning.

Denne helheten er som regel ikke belyst.

5 Virkemiddelanalyser

Virkemiddelanalyser skal vurdere klimapolitiske virkemidler som har til hensikt å redusere klimagassutslipp gjennom å påvirke aktørenes atferd (TBU klima 2019). TBU klima (2019) sorterer virkemidler i ulike kategorier ut fra egenskaper ved virkemidlene, økonomiske virkemidler, direkte reguleringer og andre virkemidler.

Økonomiske virkemidler. Økonomiske virkemidler i klimapolitikken omfatter avgifter, subsidier og omsettbare kvoter. Klimaavgiften på drivstoff er den meste relevante avgiften, og avgift på nedbygging av karbonrike arealer er diskutert.¹³ Tilskudd til klimatiltak i skogbruket er eksempler på subsidier.

Direkte reguleringer. Reguleringer deles i forbud og påbud. Innføring av forbud mot nydyrking av myr er et eksempel på klimamotivert virkemiddel. For skog er det ikke innført lovreguleringer direkte rettet mot klima. Likevel er det flere lovreguleringer som skal ivareta det biologiske mangfoldet som også har betydning for utslipp av klimagasser, som forbud mot nygrøfting av myr for skogproduksjon og foryngelsesplikt etter hogst.

Andre virkemidler. Her inngår blant annet offentlige anskaffelser, informasjon og frivillige avtaler. Eksempel er offentlige anskaffelser som kan påvirke valg av tre som bygningsmateriale. Klimaavtalen i jordbruket og Miljøsertifisering i skogbruket (**PEFC**) er et eksempel på frivillige avtaler med intensjoner om mer langsiktige tilpasninger til lavere utslipp.

Oppsummert er det relativt få klimapolitiske virkemidler som har til hensikt å øke opptak eller redusere klimagassutslipp i arealbrukssektoren, og virkningene er i begrenset grad analysert. I denne gjennomgangen utvider vi derfor virkemiddelomtalen til å inkludere **virkemidler rettet mot andre målsettinger enn klima, som vil påvirke utslippene av klimagasser** innenfor skog og treprodukter, jordbruk og torvproduksjon.

5.1 Virkemiddelanalyser skog

Lovverket, først og fremst med Skogloven, Naturmangfoldloven, Forurensningsloven, og tilhørende forskrifter gir rammene for skogeiere. Videre ytes forskjellige tilskudd og bidrag gjennom ordningen «nærings- og miljøtiltak i skogbruket». Skogfond er en lovpålagt fondsavsetning, som skal sikre at skogeier har midler til å finansiere investeringer i egen skog. Ordningen pålegger skogeier å plassere deler av bruttoverdien fra salg av tømmer på en egen konto. Midlene følger eiendommen, og administreres av skogbruksmyndighetene. Midlene er forbeholdt investeringer i skogtiltak på eiendommen for å sikre oppbygging av ressurser og verdier for framtiden. Ordningen er en basis i virkemiddelsystemet i skogbruket og inneholder mye informasjon som kan danne grunnlaget for både tiltaks- og virkemiddelanalyser.

Analysen av rene klimapolitiske virkemidler i skogsektoren er svært begrenset. NFSM (The Nordic Forest Sector Model) er brukt i noen tiltaks- og virkemiddelanalyser (Mustapha 2016, TBU Klima 2020). Det er også simuleringsverktøyet SiTree (Antón-Fernández og Astrup 2022). Begge modellene er beskrevet tidligere i rapporten. De fleste skogsektormodeller av denne typen fokuserer enten på

¹³ <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/fagmeldinger/2022/juni-2022/vurdering-av-virkemidler-for-a-hindre-nedbygging-av-myr/>

tilvekst og skjøtsel i skog, altså på skogbruksdelen av sektoren, eller på industrien og allokeringen av råvarer til ulike produkter.

Et arbeid ble tidligere gjort for å gjøre modellverktøyet mer egnet for analyser av klimaeffekter gjennom etableringen av modellen NorFor. NorFor var en skogsektormodell som ble utviklet for prognoser både for hele skogsektoren og for individuelle deler. Videre var hensikten at den skulle brukes til å estimere effekter av endringer i politiske/økonomiske faktorer og til interaksjoner og avhengighet mellom ulike deler av sektoren; samt å følge karbonstrømmene i sektoren, fra trær i vekst via avvirkning, transport og prosessering, til konsum, substitusjon og forbrenning Sjølie mfl. (2011).

5.2 Virkemiddelanalyser treprodukter

Treprodukter (*eng.* Harvested Wood Products, HWP) i arealbrukssektoren inkluderer tre produktkategorier: trelast, trebaserte plater og papir- og kartongprodukter. Videre deles produksjonen inn i nasjonalt forbruk og eksport. Import av treprodukter i de tre produktkategoriene, foredlet i andre land, er ikke inkludert i det nasjonale klimagassregnskapet.

Virkemidler som øker nasjonal foredling inn i én av de tre produktkategoriene kan øke karbonlagringen gjennom å gi økt avvirkning som foredles nasjonalt, eller gjennom å «hente hjem» en del av eksportvolumet av tømmer og foredle det nasjonalt.

Virkemidler kan være knyttet til å øke konkurransekraften for norsk industri gjennom for eksempel å videreutvikle effektive logistikk-kjeder for tømmer og flis som favoriserer norsk prosessindustri (Prosess21 Biobasert Prosessindustri 2021), og arbeide for mer effektiv produksjon, kompetanse og spesialisering, og utvikling av nisjemarkeder med utgangspunkt i tradisjonell treforedlingsindustri (Prosess21 Hovedrapport 2021).

Virkemidler kan også være knyttet til å øke etterspørselen, for eksempel gjennom økt bruk av tre i bygg. Dette har vært i fokus i flere meldinger og strategier¹⁴. I utredningsarbeidet for Klima- og Miljødepartementet utførte Selvig mfl. (2020) blant annet en omfattende intervjuundersøkelse der personer innenfor ulike aktørgrupper i byggenæringen ble intervjuet om barrierer og muligheter for bruk av lavutslippsmaterialer (inkl. trematerialer). De drøfter både barrierer og hindringer samt tiltak og virkemidler som kan øke bruken av løsninger og materialer med lave utslipp (inkl. trematerialer). Studien analyserer imidlertid ikke tiltakskostnader eller klimaeffekter i klimagassregnskapet.

Gjennomgående mangler det informasjon i strategier, stortingsmeldinger, mv. for å direkte se på effekten av kostnader og virkninger på utslipp/opptak. Gjennomgangstema er formålene om økt bruk av treprodukter, økte levetider på treprodukter og økt gjenbruk. Rapporten fra IPCC sin sjette hovedrapport arbeidsgruppe III (IPCC, 2022) sier blant annet følgende «*The improved and expanded use of wood products sourced from sustainably managed forests also has potential through the allocation of harvested wood to longer-lived products, increasing recycling or material substitution*». Effektiv oppnåelse av større volum av treprodukter med økt levetid samt gjenbruk av treprodukter vil kunne redusere den årlige etterspørselen (og dermed produksjonen) av nye treprodukter. Dette vil føre til lavere tilførsel av treprodukter inn i karbonbeholdningen som rapporteres i klimagassregnskapet. Det er mulig å øke alle tre formålene, men da må man utvide trebruken i forhold til dagens praksis. Dette er diskutert i mer detalj i Selvig mfl. (2020).

¹⁴ F.eks. Meld. St. 41 (2016-2017) Klimastrategi for 2030, og Den nasjonale strategien for bioøkonomi "Kjente ressurser – uante muligheter".

Det er beskrevet flere klimamotiverte virkemidler som kan innvirke på treprodukter i klimagassregnskapet (om enn indirekte). Vi har imidlertid ikke funnet virkemiddelanalyser som ser direkte på effekter på karbonlagring i treprodukter i det nasjonale klimagassregnskapet. Søgaard mfl. (2020b) har en mer prinsipiell tilnærming til hvordan økt andel trelast kan påvirke lagringen i treprodukter etter klimagassregnskapets definisjoner, basert på metodikken i det nasjonale klimagassregnskapet, se nærmere beskrivelse tidligere i denne rapporten. Denne vil kunne si noe om mulige effekter på klimagassregnskapet, men er ikke egnet som grunnlag for beregning av tiltakskostnader.

5.3 Virkemiddelanalyser jordbruk

De partielle likevektsmodellene Jordmod og CAPRI (Common Agricultural Policy Regional Impact Analysis) er utviklet for kunne analysere virkninger av politikkendringer på jordbruksområdet i hhv Norge og EU. Begge kan benyttes til å analysere utslippsvirkninger i jordbruket av ulike virkemidler.

CAPRI er nærmere beskrevet i andre rapport fra Teknisk beregningsutvalg for klima (TBU Klima 2020) og i Mittenzwei (2018). Modellen skiller mellom seks arealtyper: skog, ettårige vekster på dyrket mark, flerårige vekster på dyrket mark, beitemark, utbygd areal (*eng. settlements*) og annet areal (som inkluderer uproduktiv beitemark og annet areal som eller ikke tilhører noen av de andre arealtypene). Det er p.t. uklart hvorvidt arealtypene som brukes i CAPRI er konsistente med definisjonen i de respektive nasjonale klimagassregnskapene. Det vil være av betydning siden framskrivninger og analyser generelt er veldig sterkt koblet mot definisjoner i det nasjonale klimagassregnskapet.

Den regionale oppløsningen i CAPRI er på NUTS 2-nivå som innebærer seks regioner i Norge (Oslo og Viken, Innlandet, Agder og Sør-Østlandet, Vestland, Trøndelag og Nord-Norge). CAPRI er en generisk modell som innebærer at all modellutvikling som gjøres for én region blir automatisk tilgjengelig for alle andre regioner. Norge er sidestilt EU i CAPRI, og all modellutvikling som gjøres for EU, gjelder dermed også Norge. Utfordringen er å validere kvaliteten av dataene som gjelder Norge og om metoden som ble valgt for EU kan overføres til norske forhold. Modellen er p.t. under utvikling, blant annet videreutvikles og forbedres parametriseringen av adferdsligningene mellom de seks arealtypene innenfor EcAMPA IV. Det er uklart om det er godt samsvar, eller samsvar i det hele tatt, med definisjonene i det nasjonale klimagassregnskapet, og dermed i hvor stor grad resultater er overførbare.

I et prosjekt ledet av Landbruksdirektoratet har det blitt gjort et forsøk på å vurdere klimaeffekten av jordbruksoppkjøret (Landbruksdirektoratet mfl. 2022). De vurderte ulike eksisterende modeller og rapporteringssystemer, blant annet CAPRI, og vurderte det slik at det per dags dato ikke er noen modeller som klarer å fange opp klimaeffekten av jordbruksoppkjøret.

I et annet prosjekt Landbruksdirektoratet og Miljødirektoratet (2018) ble forskjellige støtteordninger i landbruket gjennomgått. Selv om få ordninger er spesifikt ment som klimatiltak, har flere ordninger positiv effekt på utslipp og opptak av klimagasser. Her gis en oversikt over aktuelle klimatiltak, og hvilke støtteordninger som kan bidra til en reduksjon av utslipp av klimagasser og en økning i CO₂ opptak.

Det er gjennomført flere studier for å anslå konsekvensene av et forbud mot nydyrking av myr. Farstad mfl. (2020) vurderte virkningen av et forbud mot nydyrking av myr på bakgrunn av høringssvar (fra 2017) og intervjuer (fra 2020) fra aktører som har interesse eller blir påvirket av et forbud, og hvordan aktørene stilte seg til et forbud (positivt eller negativt) og hvorfor. Videre analyserte Farstad mfl. (2020) hvordan et forbud vil påvirke potensialet for matproduksjon økonomien til jordbruksbedrifter, og klimaeffekten av et forbud. Datagrunnlaget for potensiell matproduksjon baserer seg på tall fra landbruksdirektoratets database og SSB. Utslippsberegningene er basert på ulike dyrkingsmåter, forutsetninger om hvor store arealer som får dispensasjon og torvdybde mm.

Bárcena mfl. (2016) vurderte både et generelt forbud og et forbud på dyrking av djup myr, og hvordan dette ville påvirke kommunene. Ved hjelp av 3 kriterier ble kommuner som blir påvirket av et slik forbud kartlagt, både de som vil påvirkes av et generelt forbud og et forbud på djup myrer. I rapporten har også de økonomiske konsekvensene av et forbud blitt beskrevet. En svakhet ved både Bárcena mfl. (2016) og Farstad mfl. (2020) er at de ikke inkluderer utslipp av metan (CH₄). Nydyrking klassifiseres ofte også som alle arealer som er endra til fulldyrket eller overflatedyrket jord (f.eks. Bárcena mfl. 2016, NIBIO 2017), mens i det nasjonale klimagassregnskapet er kun fulldyrket areal inkludert som dyrket mark. Tilnærmingen er dermed ikke fullt ut i tråd med metodikken i det nasjonale klimagassregnskapet.

Klimakur 2030 (Miljødirektoratet mfl. 2020) estimerte også virkingen av et forbud mot nydyrking av myr mellom 2021 og 2030, basert på framskrivninger i arealbrukssektoren (dvs. i tråd med metodikk i det nasjonale klimagassregnskapet).

5.4 Virkemidler mot utslipp fra utbygging

Klimagassutslipp ved veibygging og annen utbygging av arealer har økende fokus, og en avgift på arealer som gjenspeiler klimakostnadene er under vurdering. Miljødirektoratet har fått i oppdrag av Klima- og miljødepartementet å vurdere grunnlaget for å innføre en arealavgift (Miljødirektoratet, 2021). Det har blitt vurdert hvordan en slik avgift skal bli utformet, slik at den treffer på riktig måte og bidrar til å hindre utbygging på karbonrike arealer. Men det er ikke gjennomført konkrete analyser av tiltakskostnader og effekten innføring av virkemiddelet vil ha på opptak og utslipp i arealbrukssektoren.

I juni 2022 leverte Miljødirektoratet et faglig grunnlag med mulige virkemidler for å hindre eller redusere nedbygging av myr, inkludert beskrivelser av konsekvenser av tiltak. (Miljødirektoratet 2022a). Metodikken som ligger til grunn i det nasjonale klimagassregnskapet er lagt til grunn i vurderingene av klimagassutslipp.

5.5 Virkemiddelanalyser torvproduksjon

Klimagassutslipp ved torvproduksjon er faller inn under samme kategori utslipp fra arealbruk, men utslippsintensiteten er særlig høy ved uttak av torv. Forbud kan være mer aktuelt som virkemiddel når utslippskostnadene er tilstrekkelig høye.

Virkemidler er drøftet i Miljødirektoratets rapport med utredning av konsekvensene for utfasing av uttak og bruk av torv i 2018 (Miljødirektoratet 2018b) og i Meld. St. 13 2021 Klimaplan 202091-2030.

Aktuelle virkemidler omfatter:

Økonomiske virkemidler: Avgift på utslipp av klimagasser fra uttak av torv, avgifter på torvprodukter, tilskudd på alternativer

Direkte reguleringer: Forbud mot torvuttak eller omsetning av torvprodukter

Andre virkemidler: Endre kravet til merkingen av torvprodukter, informasjonskampanjer mot forbrukere

I tillegg forslås å arbeide med å fremme overgangen fra torvbaserte til torvfrie produkter (uten nærmere spesifiserte virkemidler).

Miljødirektoratet (2018b) beskrev også hvordan dagens lovverk regulerer torvuttak og hvilken hjemmel det er i lovverket til å innføre forskrifter som regulerer torvuttak, her under Plan- og bygningsloven, Naturmangfoldloven, Jordloven og Forurensingsloven.

I september 2022 leverte Miljødirektoratet en vurdering av virkemidler for å hindre åpning av nye torvuttak (Miljødirektoratet 2022b). Metodikken som ligger til grunn i det nasjonale

klimagassregnskapet er lagt til grunn i vurderingene av klimagassutslipp knyttet til uttak og bruk av torv, men vurderinger av effekter av de ulike virkemidlene ser ut til å primært være kvalitative vurderinger.

5.6 European Green Deal og norske virkemidler

Europas grønne giv som ble lansert i desember 2019, og i tiden etter fulgt opp med en rekke politiske initiativ, vil være førende for utviklingen av virkemidler av betydning for skog og arealbruk også i Norge. Dette berører Fornybardirektivet, som blant annet inkluderer bærekraftskriterier for biomasse til energi og andre rammer for utnyttelse av biomasse for energiformål. Videre er det ventet forslag til regelverk for sertifisering av karbonopptak, forslag til regelverk for skogregistreringer og strategiske planer, regelverk for avskogingsfrie verdikjeder m.m. De politiske initiativene vil ventelig påvirke rammene for norsk skog- og arealpolitikk EØS-avtalen og bilaterale avtaler. Videre får det kunne få betydning for studier av virkemidler og tiltak.

Det er inngått flere bilaterale avtaler mellom Norge og EU av betydning for arealbrukssektoren. Av særlig betydning avtalen om felles oppfølging av Paris-avtalens forpliktelser.

Forslag til nytt klimaregelverk som ble fremmet i Klar for 55 øker ambisjonene for arealsektorens bidrag til de overordnede klimamålene. Den politiske enigheten som nå er inngått mellom ministerrådet og Europaparlamentet innebærer at ambisjonene i forslaget i hovedsak beholdes. Foreløpige vurderinger (for eksempel Farstad mfl. 2021) viser at dette kan ha signifikante implikasjoner for utnyttelsen av skogressursene i Norge dersom Norge fortsetter det bilaterale samarbeidet med EU på området.

Stortinget ga sin tilslutning til rammeverket for bærekraftig investeringer (taksonomien) i desember 2021. Regelverket blir ventelig inkludert i EØS avtalen høsten 2022. Rammeverket for bærekraftige investeringer hjemler flere kriterier for vurdering av bærekraft i ulike sektorer. Skog er inkludert i første sett av kriterier for klima. Jordbruk vil følge i neste runde og kriterier for miljømål utover klima vil også presenteres med det første. Rammeverket gjelder finanssektor og større virksomheter, men ambisjonene er å utvide dette til mindre virksomheter over tid. Videre observerer vi at kriteriene for bærekraft tas opp i annet rammeverk og inkluderes i markedskrav.

5.7 Samlet oppsummering og vurdering virkemiddelanalyser

Det er relativt få helhetlige virkemiddelanalyser i arealbrukssektoren med formål å vurdere klimaeffektene av tiltak og virkemidler. Dette bekreftes også i intervjuer med forvaltningen som er gjort i et arbeid for TBU klima (Menon og Cicero 2022).

Ovenfor er det omtalt forhold av betydning for spesifikke områder og arealdisposisjoner av betydning for klimapolitikken. Sammenhengene er enda mer komplekse for brede virkemidler av betydning for flere sektorer. Det er spesielt tilfelle for regelverk som følger av EUs grønne giv, men også for nasjonal politikutvikling. Klimaplanen (2020–2021) inkluderer virkemiddelvurderinger, men er blitt kritisert for i mindre grad å ta inn over seg overlapp i virkemiddelbruken og dermed mulige motvirkende effekter av virkemidlene (Fæhn og Kaushal 2021). Utvidet virkemiddelbruk med økt fokus på flere opptak og utslipp fra arealbruksendringer vil derfor øke behovet for virkemiddelanalyser.

Ordliste

Noen begreper brukt i rapporten med engelsk begrep og forklaring/definisjon.

Begrep	Engelsk	Forklaring
Aktivitetsdata	Activity data	Data for en aktivitet, som landareal, mengde N-gjødsel tilført, etc. Multipliseres med en utslippsfaktor for å beregne utslipp.
Approach	Approach	Angir den metodiske kompleksiteten for (areal)beregningene. Approach 1 er enkleste tilnærming, Approach 3 den mest avanserte.
Arealbrukssektoren	Land Use, Land-Use Change and Forestry	Den sektoren i det nasjonale klimagassregnskapet under FNs klimakonvensjon som dekker skog og andre landarealer
Bonitet	Site index	Indeks som rangerer markas evne til å produsere trevirke. I Norge anvendes høydebonitet (H40) som tar utgangspunkt i gjennomsnittshøyden av de 100 grøvste trær (i henhold til diameter i brysthøyde) per hektar ved en referansealder på 40 år i brysthøyde (1,3 meter over bakkenivå). Ved fastsetting av boniteten blir alderen om nødvendig nedjustert i forhold til reell alder, dersom de dominerende trærne har vokst unormalt sakte i ungdommen på grunn av konkurranse fra overstandere. Boniteten oppgis normalt i 3-meters klasser, med midtverdien som indeks. Dermed vil for eksempel bonitetsklasse 11 omfatte skog med høydebonitet fra 9,5 til 12,5 meter. Man angir bonitetsindeksen med en bokstav for hvert treslag først, for eksempel G11 for et grandominert bestand.
CRF	CRF	Se «Rapporteringstabeller»
Dødt organisk materiale	Dead organic matter (DOM)	Strø og død ved.
Gjenværende areal	Remaining	Benyttes om areal som har vært i en arealbrukskategori siden 1990 eller i over 20 år (ref. engelsk «forest remaining forest»)
Halveringstid	Half-life	Antall år det tar før halvparten av et gitt volum har gått tapt fra lageret i en kategori av «harvested wood products» (IPCC 2019)
Implisitt utslippsfaktor	Implied Emission Factor	Utslippsfaktor beregnet av CRF som gjennomsnittlig utslippsfaktor, vil være identisk med utslippsfaktoren benyttet der én faktor er benyttet på alt areal, men et vektet gjennomsnitt der for eksempel to ulike faktorer er benyttet på ulike deler av arealet (alt er direkte utslipp)
Karbonbeholdning	Carbon Pool	Karbonbeholdning betegner de ulike reservoar med karbon i karboncyklusen. For terrestriske økosystem er dette levende biomasse (over og under bakken), død ved, strøsjikt og jord (mineraljord og organisk jord).
Karbonfluks	Carbon flux	Utveksling av karbon mellom ulike karbonbeholdninger (for eksempel mellom karbonlagret i biosfæren og i atmosfæren).
Karbonlager	Carbon Stock	Karbonlager i ulike økosystem er lageret av karbon i følgende karbonbeholdninger: levende biomasse (over og under

		bakken), død ved, strøsjikt og jord (mineraljord og organisk jord). Det er også et karbonlager i treprodukter.
Karbonlagring	Carbon sequestration	Når karbon fjernes fra atmosfæren og lagres/avsettes i en annen karbonbeholdning.
Karbonsluk	Carbon sink	Karbonsluk er karbonbeholdninger i havet og på jorda som øker i størrelse, og derved bremser tilførselen av CO ₂ til atmosfæren. Sluk angir altså retning på endringen.
Kilde	Source	Brukes i klimagassregnskapskontekst om utslippskilde, uavhengig av retning på endringen (kilden kan ha netto opptak). I andre sammenhenger brukes kilde primært om en utslippskilde («emissions by source and removals by sink»)
Lagerendring	Stock change	Klimagassregnskapet er basert på lagerendring, ved at årlige endringer i ulike karbonbeholdninger beregnes.
Løst organisk karbon (oppløst organisk karbon)	Dissolved organic carbon (DOC)	Løst organisk karbon (DOC) er en bred klassifisering for organiske molekyler av forskjellig opprinnelse og komposisjon i akvatiske systemer. Den løste delen av organisk karbon er en operativ klassifisering. Mange forskere bruker begrepet løst for forbindelser under 0,45 mikrometer, men 0,22 mikrometer er også vanlig, da brukes begrepet «kolloidalt» for litt større partikler.
Nullkode	Notation key	Det kan ikke rapporteres med tallet 0 for en utslippskilde. Nullkode betegner ulike koder som benyttes når utslippet som rapporteres i en celle i CRF er null, enten fordi det er rapportert et annet sted (IE), ikke er estimert (NE), utslippet ikke forekommer (NO) eller det ikke er relevant (NA).
Nøkkelkategori	Key Category	En nøkkelkategori er en kategori/kilde som er prioritert siden den har signifikant betydning for landets totale klimagassregnskap i form av absolutt størrelse, trend eller usikkerhet (IPCC 2006).
Organisk jord	Organic soil	Defineres basert på dybde på organisk lag, og der hvor kjent på innhold av organisk materiale eller karbon. I Landsskogtakseringen (skog) definert som minimum 40 cm dypt topplag med organisk jord. I jordsmonnkartleggingen (dyrket mark, beite) definert som minimum 40 cm dybde og minimum om lag 10 % karboninnhold.
Organisk karbon i jord	Soil Organic Carbon (SOC)	Karbon i jord i alle kjemiske forbindelser som normalt finnes i jord unntatt karbonat, bikarbonat, karbonsyre og karbondioksid.
Rapporterings-tabeller	Common Reporting Format tables, CRF	CRF er en serie standardiserte tabeller for rapportering av klimagassregnskapet (kvantitativ rapportering)
Retningslinjer	Guidelines	2006 IPCC Guidelines oversettes til 2006 retningslinjene under FNs klimakonvensjon
Standard utslippsfaktor	Default emission factor	Brukes vanligvis om standard utslippsfaktorer i retningslinjene fra IPCC.
Tier	Tier	Metodisk nivå for utslippsberegningen. Tier 1 er den mest grunnleggende tilnærmingen, med standard faktorer og

		metodikk fra IPCC sine retningslinjer. Tierr 3 er den mest avanserte.
Tilbakeskriving, tilbakeføring	Backcasting	Arealer tilbakeskrives til 1971, slik at en kan ha riktig areal i de ulike kategoriene i 1990. Norge benytter i dag en Approach 2 tilnærming.
Torvjord	Organic soil	Se Organisk jord.
Torvmark	Peatland	Dyrket eller udyrket mark med torvjord. Over 40 cm torvlag i Landsskog. Betegner vanligvis grøftet/drenert torvjord, for eksempel skog på grøftet torvmark, torvuttak på torvmark, etc. Kan brukes for å skille grøftet torvjord (<i>eng.</i> drained organic soils) fra uberørte myrer (<i>eng.</i> pristine mires).
Treprodukter	Harvested Wood Products	I denne sammenheng menes med treprodukter i de tre produktkategoriene som rapporteres under «Harvested Wood Products» (HWP) i det nasjonale klimagassregnskapet, trelast, trebaserte plater og papir- og kartong produkter.
Umiddelbar oksidasjon, umiddelbart utslipp	Instant oxidation	Umiddelbart utslipp. Innebærer at hele karbonlageret i for eksempel organisk jord eller treprodukter slippes ut i atmosfæren ved tidspunkt for høsting (oksidasjon betegner at karbon blir oksidert av oksygen, og karbondioksid dannet).
Utslippsfaktor	Emission Factor	Størrelsen av utslipp eller opptak av klimagasser som kan forventes per arealenhet og år (angis for eksempel som t C per ha og år). En utslippsfaktor kan ha et positivt fortegn (+) som indikerer et utslipp, eller et negativt fortegn (-) som indikerer et opptak av klimagasser.

Litteraturreferanser

- Alfredsen, G., Nordhagen, E., Breidenbach, J. og Ross, L. 2022. Materialflyt av treprodukter i Norge 1961-2019. NIBIO rapport 8(8). <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2875295>
- Antón-Fernández, C. og Astrup, R. 2012. Empirical Harvest Models and Their Use in Regional Business-as-Usual Scenarios of Timber Supply and Carbon Stock Development. *Scandinavian Journal of Forest Research* 27 (4): 379–92. <https://doi.org/10.1080/02827581.2011.644576>
- Antón-Fernández, C. og Astrup, R., 2022. SiTree: A framework to implement single-tree simulators. *SoftwareX* 18, 100925. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2021.100925>
- Antón-Fernández, C., Mola-Yudego, B., Dalsgaard, L. og 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>
- Anttila, P., Nivala, V., Salminen, O., Hurskainen, M., Kärki, J., Lindroos, T.J. og Asikainen, A. 2018. Regional balance of forest chip supply and demand in Finland in 2030. *Silva Fennica*, 52 (2).article id 9902. <https://doi.org/10.14214/sf.9902>
- Bárcena, T. G., Grønlund A., Hoveid, Ø., Søgaard G., og Lågbu, R. 2016. Kunnskapsgrunnlag om nydyrking av myr – Sammenstilling av eksisterende kunnskapsgrunnlag om nydyrking av myr og synliggjøring av konsekvenser ved ulike regulerings tiltak. NIBIO-rapport 2(43) 2016. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2415674>
- Bárcena, T. G., Dalsgaard, L., Strand, L. T., Mohr, C. W., Bjørkelo, K., Eriksen, R. og Søgaard, G. 2021. A Tier 1 methodology for estimating changes in soil organic carbon after land use change on mineral soil. NIBIO Rapport 7(49). <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2732255>
- Bergseng, E., Eid, T., Løken, Ø. og Astrup, R. 2013. Harvest residue potential in Norway – A bio-economic model appraisal. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 28:5, 470-480., DOI: 10.1080/02827581.2013.766259
- Blumentrath, S., Simensen, T. og Nowell, M. 2022. Kartlegging av tomtereserver for fritidsbolig i Norge. NINA Rapport 2171.
- Borgen, S. K., Grønlund, A., Andrén, O., Kätterer, T., Tveito, O. E., Bakken, L. R. og Paustian, K. 2012. CO₂ emissions from cropland in Norway estimated by IPCC default and Tier 2 methods. *Greenhouse Gas Measurement and Management*. 2(1): 5-21. <https://doi.org/10.1080/20430779.2012.672306>
- Breidenbach, J., Eiter, S., Eriksen, R., Bjørkelo, K., Taff, G., Søgaard, G., Tomter, S.M., Dalsgaard, L., Granhus, A. og Astrup, R. 2017. Analyse av størrelse, årsaker til og reduksjonsmuligheter for avskoging i Norge. NIBIO Rapport 3(152). <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2477867>
- Breidenbach, J., Granhus, A., Hysten, G., Eriksen, R. og Astrup, R. 2020. A century of National Forest Inventory in Norway – informing past, present, and future decisions. *Forest Ecosystems* 7:41. <https://forestecosyst.springeropen.com/articles/10.1186/s40663-020-00261-0>
- Breidenbach, J., Ivanovs, J., Kangas, A., Nord-Larsen, T., Nilsson, M. og Astrup, R. 2021. Improving living biomass C-stock loss estimates by combining optical satellite, airborne laser scanning, and NFI data. *Canadian Journal of Forest Research*, 51(10), 1472-1485.
- Bright, R. M., Allen, M., Antón-Fernández, C., Belbo, H., Dalsgaard, L., Eisner, S., Granhus, A., Kjønaas, O. J., Søgaard G. og Astrup R. 2020. Evaluating the terrestrial carbon dioxide removal potential of improved forest management and accelerated forest conversion in Norway. *Global Change Biology*. 26 (9), 5087-5105. <https://doi.org/10.1111/gcb.15228>
- Brod, E. og Haraldsen, T. K. 2017. Miljøvennlige jordblandinger – klima, resirkulering og bruksområder. NIBIO rapport 3(151) 2017. <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2017/desember-2017/miljovennlige-jordblandinger--klima-resirkulering-og-bruksomrader/>
- Bryn, A. og Hemsing, L. Ø. 2012. Impacts of land use on the vegetation in three rural landscapes of Norway. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 8(4), 360–371. <https://doi.org/10.1080/21513732.2012.737373>
- Cao, C., Dragičević, S., og Li, S. 2019. Short-Term Forecasting of Land Use Change Using Recurrent Neural Network Models. *Sustainability*, 11(19), 5376. <https://doi.org/10.3390/su11195376>
- Dalsgaard, L., Granhus, A., Søgaard, G., Andreassen, K., Børja, I., Clarke, N., Kjønaas, O. J. og Stokland, J. 2015. Karbondynamikk ved ulike hogstformer og avvirkningsstrategier – En litteraturstudie med fokus på Oslo kommuneskog. Oppdragsrapport fra Skog og Landskap 04/2015. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2436847>
- Dalsgaard, L., Astrup, R., Antón-Fernández, C., Borgen, S. K., Breidenbach, J., Lange, H., Lehtonen, A. og Liski, J. 2016a. Modeling soil carbon dynamics in northern forests: effects of spatial and temporal aggregation of climatic input data. *PloS one*, 11(2), e0149902. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149902>

- Dalsgaard, L., Lange, H., Strand, L. T., Callesen, I., Borgen, S. K., Liski, J. og Astrup, R. 2016b. Underestimation of boreal forest soil carbon stocks related to soil classification and drainage. *Canadian Journal of Forest Research*, 46(12), 1413-1425. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2015-0466>
- de Wit, H. A., Palosuo, T., Hysten, G. og Liski, J. 2006. A carbon budget of forest biomass and soils in southeast Norway calculated using a widely applicable method. *Forest Ecology and Management*, 225(1-3), 15-26. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.12.023>
- Eriksson, L. O. og Bergh, J. 2022. A Tool for Long-Term Forest Stand Projections of Swedish Forests. *Forests*, 13, 816. <https://doi.org/10.3390/f13060816>
- Eriksson, L. O., Lofgren, S. og Ohman, K. 2011. Implications for Forest Management of the EU Water Framework Directive's Stream Water Quality Requirements-A Modeling Approach. *For. Policy Econ.*, 13, 284-291. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S138993411100013X?via%3Dihub>
- European Commission. 2018. Guidance on developing and reporting Forest Reference Levels in accordance with Regulation (EU) 2018/841. https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/15375/1/Submitted_TG_20180622_clean.pdf
- European Commission. 2022. Regulation of the european parliament and the council. Establishing a Union certification framework for carbon removals. COM (2022) 672 final. Brussels 30.11.2022
- European Commission, Joint Research Centre, Korosuo, A., Vizzarri, M., Pilli, R., mfl. 2021. Forest reference levels under Regulation (EU) 2018/841 for the period 2021-2025 : overview and main findings of the technical assessment. Publications Office <https://data.europa.eu/doi/10.2760/0521>
- European Union. 2018. Regulation (eu) 2018/841 of the european parliament and of the council of 30 May 2018 on the inclusion of greenhouse gas emissions and removals from land use, land use change and forestry in the 2030 climate and energy framework, and amending Regulation (EU) No 525/2013 and Decision No 529/2013/EU. Official Journal of the European Union 19.6.2018. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0841&from=EN>
- Fahlvik, N., Berglund, M., Holmström, H. og Nilsson, U. (2018.) Simulation of the long-term effects of different strategies for precommercial thinning in *Pinus sylvestris*, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 33:4, 347-356, DOI: 10.1080/02827581.2017.1383508
- Farstad, F. M., Hermansen, E. A. T., van Oort, B., Grønlund, A., Mittenzwei, K., Brudevoll, K. og Grasbekk, B. S. 2020. Forbudet mot nydyrking av myr: Bakgrunn, effekter og utfordringer.
- Farstad, F. M., Hermansen, E. A. T., Leiren, M. D., Wettestad, J., Gulbrandsen, L. H., Sjøgaard, G., Øistad, K., Fridstrøm, L., Knapskog, M. og Uteng, T. P. 2021. Klar for 55? EUs nye klimaregelverk og betydningen for Norge. Rapport 2021:07. Platon <https://pub.cicero.oslo.no/cicero-xmlui/bitstream/handle/11250/2832112/Rapport%202020%2007%20web.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Finansdepartementet. 2021. Lov om offentliggjøring av bærekraftsinformasjon i finanssektoren og et rammeverk for bærekraftige investeringer og samtykke til deltakelse i en beslutning i EØS-komiteen om innlemmelse i EØS-avtalen av forordning (EU) 2019/2088 og forordning (EU) 2020/852. Prop. 208 LS – Proposisjon til Stortinget (forslag til lovvedtak og stortingsvedtak)
- Finnish Ministry of Agriculture and Forestry. 2019. National forestry accounting plan for Finland [NFAP-FI]. Ministry for Agriculture and Forestry. <https://mmm.fi/documents/1410837/17627111/NFAP+for+Finland+20+December+2019.pdf>
- Fæhn, T. og Kaushal, K.R. 2021. Klimapolitikk uten kostnader finnes ikke, *Magasinet Energi og klima*, 31.3.21.
- Gjesdal, S.F.T., Flugsrud, K., Mykkelbost, T.C. og Rypdal, K. 1996. A balance of use of wood products in Norway. Norwegian Pollution Control Authority SFT, Report 96:04, 54 p.
- Grønlund, A. og Weldon, S. 2013. Restaurering av myr på Smøla. Klimagassutslipp fra myr ute av drift. Bioforsk Rapport 185/2013. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2445627>
- Haakana, M., Ollila, P., Regina, K., Riihimäki, H., Tuomainen, T. 2015. Menetelmä maankäytön kehityksen ennustamiseen: Pinta-alojen kehitys ja kasviuonekaasupäästöt vuoteen 2040. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/520307>
- Haikarainen, S., Huuskonen, S., Ahtikoski, A., Lehtonen, M., Salminen, H., Siipilehto, J., Korhonen, K.T., Hynnen, J. og Routa, J. 2021. Does Juvenile Stand Management Matter? Regional Scenarios of the Long-Term Effects on Wood Production. *Forests*, 12, 84. <https://doi.org/10.3390/f12010084>
- Harby, A. og Carolli, M. 2022. Klimagassutslipp fra oversvømt land i Norge. Prosjektnotat, SINTEF Energi.
- Harmon, M. E. 2019. Have product substitution carbon benefits been overestimated? A sensitivity analysis of key assumptions. *Environmental Research Letters*, 14(6), 065008. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab1e95>

- Heinonen, T., Pukkala, T., Mehtätalo, L., Asikainen, A., Kangas, J. og Peltola, H. 2017. Scenario analyses for the effects of harvesting intensity on development of forest resources, timber supply, carbon balance and biodiversity of Finnish forestry. *Forest Policy and Economics*. 80, 80–98. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.03.011>
- Härkönen, S., Mäkinen, A., Tokola, T., Rasinmäki, J., og Kalliovirta, J. 2010. Evaluation of forest growth simulators with NFI permanent sample plot data from Finland. *Forest Ecology and Management*, 259(3), 573:582. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112709008366>
- Högborg, P., Ceder, L. A., Astrup, R., Binkley, D., Bright, R., Dalsgaard, L., Egnell, G., Filipchuk, A., Genet, H., Ilintsev, A., Kurz, W.A., Laganière, J., Lemprière, T., Lundblad, M., Lundmark, T., Mäkipää, R., Malysheva, N., Mohr, C.W., Nordin, A., Petersson, H., Repo, A., Schepaschenko, D., Shvidenko, A., Søgaard, G. og Kraxner, F. 2021. Sustainable boreal forest management— Challenges and opportunities for climate change mitigation. Report from an Insight Process conducted by a team appointed by the International Boreal Forest Research Association (IBFRA). Swedish Forest Agency Report No. 11 (2021). ISBN 978- 91-986297- 3- 6. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/om-oss/rappporter/rappporter-2021202020192018/rappport-2021-11-sustainable-boreal-forest-management-challenges-and-opportunities-for-climate-change-mitigation-002.pdf>
- Huuskonen, S., Haikarainen, S., Sauvula-Seppälä, T., Salminen, H., Lehtonen, M., Siipilehto, J., Ahtikoski, A., Korhonen, K.T. og Hynynen, J. 2020. Benefits of Juvenile Stand Management in Finland—Impacts on Wood Production Based on Scenario Analysis. *For. Int. J. For. Res.*, 93, 458–470. <https://academic.oup.com/forestry/article/93/3/458/5707335>
- IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Laget av National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. og Tanabe, K. (red.). Publisert: IGES, Japan.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Marquis, M., Averyt, K., Tignor, M. M B., Miller, H. L. og Chen, Z. (red.). Cambridge University Press, Cambridge, Storbritannia og New York, NY, USA, 996 pp
- IPCC 2014a. 2013. Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol. Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. og Troxler, T.G. (red.). Publisert: IPCC, Sveits.
- IPCC. 2014b. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. og Troxler, T.G. (red.). Publisert: IPCC, Sveits
- IPCC. 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. og Federici, S. (red.). Publisert: IPCC, Sveits.
- IPCC, 2022. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Shukla, P.R., Skea, J., Slade, R., Al Khourdajie, A., van Diemen, R., McCollum, D., Pathak, M., Some, S., Vyas, P., Fradera, R., Belkacemi, M., Hasija, A., Lisboa, G., Luz, S., Malley, J. (red.). Cambridge University Press, Cambridge, Storbritannia and New York, NY, USA. Doi:10.1017/9781009157926
- Jordlova. (1995). Lov om jord (LOV-1995-05-12-23). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1995-05-12-23>
- Jåstad, E. O., Bolkesjø, T. F., Trømborg, E. og Rørstad, P. K. 2021. Integration of forest and energy sector models— New insights in the bioenergy markets. *Energy Conversion and Management*, 227, 113626. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113626>
- Kalliokoski, T., Bäck, J., Boy, M., Kulmala, M., Kuusinen, N., Mäkelä, A., Minkinen, K., Minunno, F., Paasonen, P., Peltoniemi, M., Taipale, D., Valsta, L., Vanhatalo, A., Zhou, L, Zhou, P. og Berninger, F. 2020. Mitigation Impact of Different Harvest Scenarios of Finnish Forests That Account for Albedo, Aerosols, and Trade-Offs of Carbon Sequestration and Avoided Emissions. *Frontiers in Forests and Global Change* 3:562044. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.562044>
- Kangas, A., Nurmi, M. og Rasinmäki, J. 2014. From a strategic to a tactical forest management plan using a hierarchic optimization approach., *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29:sup1, 154-165. DOI: 10.1080/02827581.2013.863962
- Klima- og forurensningsdirektoratet. 2010. Klimakur 2020. Tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020. Rapport TA -2590. 312 s.
- Klima- og forurensningsdirektoratet. 2011. Skog som biomasseressurs. Rapport TA-2762. 101 s.
- Klima- og miljødepartementet 2020. National Norway Forestry Accounting Plan for Norway, including forest reference level for the first commitment period 2021 – 2025. Revised version 9 November 2020.

- https://www.regjeringen.no/contentassets/cd6543b5e7f947cd9a086c3528adc654/norways-national-forestry-accounting-plan_2021-2025.pdf
- Landbruksdirektoratet og Miljødirektoratet. 2018. Klimatiltak i jordbruket – gjennomgang av ordninger med støtte til klimatiltak på gårdsbruk. Rapport nr. 14/2018. Rapport fra partssammensatt arbeidsgruppe. https://www.regjeringen.no/contentassets/c3d8783f382e4df7bbe6bf7054be071a/klimatiltak-i-jordbruket_ferdig-rapport_220218.pdf
- Landbruksdirektoratet, Miljødirektoratet og NIBIO. 2021. Vurdering av tilskuddsordning for gjødsling av skog. 36/2021. Landbruksdirektoratet. <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/nyhetsrom/rapporter/vurdering-av-tilskuddsordning-for-gjodsling-av-skog>
- Landbruksdirektoratet, Miljødirektoratet, NIBIO, SSB og NMBU, 2022. Klimaeffekten av jordbruksoppgjøret – Faglig vurdering av metoder for å synliggjøre klimaeffekt av årlige endringer i virkemidlene. Landbruksdirektoratet. <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/nyhetsrom/rapporter/klimaeffekten-av-jordbruksoppgjoret>
- Leknes, S., Løkken, S. A., Syse, A., og Tønnessen, M. 2018. Befolkningsframskrivingene 2018 Modeller, forutsetninger og resultater, Statistisk sentralbyrå Oslo–Kongsvinger.
- Leturcq, P. 2020. GHG displacement factors of harvested wood products: the myth of substitution. Scientific Reports 10, 20752. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77527-8>
- Maanavilja, L., Tuomainen, T., Aakkula, J., Haakana, M., Heikkinen, J., Hirvelä, H., Kilpeläinen, H., Koikkalainen, K., Kärkkäinen, L., Lehtonen, H., Miettinen, A., Mutanen, A., Myllykangas, J.P., Ollila, P.; Viitanen, J.; Vikfors, S.; Wall, A. 2021. Hiilineutraali Suomi 2035: Maankäyttö- ja maataloussektorin skenaariot. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/163641>
- Mayer, M., Prescott, C. E., Abaker, W. E. A., Augusto, L., Cécillon, L., Ferreira, G.W.D., James, J., Jandl, R., Katzensteiner, K., Laclau, J.-P., Laganière, J., Nouvellon, Y., Paré, D., Stanturf, J. A., Vanguelova, E. I. og Vesterdal, L. 2020. Tamm Review: Influence of forest management activities on soil organic carbon stocks: A knowledge synthesis. Forest Ecology and Management, 466, 118127. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112720300268>
- Meld St. 13 (2020-2021). 2021. Klimaplan for 2021-2030. Klima- og miljødepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-13-20202021/id2827405/?ch=1>
- Menon og Cicero 2022. 2022. Organisering av klimaanalysearbeidet i Norge. Menon-Publikasjon Nr. 34/2022. <https://www.menon.no/wp-content/uploads/2022-34-Organisering-av-klimaanalysearbeidet-i-Norge.pdf>
- Miljødirektoratet. 2014. Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling. M-229. Miljødirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M229/M229.pdf>
- Miljødirektoratet. 2015. Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030 – Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling. M-386. Miljødirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M386/M386.pdf>
- Miljødirektoratet. 2018a. Tiltak og virkemidler for redusert klimagassutslipp fra avskoging i Norge. Rapport M-1043. Miljødirektoratet.
- Miljødirektoratet. 2018b. Utfasing av uttak og bruk av torv – Kunnskapsutredning om konsekvenser for naturmangfold, klima, næring og forbrukere. M-951. Miljødirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m951/m951.pdf>
- Miljødirektoratet. 2021. Faktagrunnlag for vurdering av avgift på klimagassutslipp fra nedbygging av arealer. M-2179. Miljødirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2021/desember-2021/faktagrunnlag-for-vurdering-av-avgift-pa-klimagassutslipp-fra-nedbygging-av-arealer/>
- Miljødirektoratet. 2022a. Faglig grunnlag for en strategi for å hindre nedbygging av myr. Notat fra Miljødirektoratet 29.6.2022 <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/fagmeldinger/2022/juni-2022/vurdering-av-virkemidler-for-a-hindre-nedbygging-av-myr/>
- Miljødirektoratet. 2022b. Vurdering av virkemidler for å hindre åpning av nye torvuttak. Notat fra Miljødirektoratet 30.9.2022 <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2022/oktober-2022/torv-forbud-kan-kutte-utslipp-av-klimagasser/>
- Miljødirektoratet, Statens landbruksforvaltning og Skog og Landskap. 2013. Planting av skog på nye arealer som klimatiltak – Egnede arealer og miljøkriterier. M-26. Miljødirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2013/august-2013/planting-av-skog-pa-nye-arealer-som-klimatiltak--egnede-arealer-og-miljokriterier/>
- Miljødirektoratet, Statens landbruksforvaltning og Skog og Landskap. 2014. Målrettet gjødsling av skog som klimatiltak – Egnede arealer og miljøkriterier. M-174. Miljødirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2014/mai-2014/malrettet-gjodsling-av-skog-som-klimatiltak--egnede-arealer-og-miljokriterier/>

- Miljødirektoratet, NIBIO og Landbruksdirektoratet. 2016. Vern eller bruk av skog om klimatiltak. M-519. Miljødirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m519/m519.pdf>
- Miljødirektoratet, Statistisk Sentralbyrå og NIBIO. 2021. Greenhouse Gas Emissions 1990-2017, National Inventory Report. M-1271. Miljødirektoratet.
- Miljødirektoratet, ENOVA, Statens vegvesen, Kystverket, Landbruksdirektoratet og NVE. 2020. Klimakur 2030 - Tiltak og virkemidler mot 2030. M-1625. Miljødirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625.pdf>
- Miljødirektoratet, Statistisk Sentralbyrå og NIBIO. 2021. Greenhouse Gas Emissions 1990-2019, National Inventory Report. M-2013. Miljødirektoratet.
- Miljødirektoratet, Statistisk Sentralbyrå og NIBIO. 2022. Greenhouse Gas Emissions 1990-2020, National Inventory Report. M-2268. Miljødirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2022/april/greenhouse-gas-emissions-1990--2020-national-inventory-report/>
- Mittenzwei, K. 2018. Økonomisk modellering av klimatiltak i jordbruket: Dokumentasjon og anvendelser i CAPRI og Jordmod. Versjon 1.0 av 30.04.2018. NIBIO Rapport 4(60). <http://hdl.handle.net/11250/2496992>
- Mohr, C. W., Søgaard, G., Alfredsen, G., Antón-Fernández, C., Hobrak, K. og Sevillano, I. 2022. Framskrivninger for arealbrukssektoren (LULUCF) under FN's klimakonvensjon og EUs klimarammeverk. NIBIO-rapport 8(124). <https://hdl.handle.net/11250/3023928>
- Mustapha, W. 2016. The Nordic Forest Sector Model: Data and model structure. INA fagrapport 38, NMBU 2016. <http://www.umb.no/statisk/ina/publikasjoner/fagrapport/if38.pdf>
- Naturvårdsverket. 2022. National Inventory Report Sweden 2022. Greenhouse Gas Emission Inventories 1990-2020.
- Nemani, R. R., Keeling, C. D., Hashimoto, H., Jolly, W. M., Piper, S. C., Tucker, C. J., Myneni, R. B. og Running, S. 2003. Climate-driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999. *Science*, 300(5625), 1560-1563.
- NIBIO. 2017. Tilleggsutredning knyttet til kostnadseffektivitet og klimaeffekter av forbud mot nydyrking av myr. Notat 29.5.2017. <https://www.regjeringen.no/contentassets/799c5d26365d477098e2a245023efba9/tilleggsutredning-knyttet-til-kostnadseffektivitet-og-klimaeffekter-av-forbud-mot-nydyrking-av-myr.pdf>
- Nilsson, U. og Fahlvik, N. 2006. Ekonomisk analys av praktisk produksjonsoptimering i gran-planteringer. In Sluttrapport för Fiberskogsprogrammet; Bergh, J. og, Oleskog, G. (red.). Swedish University of Agricultural Sciences, Southern Swedish Forest Research Centre: Alnarp, Sverigeweden, 2006; spp. 106–129.
- Norskeutslipp.no. 2015. Data for bensindrevne personbiler, tall fra 2015. <https://www.norskeutslipp.no/>
- Norskeutslipp.no. 2019. Utslipp til luft fra Mongstad raffineriet, tall fra 2019. <https://www.norskeutslipp.no/>
- Norsk klimaservicesenter. 2015. Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015 NCCS rapport 2/2015
- Ortiz, C. A., Liski, J., Gärdenäs, A. I., Lehtonen, A., Lundblad, M., Stendahl, J., Ågren G. I. og Karlton, E. 2013. Soil organic carbon stock changes in Swedish forest soils—a comparison of uncertainties and their sources through a national inventory and two simulation models. *Ecological Modelling*, 251, 221-231. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2012.12.017>
- Pettersson, F. 1994a. Predictive functions for calculating the total response in growth to nitrogen fertilization, duration and distribution over time. Uppsala, Skogforsk. 34 s.
- Pettersson, F. 1994b. Predictive functions for impact of nitrogen fertilization on growth over five years. Uppsala, Skogforsk. 56 s.
- Pettersson, H., Ellison, D., Mensah, A. A., Berndes, G., Egnell, G., Lundblad, M., Lundmark, T., Lundström, A., Stendahl, J. og Wikberg, P.-E. 2022. On the role of forests and the forest sector for climate change mitigation in Sweden. *GCB Bioenergy*, 14(7), 793-813. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12943>
- Piao, S., Friedlingstein, P., Ciais, P., Zhou, L. og Chen, A. 2006. Effect of climate and CO₂ changes on the greening of the Northern Hemisphere over the past two decades. *Geophysical Research Letters*, 33(23), L23402. <https://doi.org/10.1029/2006GL028205>
- Pingoud, K., Perälä, A.L. og Pussinen, A. 2001. Carbon Dynamics in Wood Products. Mitigation and adaptation Strategies for Global Change 6(2): 91-111.
- Prairie, Y. T., Mercier-Blais, S., Harrison, J. A., Soued, C., del Giorgio, P., Harby, A., Alm, J., Chanudet, V. og Nahas, R. (2021). A new modelling framework to assess biogenic GHG emissions from reservoirs: The G-res tool. *Environmental Modelling & Software*, 143, 105117. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105117>

- Prosess21 Hovedrapport. 2021. Hovedrapport.
https://www.prosess21.no/contentassets/d4c74305ab764cf2b24f3f61f0514f5d/prosess21_rapport_hovedrapport_web-1.pdf
- Prosess21 Biobasert Prosessindustri. 2021. Prosess21 Ekspertgrupperapport.
https://www.prosess21.no/contentassets/8fdf5202cb224ce0bb2cf1aa1a9a9384/prosess21_biobasert-prosessindustri_ekspertgrupperapport_def.pdf
- Pukkala, T. 2004. Dealing with Ecological Objectives in the Monsu Planning System. *Silva Lusitana*, pp. 1–15. Special Issue.
- Rantakari, M., Lehtonen, A., Linkosalo, T., Tuomi, M., Tamminen, P., Heikkinen, J., Liski, J., Mäkiää, R., Ilvesniemi, H. og Sievänen, R. 2012. The Yasso07 soil carbon model – Testing against repeated soil carbon inventory. *Forest Ecology and Management*, 286, 137-147. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.08.041>
- Rasse, D., Økland, I., Bárcena, T. G., Riley, H., Martinsen V., Sturite I., Joner, E., O'Toole, A., Øpstad S., Cottis, T., og Budai, A. 2019. Muligheter og utfordringer for økt karbonbinding i jordbruksjord. NIBIO-rapport 5/36. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2591077>
- Sjølie, H.K., Latta, G.S., Gobakken, T. og Solberg, B 2011. NorFor: A forest sector model for Norway: model overview and structure. INA fagrappport nr 18. <http://www.umb.no/statisk/ina/publikasjoner/fagrappport/ifi8.pdf>
- Statistics Finland. 2010. Greenhouse gas emissions in Finland 1990-2008: National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol. I: Pipatti R. (Red.), 470 s.
- Statistisk sentralbyrå. 2019. Dokumentasjon av framskrivningsmodellen for norsk økonomi og utslipp SNOW-modellen for Norge. Notater 2019/01. <https://www.ssb.no/nasjonalregnskap-og-konjunkturer/artikler-og-publikasjoner/snow-modellen-for-norge>
- SSB 2020. Planlagt utbygd areal 2019 til 2030 – En kartbasert metode for estimering av framtidige arealendringer med negativ klimaeffekt. Notater 2020/10
- Søgaard G., Granhus A., Gizachew, B., Clarke, N., Andreassen, K. og Eriksen, R. 2015a. En vurdering av utvalgte skogtiltak – innspill på veien mot Lavutslippssamfunnet 2050. Oppdragsrapport fra Skog og Landskap 02/2015 <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2436809>
- Søgaard, G., Astrup, R. A., Antón-Fernández, C., Dalsgaard, L., Borgen, S. K. og von Lüpke, N. 2015b. Framskrivninger for skog og andre landarealer (LULUCF-sektoren). Rapport fra Skog og landskap 14/2015. 30 s.
- Søgaard, G., Økseter, R. og Borgen, S. K. 2017. Klimagassutslipp fra torvproduksjon i Norge – Metode, datagrunnlag og utslippfaktorer benyttet i klimagassregnskapet under FNs klimakonvensjon (UNFCCC). NIBIO Rapport 3(78). https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2443914/NIBIO_RAPPORT_2017_3_78.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Søgaard, G., Micky, A., 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. og Sætersdal, M. 2019a. Effekter av planting av skog på nye arealer. Betydning for klima, miljø og næring. NIBIO Rapport 5(3)
- Søgaard, G., Mohr, C. W., Antón-Fernández, C., Alfredsen, G., Astrup, R. A., Breidenbach, J., Eriksen, R., Granhus, A., og Smith, A. 2019b. Framskrivninger for arealbrukssektoren – under FNs klimakonvensjon, Kyotoprotokollen og EUs rammeverk. NIBIO Rapport 5(114). 105 s.
- Søgaard, G., Alfredsen, G., Antón-Fernández, C., Astrup, R. A., Blom, H. H., Clarke, N., Eriksen, R., Granhus, A., Hanssen, K. H., Hietala, A. M., Kockum, F., Mohr, C. W., Nordbakken, J.-F., Stokland, J. N., Sverker, J. og Økland, T., 2020a. Klimakur 2030 – beskrivelse av utvalgte klimatiltak knyttet til skog. NIBIO Rapport vol. 6, nr. 9, 2020. <http://hdl.handle.net/11250/2639345>
- Søgaard, G., Alfredsen, G., Antón-Fernández, C., Astrup, R. A., Belbo, H., Clarke, N., Eriksen, R., Granhus, A., Hanssen, K. H., Hietala, A. M., Mohr, C. W., Nygaard, P. H., Solberg, S. og Steffenrem, A., 2020b. Klimakur 2030 – beskrivelse av utvalgte klimatiltak knyttet til skog. Supplement. NIBIO Rapport vol. 6 no. 153, 2020. <https://hdl.handle.net/11250/2711196>
- Sato, A. og Nojiri, Y. 2019 Assessing the contribution of harvested wood products under greenhouse gas estimation: accounting under the Paris Agreement and the potential for double-counting among the choice of approaches. *Carbon Balance Manage* 14, 15. <https://doi.org/10.1186/s13021-019-0129-5>
- Selvig, E., Enlid, E., Næss, A., Alfredsen, G., Gobakken, L.R. og Sandland, K.M. 2020. Lavutslippsmaterialer i bygg. Barrierer og muligheter. NIBIO Rapport 6(20). <https://hdl.handle.net/11250/2651382>
- Swedish Ministry of the Environment. 2019. Revised National forestry accounting plan for Sweden [NFAP-SE]. Ministry for the Environment. <https://www.government.se/4a9f07/contentassets/730d6345a5d745b1bc5f084e2fooff7/revised-national-forestry-accounting-plan-for-sweden>

- TBU jordbruk. 2019. Jordbruksrelaterte klimagassutslipp Gjennomgang av klimagassregnskapet og vurdering av forbedringer. Rapport fra partssammensatt arbeidsgruppe 1.7.2019
- TBU klima. 2019. Rapport fra Teknisk beregningsutvalg for klima 2019. Rapport M-1442. https://www.regjeringen.no/contentassets/ae16bb6bcd8d433a9b3ce59ed9ddd8a8/m1442_tbu_rapport.pdf
- TBU klima. 2020. Rapport fra Teknisk beregningsutvalg for klima 2020. Rapport M-1752. <https://www.regjeringen.no/contentassets/eac49cb2b95a43b583d9b7407f5e4117/rapport-fra-teknisk-beregningsutvalg-for-klima-2020.pdf>
- TBU klima. 2021. Makromodeller til bruk i klimaanalyser. Rapport M-2110. https://files.nettsteder.regjeringen.no/wpuploads01/sites/491/2021/12/m-2110_2021-tbu-klima-makrorapport-002.pdf
- van Duynhoven, A. og Dragičević, S. 2021. Exploring the Sensitivity of Recurrent Neural Network Models for Forecasting Land Cover Change. Land, 10(3), 282. <https://doi.org/10.3390/land10030282>
- VKM, Kyrre Kausrud, Vigdis Vandvik, Daniel Flø, Sonya R. Geange, Stein J. Hegland, Jo S. Hermansen, Lars R. Hole, Rolf A. Ims, Håvard Kausrud, Lawrence R. Kirkendall, Jenni Nordén, Line Nybakken, Mikael Ohlson, Olav Skarpaas, Micael Wendell, Hugo de Boer, Katrine Eldegard, Kjetil Hindar, Johanna Järnegren, Paal Krokene, Inger Måren, Anders Nielsen, Erlend B. Nilsen, Eli Rueness, Eva B. Thorstad, Gaute Velle (2022). Klimaendringer og virkninger på hovedøkosystem skog. Et norsk sammendrag basert på VKM Report 2022:15 Impacts of climate change on the boreal forest ecosystem. Vitenskapelig uttalelse fra faggruppen for fremmede organismer og handel med truede arter (CITES) i Vitenskapskomiteen for mat og miljø. <https://vkm.no/download/18.1e2d4d5a18053e243c18509e/1651210236085/Impacts%20of%20climate%20change%20on%20the%20boreal%20forest%20ecosystem.pdf>
- Weldon, S. og Grønlund, A., 2016. Restaurering av myr på Smøla 2011-2015 – Effekter på vegetasjon og klimagassutslipp. NIBIO Rapport 2(51). <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2472805>
- Weldon, S, Parmentier, F.-J. W., Grønlund, A. og Silvennoinen, H. 2016. Restaurering av myr. Potensialet for karbonbinding og reduksjon av klimagassutslipp. NIBIO Rapport 2(113). <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2420592>
- Øien, D.-I., Fandrem, M., Lyngstad, A. og Moen, A. 2017. Utfasing av torvuttak i Norge – effekter på naturmangfold og andre viktige økosystemtjenester. NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2017-6. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2465678>

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.